

POLITECNICO DI MILANO

**Facoltà di Ingegneria Civile**

Corso di Laurea Magistrale in Infrastrutture di Trasporto



**AUTOMATIZZAZIONE E COOPERAZIONE  
TRA VEICOLI TECNOLOGICI:**

Sicurezza, Responsabilità, Privacy, Aspetti economici e  
Infrastruttura digitale

**Relatore**

Prof. Roberto Maja

**Autori**

Gianluca Brunetti 917765

Matteo De Feudis 898052

Anno accademico 2019-2020

# ABSTRACT

La presente tesi di laurea interessa un ambito di forte interesse pubblico e di attualità, i veicoli a guida autonoma sono spesso i protagonisti di articoli di giornale, dibattiti televisivi e motivo di meeting da parte degli organi legiferativi delle varie nazioni. Nell'ottica futura di vedere questi veicoli sulle strade, ci siamo chiesti quali aspetti risultino imprescindibili per far sì che un utente abbia ben chiaro quali opportunità essi abbiano da offrire.

La Sicurezza è il fulcro attorno al quale ruota quanto tratto. Ogni capitolo è stato concepito partendo dalle regolamentazioni in atto per poi svilupparsi su aspetti più applicativi, contornati da commenti personali degli autori. Dal principio si è fatta un'introduzione ai veicoli autonomi perché non c'è futuro senza conoscere e ricordare il passato, successivamente si sono tratti gli aspetti tecnici. Dal capitolo "veicoli a guida automatizzata" il lettore potrà capire la differenza tra i vari livelli di guida automatizzata; sempre in questa sezione sono spiegati i sistemi, componenti hardware e software, che permettono la gestione dei veicoli. Tenendo a mente il principio fondamentale su cui si basa la tesi, la Sicurezza, si è parlato poi di C-ITS, sistemi di cooperazione tra veicoli. Essi, in accoppiata con i sistemi di ausilio alla guida, permetteranno di compiere un balzo in avanti epocale nel modo di concepire ed effettuare gli spostamenti, pubblici e privati. Per completare l'argomento relativo alla comunicazione si è parlato poi di Smart Road, mettendo in risalto tutte le sue potenzialità. Quanto trattato non mancherà di essere analizzato attraverso gli esperimenti in vigore nei vari Paesi. Da ultimo al lettore saranno presentate tutte quelle questioni di interesse pubblico sulle quali c'è forte dibattito; ovvero responsabilità, privacy, attacchi hacker, norme e regolamentazioni. Basta nominarle per capire che tutte ruotano attorno al concetto principe.

Non immaginiamo un futuro dove questi veicoli non esisteranno ma dal livello di Sicurezza raggiunto e percepito dipenderà l'entusiasmo e la fiducia che i compratori rivolgeranno a questo settore decretando una più o meno lunga fase di migrazione.

NOTE PER IL LETTORE:

1. Nel testo sono presenti delle note indicate con “*answer n.*” che abbiamo utilizzato come fonte di risposta a dubbi o domande che incorrono nella trattazione. Tali risposte sono state inserite in quanto molto autorevoli; sono estratti provenienti dalla risposta data dalle società ABI, società londinese leader dell’industria assicurativa e del risparmio a lungo termine, e Thatcham Research, centro di ricerca degli assicuratori automobilistici inglesi, al documento di consultazione preliminare in merito ai veicoli automatizzati pubblicato dalla Commissione legale scozzese.
2. I paragrafi di testo identificati con il simbolo ❖ sono quelli che riteniamo più importanti, possono essere riferimenti a testi di legge o considerazioni personali.

a.

# INTRODUZIONE

La seguente tesi di laurea nasce dopo aver letto elaborati di colleghi e testi specifici e normative europee in merito alla guida automatizzata e connessa. L'argomento è davvero molto ampio e presenta molte tematiche che vanno approfondite adeguatamente. Argomenti specifici come i protocolli di comunicazione tra veicoli, aspetti legali, quadro economico e temi informatici sono stati spunto di considerazioni e riflessioni utili per questo lavoro. Il nostro intento non è stato quello di sostituire questi testi ma riprendere le informazioni più significative per creare una panoramica quanto più completa in merito a questi veicoli. Il valore della tesi sarà quello di mettere in risalto le criticità del sistema e relativi punti di forza e cercare di dare delle risposte o interpretazioni a dubbi, domande o perplessità ancora non chiare o definite. Un secondo aspetto interessante del nostro modo di operare è quello di avere una visione più generale e ampia di questa realtà permettendo all'elaborato di rimanere valido per un medio-lungo periodo a fronte di sviluppi tecnologici o legali che potranno risolvere o confutare alcuni aspetti specifici.

Entrando più nello specifico proveremo a dare una risposta alle seguenti domande.

- I. Come evolverà l'infrastruttura viaria per sostenere questi veicoli?
- II. Quali tutele avrà un passeggero o un automobilista del futuro in termini di tutela dei dati personali e tracciabilità?
- III. Quanto costerà un veicolo dotato di tutte le tecnologie necessarie per questo tipo di guida rispetto ad un veicolo attuale? Come evolverà il panorama occupazionale che gravità attorno ai veicoli?
- IV. Chi è il colpevole in caso di incidente? Automobilista, veicolo o infrastruttura?
- V. I veicoli saranno sicuri nei confronti di un attacco hacker?

Tutte queste domande ruotano attorno ad un unico ed imprescindibile aspetto: la sicurezza. Intesa sia come protezione del veicolo sulla strada durante il tragitto (da minacce fisiche e informatiche), sia come protezione dei diritti degli automobilisti che in termini di protezione dei posti di lavoro per garantire un futuro occupazionale a quelle categorie a rischio.



# 1. PANORAMICA SUL MONDO DEI VEICOLI A GUIDA AUTOMATIZZATA

Chi non ha mai sentito la parola “veicolo a guida autonoma” o la parola “Tesla”? Sembrano concetti estremamente attuali e moderni ma già alcune sperimentazioni risalgono ai primi decenni del XX secolo. Solo ad oggi, attraverso i ritrovati della scienza e della tecnica, i colossi del mondo automobilistico hanno premuto sull’acceleratore in questa direzione. Nel capitolo si vedranno i primi esperimenti condotti fino ad arrivare ai progetti in serbo per il futuro. Per far ciò si sono analizzati i principali competitors che si muovono in questa direzione.

## 1.1 Cosa sono le auto a guida automatizzata?

Il termine “autonomo” viene dal greco e può essere tradotto con “autodeterminato” o “indipendente”. In modalità di guida automatizzata, un veicolo a motore con funzioni di guida automatizzata non è condotto in modo “autodeterminato”, ma da un codice di programma che i programmatori hanno usato per predeterminare la risposta del veicolo. Più accurata, quindi, è la traduzione “indipendente”, nel senso che nella maggior parte delle situazioni di traffico il veicolo opera indipendentemente dall’intervento umano e un conducente non ha bisogno di monitorare o assumere costantemente il controllo del sistema. Ciò non esclude che una persona possa disattivare la funzione di guida automatizzata e controllare manualmente il veicolo.

Le auto a guida automatizzata (conosciute anche con i vari nomi inglesi “self-driving cars”, “autonomous cars”, o ancora “driverless cars”) sono veicoli equipaggiati con sensori di diverso tipo in grado di ricavare informazioni dall’ambiente circostante, le quali vengono poi processate e rielaborate da un computer interno; ciò permette al veicolo di operare in maniera automatizzata per ciò che concerne più aspetti della guida, come l’accelerazione, il controllo dello sterzo, il cambio delle marce e così via. In somma un’auto a guida automatizzata, dopo l’attivazione di tale funzione, non dispone più di un conducente nel senso convenzionale del termine. Il motivo: durante la guida automatizzata non è una persona ad essere responsabile del monitoraggio costante del traffico o del controllo del veicolo. Il veicolo segue un programma artificiale creato dall’uomo, in figura 1 è riportato un possibile scenario futuristico. Alcuni dibattiti hanno visto le auto robotiche prendere il posto di tutte le auto convenzionali in pochi anni. Questa euforia si è leggermente placata lasciando spazio a una visione più realistica. Oggi le auto a guida automatizzata sono in grado di gestire in autonomia diverse situazioni di traffico, per cui stanno già emergendo settori di applicazione utili per questi veicoli. Tuttavia, quasi tutti gli esperti concordano sul fatto che in determinate condizioni di traffico, nonché nella manutenzione e nel monitoraggio dei veicoli, sarà richiesto il sostegno umano ancora a lungo. Inoltre, le funzioni di guida automatizzata non sono applicabili in tutti i settori. Nonostante l’adozione totale di questi tipi di veicoli nelle nostre strade comporterebbe una grande quantità di vantaggi, è ugualmente vero che l’effettivo realizzarsi di tale scenario sia soggetto a non pochi impedimenti, come verrà argomentato di seguito.

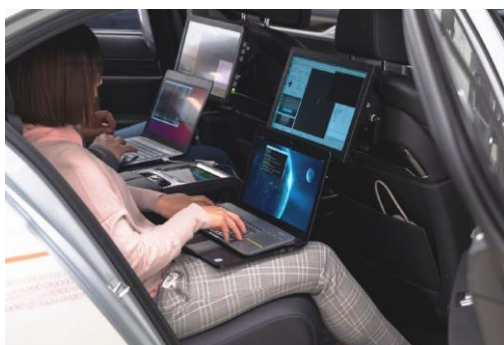


Figura 1 - Possibile futuro scenario a bordo di un veicolo completamente autonomo

## 1.2 Dagli albori della guida automatizzata alle attuali sperimentazioni

La storia delle auto self-driving affonda le proprie radici addirittura dagli anni Venti del secolo scorso. Il primo esempio di auto senza conducente è datato 1925, quando l'azienda americana di equipaggiamenti radio Houdina Radio Control presentò un veicolo radio controllato battezzato Linrrian Wonder, mettendolo alla prova in un giro dimostrativo a New York, tra Brodway e la Fifth Avenue. Si trattava di una Chandler accessoriata con un'antenna radio, che captava gli impulsi inviati da un operatore al seguito su un altro veicolo. All'Expo di New York del 1939, nel contesto dell'installazione chiamata Futurama (sorta di esempio di città del futuro) a cura dell'ingegnere e designer Norman Bel Geddes (e finanziata da General Motors), vennero messi in mostra veicoli radio controllati, alimentati da un campo elettromagnetico.

Nel 1958 General Motors presenta un concept della linea Firebird (veicoli futuristici mai entrati in produzione), chiamato Firebird III. Il modello aveva un sistema di cruise control, che permetteva percorrenze lungo le autostrade senza l'ausilio del pilota. Ecco, tutti i "rivoluzionari" sistemi di sicurezza stradale e dispositivi anticollisione risalgono da idee nate almeno 60 anni fa.



Figura 2 - General Motors Firebird III

Ma il primo veicolo completamente autonomo, capace di muoversi senza sistemi esterni, si palesò in Germania nel 1986: un furgone Mercedes-Benz riadattato dall'ingegnere Ernst Dickmanns e dal suo team dell'Università di Monaco. Il van, noto anche come "VaMoRs", procedeva senza pilota rielaborando i dati esterni catturati dalle varie telecamere e sensori di cui era dotato. Rimase in fase di prototipo, ma fu il primo esempio di questo tipo di tecnologia poi ripresa da molte case. Nel 1994 ancora l'accoppiata Mercedes-Benz e Ernst Dickmanns presentarono i veicoli robot gemelli Vamp e Vita-2. Assieme percorsero oltre mille chilometri su e giù lungo un'autostrada parigina a tre corsie, in condizione di traffico variabile, arrivando a toccare i 130 km/h e sperimentando guide in convoglio, cambi di corsia e sorpassi. Talvolta con qualche aggiustamento da parte dell'uomo. Grazie all'attrezzatura di cui è stato fornito, nel test effettuato in seguito

il mezzo è riuscito a percorrere 20 chilometri a 90 km/h in autonomia. Ovviamente, il risultato era fortemente limitato dalla potenza di calcolo dei calcolatori di allora (si stima l'1% rispetto ai computer moderni), e tale caratteristica andava ad incidere gravemente sulla performance del veicolo, se si prende in considerazione l'importanza del fatto che la risposta del software di una self-driving car dovrebbe essere abbastanza veloce da poter rispondere in modo efficiente alle situazioni che possano vederlo coinvolto. Sette anni dopo il primo veicolo, nel 1993, Dickmanns procede con un secondo esperimento, denominato VaMP, con il quale si cerca di raggiungere nuove vette nel campo dei veicoli autonomi grazie a nuovi studi e tecnologia più potente. Nello specifico, è stata utilizzata una 500 SEL Mercedes la quale era equipaggiata con due telecamere dalla portata di 100 metri, una in grado di processare immagini di 320x240 pixel, le quali, grazie al software realizzato, erano in grado non solo di riconoscere le linee sulla carreggiata, ma anche di definire la posizione dell'automobile nello spazio e di stabilire la presenza di altri veicoli nelle immediate vicinanze. Tale sistema di guida automatizzata è stato testato per 1600 chilometri toccando una velocità massima di 180 km/h, e a detta dello stesso Dickmanns, "circa il 95% della distanza [...] è stata percorsa in completa autonomia.". La VaMP, assieme al suo veicolo gemello denominato VITA-2, fu la protagonista del progetto PROMETHEUS (anagramma di "PROgramme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety), che ha avuto luogo tra il 1987 e il 1995, sancito da EUREKA, organizzazione internazionale di ricerca e sviluppo tecnologici.



Figura 3 -a sinistra VaMoRs, a destra 500 SEL Prometheus VaMP entrambi i veicoli di Mercedes Benz



Figura 4 - Argo, interni ed esterni della Lancia Thema

Anche il nostro paese ha avuto il proprio ruolo sul tema, a metà degli anni Novanta, con il lavoro del professor Alberto Broggi dell'Università di Parma: è famosa Argo, una Lancia Thema modificata che nel 1998 percorse



quasi duemila chilometri in sei giorni (qualcuno potrà ricordarlo come il progetto “Mille miglia in Automatico”) lungo le strade del nord Italia.

Argo riuscì a operare per il 94% del tempo in totale autonomia, utilizzando un sistema di analisi dei dati dell’ambiente esterno, catturati attraverso l’impiego di appena due semplici telecamere in bianco e nero a basso costo. Sempre Broggi ha firmato nel 2010 un esperimento di grande successo, con la sua startup VisLab, riuscendo a far viaggiare un veicolo in completa autonomia da Parma fino a Shanghai, per oltre 13mila chilometri.



Figura 5 - Veicolo attrezzato dalla startup VisLab

Grande risalto nell’ambiente delle self-driving cars è stato diversi anni dopo, nel 2004, quello rivestito dalla competizione denominata DARPA Grand Challenge: obiettivo della stessa era quello di raggiungere nuovi traguardi tecnologici per le auto a guida automatizzata, chiedendo ai partecipanti di progettare un veicolo senza guidatore in grado di percorrere, in autonomia, un tragitto di ben 240km lungo il deserto del Mojave, negli USA. Benché un ricco premio di un milione di dollari fosse stato messo in palio per l’eventuale vincitore, l’evento si rivelò essere un fallimento in quanto le condizioni alle quali i veicoli furono sottoposte nell’ambiente desertico risultarono talmente avverse che nessuno dei contendenti riuscì a raggiungere il traguardo, con conseguente mancata assegnazione del premio in questione. Il vincitore morale di questa competizione è stato il veicolo Sandstorm, in quanto mezzo autonomo ad aver percorso la maggior distanza tra tutti i partecipanti (quasi 12 chilometri). Questo veicolo era dotato di vari sensori quali quattro LIDAR (tre fissi, uno mobile), un radar, due telecamere e un GPS progettato da un team di ingegneri della Carnegie Mellon University. La stessa competizione ha visto una seconda edizione l’anno successivo, che ha preso il nome di DARPA Grand Challenge, svoltasi lungo il confine tra California e Nevada, con un premio per il vincitore raddoppiato e pari a due milioni di dollari. A differenza della precedente edizione, questa volta ben cinque partecipanti riuscirono a tagliare il traguardo; tra questi, il veicolo che impiegò meno tempo a percorrere il tragitto, e quindi il vincitore della competizione, fu Stanley, una Volkswagen Tuareg opportunamente modificata con cinque LIDAR, un sistema GPS implementato con accelerometri e giroscopi e, per processare i dati ricevuti, un processore Intel Pentium M da 1.6 GHz.

Nel 2008 l'Olanda introduce uno dei primi sistemi di trasporto pubblico senza guidatore, il ParkShuttle, mentre, sempre nello stesso anno, l'azienda mineraria canadese Rio Tinto Alcan inizia a testare, il primo (enorme) veicolo da cantiere completamente automatizzato.



Figura 6 – A sinistra: ParkShuttle, servizio di trasporto pubblico a guida automatizzata. A destra: il Komatsu Autonomous Haulage System

Dal 2009 in poi è storia recente. General Motors, Ford, Volkswagen, Mercedes-Benz, Audi, Toyota, Nissan, Volvo e Bmw sono tutte impegnate nello sviluppo di veicoli robotizzati. E in loro compagnia ci sono anche Google e Tesla. Da parte loro hanno aggiunto molto, soprattutto per quel che concerne a parte software.

Nel 2010, l'Istituto di ingegneria di controllo della Technische Universität Braunschweig ha effettuato la dimostrazione della prima guida automatizzata su strade pubbliche in Germania con il veicolo di ricerca Leonie, aggiudicandosi il primato di primo veicolo con patente di guida automatizzata circolante per le strade e le autostrade tedesche. Nel 2011, la Freie Universität di Berlino ha sviluppato due auto autonome in grado di guidare nel traffico cittadino di Berlino, in Germania. Guidati dal gruppo AutoNOMOS, i due veicoli Spirit of Berlin e MadeInGermany si sono destreggiate nel traffico tra diverse città, semafori e rotonde. Sempre nel 2011 dall'altra parte del mondo, negli Stati Uniti, le prime forme di legislazione per i veicoli a guida automatizzata, prima in Nevada, che ha regolamentato le targhe emesse per il test di auto autonome e definito nuove disposizioni sugli esaminatori e sui test a cui esse devono essere sottoposte, poi in Florida, seconda nel paese ad averne consentito il collaudo. La California si posiziona terza, con la legge firmata dal governatore J. Brown presso il quartier generale di Google a Mountain View. Nel 2013, il VisLab di Parma ha condotto altri test pionieristici sui veicoli autonomi, facendo circolare per il centro della città un veicolo robotico senza conducente. L'evento è stato considerato un successo in quanto il veicolo è stato in grado di guidare su rotonde, intersezioni semaforizzate, attraversamenti pedonali ed altre situazioni comuni di potenziale pericolo a cui normalmente sono sottoposti i veicoli tradizionali. Mentre nel 2014 è stato messo in vendita il primo veicolo a guida automatizzata; si tratta della navetta elettrica Navja di Induct Technology, nella figura seguente, con un limite di 20 km/h, in grado di trasportare otto persone. Il suo scopo è quello di favorire gli spostamenti in centri urbani pedonali, grandi siti industriali, aeroporti, parchi a tema, campus universitari o complessi ospedalieri, o comunque in tutte quelle aree protette in cui la velocità è bassa. Questo progetto è trattato anche nel capitolo 2.9.1.



Figura 7 - Navetta elettrica Navia, in vendita dal 2013

Nello stesso anno sia Google che Tesla annunciano la realizzazione di altri modelli di veicoli a guida automatizzata. In particolare, Google per la prima volta realizza auto autonome costruite da zero e non più come adeguamento di veicoli esistenti, mentre Tesla annuncia la prima versione di AutoPilot, il sistema della casa americana in grado di controllare autonomamente la sterzata, la frenata, le accelerazioni e decelerazioni, il parcheggio ed eventuali aggiornamenti disponibili per il software. Proprio Tesla, nel 2015, decide di introdurre la nuova tecnologia su tutti i veicoli che lo consentono, attraverso un aggiornamento del sistema, nonostante alcuni esperti del settore sollevino dubbi riguardo alla legalità della circolazione su strada di veicoli a guida automatizzata e alle responsabilità in caso di incidente o violazione delle norme, in quanto la legislazione presente regola solamente le auto utilizzate a scopo di prova.

Le case automobilistiche hanno un occhio orientato già ai futuri modelli; Renault ha presentato, al salone di Francoforte del 2017, il prototipo della Symbioz (figura 8) che dovrebbe essere messo su strada nel 2030 con sistemi di guida assistita di livello 4.

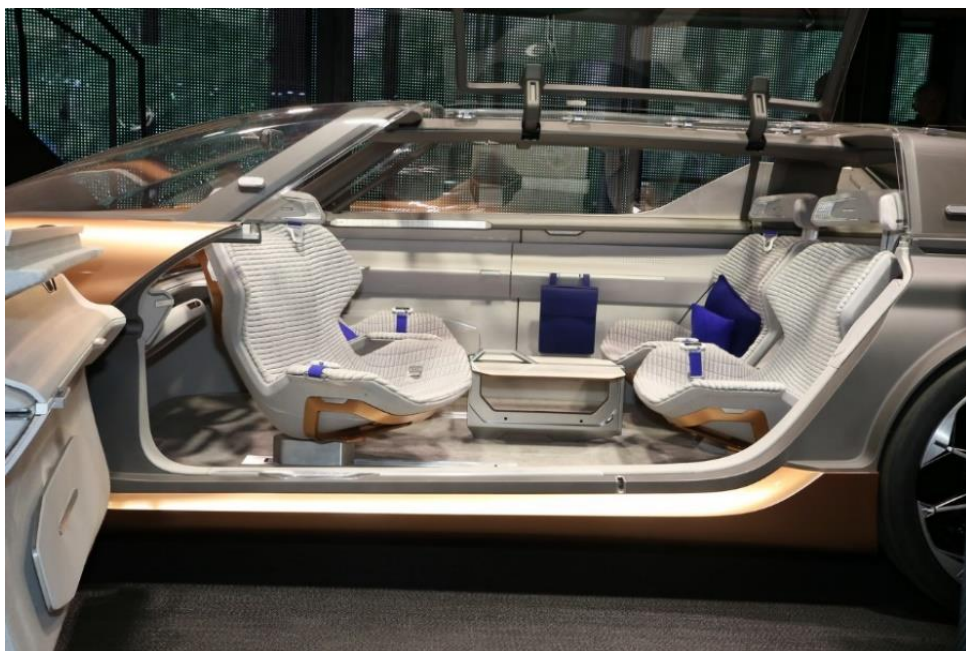


Figura 8 - Interni prototipo Renault Symbioz



Vision Next 100 è il concept sviluppato da BMW e presentata in occasione del Centenary Event a Monaco nel 2016. Presenta due modalità di utilizzo, attraverso i quali cambia sia la configurazione interna che l'approccio degli utenti con il veicolo: la prima è la modalità definita "Ease", che prevede il rientro nella plancia di volante e console centrale e la rotazione dei sedili verso il centro, permettendo il dialogo tra i passeggeri e lasciando che l'automobile gestisca la guida in autonomia. La seconda modalità, invece, è chiamata "Boost", che lascia al guidatore il pieno controllo del veicolo, ricevendo comunque l'assistenza fornita dai vari sistemi di supporto come una innovativa interfaccia proiettata sul parabrezza.

Anche Mercedes-Benz, Volkswagen e Toyota hanno mostrato le loro proposte più o meno analoghe a quelle appena descritte ma con linee differenti, è invece interessante il modello di IDEO Cody, un veicolo autonomo pensato per sostituire gli attuali corrieri nei servizi di consegna delle compagnie come Amazon, UPS o DHL; tra le caratteristiche principali si annoverano la completa mancanza di un abitacolo e la completa trasparenza della scocca esterna. Oltre a ciò sono previsti anche una superficie interna aspirante in grado di mantenere i pacchi in posizione e un braccio robotico il cui scopo sarebbe sia quello di organizzare al meglio lo spazio all'interno del veicolo che di porgere il pacco al destinatario, dopo averne accertato l'identità. Altro concept molto interessante è IDEO WOW, acronimo di Work On Wheels ("lavoro su ruote"), che si prefigge come obiettivo quello di realizzare uno spazio semovente completamente dedicato al contesto lavorativo; anche in questo caso la scocca esterna sarebbe completamente trasparente, mentre l'interno presenterebbe un design simile ad un ufficio moderno, con tanto di sedie e tavolo al centro. Lo scopo dietro a tale concept è quello di dare agli impiegati la possibilità di attraversare durante l'orario di lavoro zone piacevoli e rilassanti, al fine di incrementarne la produttività.



Figura 9 - a sinistra IDEO WOW; a destra IDEO Cody

### 1.3 I protagonisti

Con la quarta rivoluzione industriale (Industria 4.0), dalla tecnologia sta arrivando la spinta ad un significativo cambiamento della logistica dell'ultimo miglio: nuovi mezzi, robot e droni autoguidati sono destinati a rivoluzionare l'industria dei trasporti. Sul fronte delle consegne porta a porta, i costruttori di veicoli stanno già dando delle risposte concrete. Sono già avviati i primi timidi tentativi che sottendono un mutamento profondo. Amazon ha iniziato a testare la consegna dei pacchi con i droni; l'inglese Starship Technologies, produttore di piccoli veicoli elettrici autoguidati per la consegna, quest'anno farà sbarcare circa 1.000 robot nei principali campus accademici e aziendali in Europa e Stati Uniti, per il recapito di cibo, documenti o piccoli oggetti.

Secondo il McKinsey Global Institute, riguardo alla logistica dell'ultimo miglio dovremmo «prepararci a un mondo in cui l'80% della consegna dei pacchi avverrà mediante l'impiego di veicoli autonomi».

Uno spiraglio di futuro lo ha aperto la tedesca ZF, che con la e.GO Mobile AG ha fondato la joint venture e.Go Moove GmbH per la produzione in serie, già dal 2019 ad Aquisgrana, di un veicolo elettrico a guida automatizzata per le persone e le merci, per soddisfare le esigenze di mobilità urbana negli anni a venire.

La vera competizione tra le varie compagnie per la realizzazione della migliore self-driving car si può dire che abbia avuto inizio nel 2013, quando più aziende automobilistiche hanno ufficialmente dichiarato di essere al lavoro per lo sviluppo di sistemi di guida automatizzata pensati per essere installati sui propri veicoli e commercializzati; tra queste si annoverano General Motors, Ford, Mercedes Benz, BMW e altre ancora. Tuttavia, è nel 2015 che, con il rilascio e la commercializzazione di Tesla Autopilot da parte di Tesla nei suoi veicoli, che i primi veicoli autonomi si rendono disponibili con le loro potenzialità al pubblico. Ciò nonostante, le compagnie automobilistiche non sono le uniche società a dover essere prese in considerazione: alla scalata verso il raggiungimento del maggiore grado di autonomia possibile hanno preso parte anche altri concorrenti specializzati in settori affini, come technology providers, services providers e molte start-up. Di ciascuna di queste categorie si vuole andare ad analizzare le compagnie che più di altre stanno contribuendo al perseguimento di questo obiettivo comune e le varie collaborazioni programmate al fine di riuscire a spiccare sulla scena internazionale:



Figura 10 - Maggiori Competitors

Tra le aziende automobilistiche troviamo.

- BMW: come diverse altre compagnie rivali, anche BMW ha lanciato sul mercato nel 2016 i suoi primi veicoli a raggiungere il grado 2 di automazione, trattasi in questo caso specifico della sua linea 7 Series, le cui automobili presentavano features come il Traffic Jam Assistant e parcheggio automatico. Degna di nota per la riuscita di quanto appena scritto è stata la collaborazione effettuata nel 2015 con Daimler e Audi, allo scopo di acquistare HERE (società specializzata nella realizzazione di mappe digitali) in modo da implementarne la tecnologia nei propri sistemi di guida automatizzata. BMW ha annunciato nel 2017 che entro il 2021 darà alla luce veicoli completamente autonomi, marchiati iNext, anche grazie alla collaborazione di Intel e Mobileye. La strategia di mercato di BMW è quella di rilasciare un veicolo con grado di automazione 5 nel periodo in cui le altre compagnie è previsto rilasceranno invece auto di livello 4.
- General Motors: è attualmente impegnata in un progetto su larga scala di test-driving per le sue self-driving car, la cui ultimazione è prevista per il 2020, che prevede la partecipazione della società di ride-sharing Lyft per testare i propri sistemi di guida automatizzata su migliaia di Chevrolet Bolt elettriche, le quali saranno senza volante, pedali e raggiungeranno un grado di automazione pari a 4. Si tratta del progetto di test-driving più imponente tra quelli previsti nei prossimi anni dalle compagnie rivali. Più nell'immediato, nel 2018 General Motors ha lanciato sul mercato il suo sistema di guida assistita di livello 2, Super Cruise, attraverso il modello Cadillac CT6 Sedan 2018.
- Audi: ha rilasciato nel 2016 i veicoli A4 e Q7, che presentano un livello di guida assistita di grado 2 grazie ai vari ADAS che permettono al guidatore di staccare occasionalmente le mani dal volante durante la guida. A inizio 2017 ha annunciato la produzione della sua Audi A8, la quale sarebbe entrata diventata disponibile entro la fine dello stesso anno e che, grazie al suo sistema chiamato Traffic Jam Pilot, sarebbe



stata la prima auto in commercio a raggiungere il grado 3 di autonomia (seppure l'utilizzo di questa feature non sia ancora completamente regolamentato); il modello appena citato sfrutta un'intelligenza artificiale sviluppata da NVIDIA. Sempre in collaborazione con NVIDIA, Audi punta a sviluppare e rendere disponibili per il pubblico veicoli che raggiungano il livello 4 di autonomia entro il 2020.

- Nissan–Renault: è stata tra le prime compagnie a rendere pubblico un prototipo di self-driving cars destinato alla produzione industriale: dopo l'anno in questione, il 2013, Nissan ha rilasciato nel 2016 il suo personale sistema di guida automatizzata, chiamato ProPILOT, programmato in modo da rendere i suoi veicoli capaci di raggiungere il grado 2 di automazione. Una versione avanzata di ProPILOT, chiamato ProPILOT 2.0, è previsto che venga rilasciato entro il 2018, il quale secondo Nissan sarà in grado di raggiungere il grado di autonomia 3. Lo step seguente previsto riguarda un ulteriore potenziamento del sistema di guida automatizzata, con ProPILOT 3.0, che permetterà di raggiungere un grado di automazione pari a 4 entro il 2020; come in molti altri casi, il suo utilizzo sarà tuttavia limitato, come Nissan spiega, a "zone mappate con particolare precisione". Si noti come, fin dal 2013, Nissan si sia prodigata nell'effettuazione di test su strada da parte di numerose Nissan LEAF dotate di sistema di guida automatizzata sulle strade di Detroit e Tokyo.
- Ford: sta attualmente adottando una tattica particolarmente aggressiva se paragonata ai suoi competitors: mentre le altre compagnie sono generalmente intenzionate ad effettuare uno sviluppo graduale della tecnologia di guida automatizzata passando dai livelli 2, 3 e 4, Ford punta invece a raggiungere direttamente il livello 4 di automazione, scelta adottata per rendere economicamente accessibili i modelli al più ampio pubblico possibile. Mentre per questo obiettivo è stato pianificato il raggiungimento per il 2021, entro il 2019 Ford ha intenzione di rilasciare per i suoi veicoli due delle features solitamente presenti dal livello 2 di automazione delle self-driving cars: il Traffic Jam Assist e il Fully Automatic Parking. E' inoltre entrata in contatto con diverse startup per collaborare sul tema dei veicoli autonomi.
- Honda: dettaglio peculiare di Honda relativamente alle sue scelte di marketing legate alla commercializzazione dei veicoli autonomi è la scelta, con la Civic LX lanciata nel 2016, di mettere a disposizione del pubblico un'automobile che fosse sì in grado di raggiungere un livello 2 di autonomia, ma anche di essere accessibile ai più grazie al prezzo relativamente contenuto di circa 20.000\$. Il veicolo in questione presenta, tra le varie features, Adaptive Cruise Control e Lane Keep Assist, sistemi che vedremo in seguito. I progetti futuri di questa compagnia prevedono di riuscire a raggiungere un livello 3 di automazione entro il 2020, con particolare attenzione che verrà dedicata allo sviluppo di sistemi V2V e V2I da implementare nei veicoli.
- Tesla: con la sua Model S, Tesla lancia nel 2015 il sistema di guida automatizzata Autopilot, che come già anticipato, la rende il primo veicolo in commercio a raggiungere il grado 2 di autonomia. In seguito, Tesla ha preso parte a diverse collaborazioni, nello specifico si vuole ricordare quella nel 2016 con NVIDIA e quella nel 2017 con Panasonic, al fine di andare a migliorare le prestazioni dei sensori presenti sui suoi veicoli. Caratteristica per ora esclusiva di Tesla, è la possibilità concessa al pubblico di prendere parte al beta-testing dei suoi sistemi di guida automatizzata (permessa in tutti gli altri casi solo a ingegneri e dipendenti affiliati alle rispettive compagnie); tale scelta ha purtroppo reso Tesla protagonista, nel 2016, del primo incidente fatale che abbia coinvolto un veicolo autonomo, con lo schianto di una sua Model S nel quale il conducente ha perso la vita. Nonostante questo, la politica adottata da Tesla per il futuro resta la più aggressiva tra i vari competitors, in quanto il suo CEO, Elon Musk, ha annunciato nel 2017 che entro due anni la compagnia sarebbe stata in grado di raggiungere l'autonomia totale per i suoi veicoli. Data che dovrà essere rimandata ancora di qualche anno anche se la strada intrapresa sembra essere quella giusta.



Figura 11 - Modelli attualmente in commercio per la casa costruttrice Tesla. Da sinistra a destra: Model S, Model 3 e Model X

- Mercedes-Benz: come molte altre compagnie è entrata in competizione per la realizzazione di un sistema di guida automatizzata nel 2013, anno in cui è già stata in grado di presentarne una versione ancora incompleta di nome DISTRONIC PLUS; è nel 2017 che invece ha debuttato, sul modello E-Class rilasciato lo stesso anno, il vero sistema a guida automatizzata di livello 2 di Mercedes-Benz, chiamato DRIVE PILOT. Del Modello E-Class del 2017 va inoltre sottolineato che si tratta del primo veicolo in commercio a sfruttare la comunicazione V2V, attualmente limitata alle sole automobili Mercedes ma che se ne prevede l'estensione anche a mezzi di altri marchi. La compagnia ha pianificato di riuscire, in collaborazione con Bosh, a lanciare sul mercato veicoli che presentino un grado di autonomia 5 entro il 2022.
- Volvo: Vera, questo è il nome del nuovo camion presentato da Volvo Trucks. Nella motrice non c'è la cabina. Si tratta infatti di un Tir elettrico e a guida automatizzata. Un veicolo potenzialmente rivoluzionario, ma come sempre in questi casi difficile da vedere presto sulle strade pubbliche. La presenza umana, assente a bordo di Vera, è comunque garantita in un centro di controllo. Da lì si monitoreranno tutti i parametri del camion. Attraverso gli schermi si controllerà la posizione del camion, la carica della batteria, la necessità di manutenzione e tanto altro. Vera viaggerà a emissioni zero e in maniera quasi silenziosa. I lunghi viaggi e le tante ore alla guida sono spesso fonte di preoccupazione per i camionisti. Lo sviluppo di un camion di questo tipo va nella direzione di aumentare la sicurezza da questo punto di vista. La conseguenza, potenzialmente spiacevole per i camionisti, sarebbe la perdita di posti di lavoro, questione trattata nel capitolo inerente l'aspetto economico. Anche se questo sistema di camion autonomi andrebbe solamente a implementare la flotta già esistente.



Figura 12 - Vera, il futuro dei trasporti pesanti secondo Volvo

Tra i fornitori di tecnologia i grandi nomi sono:

- Google-Waymo: come già accennato nei paragrafi precedenti, Google ha ufficialmente iniziato a lavorare sul suo personale progetto sulla tecnologia per automobili a guida automatizzata fin dal 2009 con il nome di Google Self-Driving Car Project, per poi essere ufficializzato e ribattezzato in Waymo nel 2016. Nello stesso anno, Google inizia una collaborazione con Fiat Chrysler Automobiles al fine di installare su 100 Chrysler Pacifica la sua tecnologia per guida automatizzata, mentre nell'anno successivo con Lyft, impresa di trasporti statunitense. A febbraio 2018 può vantare di più di 5 milioni di miglia di test-driving effettuati fino a quel momento dai veicoli equipaggiati con la propria tecnologia.
- NVIDIA: in particolar modo per le innumerevoli industrie automobilistiche che fanno uso dei suoi prodotti, NVIDIA è tuttora una delle aziende leader per ciò che concerne la produzione di piattaforme realizzate appositamente per i sistemi di guida automatizzata; ad oggi molte aziende hanno dichiarato di utilizzare piattaforme di intelligenza artificiale prodotte da NVIDIA per lo sviluppo delle proprie self-driving cars, come Mercedes-Benz, Audi e Tesla. Oltre a ciò, NVIDIA ha preso parte anche a diverse partnership, come quelle con Tesla, Bosch e Toyota. Tra le piattaforme rilasciate per questo contesto, si annoverano la NVIDIA Drive PX, la successiva versione NVIDIA Drive PX 2, e Xavier, chip di nuova generazione rivelato al CES 2018.
- Microsoft: già legata al settore automobilistico per via dei software da integrare nei veicoli realizzati per compagnie come BMW, Ford e Nissan. Microsoft dal 2016 ha dato il via a diverse partnership allo scopo di sviluppare tecnologia per le self-driving cars; tra queste si possono elencare quella con Harman International finalizzata ad integrare Microsoft Office con i vari dispositivi pensati per le auto a guida automatizzata, oppure quelle con BMW e Nissan-Renault, che prevedono di sfruttare la piattaforma cloud Microsoft Azure per sviluppare nuovi sistemi di comunicazione tra i veicoli.
- Intel-Mobileye: lo sviluppo di sistemi di guida automatizzata da parte di Intel ha inizio nel 2016 con la creazione della divisione dedicata Autonomous Driving Group, ma è nel 2017 che viene effettuato lo step successivo per il raggiungimento della scena competitiva con l'acquisizione di Mobileye, compagnia Israeliana specializzata nello sviluppo di tecnologia per self-driving cars.

- Apple: nonostante non sia stato ufficialmente annunciato, fonti interne alla compagnia hanno rivelato che fin dal 2014 Apple è impegnata nello sviluppo di tecnologia per self-driving cars in quello che è stato nominato Project Titan. L'interesse della compagnia nei veicoli autonomi ha avuto effettiva conferma nel 2017, quando la Apple ha fatto richiesta al Department of Motor Vehicles della California e conseguentemente ricevuto i permessi per testare su strada veicoli autonomi equipaggiati con la propria tecnologia, che consiste in un sistema dotato di più sensori da montare sul tettuccio dell'automobile. La flotta di Apple è passata da 3 mezzi nel 2017 a 45 nel marzo 2018.

Tra i fornitori di servizi spiccano:

- Uber: una delle più affermate società di trasporti a livello mondiale. Dal 2015 si è attivata al fine di sviluppare una tecnologia per rendere autonomi i propri veicoli. Nel 2017 ha annunciato una collaborazione con Volvo, che prevede l'utilizzo di 24000 veicoli che verranno dotati di tecnologia di guida automatizzata entro il 2021. Negli ultimi anni, Uber ha anche acquisito due aziende, Otto (società di sviluppo di tecnologia automatizzata per camion) e deCarta (società di mappaggio della California), al fine di affermarsi nel panorama dei veicoli autonomi. A marzo del 2018 Uber e il suo progetto di self-driving cars hanno fatto tristemente parlare di loro per via dell'incidente in Arizona che ha visto partecipare un veicolo autonomo e a causa del quale una donna ha perso la vita, rendendola il primo pedone in assoluto ad essere rimasto vittima di una self-driving car.
- Lyft: società di trasporti on-demand tra le maggiori negli USA, punta nei prossimi 5 anni a rendere automatizzata la maggior parte dei suoi veicoli. Per fare ciò, tra il 2016 e il 2017 ha avviato due collaborazioni: prima con General Motors, che ha investito 500 milioni di dollari affinché Lyft sviluppi una tecnologia per guida automatizzata, poi con Waymo, così da affrontare tale compito sotto più aspetti. Lyft parteciperà al già citato progetto di test-driving in collaborazione con General Motors, allo scopo di testare su strada migliaia di veicoli autonomi.

Anche realtà più piccole si sono affermate nel mercato delle auto a guida automatizzata. Sono nate numerosissime start-up, ciascuna delle quali ha dato il via a un vero e proprio sviluppo di automobili autonome oppure è andata a specializzarsi in un ambito particolare. Ecco, in breve, di cosa si occupano alcune di quelle più note o ritenute più interessanti:

- Zoox: società californiana che dal 2013 punta a sviluppare dei taxi completamente autonomi. Nonostante abbia adottato una politica di massima segretezza, resta tra le start-up più quotate, venendo valutata nel 2016 circa un miliardo di dollari. Risulta essere la prima start-up ad aver ottenuto la licenza per effettuare test su strada di self-driving cars in California.
- Swift Navigation: punta allo sviluppo di ricevitori GPS di alta precisione che siano open source ed economicamente accessibili. Nel 2016, il primo prodotto di questo tipo lanciato sul mercato è stato chiamato Piksi. Nel 2018 ha invece rilasciato Skylark, un servizio di posizionamento satellitare basato su cloud.
- Almotive: nata come Adasworks nel 2015 e localizzata a Budapest, questa azienda punta a sviluppare tecnologie finalizzate a un maggiore riconoscimento e un miglior tracking degli oggetti da parte dei sensori normalmente installati su una self-driving car. L'obiettivo finale di Almotive è quello di raggiungere grazie alla propria tecnologia un livello di autonomia 5 utilizzabile senza restrizioni.
- Comma.ai: punta alla realizzazione di kit coi quali equipaggiare i veicoli allo scopo di renderli autonomi. Il software, tuttora in fase di sviluppo ma disponibile al pubblico per il testing, è chiamato Openpilot. Il fine della compagnia è quello di riuscire a realizzare un sistema di guida automatizzata più economicamente accessibile.
- Pilot Automotive Labs: società fondata nel 2016 che come obiettivo ha la realizzazione di un sistema facilmente installabile sui veicoli, chiamato PILOT, in modo da dotarli di sensori normalmente previsti nelle self-driving cars; funziona in collaborazione con l'app CockPIT, da installare su tablet o cellulare. La

compagnia è inoltre al lavoro su DRIVENET, un servizio cloud che possa condividere mappe 3D sempre aggiornate in alta definizione.

- Otto: società che si è specializzata nello sviluppo di sistemi a guida automatizzata per autocarri nata nel 2016. A meno di un anno dalla sua nascita può vantare di aver reso possibile il più lungo tragitto effettuato da un camion dotato di guida automatica, pari a circa 212 chilometri. E' stata poi acquisita da Uber nello stesso anno.
- AuRo: start-up che ha scelto di specializzarsi nello sviluppo di mezzi di trasporto autonomi dedicati a campus universitari e altri complessi stradali privati. Nel 2017 è stata acquisita dalla mobility company Ridecell.
- TriLumina: società che si occupa dello sviluppo di sistemi laser e LIDAR per migliorare le prestazioni di rilevamento delle self-driving cars. Nel dettaglio, si impone e di sviluppare un sistema LIDAR più economicamente accessibile e un sistema di monitoraggio interno al veicolo per rispondere al meglio alle esigenze degli occupanti. E' stata fondata nel 2010 negli USA.
- nuTonomy: società fondata nel 2013 presso il Massachusetts Institute of Technology, viene acquisita da Delphi nel 2017. In questo lasso di tempo ha preso parte a collaborazioni con diverse altre società, come Lyft e Grab; è inoltre al lavoro con Mobileye (che come già detto è stata rilevata da Intel nel 2017) al fine di sviluppare entro il 2019 una self-driving car. In aggiunta, dal 2016 è diventata protagonista del primo testing su strada di un servizio di taxi autonomi a Singapore.
- Cruise Automation: Società localizzata in San Francisco che si occupa dello sviluppo di sistemi di comunicazione tra veicoli autonomi e altri veicoli e infrastrutture, oltre che della produzione di software finalizzati al raggiungimento dell'autonomia totale. Nel 2016 è stata acquisita da General Motors, cosa che le ha permesso di ricevere diversi finanziamenti e di espandere notevolmente il suo organico.

Al momento attuale la guida automatizzata è un percorso da scoprire e i protagonisti sono molti, soprattutto nella fase attuale di sviluppo di questi nuovi mezzi di trasporto, è stato reso necessario un metodo per quantificarne l'affidabilità, tenendo conto del fatto che non sempre a una complessità maggiore del software maggiore corrisponda necessariamente una migliore performance. E' per questo motivo che lo stato della California, il quale ha rilasciato apposite licenze al fine di permettere alle varie compagnie di effettuare test su strade pubbliche, ha anche imposto alle stesse di rilasciare annualmente i cosiddetti "disengagement report", ovvero delle relazioni relative a quanto a lungo le proprie self-driving cars siano riuscite a procedere in modalità automatica prima che si verificasse un "disengagement", trattasi della necessità che l'utente umano dovesse intervenire.

Nonostante questi rapporti siano l'unico dato effettivo che ci viene fornito relativamente all'operato di più sviluppatori, è ugualmente vero che presentano delle problematiche relative all'attendibilità di quanto scritto per diversi motivi: in primo luogo, non essendo stato definito un metodo preciso e oggettivo che sarebbe necessario seguire al fine di compilare il report, ciascuna compagnia è libera di effettuare tale operazione come più ritiene opportuno, a scapito della possibilità di effettuare un confronto imparziale tra le performance delle aziende. Ad aggravare questo aspetto, è necessario considerare non solo il fatto che ciascuno sviluppatore abbia la facoltà di definire se quello avvenuto sia da considerare effettivamente un "disengagement", ma anche che ogni azienda svolge in realtà test diversi sulle proprie self-driving cars, come ad esempio in maniera relativa al contesto (ad esempio, mentre Waymo concentra le sue prove su strada in piccole cittadine, General Motors è più interessata a testare le sue self-driving cars nei grossi centri urbani). In secondo luogo, come già annunciato, questi rapporti sono relativi ai dati raccolti sulle strade pubbliche della sola California, ragion per cui non si hanno notizie riguardo le compagnie che operano solo al di fuori dei suoi confini, come la Ford [1].

Nel solo 2019 i veicoli Waymo hanno percorso circa 1,45 milioni di miglia (un milio corrisponde a 1,6 chilometri) in California, dichiarando che solo lo 0,076 per 1000 miglia è stato percorso con l'ausilio di una persona fisica. Cruise ha percorso 831,040 miglia scollegandosi dalla guida automatizzata solo 0,086 volte



per 1000 miglia. Il sistema Aurora ha percorso solo 13,429 miglia scollegandosi 10,6 volte per 1000 miglia. Questi sono solo alcuni dati presenti nel “Desengagement Reports California”. Le compagnie impegnate nelle sperimentazioni non sono tenute a fornire tutti i dati che raccolgono e spesso mostrano la propria tecnologia in situazioni controllate, ciò vuol dire che i dati relativi alla disconnessione della guida automatizzata in fase di test è l’unico frammento di trasparenza che abbiamo a disposizione. Per le sopra citate differenze di condizioni di test è quindi impossibile usare il report annuale per determinare chi ha percorso più strada o chi ha il minor numero di disconnessioni o per determinare quale sia la compagnia con la tecnologia migliore. Bryant Walker Smith, professore associato all’Università del sud Carolina scuola di legge ed esperto nelle auto a guida automatizzata, dichiara: “Comparing disengagement rates between companies is worse than meaningless: It creates perverse incentives” [2]. Aggiungendo poi che sarebbe furbo da parte delle compagnie effettuare molti test sulle autostrade della California dove le condizioni sono favorevoli ma che i veri test sono condotti su strade di altri paesi. Il rapporto sul tasso di scollegamento del pilota automatico non è il modo migliore per migliorare la credibilità di tale tecnologia, sarebbe meglio pubblicare articoli dove si riassumono i test fatti e gli obiettivi raggiunti. Molte compagnie hanno sottoscritto volontariamente l’iscrizione al “voluntary safety report to federal government” struttura facente parte del Dipartimento dei Trasporti ma questo è stato fatto più per una questione di immagine che per riportare dati realmente utili.

Dello stesso parere è anche Sam Abuelsamid, analista per Navigat che dice: “disengagements reports are effectively meaningless”. Ci sono due grossi problemi, sostiene: le compagnie sono discrete nel comunicare quando l’autopilota si disconnette e i test non sono uniformati. Per questo motivo è impossibile effettuare paragoni tra le diverse compagnie. Abuelsamid aggiunge che si dovrebbero stabilire degli standard prima di effettuare ulteriori test sulle strade. La risposta del Dipartimento dei trasporti, attraverso la voce di Martin Greenstein ha annunciato che il report non è fatto per paragonare le varie compagnie o per trarre conclusioni a riguardo della guida automatizzata, coloro che sono autorizzati a fare test hanno obiettivi differenti, testano la loro tecnologia in ambienti differenti e in condizioni differenti. Inoltre non è richiesto di riportare i risultati effettuati su strade private, ne’ quelli effettuati al di fuori dello Stato. Inoltre non sono richiesti i dati relativi a programmi avanzati di assistenza alla guida come può essere il pilota automatico di Tesla.

Quello che sappiamo riguardo ai test pubblici delle auto a guida automatizzata sono dati forniti dalle stesse compagnie, che i test da registrare sono solo quelli effettuati all’interno dello Stato della California perché in nessun altro stato è richiesto un report dei test. Ciò lascia molte domande e non aiuta a rassicurare le persone nei riguardi della guida automatizzata ma una cosa è certa: la sperimentazione è solo all’inizio. Di seguito un estratto del Desengagement Reports of California del 2018:

Casa produttrice	Distanza tra interruzioni (km)	Distanza totale percorsa (km)
Waymo	17.730	2.046.420
BMW	1.027	1.027
Nissan	338	8.807
Ford	316	950
General Motors	8.375	720.376
Delphi Automotive Systems	24	4.278
Tesla	5	890
Bosch	1	1.582
Volkswagen	9	14
Mercedes-Benz	3.2	1.083

Figura 13 - Estratto del Desengagement Reports of California 2018

## 1.4 Panoramica Europea

Secondo quanto riportato nella Pocket Guide 2017-2018, redatta dall'organizzazione europea dei costruttori di automobili (ACEA) e basata su dati Eurostat, circa 3,3 milioni di persone lavorano nell'industria manifatturiera inerente i motori e la componentistica dei veicoli ed altri 4,3 milioni sono i lavoratori impiegati nel mercato delle autovetture. Di questi ultimi fanno parte i rivenditori, gli autonoleggiatori, le autofficine, le carrozzerie e i fornitori sia di servizi postvendita che di pezzi e strumenti di ricambio.

Nel 2015 la Commissione Europea ha instaurato un gruppo di lavoro di alto livello (High Level Group) nel settore dell'automotive, con l'obiettivo di formulare proposte e raccomandazioni di medio e lungo termine (2030 e oltre). Il fine di queste proposte e raccomandazioni è di indirizzare l'industria automobilistica europea attraverso le sfide poste dall'innovazione tecnologica e conseguentemente di saperne cogliere le grandi opportunità.

Nel 2015 sono stati investiti nel settore ricerca e sviluppo (R&D) automobilistico 50 miliardi di Euro, risultando essenziali per la crescita economica dell'unione europea. E' un ambito quello automobilistico, dove sono stanziati finanziamenti pari a quelli dei settori: farmaceutico, biotecnologie, componenti software e hardware messi insieme [75].

L'incremento percentuale degli investimenti nel settore R&D è stato del 7.9 tra il 2013 e il 2014 e del 9.2 tra il 2014 e il 2015 (ACEA Pocket guide 2017). Incrementi annuali superiori sia a quelli statunitensi che a quelli nipponici ma di gran lunga inferiori a quelli cinesi, indiani e sudcoreani. Häckel e Steiger, per l'anno 2016 forniscono i seguenti dati: Hyundai (+26.9%), Saic motor of China (+16%) e Tata motor of India (+ 108%).

Nel 2016 il governo degli Stati Uniti ha annunciato un investimento di 4 miliardi di dollari nella ricerca sui veicoli a guida automatizzata.

Nel 2017 la Commissione Europea ha avviato una strategia industriale europea, per conseguire il primato mondiale tecnologico (digitalizzazione e innovazione) ed ecologico (decarbonizzazione e zero emissioni) nel settore automobilistico. Auspicando e ponendo le basi per una mobilità europea futura che sia: pulita, competitiva e connessa. In ambito ambientale le industrie automobilistiche europee dovranno recuperare lo svantaggio con le case dell'estremo oriente: la Cina è leader nel settore delle batterie elettriche mentre il Giappone lo è nel campo della trazione ibrida. Infine si deve tenere in conto di come lo scandalo "diesel gate" ha intaccato la rispettabilità dei meccanismi di controllo europei nel settore delle emissioni. L'importanza del settore automobilistico europeo è sottolineato dal fatto che il 23 % (dato del 2015) dei veicoli a motore prodotti nel mondo proviene dall'EU. 5.271.011 persone impiegate nel settore automobilistico europeo (Eurostat 2015).



Figura 14 - gruppi automobilistici europei e loro sedi legali



Figura 15 - gruppi automobilistici non europei

Il bisogno di raggiungere il primato mondiale è dettato dalla necessità di non perdere porzioni di mercato automobilistico nei confronti dei paesi terzi (al di fuori della comunità europea). Infatti se fino al 2010 l'Europa è stata leader sia nella produzione che nelle vendite di autovetture, successivamente è stata superata dalla Cina. Le proiezioni della produzione indicano che la seconda posizione verrà mantenuta (senza porre in atto azioni unitarie e innovative da parte della U.E.) per alcuni decenni prima di venire occupata dall'India. India che dal 2015 è già il primo produttore mondiale di veicoli a due ruote.



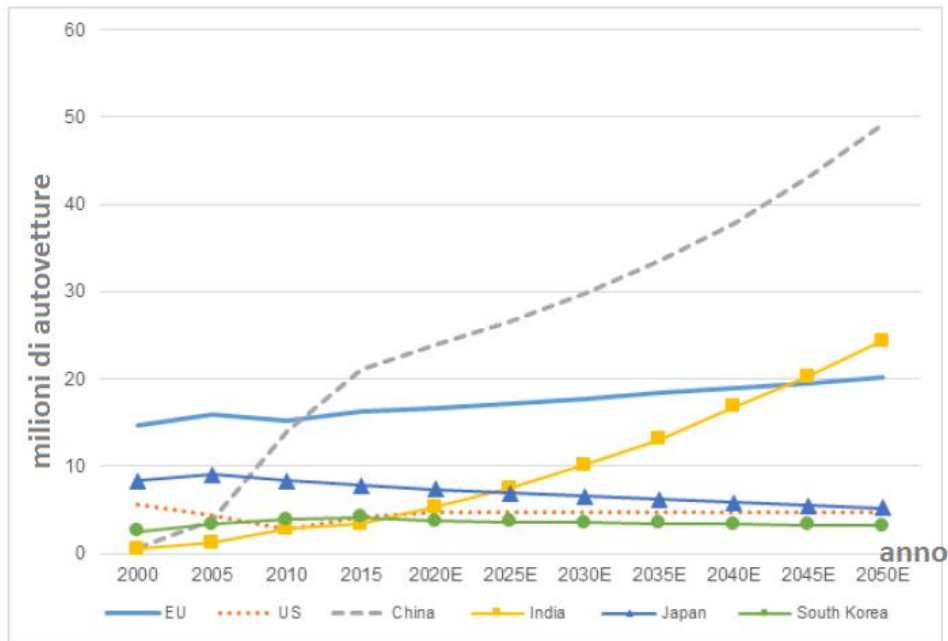


Grafico 1 - produzione di auto nei mercati principali nel periodo 2000-2050. fonte: Gear 2030 final report

La crescita più massiccia di produzione intesa come milioni di autovetture in più, è quella cinese che andrà a raddoppiare tra il 2020 e il 2050, seguita da quella indiana che quadruplicherà ma nel 2050 è stimata essere la metà di quella cinese. La produzione europea crescerà leggermente mentre quella statunitense rimarrà stabile. Infine le produzioni di Giappone e Sud Corea caleranno.

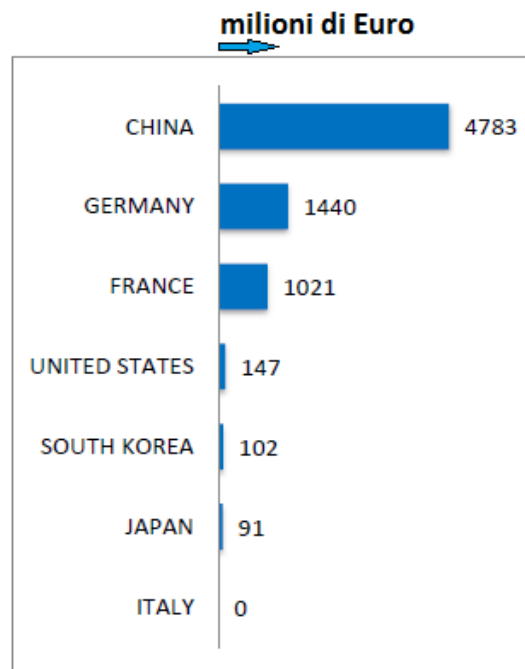


Figura 16 - investimenti nella mobilità elettrica fonte: Roland Berger, 2017 Q2

Il grafico sopra mostra gli investimenti in milioni di Euro e rappresenta una conferma della superiorità cinese nella ricerca sulla mobilità elettrica, si può osservare che l'insieme degli investimenti di tutti gli altri stati produttori di autovetture, è inferiore alla metà degli investimenti messi in campo dalla Repubblica Popolare Cinese. L'Italia come nel campo della ricerca e sviluppo di veicoli con sistemi di cooperazione risulta non interessata. Leader nella produzione di accumulatori agli ioni di Litio (Li-ion battery) sono Cina, Giappone e Sud Corea. Le performance della batteria (autonomia, velocità di ricarica, potenza trasmessa) sono

caratteristiche su cui si basa la scelta del consumatore finale ed è quindi necessario per le case produttrici europee recuperare il divario con le case automobilistiche asiatiche per evitare di perdere il mercato asiatico e rischiare addirittura la penetrazione delle autovetture elettriche asiatiche nel mercato europeo. Per l'appunto gli sforzi politico-economici, non devono essere considerati come unidirezionali ma bidirezionali: l'importanza di sforzarsi nel conquistare spazi all'interno dei mercati extra-UE deve essere commisurata allo sforzo per difendere il mercato europeo dalla pressione dei produttori esteri.

La concorrenza sarà sia nei confronti degli attori storicamente presenti sul mercato, sia nei confronti dei nuovi operatori quali Google, Uber e Tesla.

L'accesso ai mercati dove vi sono richieste specifiche è notoriamente più complicato da parte delle industrie estere e risulta ad appannaggio delle imprese locali. Esempio l'India non essendo membro dell'Unece non ha requisiti uguali a quelli europei, giapponesi, sudcoreani o statunitensi ed è quindi necessario disporre, per espandersi in quel mercato, di dotazioni differenti e test che le certificano (inerenti alla normativa tecnica in vigore nel sub continente indiano). Negli Stati Uniti anche se firmatari della convenzione di Ginevra del 1949 e stato membro dell'Unece, vi sono alcune specifiche tecniche non presenti nelle normative comunitarie. Di conseguenza le aziende intenzionate a esportare verso gli U.S.A. devono sottostare a queste regole locali (perché ognuno dei 50 stati ha facoltà di legiferare), un esempio è l'obbligo di telecamera a bordo per la visione posteriore.

L'attenzione della Commissione europea è rivolta come già anticipato, sia alla riduzione delle emissioni e a sistemi di trazioni più efficienti che allo sviluppo tecnologico; di cui la guida autonoma ne è la porta bandiera. Incentivi alla guida autonoma potrebbero essere l'esenzione dalla tassa di immatricolazione, riduzione del premio assicurativo, riduzione dell'i.v.a, e sarà importante che gli incentivi fiscali siano perpetrati nel tempo altrimenti, come dimostra il caso dei Paesi Bassi, si assisterà ad una riduzione delle vendite non appena verranno ridotti. L'esempio dei Paesi Bassi è inerente ai veicoli a basso livello di inquinamento (non essendo ancora disponibile né la guida autonoma né quella automatizzata). È stato notato (nei Paesi Bassi e in Norvegia) oltre la necessità di perpetrare gli incentivi anche il bisogno di unire ai bonus finanziari anche bonus non finanziari, quali parcheggi riservati o la possibilità di sfruttare la corsia riservata ai mezzi pubblici e ai taxi (service day 1: flexible lane change, 3.7.17).

Per quanto riguarda gli interventi fiscali il gruppo "mobilités plus connectées" indica la necessità di sostenere la trasformazione in veicoli connessi rimborsando il costo di questo equipaggiamento nel caso di veicoli privati e sgravando le imposte nel caso di flotte di veicoli commerciali. Infine indica d'incentivare il pedaggio positivo.

Il pedaggio positivo è stato introdotto per la prima volta a Rotterdam dalla società di ingegneria francese Egis. Si tratta di una soluzione per ridurre la congestione negli orari di punta, anche se potrebbe magari essere usata per ridurre il traffico nel periodo di tempo in cui gli alunni escono dalle scuole al fine di proteggere questa fascia vulnerabile d'età. In pratica si pagano i guidatori che decidono di non utilizzare il veicolo nell'orario indicato ma lo anticipano-posticipano a prima-dopo il periodo di picco del traffico (dipendente dalla zona in considerazione). In media, con un livello di premio minimo di 2,5 euro per viaggio evitato o rinviato, il tasso di partecipazione osservato nella città di Rotterdam è stato del 33%. Ciò consente una riduzione dell'8-10% del traffico, sufficiente per sbloccare un'autostrada nelle ore di punta. Nella zona in cui si vuole ridurre i viaggi nella fascia oraria prestabilita sono in funzione telecamere che vengono utilizzate per identificare gli automobilisti e garantire il controllo delle frodi; ovvero che la targa del veicolo passi prima o dopo il range orario per il quale, una volta dimostrato che non ha violato l'accordo, riceverà il pedaggio positivo. Se passa durante il picco o non passa, non riceverà il compenso. Pensiamo la gestione debba essere pubblica così da evitare che a violare l'accordo non sia la società invece del guidatore infatti a pensare male, una società privata potrebbe dire che il veicolo (che dovrebbe rimborsare) non è mai passato e quindi non viene versato il premio. Se affermasse che è transitato durante il picco dovrebbe dimostrarlo lei, mentre se afferma che non è mai passato è responsabilità del guidatore riuscire a dimostrare che è passato. Questa

tecnologia è affidabile ed efficiente (si riesce a ridurre il numero di veicoli senza apportare interventi fisici all'infrastruttura), il suo utilizzo richiede precauzioni tecniche ad esempio è necessario garantire la privacy dei guidatori nel momento in cui si va ad indagare se il futuro beneficiario ha effettivamente rispettato l'orario di passaggio, oltre che la necessità di non tracciare gli spostamenti degli individui. Un elemento negativo è la necessità di risorse finanziarie continue e non limitate nel tempo come lo possono essere interventi fisici sull'infrastruttura. Se per esempio fossero 1000 i veicoli che sia all'andata che al ritorno decidono di evitare la fascia oraria indicata, la spesa per il comune sarebbe di  $1000 * 2$  viaggi anticipati-posticipati \* 2.5 euro = 5.000 euro/giorno. Inoltre nel caso studio di Rotterdam vengono citati non solo i viaggi anticipati-posticipati ma anche quelli evitati e in questo caso risulta difficile verificare che l'utente abbia rinunciato davvero al viaggio e non sia solo un modo per ottenere il pedaggio positivo. Un processo simile è impiegato con la metropolitana londinese, qui non avviene un pagamento in caso si evitino determinate fasce orarie ma si ha il diritto ad uno sconto sulla tratta, strategia che si potrebbe applicare su tratti di strada a pagamento.

Gli investimenti pubblici dovranno essere rivolti oltre che ai guidatori ed ai veicoli su cui essi si spostano anche all'infrastruttura su cui essi viaggiano. Caso simbolo il collegamento 5G, "tutte le aree urbane e la maggior parte dei percorsi terrestri dovranno avere un'ininterrotta rete 5G entro il 2025" (5G for Europe: an action plan, 2016. SWD). Ma pensiamo che possa esserlo anche l'introduzione massiccia della stampante 3D, per aumentare la qualità e la velocità della realizzazione dei componenti. Sfruttando la tecnologia 5G sarà possibile avere una comunicazione senza fili robusta, diffusa e affidabile, permettendo in questo modo di usufruire appieno delle potenzialità dei veicoli connessi. Le reti 5G saranno essenziali dato che le previsioni indicano in diverse migliaia i GigaBytes generati ogni giorno da un veicolo di LV 4, 5 che necessitano di essere condivisi (V2X) e ricevuti (I2V, V2V). Ancora una volta però l'aspetto economico delinea la diffusione della tecnologia.

L'High Level Group ha indicato come la Commissione Europea, gli stati membri, le autorità regionali e la Banca d'Investimenti Europea (EIB) dovranno esaminare i programmi di ricerca e sviluppo e vedere se è possibile focalizzarli maggiormente sugli obiettivi di riduzione-azzeramento delle emissioni, guida autonoma e veicoli connessi. Lo sforzo collettivo che è richiesto per affrontare queste sfide cruciali potrà passare anche dalla condivisione di ricerche e studi progettuali tra case automobilistiche, in modo da focalizzarsi su ricerche vincenti e ridurre i costi di ricerca e sviluppo. Il gruppo indica come esempio l'interscambio sul modello di apprendistato proposto, tra la Bosch e la UK Industry-led apprenticeship. La Commissione propone anche lo svolgimento di diverse tavole rotonde tra le industrie automobilistiche e delle telecomunicazioni, al fine di instaurare quella che viene chiamata, European Automotive Telecom Alliance (EATA).

Sia secondo un report pubblicato nel 2015 da: Andrej Cacilo, Sarah Schmidt, Philipp Wittlinger (del Fraunhofer Institute for Industrial Engineering), che secondo il Boston Consulting Group, la componente di veicoli automatizzata venduti rispetto al totale nel 2025 sarà del 20%. Si attesterà sulle 44 milioni di vetture vendute nel 2030 (secondo il Boston Consulting Group). Per le auto a guida autonoma l'ERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council) ipotizza l'inizio dei test nel 2030. Stesso orizzonte ribadito dal commissario europeo per i trasporti, Adina Vălean a Stoccolma nel febbraio 2020.

La superiorità tecnologica nei confronti dei produttori extra-UE, attualmente è garantita da un indotto altamente specializzato che inizia dalla produzione dei software e dei chip e termina con l'organizzazione logistica della grande distribuzione. Alimentato dalla concorrenza tra le diverse case automobilistiche europee e dai finanziamenti statali e comunitari (come si è detto è il settore più sovvenzionato). Nel futuro le cose potrebbero però cambiare, Giappone e U.S.A. sono allo stesso livello tecnologico degli europei nella ricerca sulla guida automatizzata (questi ultimi spinti soprattutto dalle ricerche in ambito militare), le risorse fondamentali per sostenere una massiccia produzione di veicoli altamente tecnologici non si trovano in Europa (i cosiddetti materiali rari come il Silicio e il Manganese) che si andranno ad aggiungere alle materie

prime necessarie attualmente per lo sviluppo dei veicoli. Già ad oggi i componenti elettronici comportano un terzo del costo del veicolo.

Nel [75] si dice come l'azione dovrà estendersi attraverso: (1) il trasferimento agevole di competenze; (2) l'incoraggiamento di formazioni non convenzionali per l'acquisizione di nuove capacità; (3) lo sviluppo di un mercato di apprendistato funzionante.

- (1) Con il fine di incrementare la flessibilità e le opportunità dei lavoratori si auspica la composizione di una classificazione, che sarà portata avanti dalle industrie con il supporto degli stati membri, detta European Skills-Competence Occupations and qualifications (ESCO). Con cui definire chiaramente i ruoli specifici richiesti nell'ambito della nuova strategia industriale, le loro caratteristiche, e il possibile percorso lavorativo all'interno dell'azienda. Ad accompagnare la classificazione ESCO, vi sia un portfolio delle competenze personali riconosciuto all'interno di tutti gli stati membri della EU, chiamato Skill Pass(port) in cui siano racchiuse tutte le abilità e competenze acquisite fuori dai canali standard di apprendimento (scuole tecniche, licei, università) ovvero le conoscenze acquisite dalle attività formative non convenzionali.
- (2) Per fornire un esempio, uno studio multi disciplinare al fine di evitare scatole chiuse, in cui ogni reparto produttivo ha conoscenza di quello che fa ma non dell'insieme in cui è inserito. Conoscendo l'ambiente circostante si riesce a ottimizzare la progettazione e pervenire a migliori soluzioni di sistema. In questo ambito di studio multi disciplinare non serve una conoscenza completa degli altri settori, che potrebbe essere conseguita con esami di master universitari ma serve sviluppare conoscenze mirate e pratiche che quindi competono alla realtà imprenditoriale ed industriale. Da qui la necessità di definire attività di formazioni non convenzionali.
- (3) Nel testo viene proposto un programma intra-nazionale che attragga i giovani talenti verso il settore automobilistico che attualmente non ottiene molto successo.

Da qui la nostra idea di ipotizzare un centro europeo di ricerca per la guida automatizzata sul modello del Cern di Ginevra. Ogni stato membro lo finanzia. Dalle università, oltre che in parte dagli staff tecnici delle case automobilistiche europee, giungono i tecnici e il personale esperto per fare ricerca ed insegnamento. Obiettivo avere una visione comune europea e mantenere il vantaggio tecnologico sui concorrenti extra UE.

E'attivo Il programma COSME che dovrebbe attuare politiche ed azioni mirate per promuovere l'immagine del settore automobilistico, incrementare la consapevolezza, scambiarsi le migliori pratiche tra le industrie. Focalizzandosi soprattutto in delle piccole e medie imprese che hanno la maggior difficoltà a reperire la manodopera qualificata necessaria. Non contando sul blasone e la possibilità di far carriera, presenti nelle grandi industrie.

Diverrà ancora più attuale la necessità di un'economia circolare in cui riuso e riciclo saranno una solida base per ridurre l'uso di materie prime (che divenendo più scarse e saranno ottenibili a prezzi maggiori), perché anche se ovviamente non copriranno le enormi richieste del mercato, saranno un'utile diversificazione del pacchetto di risorse necessarie. L'economia circolare sarà affiancata da tecnologie che permetteranno di ridurre il consumo e gli sprechi energetici. Un'attenzione particolare dovrà essere dedicata alle batterie per evitare cumuli enormi di pericolosi accumulatori usati.

Le apparecchiature tecnologiche portano con loro la filosofia dell'usa e getta: non appena un modello è superato viene considerato un rifiuto, anche se potrebbe eseguire efficacemente lo scopo per cui è stato progettato (lo si vede con smartphone e pc). A peggiorare la situazione alcune compagnie hanno adottato la strategia degli aggiornamenti per facilitare la dismissione dei modelli precedenti (non potendolo più aggiornare si è costretti a cambiarlo, esempio la cessione del servizio da parte di Microsoft per il sistema operativo Windows 7). Non solo, l'automazione porterà a combaciare nello stesso progetto due velocità di adeguamento differenti quella della meccanica e quella dell'informatica. La prima di concezione classica ha tempi di sviluppo e adeguamento più lenti rispetto alla seconda, un nuovo modello di autovettura ha tempi di rilascio misurabile in diversi anni mentre quello di un componente elettronico o di un software informatico

di diversi mesi. Non solo per la fase di progettazione ma anche per la fase di realizzazione i tempi hanno un ordine temporale di differenza. Fortunatamente il software è più volte aggiornabile e permetterà quindi di restare al passo con le novità almeno fino a quando la componente hardware resterà compatibile con le esigenze (in termini di prestazioni) richieste. Ciò permetterà una migliore convivenza tra meccanica e informatica. Il settore automobilistico dovrà quindi velocizzare le sue fasi operative per riuscire a stare al passo con la parte elettronica e informatica. Questi notevoli investimenti potrebbero non essere sostenibili dalle piccole e medie imprese che attualmente si occupano dell'indotto automobilistico, quindi le case automobilistiche dovranno assorbire al loro interno questo tipo di realtà imprenditoriale, per non dover importare questi componenti (derivanti dall'indotto) dai paesi con cui sono in concorrenza.

Dato che si è parlato degli aggiornamenti, aggiungiamo brevemente un paio di spunti:

*Answer9*) Essendo ritenuti responsabili per i loro sistemi e applicazioni tecnologiche durante l'intera vita del veicolo, potrebbe darsi che i produttori evitino di sviluppare diversi aggiornamenti (per i quali mantengono la responsabilità) e puntino invece a riprogettare l'intero sistema. Questo costringerebbe i proprietari dei veicoli a fare una riparazione-sostituzione e non un aggiornamento. Essendo un libero mercato è probabile che vi saranno diversi produttori che invece puntino, su utili e frequenti aggiornamenti. I compratori avrebbero così la possibilità di indirizzarsi verso quest'ultima tipologia di case automobilistiche [84]. A fronte di ciò, noi riteniamo che avendo garantita nel tempo la sicurezza, le scelte commerciali delle singole case automobilistiche siano legittime ed utili allo stabilirsi di una condizione vivace e concorrenziale che possa portare allo sviluppo del LV 5 prima della data prevista dalla Commissione europea, il 2050.

In caso di modifiche al modo di operare del sistema è necessario che il guidatore venga addestrato all'uso del veicolo, come si trattasse di uno nuovo. Gli aggiornamenti dovranno essere eseguiti quando il veicolo non è in movimento, quindi se ne è disponibile uno al momento dell'accensione verrà installato solo successivamente. Nel caso si fosse riscontrato una falla nel sistema e quell'aggiornamento fosse indispensabile per la salute dei passeggeri e della sicurezza degli altri utenti della strada, allora il veicolo non deve potersi spostare fino al termine dell'installazione dell'aggiornamento [87]. Ciò cambierebbe le abitudini dei consumatori che fino ad ora hanno pensato all'automobile come un mezzo di trasporto sempre pronto all'occorrenza.

Nel caso il veicolo è dotato di assicurazione ma l'assicurato altera o utilizza un software alterato allora sarà lui a rispondere dei danni. Allo stesso modo se non è riuscito o non ha voluto installare un aggiornamento inerente la sicurezza. Nel caso una persona che ha la licenza per guidare il veicolo ma non è a conoscenza che vi è installato un software illegale o che non è stato scaricato un aggiornamento inerente la sicurezza allora non è responsabile. Viene da pensare come all'accensione il sistema non comunichi che vi è un aggiornamento essenziale in attesa di installazione (non dovrebbe essere possibile aver rifiutato questo tipo di aggiornamento, ma solo averne rimandata l'installazione). Per quanto riguarda l'installazione di software non autorizzati dovrebbe esserci un sistema di monitoraggio del veicolo, che verifichi la rispondenza dei codici sorgente con quelli originali, e che impedisca l'attivazione della guida automatica se scopre questa discrepanza (PART 1 AUTOMATED VEHICLES: LIABILITY OF INSURERS ETC, Luglio 2018).

In materia di aggiornamenti sarà importante ricordare tutte quelle operazioni di sicurezza che ormai da tempo siamo abituati ad usare per computer e smartphone: assicurarci che la fonte dell'aggiornamento sia verificata e che l'aggiornamento stesso non contenga degli errori di programmazione (bug). Gli aggiornamenti dovrebbero evitare di essere molto "pesanti" sia perché non è chiaro se il veicolo dovrà rimanere fermo mentre viene aggiornato (indipendentemente dal tipo di download), sia perché si rischia di attivare un effetto psicologico negativo sul guidatore ogniqualvolta viene notificata la disponibilità di un nuovo aggiornamento, con il rischio che venga meno il riconoscere lo spirito migliorativo del servizio offerto dal produttore, e di conseguenza il rimandare l'installazione o l'evitarla (per quelli facoltativi, a meno che non verrà imposta l'installazione sempre).

## 1.5 Evoluzione della mobilità

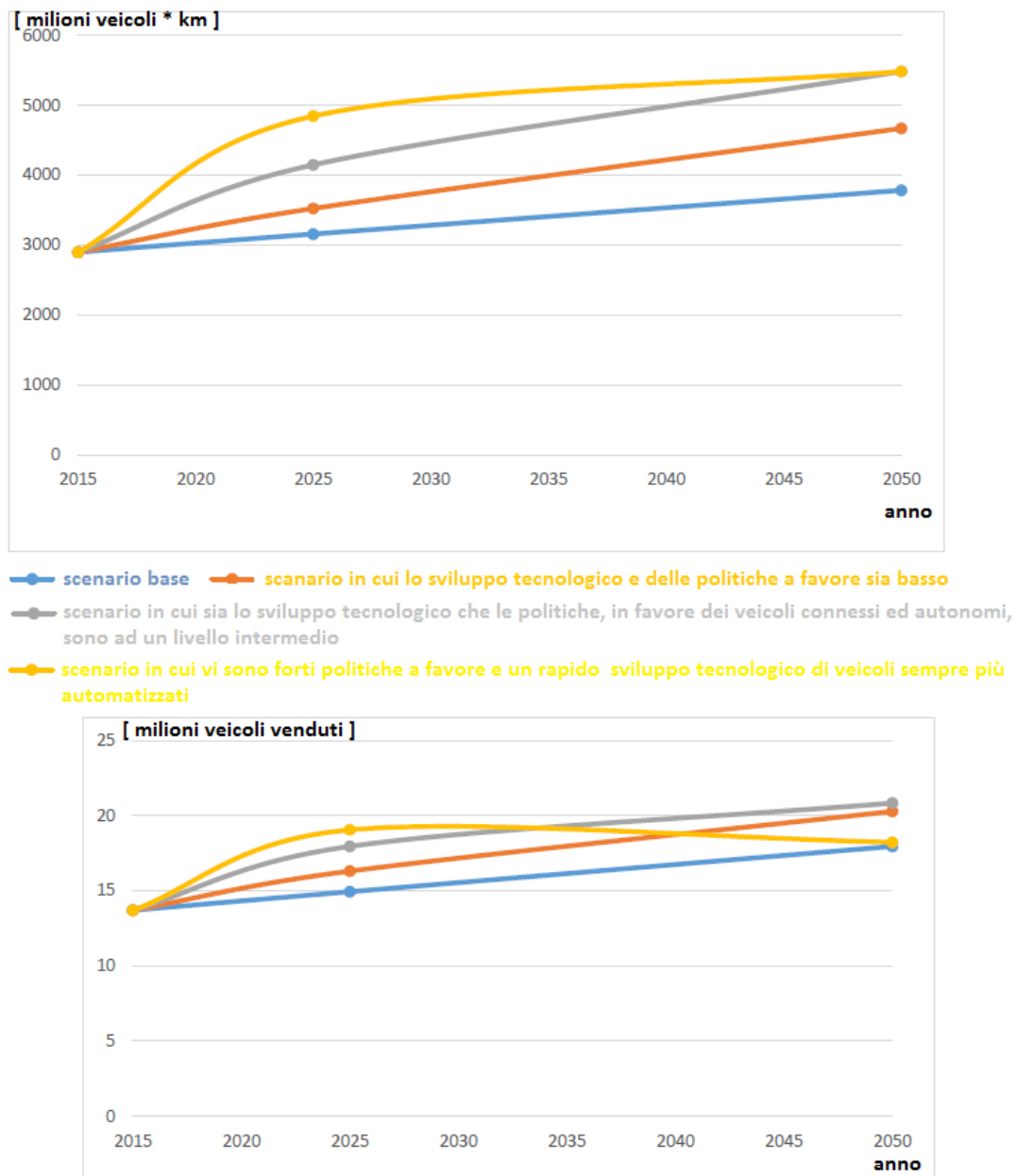


Grafico 2 - previsione di traffico in base a diversi livelli di penetrazione dei veicoli automatizzati (sopra), veicoli venduti nel periodo 2015-2050 in base a diversi livelli di penetrazione dei veicoli automatizzati (sotto) Fonte : analysis socio-economic Europ

Dal grafico sopra si nota come il traffico dal 2015 al 2050 subirà un incremento minimo di circa il 50 % con l'introduzione di veicoli connessi ed automatizzati (da 3.000 milioni di veicoli\*km attuali a quasi 5.000 milioni di veicoli\*km per il caso basso, e superiore a 5.000 nel caso di livello di penetrazione medio e alto). Sempre nello stesso intervallo di tempo i veicoli venduti avranno un incremento maggiore di un terzo per i casi di medio e di basso sviluppo rispetto ai veicoli automatizzati e connessi. Le vendite a lungo termine nel caso di forti politiche e rapido sviluppo dei veicoli a sempre maggior livello di automazione sono previste in linea con quelle di non inserimento di veicoli tecnologicamente avanzati. Quest'ultima considerazione è da riferirsi all'ipotesi che vi sarà un passaggio dall'auto di proprietà verso una mobilità come servizio, cioè resterà ad esempio un'auto di proprietà per famiglia mentre si sostituirà un'eventuale seconda auto con i servizi pubblici e privati, di trasporto. Questi nuovi servizi privati saranno competitivi con la scelta dell'auto personale perché

si avrà il vantaggio di essere soli (non in piedi o comunque affollato come nel trasporto collettivo), di non attendere il mezzo (prenotiamo l'orario in cui deve trovarsi alla zona indicata) e di essere portati al luogo indicato come con la propria auto, ma senza gli svantaggi di: oneri assicurativi, bollo, manutenzione, necessità di parcheggio o di acquisto di un posto auto. Questi veicoli condivisi ridurranno quindi il numero dei veicoli di proprietà immatricolati ma in questa modalità di trasporto come servizio, i veicoli impiegati hanno un impiego maggiore e continuativo che comporterà un ricambio del parco a disposizione consistente e quindi un maggior numero di veicoli venduti da parte dei produttori (che andrà in parte a bilanciare le minori entrate sul lato degli utenti singoli). Va comunque tenuto in conto che la riduzione di auto di proprietà è inteso solo per lo scenario in cui la diffusione dei veicoli autonomi è molto considerevole.

Per dare una piccola anticipazione, nell'articolo (Römer, Gaentzle, and Wess, How Automakers Can Survive the Self-Driving Era, ATKearney, 2016) viene definito come i robotaxi (rientrano in quella che è stata chiamata mobilità come servizio) avranno un costo inferiore ad 1\$ per miglio. Non vi sarà infatti il costo del guidatore, il costo della licenza, oltre ad un risparmio di carburante. Dato che il robo taxi non rientrerà ogni volta alla postazione di partenza ma ottimizzerà il percorso sul base della posizione delle richieste.

Il fatto che si avrà un maggior traffico è dovuto: sia allo spostamento di categorie come anziani, disabili, giovani, grazie a veicoli in cui la reazione ed il controllo umano sugli eventi andrà via via a scemare fino all'annullamento con la guida autonoma (LV 5), sia al minor costo del trasporto a cui consegnerà una maggior disponibilità a viaggiare e a farlo con l'autovettura. Non vi sono dati su quale % di utenti si sposteranno dal trasporto ferroviario a quello stradale (incrementando il numero di veicoli sulle strade) con l'avvento dei veicoli di LV 4, 5. Spostamento che può avvenire perché anche se dispone di una velocità commerciale più alta, il trasporto ferroviario è soggetto ad orari vincolati, al contatto con altre persone, a passare del tempo in piedi a causa dell'affollamento, ad un numero limitato di stazioni in cui è possibile scendere-salire, ad eventuali ritardi e cancellazioni.

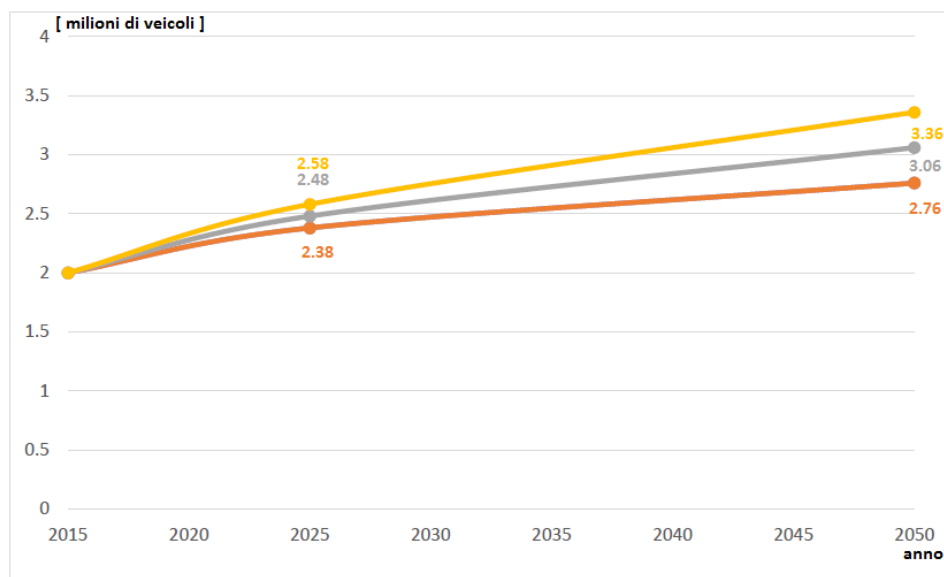


Grafico 3 - milioni di veicoli commerciali venduti nel periodo 2015-2050 fonte: analysis socio-economic European Commission, 2018

A differenza dei veicoli individuali, quelli commerciali non risentono nello scenario della flessione (rappresentato dalla linea in giallo nel grafico) a causa dello sviluppo della mobilità come servizio. Questo perché i veicoli commerciali rimangono prettamente di tipo individuale, acquistati nel momento in cui se ne ha bisogno. L'introduzione dei LV 4, 5 permetterà un'affidabilità maggiore dei trasporti delle merci: minori incidenti significano minori ritardi e danneggiamenti delle merci, la comunicazione con la centrale del traffico (TMC oppure locale) permette di evitare i tratti più congestionati, il controllo elettronico attraverso sensori dei componenti riduce le rotture, nel periodo in cui è l'intelligenza artificiale a controllare il veicolo l'autista

può rilassarsi-dormire (i colpi di sonno e la stanchezza sono causa di incidenti dei veicoli di trasporto merci), che potrebbero essere conteggiati come interruzione nel computo delle ore continuative di guida. Le leggi nazionali indicano la durata delle pause e le ore massime di guida ininterrotta.

Robo taxi dovrebbero nascere con l'obiettivo da un lato di impedire il proliferare delle auto private a guida autonoma, e dall'altra di non ostacolare il trasporto collettivo ma fungerne da complemento. In un insieme che dovrà essere: anticipatamente programmato, oltre che ben: realizzato, pubblicizzato e mantenuto. La manutenzione non deve essere solo quella di strade e segnaletica, ma anche dei siti web. Con un "occhio" alle persone non più giovanissime che vanno accompagnate a questa nuova forma di mobilità.

Pensiamo che acquistare un passaggio da un robo taxi, deva diventare facile come lo è oggi ordinare un pasto, e rapido come una consegna a domicilio ( ride-hailing ). L'interno di questi robo taxi lo immaginiamo come un salottino in cui rilassarsi e rasserenarsi. Ad esempio possono avere interni che rappresentino i vari quartieri della città in cui sono in servizio. All'interno del robo taxi si potrebbe mettere anche dei servizi di intrattenimento

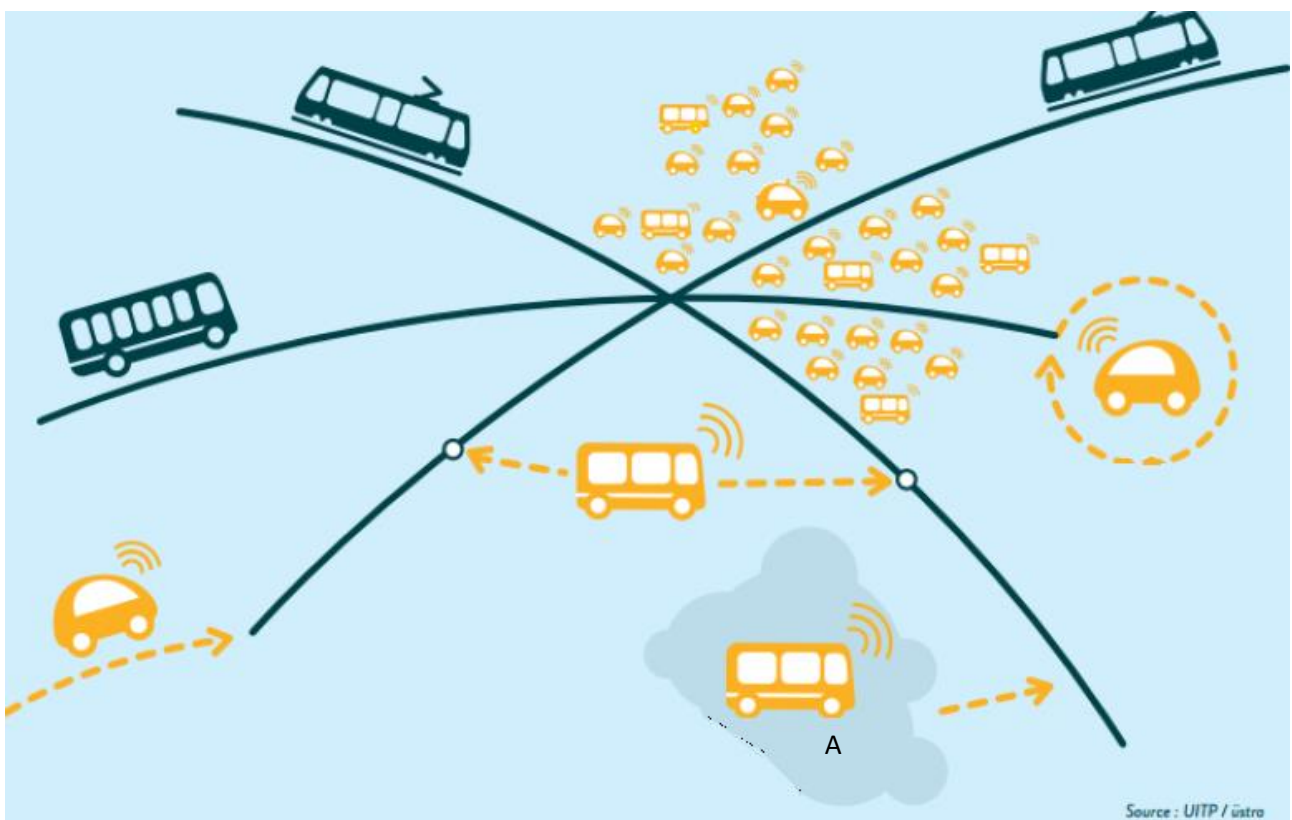


Figura 17 - mobilità come servizio fonte: International Association of Public Transport, January 2017

In figura sono messe in evidenza le connessioni tra le auto e le navette a guida autonoma all'interno di una città. Questi veicoli funzioneranno come flotta in servizio nelle aree dove non sono presenti linee di distribuzione. Linee che si fanno carico dei passeggeri diretti o in arrivo dalle linee di forza. Linee di forza che usualmente tagliano l'agglomerato urbano passando per il centro. Per evitare che gli utenti comprino ed utilizzino una vettura di proprietà per raggiungere le fermate dei mezzi, sono in servizio le navette. Ricapitolando: vi sono navette che prelevano gli utenti da una determinata zona (nella figura è la zona di colore più tenue, denominata A) e li trasferiscono alla fermata più vicina, altre navette di capacità minore si occupano di spostare gruppi di utenti che si sono prenotati tramite app alla destinazione. Nelle zone interne vi sono oltre alle navette anche singole auto senza guidatore che si fanno carico dell'ultimo miglio in città.



Nelle zone periferiche delle città non è possibile mandare linee di forza perché non vi è una sufficiente domanda di mobilità, che giustifichi i costi. Le linee di autobus hanno frequenza bassa, i taxi sono costosi per effettuarvi degli spostamenti quotidiani, perciò le persone sono “costrette” ad acquistare veicolo individuale. Nel caso del veicolo a guida autonoma sarà possibile instaurare dei servizi di robotaxi che hanno frequenza maggiore delle autolinee, costi minori del taxi, così potrebbero evitare l'acquisto del veicolo di proprietà. Potrebbe non essere estremamente raro l'acquisto di un veicolo autonomo tra amici-conoscenti e farsi trasportare al lavoro, mentre per loro è come essere in salotto o al tavolino di un bar



Figura 18 - esempio abitacolo trasformato in un salottino fonte: nostre immagini, scattate al salone internazionale di Ginevra (7 – 17 marzo 2019), Stand Renault HALL 4.

La connettività tra veicoli potrebbe incrementare l'efficacia dei servizi di trasporto collettivi. Se connessi tra loro, l'autobus sapendo che il tram è in ritardo lo attenderà in modo da garantire la coincidenza. Sapendolo non in ritardo ma fermo per un malfunzionamento, deciderà di ripartire invece di stare ad attenderlo.



Figura 19 - bus, bus turistici, noleggio di auto, furgoni e mezzi pesanti continueranno ad esistere (o almeno inizialmente) fonte: A.T. Kearney analysis

Noi pensiamo che un modo per promuovere i veicoli a guida automatizzata o autonoma (quando disponibili), potrebbe essere quello di svolgere dei tragitti gratis ai cittadini. Quindi ci sarebbero queste auto che girano per la città ed è possibile utilizzarle come fossero robotaxi, ma con la differenza che il loro servizio è offerto alla collettività e che non trasportano gli utenti in una destinazione scelta ma fanno come una sorta di giro turistico. Promuovendo la città e indicando alle persone come non vi debba essere timore nei confronti della tecnologia applicata ai veicoli. Invece degli attuali bus turistici scoperti potrebbero esserci delle navette a guida autonoma che trasportano famiglie di turisti, attraverso un percorso prefissato. Rispetto al bus vi è più intimità dato che si è soli con i propri amici o conoscenti. Con magari la possibilità di scegliere dal HMI del veicolo: musica, minigiochi o video (nel percorso tra due tappe del tour) e stando più comodi che su di un sedile di autobus.

### Considerazioni conclusive

L'idea dello scorso secolo di vedere un veicolo che si guida da solo resta ancora oggi tale, infatti nonostante i grossi passi avanti non siamo ancora in grado di produrre un veicolo autonomo. Anche le idee più promettenti risultano in ritardo sulla tabella di marcia.

Diverse strategie adottate dai vari protagonisti suggeriscono che non ci sia ancora una visione chiara e ben definita cioè un modello preciso da ottimizzare ma piuttosto che vi siano in atto diverse sperimentazioni di mobilità con grado di cooperazione e automazione differenti.

## 2. AUTO A GUIDA AUTOMATIZZATA

In questa sezione ci si occuperà del concetto che sta alla base dei veicoli a guida automatizzata e alle loro varie sfaccettature, come ad esempio un'analisi sulle componenti hardware e software oltre che descrivere i vari livelli di automazione. Per concludere poi il capitolo con alcune considerazioni in merito all'opinione pubblica attuale e una panoramica globale su questa tecnologia suddivisa per Paesi. Aspetti come i vantaggi e gli svantaggi di questa tecnologia saranno invece trattati nei prossimi capitoli per dedicare loro lo spazio necessario.

### 2.1 I cinque livelli di guida automatizzata

Tra tutte le nuove vetture oggi sul mercato automobilistico, una buona parte è dotata di sistemi di assistenza alla guida. Tra questi, i maggiori sono il Cruise Control e l'avviso di abbandono involontario di corsia. L'Istituto Federale di Ricerca per i Trasporti e la Mobilità tedesco, il Bundesanstalt für Straßenwesen, per fare una classifica dei diversi gradi di autonomia delle auto, ha stilato una graduatoria definendo i cinque differenti livelli di guida automatizzata (classifica SAE, Society of Automotive Engineers). Esiste un Livello 0 che comprende tutti i veicoli che non hanno a bordo alcun tipo di tecnologia atta alla guida automatizzata.

#### Livello 1: guida assistita

Si tratta del valore base, lo standard che già molte delle auto in circolazione oggi possiedono. Dotate dei sistemi di assistenza che tutti conosciamo, come il Cruise Control o il più evoluto Adaptive Cruise Control. Il conducente ha la possibilità di togliere il piede dall'acceleratore mentre sta guidando, per riposare la gamba.

#### Livello 2: guida semi-automatizzata

Alcune auto sono già in grado di guidare in maniera semi-automatizzata in alcuni contesti, come per esempio in autostrada o in zone in cui si verificano particolari rallentamenti a causa del traffico. I sistemi di assistenza mantengono la vettura nella giusta corsia e alla corretta distanza di sicurezza dal veicolo che la precede. In questo modo il conducente può riposare sia le gambe che le mani, ma il livello di attenzione deve rimanere alto in caso si verifichi la necessità di intervenire tempestivamente.

#### Livello 3: guida altamente automatizzata

Le auto che presentano dotazioni di questo livello, possono guidare autonomamente in situazioni ben definite, come le autostrade o le aree in cui il traffico è intenso. Questo è possibile senza che il guidatore le controlli. In questo modo la persona che si trova al volante può staccare gli occhi dalla strada. Caratteristica ulteriore è che le auto di questo tipo sono anche già in grado di comunicare tra loro. Ad esempio, L'Audi A8 è stata la prima vettura di serie a raggiungere questo livello di automazione, anche se la legislazione di molti Paesi ancora non prevede la guida autonoma.

#### Livello 4: guida completamente automatizzata

L'auto guida autonomamente per la maggior parte del tempo, non soltanto in occasioni particolari di reale necessità. Sa gestire situazioni complesse senza che il conducente debba intervenire. Egli così si trova sempre ovviamente in posizione di guida, ma nel frattempo può occuparsi anche di altro mentre l'auto procede. Per questo tipo di tecnologia siamo ancora in fase prototipo. Durante l'attivazione della funzione di guida automatizzata, tutti i compiti di guida nelle condizioni stradali e ambientali consentite sono controllati dall'equipaggiamento tecnico del veicolo, indipendentemente dal conducente. Se il veicolo rimane all'interno dell'ambiente operativo previsto, non è necessario un conducente.

## Livello 5: guida autonoma

Parliamo del massimo livello di guida automatizzata, nei veicoli sparirà addirittura il volante. Si tratta di auto super intelligenti, connesse con le infrastrutture e anche con gli altri veicoli. In questo modo, possono muoversi in modo più sicuro in ogni genere di situazione e condizione, senza alcun disturbo. Il conducente non esisterà più, sarà al pari di ogni altro passeggero. Questi veicoli non saranno presenti per almeno i prossimi vent'anni nelle previsioni più ottimistiche.

È dunque necessario precisare che fino al livello 3 è più corretto parlare di guida assistita; il sistema, infatti, assiste il driver, a cui resta affidato il comando del mezzo e rimane l'obbligo di restare vigile. Per il livello 5, invece, è corretto parlare di guida autonoma; il sistema, infatti, ha piena autonomia della guida e il conducente è libero di distrarsi o dedicarsi ad altre attività.

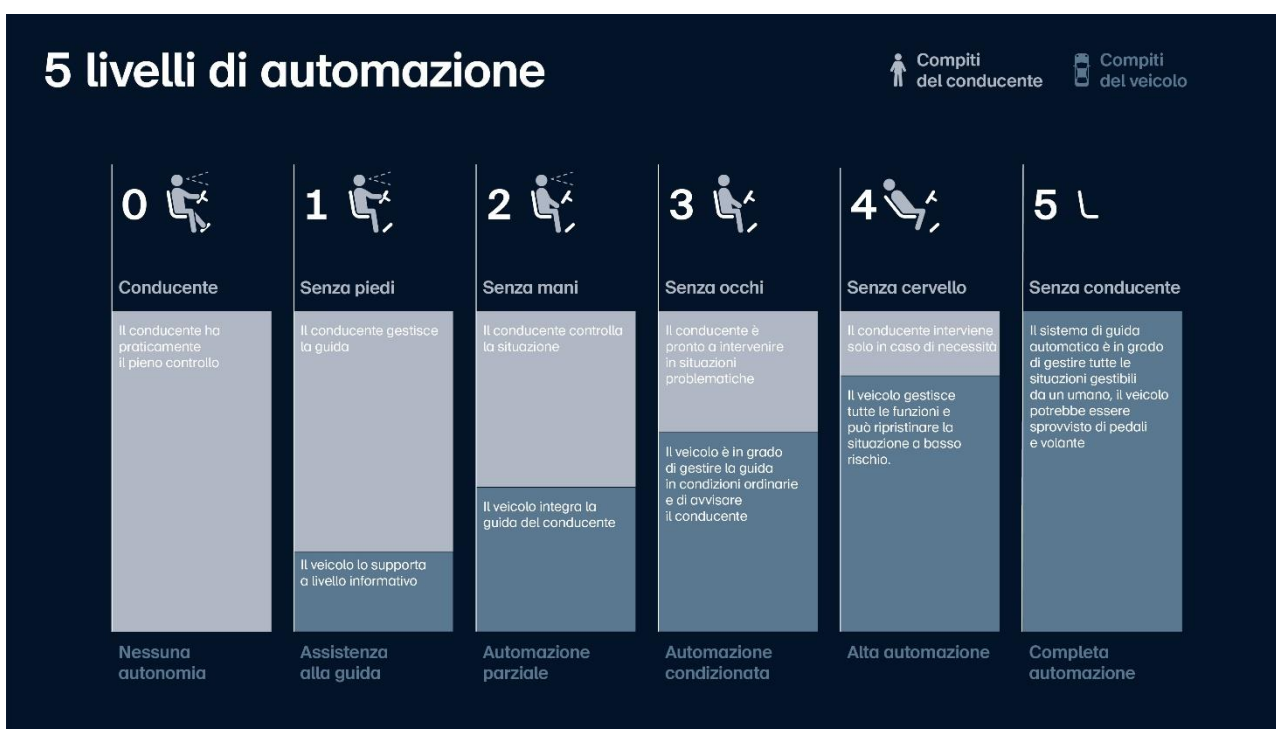


Figura 20 - Livelli di automazione classificati da SAE

Nella classificazione l'espressione "senza cervello" associata al LV 4 è da intendere nel tempo in cui la guida è affidata al sistema automatizzato. Per differenziare il LV 4 dal Lv 3, in cui non sono concesse attività secondarie al guidatore.

Allo stato attuale la totalità delle vetture è condotta da esseri umani, in quanto il massimo livello raggiunto dai modelli in fase di sperimentazione è il livello 3, ovvero a guida assistita. Per quanto riguarda, invece, i mezzi di trasporto autonomi, questi ultimi possono circolare solo in alcuni paesi previa autorizzazione, in piccole aree urbane ben delimitate e semi-chiuse al traffico, sempre al netto di deroghe concesse caso per caso dalle autorità.

Secondo le previsioni di IHS Markit relativamente alla guida assistita, entro il 2023 le vendite mondiali raggiungeranno 72.5 milioni di unità, rispetto ai 24 milioni di unità già in circolazione nel 2015. Per quanto riguarda, invece, la guida automatizzata, viene stimato che le vendite globali complessive raggiungeranno le 600.000 unità nel 2025 per poi toccare i 21 milioni di unità nel 2035.

La classificazione riportata in precedenza non è l'unica esistente anche se probabilmente la più conosciuta, diffusa e impiegata. Di seguito vengono riportate altre classificazioni per testimoniare analogie e differenze, ricordando che punti di vista differenti sono sempre fonte di spunto per migliorare la completezza delle informazioni.

#### 2.1.1 NHTSA, livelli di automazione (2013):

Livello 1, definito come funzione specifica automatica. È associato a questo livello un veicolo che ha uno o più funzioni di controllo automatiche ma che agiscono ognuna per conto proprio. Per fare un esempio le funzioni, acc e abs. Il guidatore è responsabile e deve mantenere il controllo del veicolo permanentemente.

Livello 2, definito col termine funzioni automatiche combinate. È associato a questo livello un veicolo in cui due funzioni primarie di controllo funzionano all'unisono autonomamente dal guidatore. Guidatore che deve monitorare sia le funzioni automatizzate e, nel caso di bisogno, prendere la gestione delle funzioni prima svolte in automatico dal sistema, sia la strada e le condizioni dei veicoli attorno a lui. Per fare un esempio due funzioni che operano contemporaneamente e congiuntamente sono il mantenimento della corsia di marcia e l'acc.

Livello 3, definito con il termine guida autonoma limitata. In questa fase il guidatore può cedere completamente la funzione di guida al sistema automatico del veicolo. Il guidatore non deve monitorare la strada e non deve costantemente tenere sotto controllo il sistema automatico di guida. Quando il sistema rileva che non vi sono più le condizioni per la guida autonoma richiama il guidatore umano alla guida, il fatto di non essere richiesto il monitoraggio perpetuo del sistema di guida dipende dal fatto che questo richiamo viene emesso con un margine di tempo sufficiente a riprendere la guida.

Livello 4, definito con il termine guida autonoma completa. Le persone all'interno del veicolo sono considerate passeggeri. Il sistema autonomo di guida monitora la strada e conduce il veicolo, in tutte le condizioni ambientali e di traffico.

Rispetto alla classificazione SAE in cui è utilizzata automatizzata, l'NHTSA utilizza l'aggettivo automatica che è associato usualmente alle macchine industriali. Sono presenti quattro livelli invece che sei e potremmo vederla come la rappresentazione dell'idea di saltare il LV 3 SAE. Infatti il livello 2 (NHTSA) può essere fatto corrispondere al LV 2 ed il livello 3 (NHTSA) al LV 4.

Nelle righe di testo che esemplificano i livelli della NHTSA, sono citate alcune tecnologie attualmente disponibili sui veicoli recenti che saranno brevemente esposte di seguito prima di proseguire.

Il cruise control convenzionale (ccc): la velocità è mantenuta al livello prefissato indipendentemente dalla distanza coi veicoli di fronte; il controllo elettrico della stabilità (esc): in cui il sistema automatico aziona i freni e varia i giri delle ruote in modo da riportare in asse il veicolo quando avviene una sbandata laterale; il sistema anti bloccaggio (abs): nel momento in cui il guidatore frena molto intensamente rischiando di bloccare le ruote ed iniziare un moto di scivolamento, il sistema automatico attiva un modulatore di frenata.

In realtà queste tre sono tecnologie ora ampiamente disponibili su quasi tutti i veicoli. Attualmente sono installate sui veicoli tecnologie più evolute come la frenata automatica d'emergenza (aeb): il sistema aziona i freni attuando una decelerazione quando rileva che l'impatto è imminente; l'adaptive cruise control (acc): il sistema controlla la direzione longitudinale aumentando o diminuendo la velocità per mantenersi ad una certa distanza dal veicolo che lo anticipa; il sistema di mantenimento della corsia di marcia: il sistema fa rientrare il veicolo all'interno della corsia quando i sensori rilevano che una ruota ha superato la linea di demarcazione della corsia di 0.3 m (dato fornito nel capitolo 3.6.1), un sistema che favorisce l'utilizzo della freccia per indicare la svolta infatti se si svolta senza aver messo la freccia, il sistema rileva il superamento della linea di demarcazione e attiva l'avviso acustico (Le Blanc e altri, 2006); il sistema d'avvertimento della collisione ed il parcheggio: assistito con sensori acustici che avvisano quando ci si sta avvicinando ad un



ostacolo oppure nei modelli più recenti una visione dell'ambiente in cui è situato il veicolo, con prospettiva dall'alto ricostruita grazie agli input dei sensori di prossimità e telecamere, permette di avere una visione a 360° o automatico in cui il veicolo ad una velocità limitata ai 10 km/h agisce su sterzo e acceleratore per posizionarsi all'interno dello stallo.

Per quanto riguarda l'adaptive cruise control, quando il veicolo che lo ha installato è connesso con altri veicoli (V2V): il veicolo davanti comunica ai veicoli che lo seguono le variazioni delle grandezze del suo moto. In questo modo la reazione è immediata ed i veicoli possono sia mantenersi a distanze minori rispetto alle attuali (guadagnando capacità per l'infrastruttura), sia consumare meno carburante perché si riducono le situazioni non previste che richiedono forti decelerazioni oppure degli stop and go. Il risparmio di carburante potrebbe essere del 15 % (Zhang e altri, 2014).

Infine un sistema evoluto: il Bosch highway assist combina ACC Stop & Go e Lane centering, insieme di più sistemi cooperanti, regola velocità, accelerazione e frenata. Questa tecnologia è stata sviluppata per entrare in azione in autostrada a supporto del guidatore, dove il veicolo segue automaticamente il mezzo che lo precede in carreggiata, a velocità e distanza di sicurezza. Se il veicolo davanti viaggia più lentamente, il sistema riduce proporzionalmente la velocità, se il veicolo invece accelera o cambia corsia, il sistema accelera alla velocità impostata dal guidatore. Attraverso il riconoscimento delle linee di demarcazione della corsia e all'intervento sullo sterzo elettrico, il veicolo è in grado di mantenere sempre il centro della corsia, anche in curva.

20 gennaio 2020

Tesla  
Nhtsa  
National Highway Traffic Safety Administration  
UsaA  
Stati Uniti d'America

Salva  
Commenta

f t in ...

BEV

## Negli Usa la Nhtsa potrebbe aprire un'indagine su 500mila Tesla



🕒 1' di lettura

La National Highway Traffic Safety Administration statunitense ha deciso di esaminare la richiesta di apertura di un'indagine su 500mila auto Tesla oggetto di 127 denunce presentate da automobilisti americani a seguito di un difetto all'acceleratore.

Secondo gli esposti, a causa dell'improvvisa accelerazione, 123 veicoli del costruttore UsaA sono stati la causa di 110 incidenti, che hanno provocato 52 feriti.

Figura 21 - Evidenza di come anche sulle tecnologie appartenenti ai livelli inferiori (LV 1, 2) possono ancora sorgere dei problemi fonte: [www.ilsole24ore.com](http://www.ilsole24ore.com)

Per quanto riguarda la frenata automatica d'emergenza, è stata definita dalla Thatcham Research come la tecnologia più importante per la sicurezza dopo la cintura di sicurezza. Nel Regno Unito vi sono il 45 % in meno di chiamate in causa per danni di possessori di veicoli dotati di (aeb), rispetto ai veicoli senza questa tecnologia [100]. In [83] si propone di renderla obbligatoria su tutti i veicoli a guida automatizzati.

Seppur la visione generale inerente la progressiva automatizzazione dei veicoli è come abbiamo visto di tipo gerarchico, dal LV 0 al LV 5, vi è però anche una corrente di pensiero che vede come soluzione migliore la collaborazione tra il sistema centrale informatizzato ed il guidatore umano. Tradotto significherebbe che il livello 3 di automatizzazione è auspicabile rispetto ai LV 4 e 5. Noi pensiamo che potrebbe essere vero per la fase transitoria dove la percentuale di veicoli “altamente” automatizzata dovrebbe essere medio bassa perchè un conducente umano riuscirebbe meglio a comprendere la situazione in atto, soprattutto in un ambito urbano fortemente trafficato. Però a regime quando il tasso di penetrazione nel mercato dei veicoli di LV 4, 5 è sufficientemente alto, la coordinazione tra i veicoli e la capacità di analisi-reazione del sistema artificiale darebbero un fattore vincente ai veicoli gestiti da un sistema.

Sempre sul tema delle classificazioni, Il forum mondiale per l’armonizzazione della regolamentazione sui veicoli WP29, ha definito cinque categorie per l’automazione dei veicoli. Il livello più basso è definito da una velocità sottostante i 10 km/h. Il secondo livello è caratterizzato dall’obiettivo di mantenere la direzione di marcia ed è quindi improntato alle funzioni di Lane guidance e Lane keeping assist. La categoria intermedia indica una configurazione tale per cui è il guidatore umano a decidere, quando e se cambiare corsia ed è il sistema automaticamente ad eseguirne il comando. La categoria superiore invece demanda al sistema sia il quando che il come cambiare corsia-direzione. Nell’ultima categoria il sistema automaticamente mantiene la direzione e sempre in autonomia compie i cambi di direzione. Non è una reiscrizione dei cinque livelli definiti della SAE. Vengono piuttosto identificati secondo i due parametri: direzione longitudinale e laterale le competenze del sistema, per attribuirne una categoria in modo speditivo dal punto di vista tecnico al veicolo esaminato. Non viene trattato l’aspetto del guidatore umano ovvero del suo intervento possibile o necessario (nel caso il sistema che dovrebbe svolgere autonomamente una funzione non vi riuscisse). Non è trattato neanche l’aspetto delle procedure di rischio minimo (M.R.M. che esamineremo nel proseguo della trattazione, capitolo 5.1.4).

Queste mancanze sono evidenziate nel [60], dove appunto viene riscontrata la necessità di passare da questa visione verticale (delle cinque categorie, definite dal WP29) ad una visione definita orizzontale, che prenda in considerazione i casi d’impiego. Si stabilisce così quali funzioni e in quali condizioni sono delegate al sistema di guida, come avviene l’attivazione-disattivazione della delega di funzioni al sistema, quali sono le funzionalità dell’interfaccia uomo-macchina (HMI), come essa informa ed avverte il guidatore sia sulla modalità di guida che sulla circolazione, come avverte il guidatore della necessità di riprendere il controllo, come vigila sull’operato del guidatore, quali sono le manovre di rischio minimo (valutate tramite analisi dell’albero di guasto) e di quelle di emergenza. Per quest’ultimo punto deve essere valutato se vi sono dispositivi, manovre e funzioni che accompagnino la guida del veicolo verso una condizione di maggior sicurezza, rispetto a quella posseduta nel momento in cui si rileva la necessità di attuare una manovra di rischio minimo (M.R.M.). Se questi dispositivi sono presenti è necessario definirne il campo di applicazione ed il livello di funzionalità richiesto.

Parlando della classificazione NHTSA abbiamo detto che fa riferimento alla terminologia dell’industria di processo, automatica invece di automatizzata, nel caso della HMI non accade. Infatti nell’industria automobilistica è stato scelto di definire HMInterface, e non HMInteractio, come è usualmente definito il luogo di interscambio tra uomo e macchina nell’industria: energetica, di processo, aeronautica ecc ...

### 2.1.2 Association British Insurance

Una altra classificazione che continueremo è quella proposta lo scorso anno dall’associazione delle assicurazioni britanniche ABI.

<b>Assistita</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. il guidatore è responsabile e condivide con il veicolo il controllo</li> <li>2. il veicolo e il guidatore condividono l'individuazione di eventi ed oggetti e conseguentemente la risposta a quest'individuazione</li> <li>3. il guidatore non può eseguire mansioni secondarie</li> </ol>
<b>Automatica</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. il veicolo ha la piena responsabilità del controllo, all'interno del dominio operativo per cui è progettato</li> <li>2. il veicolo esegue l'individuazione di eventi ed oggetti e la conseguente risposta</li> <li>3. il guidatore può eseguire alcune azioni secondarie</li> <li>4. il guidatore deve essere disponibile per una transizione del controllo del veicolo</li> </ol>
<b>Autonoma</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. il veicolo ha la piena responsabilità del controllo all'interno del dominio funzionale di progetto</li> <li>2. il veicolo esegue l'individuazione di eventi ed oggetti e la conseguente risposta</li> <li>3. il guidatore è a tutti gli effetti un passeggero</li> <li>4. il guidatore non ha abilità di controllo a parte un cambio di modalità di guida</li> </ol>

Figura 22 - Livelli di automazione secondo la Association British Insurance (ABI), 2019

Portandole all'interno del classico dominio definito dai livelli SocietyAutomotiveEngineer (SAE), troveremmo: assistita per i livelli LV 1, 2; automatica per i livelli LV 3,4; autonoma per il livello LV 5. Un'altra interpretazione è essere la seguente: LV 2 coincide con il togliere i piedi per guidare, LV 3 le mani, LV 4 gli occhi e LV5 non interessarsi più agli aspetti che riguardano la guida.

## 2.2 Filosofie d'implementazione

Vi sono due correnti di pensiero inerenti la tipologia di messa sul mercato dei veicoli a guida automatizzata. La linea sostenuta dalle case automobilistiche è definita come "something everywhere" e significa che l'introduzione delle applicazioni-servizi che assistono il guidatore nella funzione di guida avverrà gradualmente. In pratica indica che entreranno in circolazione veicoli con alcune (poche) applicazioni ma funzionanti in tutti i contesti (strade: principali, secondarie, urbane). Ad esempio lo si vede nei modelli recentemente immessi sul mercato: Fiat 500 E, Cross land X, vetture che appartengono al LV 2 di automazione e che hanno un paio di applicazioni days 1. La seconda corrente è quella sostenuta dagli operatori tecnologici e delle telecomunicazioni, ed è definita come "everything somewhere". In contrapposizione alla linea dei costruttori automobilistici, si traduce con una distribuzione localizzata a specifici ambiti (esempio quello autostradale) ma con molte applicazioni-servizi installati. Questa via punta ad uno sviluppo in modo forte già da subito ma in ambiti limitati e protetti. È la filosofia che prende piede in alcuni trasporti particolari come ad esempio nelle cave tramite veicoli pesanti senza pilota oppure mezzi su guida fissa sempre senza guidatore. Altri esempi si ritrovano in servizi navetta di aeroporti o di collegamento tra zone di uno stesso impianto industriale.

La ministra francese Anne Marie Idrac, nel suo resoconto sui veicoli a guida autonoma del 2018, ha citato una terza via oltre le due appena viste, in questa terza via è la velocità a cui le tecnologie operano ad essere incrementata a mano a mano. Si inizia con velocità basse a cui è possibile associare una guida autonoma del mezzo. Successivamente con l'avanzamento tecnologico ed il raggiungimento di adeguati livelli di sicurezza, sarà possibile associare la guida autonoma anche alle alte velocità. Può essere associata ad entrambe le due concezioni viste in precedenza con il vincolo di una velocità incrementata gradualmente. Significa poter avere un veicolo anche con un alto livello di automatizzazione, ma limitato a sfruttare queste sue potenzialità solo in un ambiente ristretto ed alle basse velocità, oppure un veicolo che sfrutti le sue dotazioni tecnologiche, minori rispetto al caso precedente, in ogni ambiente mantenendosi a basse velocità. Questa terza via è quella meno presa in considerazione dalla Commissione Europea. Se è possibile sfruttare una tecnologia perché vincolarla ad una velocità bassa, rischiando che non sia competitiva con le altre possibilità e quindi risulti non vincente? Tra le applicazioni del days 1 vi è la InVehicleSignage con cui tra le altre, il veicolo riceve



l'informazione sui limiti di velocità; perciò l'adozione di velocità ridotte in contesti giudicati più a rischio è già adottata dal fatto di avere questa assistenza alla guida (che fa rispettare le regole).

Quale via viene prescelta per l'introduzione dei veicoli a guida automatizzata e autonoma, influenzerà la tipologia di strumentazione e software installati a bordo (che dipendono dal LV di automazione e dalla funzionalità, richieste) oltre che il campo di applicabilità del mezzo. Il dominio operativo è definito dal produttore e deve essere chiaro, dettagliato, comprensibile per fugare dubbi sul campo d'applicabilità. È importante che sia indicato come si comporta il sistema nelle intersezioni, in situazioni di alta concentrazione di veicoli, quando la superficie è rovinata o scivolosa, nelle varie condizioni atmosferiche e geografiche, alle diverse velocità del veicolo. Dato che per molte di queste situazioni potrebbero essere applicate specificità apposite.

### 2.3 Tecnologia impiegata sui veicoli a guida automatizzata

Attualmente, le auto a guida automatizzata o semiautomatizzata come le Tesla Model S montano una serie di sensori a lungo raggio, a ultrasuoni, per "disegnare" in tempo reale la situazione intorno alla vettura, come fa un radar. Il GPS permette inoltre di sapere in ogni momento dove si trova il veicolo e agire di conseguenza. Alla base di tutto c'è un cervello elettronico (ECU) che si occupa di unire e processare i dati così ricavati. Al momento, le funzionalità di queste vetture non deresponsabilizzano, ovviamente, il guidatore, che deve rimanere attento e vigile. L'auto a guida automatizzata può sterzare all'interno nella propria corsia, gestire freno e acceleratore in autostrada, evitare incidenti grazie alla frenata e allo sterzo automatici. In più si parcheggia da sola. Per cambiare corsia, operazione estremamente pericolosa, se ci si pensa, è invece necessario l'intervento del guidatore, che azionando la freccia dà il via libera alla vettura per spostarsi.

Come già anticipato, le auto a guida automatizzata fanno ricorso a una buona varietà di dispositivi che ne

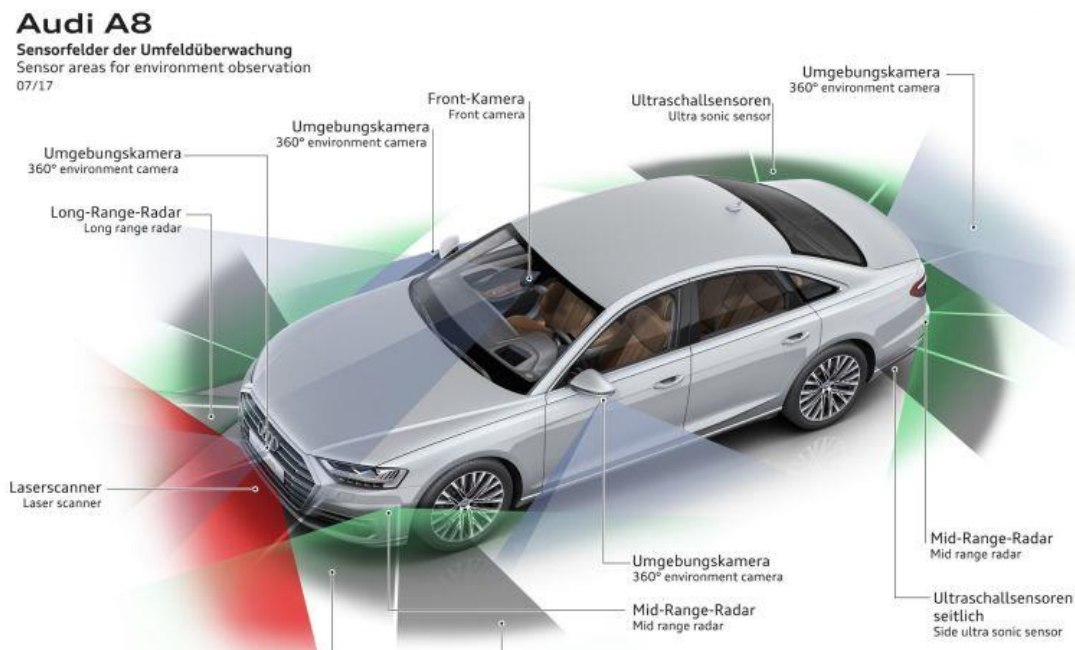


Figura 23 - Sensori installati su veicolo a guida automatizzata

garantiscono il funzionamento e l'efficienza. Tali componenti sono per lo più dediti al monitoraggio dell'ambiente esterno, in modo da fornire più dati possibili al computer interno affinché possa effettuare le operazioni per far procedere il veicolo in tutta sicurezza sia per i passeggeri che per gli individui che si trovino in prossimità dell'auto stessa. Tutti i dispositivi a bordo sono in fase di sperimentazione sia come tecnologia a sé stante sia come sinergia di più apparecchiature cooperanti, per questo motivo la conduzione su strada del veicolo automatizzato durante la sperimentazione dovrà essere effettuata da un supervisore che

possieda da almeno cinque anni la patente di guida, abbia superato con successo un corso di guida sicura o un corso specifico per sperimentatori di veicoli a guida automatica presso un ente accreditato in uno dei Paesi dell'Unione Europea e abbia condotto prove su veicoli a guida automatica in sede protetta o su strada pubblica, per una percorrenza di almeno mille chilometri. Questo aspetto è molto importante e diverso per ogni paese, nel proseguo verrà analizzato nel dettaglio.

Prima ancora di parlare delle tecnologie impiegate a bordo va detto che il veicolo deve conoscere la destinazione ciò significa impartire un ordine di guida che è sempre determinato da una persona. Un'auto dovrà creare un quadro accurato del suo ambiente circostante non solo attraverso i geodati statici (dati cartografici) e gli elementi del traffico statici (segnali stradali, cantieri), ma anche con i segnali del semaforo, la posizione dei banchi di nebbia, la congestione del traffico, le singole automobili, biciclette e i pedoni.

## 2.4 Hardware

### Telecamere

In un sistema che regola la modalità autopilota del veicolo, solitamente i componenti più comuni sono una o più telecamere che, lavorando contemporaneamente, riescono a dare una visione a 360° dell'ambiente circostante. L'obiettivo di questi dispositivi è quello di rilevare tutti i possibili ostacoli per la vettura. Si vuole analizzare nello specifico un caso particolare, ossia la Tesla Model S, in quanto dispone di un set di ben sette telecamere, ciascuna disposta affinché esegua un compito ben preciso. Tre sono le telecamere che inquadrano ciò che accade davanti alla vettura: una telecamera anteriore grandangolare, che tiene traccia di semafori e ostacoli che si possono incontrare a distanza ravvicinata, particolarmente utile nelle zone urbane e per manovre a velocità moderata; una telecamera anteriore focalizzata, calibrata a lunga distanza e che tiene traccia degli ostacoli più lontani, particolarmente utile quando si procede a velocità elevata; una telecamera anteriore principale, la quale, più generalmente, fa da supporto alle prime due telecamere descritte. Due telecamere laterali rivolte in avanti, una per lato, particolarmente utili nell'eventualità in cui un veicolo si immetta all'improvviso nella propria corsia e nell'attraversare un incrocio con scarsa visibilità. Vanno a concludere il set due telecamere laterali rivolte all'indietro, sempre una per lato, sfruttate per cambiare corsia ed immettersi nel traffico in sicurezza.

### Videocamere

In maniera analoga alle telecamere, anche le videocamere sono dedite al monitoraggio dell'ambiente circostante. La differenza sostanziale consiste nel fatto che le immagini registrate vengono mostrate in diretta all'utente, in modo da fornirgli una visione più completa e accurata dei dintorni. Nello specifico, sempre prendendo come riferimento la Tesla Model S, si ha affiancata al set di telecamere una videocamera montata sulla parte posteriore del veicolo, al fine di fungere da supporto al guidatore per le manovre più complicate, comprese quelle di parcheggio. Riesce a coprire una distanza di massimo 50 metri.

### Radar

Altro strumento di monitoraggio in dotazione alle self-driving cars è il radar. Questo dispositivo è in grado di sfruttare le onde elettromagnetiche per rilevare e determinare dimensioni, posizione e velocità di un oggetto che si trovi entro il suo raggio d'azione. Nello specifico delle auto a guida automatizzata, il radar lavora in sinergia con le telecamere per ciò che concerne il controllo dell'ambiente circostante in quanto sfrutta una lunghezza d'onda in grado di superare vari fenomeni atmosferici quali pioggia e neve, oltre che a polvere e altri veicoli. Questo permette loro di sopperire alle mancanze delle telecamere soprattutto nelle condizioni climatiche più avverse. Analizzando alcuni dei modelli di self-driving cars conosciute, si può notare come i diversi produttori abbiano optato per diverse configurazioni: veicoli come Waymo di Google o Audi A8 presentano quattro radar, i quali sono montati a coppie sui paraurti posteriore e anteriore; prendendo come

esempio la Tesla Model S, invece, questa presenta un solo radar posto nella parte anteriore del veicolo, scelta presa evidentemente tenendo in considerazione anche gli altri componenti di monitoraggio del veicolo.

## LIDAR

I LIDAR, acronimo di Light Detection and Ranging, sono dei particolari sensori finalizzati al telerilevamento di oggetti posti a distanza rispetto all'apparecchio. Così come l'obiettivo, anche la metodologia di funzionamento è analoga al radar, ma differente nel mezzo: mentre i radar sfruttano, come già citato, le onde elettromagnetiche, i LIDAR si servono invece di impulsi laser per determinare posizione, dimensioni e velocità di un oggetto interessato nel suo raggio d'azione. Il connubio tra LIDAR e radar per il corretto funzionamento del sistema di rilevamento di una self-driving car è estremamente importante: mentre il radar è più indicato per identificare oggetti a lunga distanza, il LIDAR, con la sua capacità di creare fedeli modelli 3D monocromatici degli oggetti scansionati, è in grado di fornirne al computer un'identità (pedoni, veicoli, muri, ecc.); ciò, nonostante la portata relativamente limitata e la minore affidabilità in condizioni climatiche avverse, lo rende estremamente utile per fornire al sistema di guida automatizzata dati precisi sull'ambiente immediatamente circostante. Purtroppo, nonostante gli evidenti vantaggi che comporta, finora l'utilizzo dei sistemi LIDAR è stato limitato per via del costo della tecnologia relativamente alto. Un sistema LIDAR è il cuore di Waymo, il sistema per self-driving car di Google; nello specifico, il sensore viene montato sul tettuccio in modo da avere una migliore visuale e ha una portata di ben 200 metri.

## Sensori a ultrasuoni

I sensori a ultrasuoni sono un altro dei numerosi dispositivi di monitoraggio a disposizione dei veicoli autonomi. Sfruttano onde sonore caratterizzate da una frequenza abbastanza alta da risultare inudibile agli esseri umani per rilevare la presenza di oggetti nelle immediate vicinanze del veicolo. Il principale svantaggio di questa tecnologia rispetto alle altre già citate risiede nel limitato raggio d'azione, che raggiunge solo pochi metri di distanza; oltre a ciò, la quantità di pixel che questa tecnologia è in grado di rilevare è estremamente più limitata se confrontata, ad esempio, con la tecnologia LIDAR. Questo comporta un rilevamento approssimativo degli oggetti vicini al veicolo, ragion per cui vengono generalmente prese contromisure a riguardo: ad esempio, Tesla Modello S e Audi A8 montano ben 12 sensori a ultrasuoni a testa, in entrambi i casi divisi in egual misura tra paraurti anteriore e posteriore, quantità maggiore rispetto ad altri tipi di sensori proprio per sopperire alla minore precisione ed affidabilità. Proprio per i motivi appena elencati, i sensori a ultrasuoni vengono utilizzati principalmente come ausilio per le manovre di parcheggio, ma trovano anche un'applicazione nel rilevamento delle auto immediatamente circostanti.

## Localizzatori GPS

Le auto a guida automatizzata sfruttano inoltre un sistema di geo-localizzazione che riceve informazioni relativamente alla posizione precisa dell'automobile grazie al GPS, ciò serve per l'auto posizionamento, il veicolo deve sapere dove si trova. Le stime del GPS tuttavia possono essere approssimative per via di disturbi del segnale o di altre interferenze causate dall'atmosfera. Per esempio nei grossi centri abitati, gli edifici possono schermare il segnale e limitare la precisione ad un'area di 40 m, distanza impensabile per poter governare una macchina in autonomia. Attualmente nei sistemi di navigazione, dove è richiesta una precisione piuttosto accurata, la precisione è data da algoritmi sviluppati sull'analisi dei big data; in altre parole un segnale poco preciso è migliorato da un codice implementato dagli sviluppatori per restringere l'area in cui si trova il veicolo e fornire indicazioni più precise per la navigazione. Per minimizzare questo problema, sulle future auto a guida automatizzata, i dati forniti dal GPS vengono comunque confrontati con una mappa digitale del luogo ottenuta in precedenza grazie al rilevamento degli altri sensori. Con l'avanzare del veicolo, la mappa in questione viene aggiornata con nuove informazioni sulla posizione ottenute dai sensori dell'auto. Un sistema del genere è presente su Waymo, che sfrutta un ricevitore montato sulla parte posteriore del veicolo per ricevere i dati GPS. Un sistema di posizionamento globale differenziale è il DGPS dove le stazioni di terra eliminano le imprecisioni del GPS. Un altro dispositivo che in futuro potrà concorrere

al posizionamento del veicolo è l'identificazione a radio frequenze RFID, ovvero dei binari virtuali. Sulla strada vengono posizionati chip che vengono rilevati dai veicoli e permettono di auto posizionare il veicolo.

#### Autovalutazione dello stato del veicolo

Il veicolo deve avere numerose informazioni sulle proprie condizioni: funzionamento dei sistemi importanti, direzione di marcia, velocità, chiusura delle portiere, temperatura interna ed esterna, ecc. Molti sensori diversi forniscono queste informazioni: odometro ("contachilometri"), sensori di velocità angolare sulle ruote, girobussola, sensore pressione pneumatici, sensore apertura porte, termometro.

#### Situazione di traffico

Se un'auto a guida automatizzata sia in grado far fronte in modo sicuro e fluido al proprio compito di guida dipenderà sempre di più dalle informazioni che provengono da diversi sistemi ambientali digitali (segnali stradali digitali, mappe digitali regionali, sensori stradali, ecc.) (veicoli connessi). Il veicolo guida secondo una propria mappa digitale, aggiornata continuamente con l'aiuto di informazioni dall'esterno. Il veicolo non può sempre decidere da solo se questi dati sono affidabili. Deve fare in parte affidamento sul sistema ambientale (l'aspetto legato all'infrastruttura è trattato in modo più approfondito nel capitolo Smart Road).

Il veicolo necessita dell'esatta posizione degli edifici e di altri ostacoli fissi, della posizione attuale, del profilo, della velocità e della direzione di marcia di tutti gli utenti della strada nell'ambiente circostante (automobili, biciclette, pedoni), di segnali stradali, di semafori. Solo con un quadro preciso della situazione di traffico, può anche tenere conto di tutte le normative sui trasporti ed evitare il pericolo per gli altri utenti della strada. Una "mappa dinamica locale" (LDM) memorizza nel veicolo i dati richiesti a questo scopo. Le informazioni statiche (ad es. dati cartografici) possono essere prearchivate nella LDM e confrontate con l'ambiente reale nelle prove sul percorso previsto. Tuttavia, anche i dati forniti in questo modo richiedono un aggiornamento costante. La LDM può recuperare i dati automatizzatamente o dai sensori del veicolo o da servizi digitali esterni al veicolo.

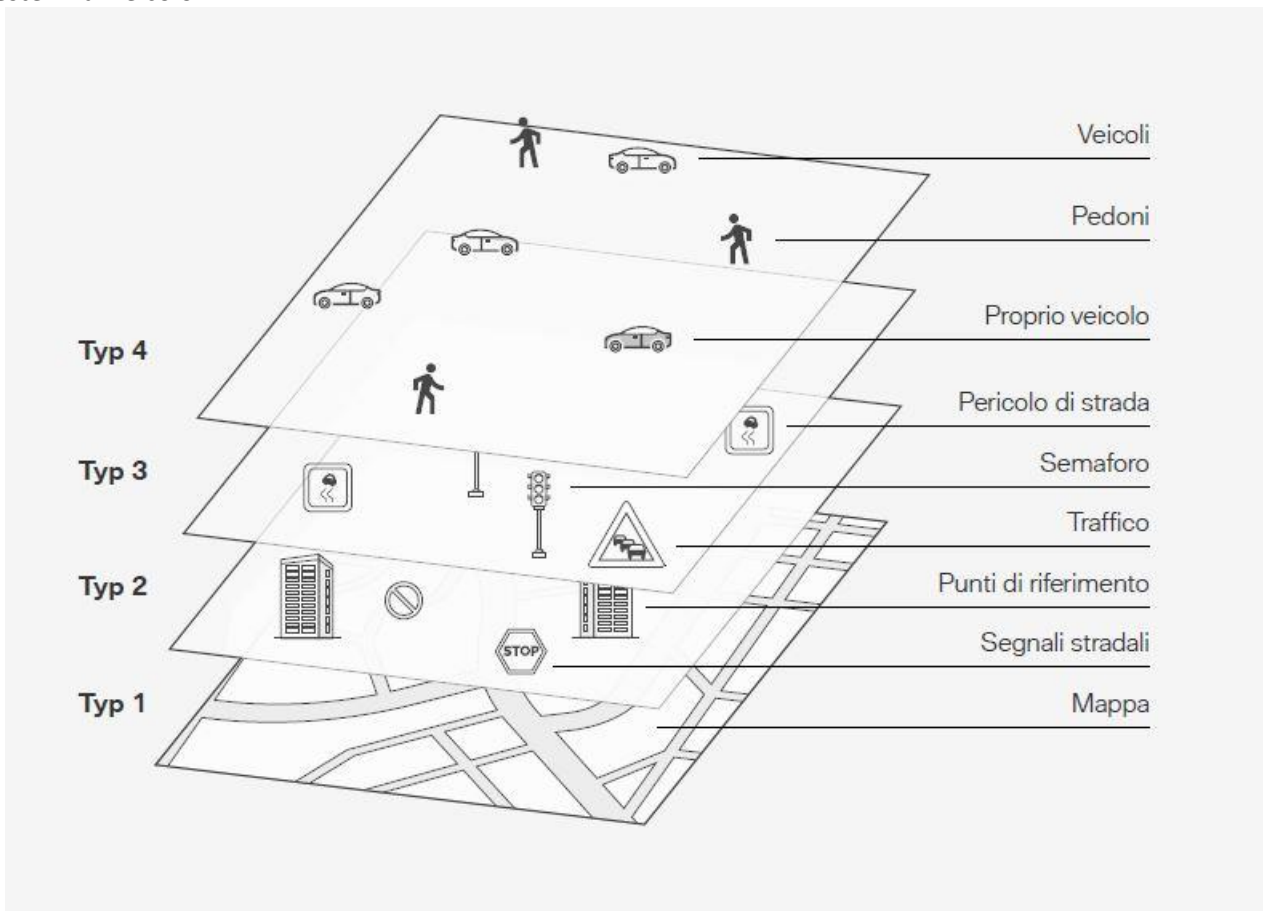


Figura 24 - Mappa dinamica locale

La mappa dinamica riportata in figura si compone di quattro livelli differenti, il livello 1 raccoglie i geodati statici come ad esempio la cartografia stradale, il livello 2 contiene gli elementi stradali statici come cartelli stradali ed edifici, il livello 3 gli elementi stradali dinamici quindi semafori e segnali provvisori per lavori o incidenti mentre il livello 4 contiene tutte le informazioni altamente dinamiche come il movimento del traffico e dei pedoni.

Per soddisfare l'elevata richiesta di dati, il veicolo deve essere collegato in rete con l'ambiente circostante. Per le comunicazioni servono:

- Rete mobile: le grandi quantità di dati possono essere gestite meglio con un elevato standard di rete mobile. Lo standard di rete mobile 5G attualmente molto discusso sembra particolarmente adatto in questo caso grazie alle sue elevate velocità di trasmissione dei dati, alla trasmissione in tempo reale e ai ridotti periodi di latenza.
- Wi-Fi: una rete wireless locale (Wi-Fi) permetterà di collegare il veicolo all'infrastruttura che sarà costituita da moduli radio (Road Side Unit) su lampioni e su strutture a portale per migliorare la comunicazione.

Gli altri sistemi già citati come, videocamere, Lidar, Radar permetteranno di identificare l'esatta posizione degli altri utenti.

## 2.5 Software

Affinché una self-driving car sia in grado di operare correttamente, la componente hardware costituita dai vari sensori descritti nel precedente paragrafo non è sufficiente. In maniera complementare alla stessa, è necessario che vi sia affiancata una componente software, che si occupi di ricevere gli input dai sensori, per poi rielaborarli e restituire come output qualunque tipo di funzione automatica prevista dal veicolo.

### Gli ADAS - Advanced Driver Assistance System

Il sistema composto da hardware e software che vanno a gestire una determinata funzionalità della self-driving car viene chiamato "sistema avanzato di assistenza al conducente", o più semplicemente ADAS (acronimo dall'inglese "Advanced Driver Assistance System"). Gli ADAS comprendono sistemi di sicurezza già presenti sul mercato da tempo, e si possono considerare come i primi step che hanno portato a quella che attualmente la concezione di veicolo intelligente: ne esistono di molti tipi diversi, ciascuno dei quali garantisce una funzione specifica e differente. Alcuni esempi sono i seguenti:

- Adaptive Cruise Control (ACC): funzione che permette al veicolo non solo di mantenere una velocità costante senza la necessità di utilizzare il pedale dell'acceleratore, ma anche di rallentare automaticamente quando un altro mezzo più avanti si avvicina oltre la distanza di sicurezza.
- Funzione di parcheggio automatico: funzione che si occupa di assistere il guidatore in fase di parcheggio; grazie ai vari sensori di prossimità descritti in precedenza, il sistema è in grado sia di avvertire l'utente nel momento in cui ci si trovi in corrispondenza di uno spazio sufficiente ad ospitare la vettura, che di controllare in seguito lo sterzo andando ad effettuare tutte le manovre necessarie a parcheggiare il veicolo. All'utente è comunque richiesto di inserire le marce e di accelerare quando necessario.
- Sistema anticollisione: funzione di sicurezza finalizzata all'assistenza dell'utente in caso di impatto imminente, al fine di limitare come possibile i danni dovuti ad un incidente stradale; nel caso fosse rilevato dai sensori un avvicinamento improvviso a un altro oggetto senza che il guidatore, per qualsiasi motivo (come ad esempio a causa di un colpo di sonno), non freni in maniera opportuna, il sistema provvede automaticamente ad attivare delle misure precauzionali, come pompare l'aria negli airbag, tendere al massimo le cinture di sicurezza e, ovviamente, frenare.

- Sistema di avviso di deviazione dalla corsia (LDW, da “Lane Departure Warning”): funzione che, riconoscendo grazie ai vari sensori le linee tracciate sulla carreggiata, avverte il guidatore con un segnale acustico o una vibrazione di un’eventuale invasione di una corsia adiacente.
- Sistema anti bloccaggio (ABS, da “Anti-block Bracking System”) già da tempo presenti sui veicoli e obbligatori per legge (non su veicoli commerciali). E’ un sistema di sicurezza che, in fase di frenata, nel caso venga rilevato un blocco delle ruote, le sblocca andando a diminuire la forza di frenata; in questo modo, il guidatore in caso di pericolo può premere il pedale del freno senza il timore che le ruote possano bloccarsi.

Questi sistemi di nuova generazione puntano ad unire più funzionalità tra quelle degli ADAS appena descritti, in modo da ottenere un unico sistema avanzato in cui tutti i vari aspetti dell’intelligenza elettronica possano comunicare tra loro nel modo più efficiente possibile. Questo processo di ottimizzazione sta portando allo sviluppo di sistemi di assistenza sempre più completi, che a loro volta garantiscono e, in futuro, garantiranno ancora più una performance di guida automatizzata sempre più affidabile. Attualmente, tutti questi nuovi ADAS sono in fase di sviluppo o miglioria, tuttavia alcune compagnie automobilistiche hanno optato per la scelta di dotare i propri ultimi modelli di questi sistemi di assistenza, al fine di fornire agli utenti un’esperienza, seppur non completa, di quello che per ora è ancora uno scorcio di quelle che saranno le effettive potenzialità di un veicolo completamente autonomo. Disponendo questi veicoli di un’opportuna connessione di rete, per le aziende che le producono è possibile aggiornare il software di guida automatizzata in qualsiasi momento. Un altro vantaggio per le aziende è quello di poter contare su una grande distribuzione di questi dispositivi che corrisponde a molte ore di utilizzo dei dispositivi e quindi una gran mole di dati a disposizione da poter studiare. Tra le varie aziende che attualmente mettono a disposizione per i loro clienti dei software di guida automatizzata si hanno Tesla, Volvo, Audi, General Motors e Mercedes-Benz. I rispettivi sistemi di guida automatizzata sono Tesla Autopilot (2015), Volvo Pilot Assist, Audi Traffic Jam Assist, GMSuperCruise e Mercedes-Benz Drive Pilot. Una condizione che probabilmente verrà resa necessaria in futuro sarà probabilmente la normalizzazione dei software che regolano la guida automatizzata dei veicoli: una tale unificazione sarà in grado di portare una migliore efficienza dei sistemi, agevolando lo scambio di informazioni e quindi migliorandone qualità ed affidabilità. Tra questo e l’effettiva realizzazione, tuttavia, si porrebbero gli interessi economici delle aziende produttrici.

#### Connettività: V2X – Vehicle to Everything

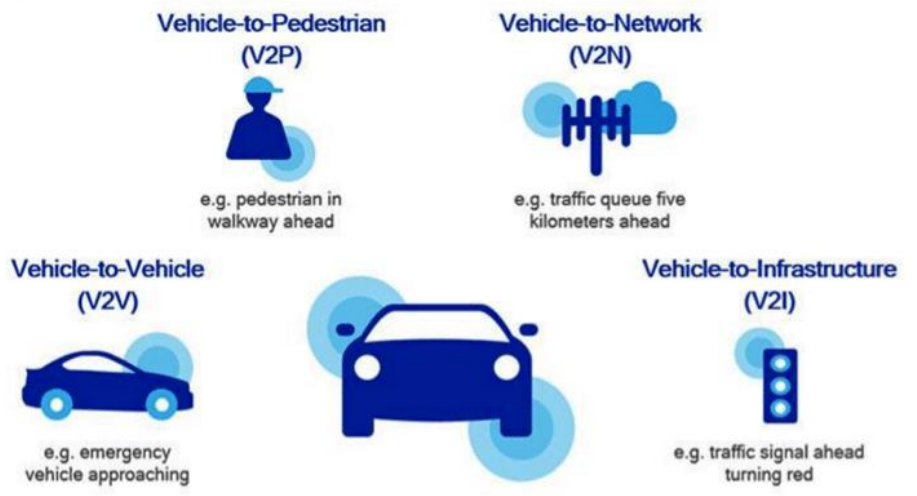


Figura 25 - V2X, tutte le configurazioni



Parlando di auto a guida automatizzata è impensabile un futuro dove tutti gli utenti della strada e l'infrastruttura stessa non siano connessi. In questo capitolo sono esposti i vari sistemi di comunicazione, un capitolo a sé è dedicato alle Smart Road, le strade connesse. Nel 1996 questa tecnologia entrava a fare parte delle auto, la chiamata di emergenza (a cui si è dedicato un paragrafo) è il primo ritrovato tecnologico ad essere stato installato su veicoli privati. Il veicolo può registrare un incidente e chiamare automaticamente il centro di raccolta delle chiamate di emergenza più vicino. Tuttavia, i passeggeri devono comunicare autonomamente la loro posizione in una conversazione. Per normativa UE qualsiasi veicolo immatricolato dopo il 31 marzo 2019 deve essere munito di un sistema di chiamata di emergenza completamente autonomo, ciò vuol dire che il sistema invia in automatico la posizione. Nei primi anni 2000 nascono anche i primi sistemi di monitoraggio e diagnosi dei veicoli in remoto, La diagnosi consente ai produttori di auto di controllare il corretto funzionamento del sistema e, in caso di problemi, identificare più rapidamente la causa. Uno delle tecnologie che più ha avvicinato le auto al mondo interconnesso è stata la SIM card, questa permette ai conducenti di accedere a notizie, informazioni sulle condizioni meteorologiche e altri servizi utili e ha reso più facile anche formulare previsioni sulla congestione stradale: il tracciamento anonimo ha creato la possibilità di analizzare e prevedere traffico in modo affidabile. Nel 2007, quando è nato il primo smartphone, la connettività è diventata sempre più usufruibile grazie alle app e i servizi di MirrorLink che hanno abilitato il funzionamento di app per smartphone selezionate (quelle funzionali alla guida) tramite il sistema di intrattenimento dell'auto attraverso il sistema HMI (Human Machine Interface).

Una feature molto importante, che arriverà nel prossimo futuro, legata alla componente software e pensata per raggiungere livelli di affidabilità ancora più alti è la comunicazione V2X, abbreviazione di "Vehicle to Everything"; trattasi di un sistema che sfruttando una rete LAN e un già citato localizzatore GPS possa permettere di condividere informazioni tra il veicolo e qualsiasi entità che sia potenzialmente in grado in qualsiasi modo di influire sulla guida dello stesso. V2X è il connubio di più sistemi di comunicazione più specifici, ciascuno dedicato a un campo particolare: nello specifico, è possibile elencare la V2I (Vehicle to Infrastructure), la V2V (Vehicle to Vehicle), la V2P (Vehicle to Pedestrian), la V2D (Vehicle to Device), la V2H (Vehicle to Home), e infine la V2G (Vehicle to Grid).

- V2V (Vehicle to Vehicle): sistema di comunicazione che permette ai veicoli di comunicare l'uno con l'altro. È utile per riferire agli altri veicoli autonomi la presenza di eventuali pericoli o informazioni relative alle condizioni del traffico, in modo che gli stessi possano prendere in anticipo delle adeguate contromisure.
- V2I (Vehicle to Infrastructure): sistema di comunicazione che consente la comunicazione tra il veicolo e le varie infrastrutture legate all'ambito stradale, come semafori, parchimetri e lampioni dotati di RSU. Sfruttandolo è possibile avere in anticipo informazioni come la presenza di un parcheggio disponibile, dati sulla viabilità o la presenza di lavori sulla carreggiata.

Per fare fissare meglio il concetto si riportano due esempi esemplificativi:

Es. 1 - un veicolo non è in grado di rilevare in modo sufficientemente affidabile un semaforo convenzionale con una videocamera, può guidare rapidamente a un incrocio solo se, oltre al segnale ottico, riceve un segnale di semaforo digitale. Tuttavia, questo segnale ha un valore solo quando l'operatore del semaforo ne garantisce l'affidabilità.

Es. 2 – un garage per il parcheggio autonomo potrebbe presto fornire a un veicolo a motore compatibile con la modalità di guida dati completi sulla situazione di traffico, in quanto telecamere e altri sensori registrano parcheggi liberi, veicoli e pedoni in una mappa dinamica. In questo modo la navigazione viene notevolmente facilitata per l'auto in modalità di guida automatizzata. Tuttavia, deve poter fare affidamento sulle informazioni che ottiene. Non solo il veicolo deve essere sicuro, ma il sistema del veicolo e dell'ambiente insieme devono formare un sistema complessivo sicuro per prevenire incidenti. Ad un certo punto sorge la domanda su chi controlla effettivamente il veicolo: il veicolo o il garage.

- V2P (Vehicle to Pedestrian): Sistema finalizzato a comunicare ai pedoni il passaggio del veicolo in modo da prevenire eventuali incidenti; la collisione viene predetta dal sistema basandosi su informazioni come posizione, velocità e direzione del pedone condivise dallo stesso passante tramite i suoi dispositivi di comunicazione.
- V2D (Vehicle to Device): Sistema di comunicazione che consiste nello scambio di informazioni tra il veicolo ed un qualunque dispositivo ad esso collegato; si riferisce principalmente ai dispositivi che possono essere utilizzati dagli individui alla guida di mezzi non motorizzati come le biciclette. Lo scambio di informazioni è finalizzato, come per il V2V e il V2P, a prevenire e quindi evitare eventuali incidenti.
- V2H (Vehicle to Home): Sistema di comunicazione tra il veicolo e l'abitazione del suo proprietario: tramite uno scambio di informazioni, il veicolo è in grado di determinare eventuali situazioni di carenza energetica e fungere da supporto, anche in casi di emergenza.
- V2G (Vehicle to Grid): Sistema di comunicazione tra il veicolo e la rete elettrica nazionale, grazie al quale le automobili potranno fungere da vere e proprie centrali elettriche mobili, in quanto saranno in grado sia di accumulare che di rimettere in rete l'energia elettrica, tutto a seconda dell'effettivo bisogno.

Il primo approccio a una tecnologia del genere è stato effettuato da General Motors nel 2006 sui suoi modelli Cadillac, tuttavia è noto come anche molte aziende stiano lavorando per raggiungere un obiettivo analogo, come le già citate BMW, Toyota, Audi e Volvo.

Per tutti questi servizi è chiaro quanto sia centrale il ruolo del Cloud, un sistema che possa raccogliere i dati degli utenti della strada e fornire le informazioni necessarie quasi istantaneamente e con un adeguato livello di sicurezza, è per questo motivo che l'Europa non può stare a guardare. Bisogna scegliere se rimanere intrappolati dai servizi proposti da America e Cina con scarso controllo su di essi o se investire per un proprio sistema.

## 2.6 Campo d'applicazione

È importante che i sistemi e le applicazioni presenti nei veicoli siano normate, altrimenti potrà essere complicato stabilire che non hanno funzionato o che non hanno funzionato come si sarebbe aspettato. Se non si conosce quale è il campo di applicabilità è difficile dire che avrebbe dovuto agire e invece non lo ha fatto. Nelle barriere di sicurezza, in base al modello e alla posa in opera sono definibile univocamente diversi parametri: l'entità energetica dell'urto per cui essa resiste, entro quale deformazione massima deve rimanere la parte colpita, quale angolo di reimmissione del veicolo è previsto, in modo che dopo un urto contro la barriera è possibile riscontrare se la barriera ha lavorato come previsto oppure no. Se non sapessimo di che barriera si tratta, non potremmo dire se è corretto che a seguito di un urto si sia deformata fino a quel punto (perché non progettata per resistere a quel veicolo), oppure se avrebbe dovuto deformarsi di meno. Una barriera progettata per contenere la deformazione entro il valore massimo a seguito di un urto con un mezzo pesante non mantiene quel limite se ad urtarla, è ad esempio un aereo uscito di pista.

Il Consumer Protection Act del 1987, recependo la direttiva europea del 1985 (85/374 CEE) sulla responsabilità dei prodotti, definisce difettoso quel prodotto per cui la sua sicurezza non è quella che le persone generalmente intendono. Da qui la necessità di stabilire per i sistemi inerenti i veicoli automatizzati, connessi, ed autonomi, quale sia la sicurezza aspettata, dato che essendo novità di mercato non presentano nella popolazione un'idea generale su come e quanto devono essere considerati sicuri. Per campo di applicabilità s'intende anche quello puramente fisico ovvero entro quali: temperature, condizioni climatiche,



grado di umidità, vibrazioni, intensità del campo magnetico è ritenuto dal produttore (a seguito di prove e test) in grado di soddisfare le prestazioni per cui è progettato.

Proponiamo un esempio. L'Interruttore differenziale è un dispositivo utilizzato per evitare i contatti indiretti, nei sistemi TT (la prima lettera indica lo stato del neutro, e può assumere due condizioni: collegato a terra (T) oppure, o isolato o messo a terra tramite un'impedenza grande (I). La seconda lettera indica se le masse sono collegate a terra (T) oppure se sono collegate al neutro del sistema (N)). È caratterizzato da una corrente differenziale nominale ( $I_{DN}$ ). Per convenzione è stata indicata una corrente differenziale nominale di non intervento di valore ( $I_{DN}/2$ ): massimo valore di corrente per il quale sicuramente l'interruttore non interviene. A questo punto il campo di applicabilità del dispositivo è:  $I_{DN}/2 < I < I_{DN}$ . Nel caso per una corrente inferiore a quella nominale di non intervento l'interruttore apre il circuito, siamo in presenza di un comportamento errato. Comportamento che causa l'interruzione del servizio, anche se la corrente con cui è a contatto la persona è ritenuta non pericolosa. È ugualmente difettoso un interruttore che non interrompe una corrente superiore a quella nominale. In questo caso la persona si trova soggetta ad una differenza di potenziale tale per cui, la corrente che in essa fluisce è pericolosa. Tra  $I_{DN}/2$  e  $I_{DN}$  non è conosciuto, a meno di averlo testato per i valori di corrente intermedi, il comportamento. Quindi non è ascrivibile al produttore una mancanza [fondamenti di sicurezza elettrica, Vito Carrescia, edizione TNE].

Un prodotto può risultare difettoso perché è stato progettato male oppure perché a seguito di una progettazione corretta è stato poi costruito o assemblato non conformemente al progetto o alle norme tecniche. In seguito un elemento progettato e costruito correttamente, potrebbe ancora risultare come un rischio per la sicurezza di cose o persone a causa di un errore nella sua installazione o nel suo utilizzo. Si può sfruttare la norma CEI 64/8 sugli impianti elettrici per comprendere le sfaccettature del termine utilizzo (che non è riferito solo ad un oggetto ma può esserlo di un'area). La CEI 64/8 indica infatti come negli ambienti sotto tensione possa avere accesso solo il personale formato, e che questi ambienti devono essere chiusi e segnalati con apposita cartellonistica, in modo che le persone che non possiedono i requisiti non siano in grado di accedervi.

La direttiva europea 85/374 sulla responsabilità dei prodotti all'articolo 7 è chiara nell'indicare come non venga attribuita la responsabilità di aver prodotto un elemento difettoso ad un costruttore, che al momento della fabbricazione non avesse posseduto le capacità per identificare il difetto (purché fossero le conoscenze tecniche e scientifiche a non averlo permesso, e non una sua negligenza nel metterle in atto, o una sua ignoranza nel conoscerle).

Il codice britannico impone alla persona, che intenta una causa contro un produttore per aver prodotto un bene difettoso, di dover presentare le prove che quello che attesta è veritiero (Consumer Protection Act del 1987). Nel caso di applicazioni inerenti i veicoli automatizzati, la persona oltre che dimostrare che (un software, un componente hardware, un attuatore, un sensori ecc) fosse difettoso, deve anche portare le prove di come l'essere stato difettoso sia stato causa del danno ricevuto. Il consumatore potrebbe però ricorrere nei confronti del produttore del veicolo per il reato di negligenza e non per la produzione di un prodotto difettoso [84].

In funzione del fatto che al simulatore, un errore non provoca conseguenze al guidatore e agli occupanti, viene utilizzato come primo "banco di prova" per testare i software dei veicoli. Nelle simulazioni virtuali vengono testate le percezioni delle situazioni e le decisioni prese dal sistema automatizzato in un'ampia casistica di situazioni di guida. In base alla tipologia vi saranno poi scenari di prova differenti, basti pensare ad una navetta autonoma rispetto a un autoveicolo.

BAST & GDV, nel 2003, redarono una ricerca per l'industria assicurativa identificando 338 tipologie di incidenti. Questo alto valore di prove ed ambienti da validare per i test dei veicoli, implica la necessità di strutture, finanziamenti e tecnici appositamente dedicati. Dopo le simulazioni, alcune di queste prove dovranno essere riprodotte in strada e verificare che non vi sia poi troppa differenza tra come si comporta il veicolo nella realtà e nella simulazione. Se questa correlazione non venisse confermata, non si potrebbero

assumere i risultati delle simulazioni per assicurare la funzionalità e la sicurezza operativa del sistema automatizzato.

Come effettivamente siano realizzati questi scenari di prova, non è ancora definito da nessuna regola ma vi sono in corso diversi studi per raggiungere una descrizione di dettaglio. Vi è, sia una corrente di pensiero che indica nella costruzione di sottoinsiemi caratteristici per i vari ambienti di prova, sia una corrente di pensiero che ipotizza una caratterizzazione di tutti gli elementi. Sarà poi il produttore (secondo questa seconda corrente) che inserirà nella propria simulazione, solamente quelli indicati per il campo d'applicazione del suo mezzo. Per esempio se l'applicazione testata funziona solo in autostrada allora il produttore non inserirà nella simulazione l'elemento utenti deboli, che lì non sono presenti (comunque il veicolo dovrà rilevare oggetti nel suo raggio di azione perché potrebbero esserci animali oppure oggetti caduti da altri veicoli).

D'altro canto va osservato come rispetto ad una situazione reale, nel caso di un simulatore, la concentrazione del guidatore non può essere la stessa. Inoltre per i soggetti più giovani il simulatore può essere visto come un gioco, e per i tecnici professionisti un lavoro. Per questo dopo la sperimentazione virtuale (che è senza dubbio necessaria) servono degli ulteriori test. Il processo auspicato è quello in cui ad una iniziale fase di simulazione segua una fase di prova su pista e solo dopo aver ottenuto prove incoraggianti lo spostamento del veicolo su di strade pubbliche aperte al traffico.

Per ovviare alla mancanza di sperimentazione sul campo pratico e considerando inoltre la complessità del sistema e l'evoluzione temporale delle variabili in gioco come ad esempio i fattori meteorologici, gli oggetti identificati attorno al veicolo, il movimento dei veicoli, il comportamento umano e la reazione del sistema scaturita dalla machine learning (insieme di strumenti che consentono all'elaboratore di imparare un compito, sfruttando una sua elaborazione della situazione e non seguendo le righe di un codice di programmazioni), è necessaria la validazione in ambito di test su pista o virtuali in condizione di traffico eterogeneo quindi con veicoli a guida assistita e a guida automatizzata prima di passare alla sperimentazione su strada pubblica. Tenendo presente che non sarà mai possibile testare tutte le situazioni che possono accadere durante la vita utile del veicolo, a questo proposito si ricorda l'importanza degli aggiornamenti dei veicoli quanto dei metodi di progettazione-validazione-test [85].

## 2.7 Opinione pubblica

È evidente come l'adozione delle self-driving cars comporterebbe un cambiamento non indifferente nello stile di vita della gran parte della popolazione; l'effettivo realizzarsi di questo scenario richiede però un cambiamento sostanziale della concezione di "veicolo" da parte dei suoi futuri utenti, affinché tutti i dubbi e i timori relativi a questa nuova rivoluzione tecnologica possano essere fugati. Nello specifico, è necessario che gli utenti escano dalla mentalità di dover necessariamente essere i protagonisti dell'attività di guida. E' doveroso considerare il fatto che il progressivo e non immediato sviluppo tecnologico che ha visto partecipare le automobili ha permesso, poco alla volta, di abituare i guidatori all'idea che sia un sistema automatico ad occuparsi di vari aspetti che concernono il controllo e l'utilizzo del mezzo di trasporto. Ne sono esempi il cambio automatico e il sistema di climatizzazione automatico. Ciò nonostante, il punto focale della questione relativa alle self-driving cars è che il guidatore sarà privato dell'attività principale, ossia del controllo attivo del veicolo tramite volante, cambio e pedali; è comprensibile pensare che un tale cambiamento possa essere visto con diffidenza. E' soprattutto a questo proposito che negli ultimi anni sono stati svolti più sondaggi su questo tema, al fine di cercare di definire al meglio l'opinione del pubblico al riguardo. Ecco di seguito alcune tra queste.

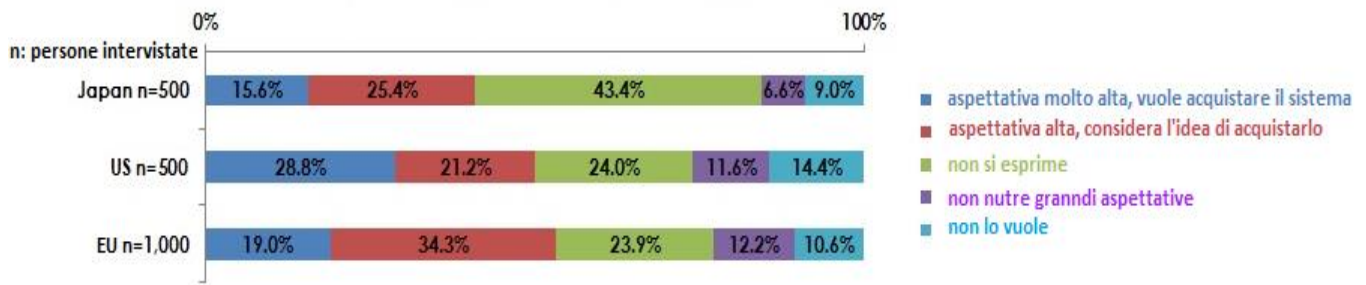
Nel 2011 è stata proposta dalla compagnia Accenture un sondaggio che ha visto 2.006 persone tra Stati Uniti e Regno Unito dare il proprio parere sull'eventualità di viaggiare su un veicolo a guida automatizzata; il 49% si è dichiarato favorevole all'idea. Per ciò che concerne l'intenzione di acquistare una self-driving car, è stato

invece effettuato un sondaggio dalla J.D. Power and Associates nel 2012 su 17.400 individui, che ha visto il 37% dei partecipanti ritenersi interessato all'idea, percentuale che scende al 20% se si considerano solo gli individui che sarebbero stati d'accordo anche se la tecnologia interessata sarebbe dovuta costare più di 3.000 dollari. Sempre nel 2012 si registrano i risultati di un sondaggio effettuato in Germania da Puls, azienda di ricerca in campo automobilistico, dove viene rivelato che tra le 1000 persone intervistate il 22% risultava essere completamente favorevole, mentre il 24% particolarmente ostile all'idea. Nel 2014, Cisco Systems ha scelto di effettuare una ricerca su più larga scala, andando ad intervistare 1500 clienti collocati in 10 Paesi diversi; tra questi, il 57% si è rivelato essere favorevole all'idea di viaggiare su un veicolo autonomo, inoltre è stato possibile notare come tra i Paesi interessati fossero Brasile, Cina e India quelli particolarmente disposti ad adottare questa nuova tecnologia. Anche il sito Insurance.com, nel 2014, si è visto protagonista di un sondaggio analogo effettuato su 2000 soggetti, ottenendo un responso particolarmente positivo alla causa: addirittura 3 su 4 tra gli intervistati si è detto interessato all'idea di acquistare un'automobile automatizzata, quota che sale ulteriormente dell'11% se tale scelta avrebbe influito positivamente sul costo dell'assicurazione. Nel 2015 è la volta della Delft University of Technology che si interessa dell'opinione di circa 5000 persone provenienti da ben 109 Paesi diversi, dalle quali si poteva evincere che buona parte ritenessero l'attività della guida come il modo migliore per godersi un tragitto in macchina.

- ❖ Tale sondaggio ha sollevato inoltre quelle che sono molte delle preoccupazioni che interessano tutt'ora le self-driving cars, come ad esempio le questioni relative a sicurezza, hacking o rapporto con la legge locale; tuttavia, il 37% degli intervistati ha ritenuto che avrebbe preso in considerazione l'idea di acquistarne una. In un ulteriore sondaggio svolto nel 2016 in Germania che ha visto la partecipazione di 1.603 persone, invece, si è potuto riscontrare una diversa presa di posizione relativamente alle self-driving cars in base al gruppo sociale interessato; decisamente marcata è stata la differenza di opinioni tra giovani uomini e donne, che ha visto i primi particolarmente emozionati all'idea di salire su un'auto a guida automatica, a differenza delle seconde che si sono dimostrate più timorose all'idea. Nello stesso anno è stata anche svolta una ricerca negli Stati Uniti da PwC, società di consulenze, che ha rivelato che ben il 66% delle 1584 persone chiamate a dire la propria fossero portate a pensare che il sistema elettronico di una self-driving car sia più intelligente della media dei guidatori umani.

Ne emerge che, seppur rivoluzionaria e portatrice di numerosi vantaggi, la tecnologia di guida automatizzata sia ancora poco accettata e vista con diffidenza dai consumatori. Saranno necessari ancora diversi anni affinché il concetto di self-driving car possa radicarsi nella mentalità degli utenti finali. Bisogna poi considerare i bisogni degli utenti: molti individui tengono molto in considerazione la possibilità di guidare e il piacere che riescono a trarne. L'eliminazione della figura del guidatore prevede anche la possibilità di entrare in conflitto con utenti come questi. Dal punto di vista economico la produzione di veicoli autonomi prevede un maggiore esborso dovuto alla grande quantità di componenti, tra i quali soprattutto i vari sensori, che risultano essere attualmente poco accessibili a livello economico. Ciò si ripercuote sia sul prezzo di acquisto del veicolo, sia sui costi di manutenzione. E' necessario provvedere a standardizzare questi componenti in modo da abbattere i costi di produzione. Anche l'incertezza nell'ambito legale desta parecchie perplessità: in caso di sinistro, non essendoci un guidatore al volante, a chi va attribuita la responsabilità dell'accaduto? Esistono più alternative, come si vedrà nel proseguo, ma nessuna tuttora riconosciuta in modo unanime. Senza una definizione chiara relativamente all'attribuzione delle varie responsabilità, difficilmente le self-driving cars potranno raggiungere le nostre strade.

Il 53.3% degli europei, il 50% degli statunitensi e il 43% dei giapponesi dichiara di essere disposto ad acquistare un veicolo a guida autonoma (Yano, 2018). I valori sono dati dalla somma tra l'aspettativa alta e molto alta di figura seguente.



Estimated and Created by Yano Research Institute

Figura 26 - Gradazione della volontà di acquistare un veicolo a guida autonoma, in USA-Giappone-EU fonte: Yano Research, 2018

Un sondaggio in 109 paesi del mondo ha evidenziato come il 5% di essi è disposto a pagare più di 30.000\$ per un veicolo di LV 5 (Kyriakidis 2015, Public opinion on automated driving). Un altro sondaggio su un campione di 5.500 persone il 58% ha risposto di essere disponibile a viaggiare su un veicolo a guida autonoma. Il tasso raggiunge i valori massimi nei paesi emergenti: in Cina è del 75% e in India del 85% mentre nei paesi europei ha valori al disotto della media, con Regno Unito al 49% e Germania al 44% (Self-Driving Vehicles in an Urban Context). Oltre a differenziarsi in base alle regioni del mondo, l'apprezzamento verso i veicoli autonomi varia anche in base al sesso e all'età. Uno studio pubblicato da Hohenberger nel 2016 attesta come i maschi abbiano un desiderio maggiore rispetto alle femmine di provare un veicolo di LV 5 e che le sensazioni da positive per i maschi, diventano di timore e d'ansia per le femmine. Grazie agli studi di Abraham sappiamo che l'età influenza la percezione sui veicoli autonomi e che è più alto l'apprezzamento nei giovani però si ha un'incertezza sui dati molto alta. In due studi successivi (del 2016 e del 2017) la percentuale di giovani (25-34 anni) disposta a pagare per i servizi-applicazioni di assistenza alla guida è passata dal 40 al 23.4%. Nello studio di Abraham si è rilevato, nelle fasce d'età (35-44 e 45-54), un apprezzamento maggiore per i veicoli di LV 2, 3 rispetto a quelli di LV 4,5. Questo sia per la minor fiducia in un controllo esclusivo da parte dell'intelligenza artificiale sia per il venire meno del piacere di guida (aspetto riscontrato particolarmente negli intervistati di sesso maschile, come per lo studio di Hohenberger).

- ❖ Sempre negli Stati Uniti un ulteriore studio del 2017, in cui sono stati intervistati 8.500 guidatori, ha evidenziato le differenze di apprezzamento inerenti la guida autonoma tra le diverse fasce di età. I risultati infatti indicano come ben il 49% dei nati prima del 1946 sono contrari a questa tecnologia, valore che scende di poco, 44%, nella categoria successiva (nati tra il 1946 ed il 1964) e che, se validata da altri autori confuta, l'idea che questa tecnologia possa far spostare molto di più le persone in età della pensione. Il valore minore non lo si riscontra nei giovanissimi (nati tra il 1995 ed il 2004) in cui si attesta al 22%, ma in quella (nati tra il 1977 ed il 1994) dove è al 17%. Per concludere, la categoria di guidatori con data di nascita tra il 1965 ed il 1976 esprime per il 34% la sfiducia nei veicoli autonomi (JD Power press notice, "Hands off? Not quite. Consumers Fear Technology Failures with Autonomous Vehicles", 18 April 2017). Infine per quanto riguarda i servizi collettivi, l'88% di chi ne ha utilizzato uno senza pilota, dichiara che lo riutilizzerà (Pakusch and Bossauer, 2017).

Si rimarca come mancano rilevazioni sulle variazioni di opinioni dopo che sia avvenuto un incidente, nella zona o di rilevanza nazionale. Questo perché l'idea è che una serie di incidenti o malfunzionamenti nel momento dell'entrata in commercio dei primi veicoli a guida automatizzata porterà a una forte contrazione nella domanda degli stessi. Una distribuzione graduale "something everything" di applicazioni-servizi ben collaudate nei diversi scenari operativi e testate sia in ambiente virtuale che su strada avrà il vantaggio di instaurare un rapporto di fiducia (rispetto alla nuova tecnologia) nei cittadini; che diverranno dunque più propensi nell'accogliere i successivi passi dell'automazione verso il traguardo del LV 5.

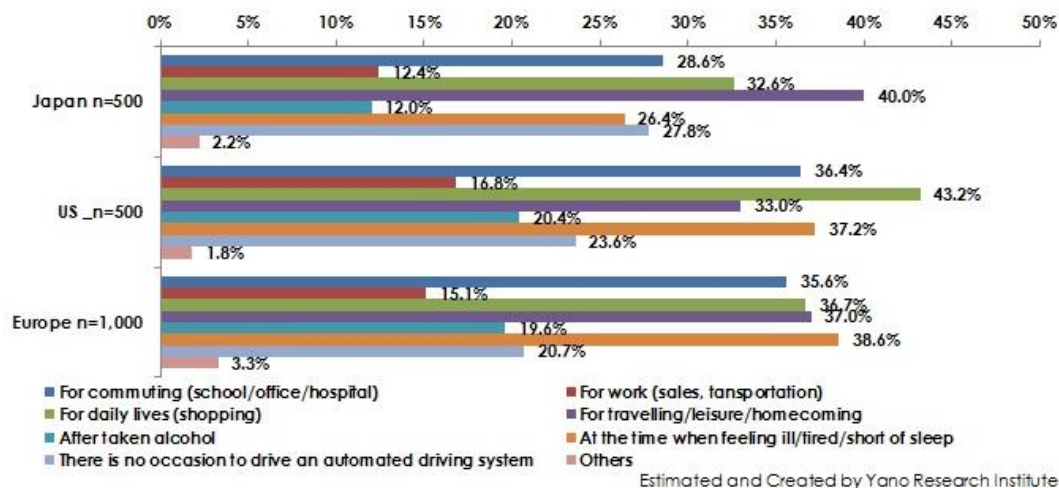


Figura 27 - Perché acquistarlo? fonte: yano research institute, 2017

La figura sopra risponde alla domanda del perché acquistare un tale veicolo. Gli europei hanno risposto quasi con la stessa percentuale con quattro differenti motivazioni tra quelle proposte ma a vincere è stata la possibilità di poter dormire-riposare-quando si è malati. Gli statunitensi hanno privilegiato per le faccende quotidiane (tra cui è suggerito dagli autori del quesito, lo shopping). I giapponesi invece hanno preferito, per viaggiare-andare a casa.

## 2.8 Condizioni di test

Ci addentriamo in questo argomento dopo averlo accennato nel capitolo 2.6, partendo dal Regno Unito che su questo tema ha puntato molto, infatti vorrebbe divenire un hub mondiale per i test sui veicoli a guida autonoma, per poi proseguire in una panoramica globale.

Oltre ai progetti inerenti i corridoi C-ITS sui veicoli cooperativi, la Gran Bretagna ha avviato progetti anche circa i veicoli a guida automatizzata ed automatizzata.

Nel Luglio del 2015 è stato istituito il CentreConnectedAutonomousVehicle (CCAV) che porta in dote un investimento di 200 milioni finalizzato alla ricerca e allo sviluppo dei veicoli connessi e di quelli autonomi, oltre che alla dimostrazione su strada dei risultati teorici inerenti a loro. Al momento il CCAV supporta tre progetti, chiamati: Venturer tra Bristol e la parte sud della contea di Gloucestershire, UKautodrive a MiltonKeynes. In quest'ultimo oltre ai "pods" (figura a lato), veicoli a guida autonoma e connessi, sono studiati anche a guida solamente autonoma ed altri veicoli a guida automatizzata e connessa. Gli obiettivi sono sia di giungere ad una unione tra veicoli automatizzati, autonomi e quelli definiti come normali (LV 0, 1, 2), all'interno di un contesto urbano reale e non protetto come quello ad esempio su pista. Sia di valutare come i veicoli connessi e quelli a guida autonoma possano migliorare lo scorrimento del traffico ed ottimizzare la gestione dei semafori.



Figura 28 - Prototipo di pods (auto senza guidatore mono - biposto), durante un test del 2015 a Milton Keynes

L'ultimo dei tre progetti è il Gateway, all'interno di questo progetto si è studiato a Greenwich (sobborgo di Londra) tra le altre, uno shuttle senza pilota (figura seguente). Questa tipologia di veicolo non ha ne' dei comandi manuali (volante, cambio, pedali), ne' dei posti a sedere (i passeggeri stanno in piedi sorreggendosi agli appositi sostegni sulla cappotta). Usualmente si muovono con velocità non superiore ai 25-30 km/h su percorsi non adibiti ad altre utenze (non sono abilitati a percorrere strade pubbliche). Un altro esempio

divicoli simile era già stato fatto nel capitolo introduttivo quando si è fatta una panoramica dei veicoli disponibili ad oggi.



Figura 29 - Shuttle pensato a Greenwich, internamente al progetto Gateway fonte: *the pathway to driverless car*, Febbraio 2015

Nello stesso progetto sono state affrontate anche le tematiche inerenti agli appositi veicoli senza guidatore per percorrere l'ultimo miglio, il comportamento dei guidatori che per un tragitto limitato condividono la strada con dei veicoli senza pilota, la conduzione di un veicolo tramite un operatore a distanza (guida in remoto). Questa ultima funzione potrà rivelarsi molto utile nei confronti delle imprese di distribuzione, che tramite alcuni operatori potranno gestire flotte di veicoli sprovvisti di camionisti. Quest'ultimo punto, se non gestito in tempo aprirà una problematica che sarà trattata nel capitolo 5.10 relativo agli aspetti socio-economici. Come veicoli per l'ultimo miglio potrebbero essere pensati i modelli sviluppati all'interno del progetto Waymo, veicoli senza freno ed acceleratore perché l'utente è sempre passeggero (LV 5), che raggiungono al massimo la velocità di 40 km/h

A seguito della campagna sulle auto senza guidatore, lanciata come competizione tra città del Regno Unito, sono stati stanziati 19 milioni di sterline di finanziamento per i test proposti dalle città di: Milton Keynes, Coventry, Bristol e Greenwich [86].

Nel Luglio 2015, dopo essere stato approvato dalla camera dei comuni e dei lord, venne emanato il [89] "Code of practice for testing". In esso vi sono le raccomandazioni circa l'esecuzione dei test nel UK. Viene raccomandato fortemente un colloquio con le squadre di emergenza al fine di predisporre un piano da attuare durante lo svolgimento della sperimentazione. Questo pensiamo voglia dire avvertire il vicino pronto soccorso che predisponga un'ambulanza in prossimità del percorso seguito, allertare i vigili del fuoco preannunciando il tipo di alimentazione del veicolo e la categoria di ma anche le autorità civili che possano emanare ordinanze ad hoc per la giornata del test nell'area interessata dallo stesso. Ad esempio vietando l'accesso o contingentandolo, ad alcune aree.

Durante le prove deve essere presente un guidatore, che è responsabile del rispetto delle regole stradali e che il veicolo non sia una minaccia alla sicurezza. Anche se non dovesse prendere parte direttamente alla guida è necessario per intervenire in caso di avaria del sistema di guida. Nelle strade private dove la velocità sia inferiore a 24 km/h il tester può non essere perennemente in controllo (anche se almeno un comando per l'arresto del veicolo deve rimanergli a disposizione). Abbiamo comunque visto che incidenti gravi si sono verificati nonostante la supervisione di un pilota preparato.

Nel Road vehicle (construction and use), la regola 104 impone che il guidatore abbia il pieno controllo del veicolo e sia sempre concentrato sulla strada dinanzi a lui (anche se la Gran Bretagna non la ha rettificata, questa regola non è dissimile dall'art 8 della convenzione di Vienna). Per questo motivo nelle sperimentazioni

un tester deve essere sempre presente, attento ed in grado di controllare ogni parte del veicolo. In [89] viene suggerita una seconda persona che controlli i dati acquisiti, oppure una post-analysis dei dati.

La patente di guida è obbligatoria anche nel caso il prototipo testato fosse completamente autonomo (LV 5), consigliando almeno sette anni dal conseguimento della licenza di guida. Mentre resta facoltativa nel caso di strada privata. Nel testo si scrive come l'esperienza e la conoscenza della tecnologia (sotto esame) richiesti, saranno acquisiti in simulazioni e prove su percorsi chiusi (ad altri utenti) effettuate prima del test su strada pubblica. Senza però scendere in ulteriori dettagli, ad esempio come queste competenze sono certificate dall'organizzatore del test. Evitando dunque, di entrare in diverse problematiche come ad esempio a chi spetti organizzare i corsi e le prove pratiche, in cosa consistano praticamente, come è valutata la certificazione. Inoltre senza specificare un valore, il testo indica come per evitare uno stato di stress del tester che potrebbe condizionare negativamente la sicurezza, la durata andrebbe limitata così come il numero di compiti affidategli.

Continuando a valere sia il Construction and Use Regulations del 1986 inerente la progettazione, la costruzione, il mantenimento ed uso dei veicoli a motore e dei carrelli stradali, sia il Road Traffic Act 1988 rimangono vietati l'uso di alcolici, l'assunzione di droghe e psicofarmaci, l'utilizzo di telefoni cellulari (sezione 41 D) ed altri dispositivi simili, durante la guida, oltre all'obbligo dell'assicurazione. L'introduzione di schermi fissi per intrattenere l'utente, ad eccezione del HMI, non sono consentiti.

I sensori devono essere sofisticati così da riuscire a riconoscere le entità in movimento incontrabili durante il test: animali (domestici e non), pedoni, persone con disabilità o sui rollerblade, ciclisti, monopattini, motociclisti, infine cavalieri e carri nei posti in cui non sono vietati.

Ovviamente non poteva mancare una indicazione sui temi che abbiamo fino ad ora definito molto importanti: sicurezza dei dati personali e della privacy, ciber sicurezza.

Il Code of practice for testing afferma come il veicolo deve mantenere almeno traccia di chi tra sistema e tester era in controllo del veicolo nel tempo trascorso durante lo svolgimento del test, dei comandi ricevuti da freno, sterzo, ed impianto di segnalazione, la velocità del veicolo, l'attivazione del clacson, delle rilevazioni di oggetti, animali, persone e veicoli, l'impartizione di comandi da remoto (se presenti nel test). Questi dati conservati in rispetto del regolamento sulla privacy del tester, ed eventualmente sulla sicurezza industriale, devono essere conservati dall'organizzatore del test in modo sicuro ed essere messi a disposizione dell'autorità su richiesta.

In materia di cibersecurity deve essere rispettata la BSI PAS 754 (British Standard, Publicly Available Specification), emanata nel 2014 ad oggi ritirata e sostituita dalla BS 10754-1 del 2018 (denominata Information technology - Systems trustworthiness -Governance and management specification).

Il modo di passare da guida manuale ad automatica e viceversa deve essere semplice, veloce, e chiaramente comprensibili sia la richiesta del passaggio che lo stato in cui si trova il veicolo. Deve essere inoltre un avviso efficace (sia nei tempi che nei modi). Queste manovre dovranno essere adeguatamente provate nei test svolti in sedi private, così da migliorarne il funzionamento, e correggere eventuali mancanze. A seguito di un malfunzionamento del sistema deve seguire un avviso sonoro, e potrebbe essere accompagnato anche da uno di tipo visivo. Il controllo manuale dello sterzo e dei freni deve essere garantito.

Il 6 Febbraio 2019 è stato pubblicato il Code of Practice: Automated vehicle trialling (update del Code of practice-testing). Da questi test devono risultare evidenze scientifiche dunque è importante che i dati registrati siano il più ampio possibile. Nel senso che sono prove costose e che vengono ripetute un numero ridotto di volte durante l'anno, perciò è necessario analizzare tutti i parametri e non focalizzarsi solo su uno od alcuni. Nel caso ad esempio in cui si stesse testando una nuova applicazione per la Line Warning, non si misurerà solamente il numero di volte durante la prova in cui il sensore non è riuscito a localizzare la linea



bianca o il sistema non ha attuato un'operazione di sterzata per rientrare nella corsia ma si valuteranno anche parametri inerenti la guida automatizzata che però non hanno correlazione con il mantenimento del veicolo entro le linee.

Per eseguire un test in UK, non è necessario avere un permesso o un certificato, è sufficiente la stipula dell'assicurazione. Avendo cercato di lasciare più libertà possibile agli esecutori delle prove così da non limitare l'innovazione-sperimentazione. Nel testo di legge, è comunque consigliato anche se non reso obbligatorio interagire con l'autorità proprietaria della strada in cui avverrà la sperimentazione. Diventa necessaria la collaborazione con le autorità stradali quando si tratterà di testare la comunicazione V2I e I2V, per una questione anche banalmente tecnica. Un codice pratico è la via intermedia tra la stesura di una legge contenente le linee guida per ottenere la certificazione del veicolo ed un permesso (come richiesto negli U.S.A). Una legge implica maggiori restrizioni e sanzioni per chi esegue i test ma è molto più laboriosa da redigere e complicata da approvare e da mantenere aggiornata. Un permesso è un sistema più agevole, in cui è richiesta solitamente un'analisi dei rischi inerenti la prova, il programma della prova, un'assicurazione cospicua; ulteriori specifiche potrebbero essere legate all'addestramento del tester o ai risultati delle simulazioni virtuali. Si auspicano diversi anni (e non decenni) per riuscire ad istituire a livello internazionale, una convenzione sui simboli ed i messaggi da utilizzare nel HMI: icone per l'attivazione-spegnimento del sistema di guida autonomo, grafica per la richiesta di ripresa del controllo, metodica per la conferma del guidatore ad ogni ripresa del controllo, icona-messaggio-audio per la localizzazione di un oggetto pericoloso in carreggiata (veicolo fermo o che si sta muovendo molto piano (< 10 km/h), animale selvatico, merce caduta da altro veicolo, oggetto deliberatamente posizionato sulla strada a fine di creare dolo, segnaletica di cantiere stradale), avviso inerente il meteo e la condizione della superficie di rotolamento, come vengono mostrati i messaggi CA e DEN nel caso di guida in cooperazione e altri.

Il Road Traffic Act 1988 ed il Construction & Use Regulations 1986 definiscono le responsabilità del guidatore al volante. L'Automated and Electric vehicle act afferma che in caso di incidente che coinvolga un veicolo a guida automatica l'assicuratore risponde degli eventuali risarcimenti del danno, in seguito esso può rivalersi sul produttore del veicolo se il veicolo ha avuto un malfunzionamento o un'avaria che ha condotto al danno oppure se al momento dell'incidente il controllo era gestito dal sistema.

Nel testo [85] è proposto un elenco dei tester, in base alla loro esperienza (sia teorica sia di prove già eseguite) e ad una specie di classifica sulla base delle capacità dimostrate durante i test svolti. Cosicché quando si dovranno testare i veicoli in situazioni particolari (esempio su strade dissestate od in condizioni climatiche difficili) o dei sistemi molto complessi (LV 4,5), si potrà fare affidamento su operatori esperti. In grado di garantire una sicurezza maggiore durante lo svolgimento della prova. Avere come passeggero un tester esperto che riesca alla bisogna, ad intervenire prontamente senza farsi prendere dal panico o dall'impreparazione, può oltre che evitare il suo ferimento anche evitare danni al veicolo e quindi mesi di ricerche da riprogrammare. Nel testo non è però specificato chi dovrebbe essere responsabile di redigere i corsi e la graduatoria per i tester, se la graduatoria deve essere a livello comunitario o internazionale, su quali parametri si esegue il calcolo dell'affidabilità e prontezza di riflessi dei candidati. Ci sentiamo di escludere una classifica su base nazionale dato che alcuni paesi potrebbero non essere in grado di avere persone esperte e zone attrezzate per eseguire i test ma potrebbero aver sviluppato delle applicazioni o dei sistemi che hanno simulato in una realtà virtuale, e che necessitano di validazione su strada. Avranno la possibilità di attingere dalla classifica dei tester, e magari di alcuni circuiti che le nazioni mettono a disposizione. Vedremo un esempio di circuito nel paragrafo 4.5.2.

Quando si parla di questa tipologia di test e si indica come il tester è responsabile, crediamo si intenda ad eccezione di dimostrare che il sistema abbia avuto un'avaria irrecuperabile. Per dire che un'avaria può avvenire ed il tester esperto riprende il controllo manuale e gestisce o ferma il veicolo, però nel caso ad esempio che durante la prova in una strada aperta al pubblico improvvisamente il veicolo, durante la guida del sistema, sterza invadendo la direzione di marcia opposta, è irrecuperabile. Non ci sono avvisaglie per



prevedere questo comportamento e non ha il tempo per riprendere il controllo e far ritornare il veicolo nella giusta corsia. In questo caso la responsabilità non dovrebbe essere a carico del tester. In una prima fase di test vi sarà dunque il problema, che non essendo i sistemi ancora né ben conosciuti né in parte standardizzati,



*Figura 30 - Evidenza della maggior difficoltà di riconoscere la segnaletica, da parte dei sensori, in particolari condizioni climatiche. fonte: Review of regulations for automated vehicles technologies, 2015*

per i periti di riconoscere le cause principali e correlate (di eventuali ed auspichiamo rari incidenti). Il caso portato ad esempio è ovviamente un'esagerazione di quello che potrebbe accadere, è ovvio che nella maggioranza dei casi le prove si svolgeranno con normalità, e quando si presenterà una falla nel sistema il tester sarà in grado di porvi rimedio. E' probabilmente da questi casi generali che la responsabilità viene assegnata al tester. Non vanno però escluse eventualità rare e particolari in cui anche con l'esperienza necessaria, l'attenzione all'ambiente esterno ed al funzionamento del sistema, un incidente non sia possibile da evitare. Particolare attenzione sull'attribuzione di responsabilità dovrà essere posta nei casi di simulazione con superficie scivolosa, ghiacciata, ammalo rata, e in quelli dove i sensori potrebbero riscontrare problemi nel recepire le informazioni dall'ambiente esterno. A causa di una cattiva manutenzione della segnaletica, a causa di vegetazione che invade la banchina coprendo cartelli e strisce

bianche oppure per delle forti piogge o una fitta nebbia. In questi casi pensiamo che la responsabilità non andrebbe assegnata a priori al tester ma che vi si arrivi ad una forma di responsabilità congiunta tra il tester, i progettisti del sistema, i fornitori dei sensori e l'amministrazione pubblica responsabile della viabilità.

Il sistema dovrà essere tarato e progettato sapendo l'ambiente e le condizioni di prova in cui verrà testato. Ad esempio nei paesi scandinavi o in Canada dove ghiaccio e neve sono all'ordine del giorno, i sistemi che in quegli stati devono essere sperimentati o entrare in servizio dovranno essere progettati in modo differente rispetto a quelli destinati per esempio in Israele. Saranno sistemi che non dovranno richiamare l'utente alla guida ogni volta che riscontrano una superficie scivolosa o ghiacciata, altrimenti la funzione di guida sarebbe sempre in capo al proprietario del veicolo (come se non fosse un veicolo a guida automatizzata). Ugualmente i sensori dovranno essere più precisi e in grado di funzionare avendo un minor ritorno dall'ambiente investigato.



Figura 31 - Strade dove non vi è segnaletica, linee di demarcazione

La figura a lato mette in evidenza la problematica delle strade poco trafficate e poco importanti. Sono strade in cui non vi è la segnaletica che indica il confine della carreggiata, la divisione tra i due sensi di marcia, non vi è lo spazio per arrestare il veicolo in caso sia necessario eseguire una ManovraRischioMinimo (MRM), la vegetazione tende a ricoprire eventuali cartelli. In queste condizioni i sensori non riuscirebbero a fornire informazioni sufficienti al sistema per elaborare le azioni da far attuare ai comandi dello sterzo, acceleratore, freno e cambio. Queste strade in cui il sostegno della tecnologia non è possibile dovrebbero essere segnalate in modo che il guidatore possa impostare un percorso in cui (se possibile) non siano presenti e se devono esserlo, almeno per il minor numero di chilometri possibili. Potrebbe essere un ulteriore criterio che si aggiunge, a quello definito ecologico e a quello del tempo minore, nella scelta del percorso da parte del TMC (paragrafo 3.2.1). Per i veicoli fino al LV 2 il guidatore esegue la funzione di guida normalmente per il LV 3 questa tipologia di strada potrebbe essere un caso in cui il sistema richiama il guidatore ad assumere il controllo del veicolo. Per il LV 4 e soprattutto per il LV 5 (dove la funzione di guida è sempre affidata al sistema)devono essere sviluppate al meglio le mappe digitali e l'Inertial Navigation System, al fine di garantire la guida anche senza la copertura del segnale

satellitare (GNSS), la segnaletica verticale ed orizzontale. E'anche per condizioni come questa che si dirà nel capitolo sugli C-ITS: “ [...] di sfruttarne i vantaggi sul più ampio territorio possibile (non solo tra stati differenti grazie all'interoperabilità ma anche tra zone densamente abitate, e quelle rurali dove si tenderebbe a non investire) saranno fattori cruciali per la diffusione o meno dei veicoli connessi.” In ambienti rurali vi sono meno veicoli, radi semafori, bassi indice del livello di prestazione della pavimentazione, incontri con animali selvatici, fattori questi che rendono meno efficace il sistema C-ITS. Ed alcuni servizi come l'Intersection Safety, il GLOSA, oltre a tutti quelli 1.5 non verrebbero sfruttati. Lo stesso che accade attualmente per la diffusione delle reti e delle tecnologie per la connessione mobile. I territori poco remunerativi devono essere supportati da norme nazionali.

## 2.9 Panoramica mondiale impiego auto a guida automatizzata

### 2.9.1 Francia

In Francia sono stati identificate diverse zone per l'esecuzione dei test e sono stati avviati alcuni progetti internazionali. Le cooperazioni internazionali francesi sono:

1. a partire dall'Ottobre 2015 ha iniziato una cooperazione con gli Stati Uniti che consiste in un seminario annuale dove si dibatte dei casi d'impiego: valutazione, metodologia e risultati ottenuti.
2. A partire dal 2016 una collaborazione con la Germania e con il Lussemburgo inerente la continuità operativa dei veicoli che oltrepassano la frontiera, e le problematiche giuridiche ed economiche sullo scambio dei dati personali.

3. Dal 2017 è in atto un programma di studio con la Finlandia, anch'esso inerente lo scambio dei dati personali e la loro gestione.

Sia lo scambio che la protezione dei dati, sia l'interoperabilità tra stati erano due obiettivi dei WP formati in sede al C-ITS Platform.

4. Dal Ottobre 2017 è in atto una cooperazione con la Svezia per la valutazione delle navette gestite in remoto (senza conducente) e lo studio di una parte generale riguardante la gestione delle flotte di veicoli nella filiera della distribuzione delle merci. Vedremo in seguito come sia in Francia che in Svezia sono state sperimentate delle navette a guida autonoma.
5. Da ultimo una cooperazione trilaterale comprendente Giappone e Corea del sud circa l'importanza della sperimentazione, e di quali politiche di sperimentazione applicare-privilegiare.

Durante i test su veicoli automatizzati la responsabilità è del pilota presente sul veicolo che si sta testando (che deve essere esperto). In altri stati si definisce come la responsabilità è della persona fisica presente sul mezzo, ma senza specificare che si tratti di persona esperta. In questo modo si evita il problema di definire le caratteristiche che rendano una persona esperta. Nel caso francese si richiede alla persona responsabile del veicolo di garantirne la sicurezza perfetta ciò significa che deve conoscere perfettamente i sistemi tecnici che sta testando, essere in grado in qualunque momento di riprendere il controllo del veicolo e fare in modo che il veicolo mantenga una conduzione armoniosa ovvero che non sorprenda gli altri guidatori. In Francia è necessaria la delibera del ministero dei trasporti per poter effettuare gli esperimenti di veicoli a guida autonoma su strade aperte ad altri veicoli. Il ministero dei trasporti concede il via libera se ha ricevuto parere positivo dal ministero degli interni (ordinanza 2016-1057, 3 Agosto 2016). In questo modo sono stati eseguiti i test fino ad ora, però in un futuro prossimo saranno testati veicoli a guida automatizzata con guidatore non esperto. La responsabilità in questo caso è affidata ad una persona esperta presente sul veicolo, non alla postazione di guidatore bensì nel posto del passeggero (sarà dotato di doppi pedali così come avviene ad oggi nei corsi della patente di guida). Per quanto riguarda la presenza di una persona, è una richiesta nel caso il test avvenga in compartecipazione con altri veicoli, mentre può non esserci guidatore se la prova è eseguita in un ambiente chiuso al pubblico. Nel caso di ambiente chiuso in cui non vi è una persona a bordo serve definire una persona che si assuma la responsabilità in caso siano provocati dei danni. Questo è il caso delle navette completamente automatizzate, che possono trovare impiego per collegare i terminal di un aeroporto oppure il centro produzione con quello smistamenti di un complesso industriale ma anche come mezzo di trasporto collettivo [60] (esempio Navya, citata nella pagina seguente). La sperimentazione su di un percorso chiuso e maggiormente sicuro può essere il primo passo di un percorso che conduca ad una sperimentazione in ambiente aperto, ovvero con la necessità di fare dei cambi di corsia ed interagire con altri veicoli e con gli utenti deboli della strada (VRU). In questo percorso a step il vero compimento sarà la percorrenza di una navetta a guida completamente automatica in un ambiente aperto al traffico e senza avere un percorso designato.

In Francia fino alla stesura del report [60] (Maggio 2018), sono state eseguite prove per un numero di chilometri percorsi pari a 100.000, senza che si riscontrassero feriti a seguito di incidenti. Alcuni episodi incidentali sono accorsi soprattutto in situazioni particolari: nebbia, passaggio da tre a due corsie, ma anche a causa del comportamento degli utenti della strada. Ad esempio si sono riscontrati casi dove la piazzola di stazionamento del mezzo di trasporto collettivo era occupata da veicoli non autorizzati. Situazione questa che ha creato una conflittualità nel software di gestione del mezzo automatizzato, che si apprestava ad effettuare la sosta ivi programmata. Altre volte sono stati i veicoli parcheggiati in doppia fila oppure il non rispetto della distanza di sicurezza la causa che ha verificato l'incidente. Queste prove hanno fornito utili informazioni agli sviluppatori per affinare gli algoritmi ed iniziare a studiare le soluzioni per i problemi ancora irrisolti. Inoltre gli utenti della strada ed i passeggeri hanno iniziato a prendere confidenza con questa nuova

modalità di trasporto. Ritornando a quanto espresso da [Pakusch and Bossauer, 2017] "l'88 % di chi ha utilizzato un mezzo collettivo senza pilota lo riutilizzerà", è importante iniziare a far salire le persone su questi veicoli, per far loro comprendere che non è meno sicuro, pratico o funzionale di un mezzo collettivo a conduzione umana. Queste persone saranno il viatico per diffondere l'idea che avere un guidatore "robot" non deve essere fonte di tribolazione.

Nelle osservazioni finali del gruppo "mobilités plus connectées (2017) emergono la proposta di un piano di cinque anni sull'innovazione, la ricerca e la sperimentazione al fine di accumulare esperienza nell'ambito dei veicoli automatizzati, ma anche la necessità: di modelli di gestione della mobilità stradale, di una rappresentazione digitale accurata della cartografia dell'infrastruttura, e di dotare tutti i veicoli di un EDRA (enregistreur de données relatives à un accident). Quest'ultimo è molto utile perché permette, tenendo memoria di quello che era in funzione e di come lo era prima di un incidente, di comprendere se la guida era affidata al guidatore umano o al sistema, nel caso fosse in azione il sistema automatizzato se stava agendo all'interno del suo campo di funzionamento, se è stato rispettato il codice della strada, se il sinistro è imputabile ad un altro veicolo, le condizioni meteorologiche. Infine dal punto di vista politico i suggerimenti sono quelli di acquistare navette a guida autonoma per il trasporto collettivo in modo da sensibilizzare i cittadini sul tema della guida senza pilota.

Sempre nel 2017 (anno di inizio di due delle cinque cooperazioni internazionali e del gruppo di ricerca "mobilités plus connectées", di preciso il 20 Novembre, il consiglio nazionale dell'industria ha affermato come il veicolo autonomo diventerà un'asse principale per il rilancio delle politiche industriali francesi e di come si stia instaurando un ciclo di sperimentazioni sul campo per valutare lo sviluppo dei veicoli automatizzati, diffonderne i risultati in modo da guidare le future scelte politiche, industriali oltre che rendere sempre più partecipi e consapevoli i francesi ed essere da guida per la stesura delle future regole nell'ambito dei veicoli altamente automatizzati e completamente autonomi (importanza dell'accettazione).

Dal punto di vista normativo, a partire dal 2014 si è iniziato a pensare a come dovesse essere distribuita la responsabilità sia durante i test sia successivamente all'entrata in commercio dei veicoli automatizzati o connessi, a come dovesse essere rinnovata la licenza di guida, alla questione assicurativa e alla modifica o stesura di nuove norme. Sia a livello internazionali (regolamentazione sull'approvazione dei veicoli e loro omologazione, convenzione di Vienna) sia a livello nazionale (Code de la Route, standard tecnici inerenti i sistemi e sottosistemi dei veicoli).

E'francese la società che ha progettato lo shuttle senza pilota Navya, entrato in servizio: a Lione nel 2016, l'anno successivo a Las Vegas, e successivamente a Singapore e a Oslo, nel 2019. Si tratta di navette in servizio di trasporto passeggeri a trazione elettrica. Vi sono anche delle trainatrici utilizzabili per il trasporto delle merci all'interno di un complesso industriali, oppure del sedime aeroportuale (figura in basso).

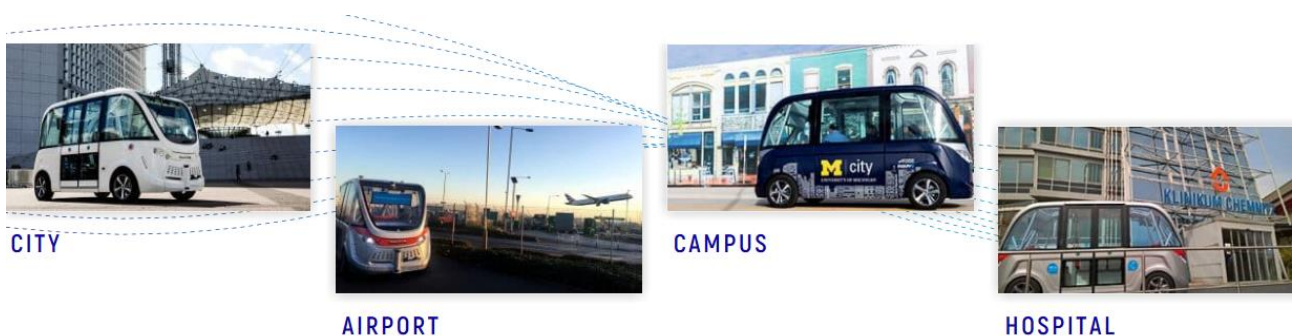


Figura 32 - possibili settori d'impiego della navetta Fonte: <https://navya.tech>



Figura 33 - autonom tract At135, in servizio dal Dicembre 2019 come trasporto pallet aeroportuali fonte: <https://navya.tech>

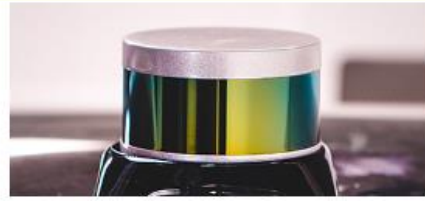
Le navette Navya utilizzano i sensori per mappare l'ambiente circostante, rilevare le proprie caratteristiche cinematiche e dinamiche di moto. I sensori posseduti sono rappresentati nella successiva, che non sono altro che i sensori analizzati in precedenza parlando a guida automatizzata.





### GNSS Antenna

The GNSS antenna is a global positioning system that communicates between the GPS sensor and a base station. It calculates the vehicle's precise location at any moment.



### Lidar Sensors

Using laser technology to measure distances, Lidar sensors map out the vehicle's surroundings, which includes detecting obstacles, as well as the vehicle's precise location within these surroundings.



### Radar

Radars determine the position and speed of nearby objects. They ensure long-distance vision



### Cameras

Cameras further analyze the vehicle's surroundings, especially road signs and traffic lights. They contribute as well in obstacle detection and identification.



### Odometry

The odometry sensor estimates and confirms the vehicle's location and speed while it is moving.

### IMU

The IMU sensor calculates the movements of the shuttle to estimate its sense of direction, its linear speed and its position

Figura 34 - i sensori della navetta Navya

Grazie alle informazioni ottenute dai sensori il computer centrale prende le decisioni sul percorso da intraprendere, da ultimo questa decisione viene attuata. Nel 2019 a Dubai il gruppo Navya è risultato vincitore dei premi: durability and reliability & costumers'experience. Il terzo premio in palio, sustainability and Energy, è stato assegnato alla Gaussin. La Gaussin è sempre una società francese, fondata nel 1880, ha più di 20 anni di esperienza nel settore della guida senza pilota. Nel 2016 lanciò il progetto VASCO per sviluppare il primo rimorchio dotato di trazione, a guida autonoma, per la movimentazione orizzontale dei container senza modifiche all'infrastruttura (<http://www.gaussin.com>).

A Clermond Ferrant, sud est della Francia, è stata sperimentata l'introduzione di veicoli a due posti elettrici (pods simili a quelli di Milton Keynes, figura 28).

### 2.9.2 Germania

In Germania dopo che lo studio della Federal Highway Research Institute nel 2012 dimostrò come la guida automatizzata ed autonoma non era conciliabile con le leggi in vigore, si lavorò alacremente per permettere allo sviluppo tecnologico di progredire, e fu così che nel Giugno 2017 la legge sui veicoli autonomi (AV) Strassenverkehrsgesetz, StVG, letteralmente "stade-traffico-legge" naque. In Germania, è consentito in certe condizioni che il guidatore sposti la sua attenzione dal controllo del veicolo e dal traffico, rimanendo però al posto di guida ed essendo obbligato a riprendere il controllo del veicolo appena richiesto dal sistema o se valuta che le condizioni per cui la funzione di guida è stata ceduta al sistema cessino di esistere. Il confronto tra questa norma e le norme della California e del Regno Unito verranno analizzate dopo aver trattato tutte le Nazioni citate.

Un modello sperimentale della BMW nel 2015 testò l'applicazione Traffic Jam assist ([http://www.bmw.co.uk/en\\_GB/new-vehicles/bmw-i/i3/2013/safety.html](http://www.bmw.co.uk/en_GB/new-vehicles/bmw-i/i3/2013/safety.html)). Il Traffic Jam Pilot richiede la presenza di un guidatore concentrato nel compito di osservazione del sistema, può essere attivato solo di giorno (per la maggior facilità dei sensori di identificare le linee disegnate sulla pavimentazione), con temperature oltre gli 0°C (per evitare superficie ghiacciata), senza pioggia (per evitare che la superficie sia scivolosa) e le corsie devono essere ben delineate (il sistema non può eseguire cambi di corsia). La velocità è limitata ai 60 km/h, è sfruttato per attraversare un ambiente urbano ma non offre ancora ottime prestazioni nella rilevazione di ciclisti e pedoni [85].

Anche le altre case automobilistiche tedesche sono all'avanguardia, nell'offrire sui loro modelli, l'assistenza tecnologica alla guida. Tra tutte spiccano:

GOLF 8: l'associazione automobilistica tedesca ADAC ha effettuato test approfonditi sulla nuova tecnologia (traffic hazard warning) e l'ha definita "una pietra miliare dal punto di vista tecnico". ADAC ha effettuato test esponendola ad otto tipiche situazioni di pericolo in cui il guidatore, senza essere avvisato, non sarebbe stato in grado di reagire affatto o sarebbe intervenuto con troppo ritardo. In tutte le otto situazioni, il veicolo ha avvisato il guidatore in modo affidabile e per tempo, spesso addirittura 10-11 secondi prima del rischio effettivo di incidente. La nuova Golf di ottava generazione è la prima auto sul mercato europeo a essere equipaggiata di serie con la tecnologia Car2X, basata sullo standard wireless Wi-Fi p. Questo tipo di Wi-Fi è adatto in particolare alla comunicazione locale tra veicoli e non usa la rete telefonica i veicoli connessi si scambiano direttamente dati sulla posizione e informazioni. In questa prima fase, la tecnologia Car2X introdotta con la nuova Golf è attiva a velocità superiori agli 80 km/h. In futuro, sarà inoltre in grado di migliorare la sicurezza anche nel traffico cittadino. Altri grandi vantaggi derivano dalla capacità dell'auto di comunicare con i semafori. Ha ricevuto il massimo punteggio di cinque stelle nei tradizionali test Euro NCAP (Quattroruote edizione on line del 18/03/2020).

SEAT Leon (gruppo Volkswagen): la nuova SEAT Leon è la prima vettura completamente connessa del marchio, capace di offrire connettività via Full Link (Android Auto e accesso wireless ad Apple CarPlay) nonché infotainment online e, prossimamente, applicazioni in-vehicle volte ad ampliare e migliorare l'esperienza di guida del Cliente. Una volta scesi dalla vettura, gli utenti possono accedere ai dati della propria auto (dati di guida, posizione di parcheggio, stato della vettura, comprese porte e luci) da remoto grazie all'app SEAT Connect, così come (sempre da remoto) possono gestire il processo di ricarica, controllare il climatizzatore, impostare avvisi di velocità in modo da essere avvertiti se chi utilizza l'auto sta viaggiando ad andatura troppo elevata, avvisi antifurto, aprire e chiudere le porte con il servizio di bloccaggio e sbloccaggio, attivare l'avvisatore acustico e gli indicatori di direzione per trovare più facilmente la propria auto. Anche la sicurezza è al centro della nuova SEAT Leon, che integra alcuni dei sistemi di assistenza alla guida più avanzati disponibili sul mercato come il Cruise Control adattivo predittivo, l'Emergency Assist e il Travel Assist. Progettato per l'utilizzo su strade rurali a una velocità di 70-110 km/h, il Road Edge Detection utilizza una



telecamera situata sotto lo specchietto retrovisore per monitorare i bordi stradali anteriori, fino a 50 metri, e ai lati del veicolo, fino a 7 metri. Laddove riconosca un eventuale cambiamento del manto stradale, ad esempio un ciglio erboso o ghiaia, il sistema può applicare la coppia per evitare che il veicolo perda aderenza. Il sistema presenta un algoritmo avanzato in grado di determinare gli eventuali cambiamenti strutturali del manto a bordo strada. Può anche fornire supporto allo sterzo quando la segnaletica della corsia è oscurata o nascosta da neve, foglie o pioggia. Dopo il supporto iniziale dello sterzo, se il guidatore continua a rimanere vicino al bordo, il sistema fa vibrare il volante, per indurre la sterzata. Il sistema funziona efficacemente anche di notte, utilizzando l'illuminazione dei fari. In Europa, il Road Edge Detection è già disponibile a bordo di Explorer, e delle Ford: Focus, Kuga e Puma (di MOTORCUBE, 17 marzo 2020)



Figura 35 - HMI della golf 8

DAIMLER VEICOLI COMMERCIALI: i nuovi camion della Daimler (gruppo che racchiude: Mercedes Benz, Smart e AMG) sono equipaggiati con telecamere e sensori che rivelano l'ambiente circostante e indirizzano l'attenzione del camionista verso i punti ciechi dove potrebbe trovarsi un utente vulnerabile. Come fare in modo che tutti i tipi di morfologia siano posizionati correttamente con la massima visibilità verso l'esterno? Non è la dimensione del driver che conta, quanto il rapporto busto-gamba a fare la differenza. Questo rapporto non è costante ma varia da regione a regione del pianeta ed ha un impatto diretto sul posizionamento del posto guida così da influenzare la visione della strada. Per definire le corse di regolazione del sedile e del volante, che non sono illimitate, serve conoscere i dati antropometrici delle popolazioni in cui il veicolo sarà venduto. Così è possibile scegliere entro quale distanza il sedile può scorrere rispetto alla posizione del volante, ed il volante può scorrere rispetto al lunotto ottimizzando la scelta ergonomica in base ai vari utenti.

### 2.9.3 Paesi Bassi

Nei Paesi Bassi per superare gli ostacoli normativi alla sperimentazione e alla messa in servizio di veicoli, in cui il controllo non è ad uso esclusivo e continuativo di un guidatore umano, sono stati varati delle norme al fine di porre eccezioni al caso generale che vieterebbe queste sperimentazioni. Sperimentazioni iniziate sia sulle autovetture (3.10.1, C-ITS corridor: Rotterdam-Francoforte-Vienna) che sui camion. Il progetto consiste nella distribuzione a partire dal porto di Rotterdam (porto più grande d'Europa e fino all'inizio del millennio

porto più trafficato al mondo) a diverse città, di forniture tramite camion a guida autonoma. Tra i vantaggi: la riduzione dello spazio stradale richiesto (possibilità per i camion di viaggiare più vicini), l'incremento della sicurezza stradale, ed un minor impatto ambientale. Per l'impresa logistica invece i vantaggi sono un minor consumo di carburante (minore resistenza dinamica se i veicoli sono più vicini), la riduzione del personale, la riduzione dei tempi morti, i minori costi relativi alle riparazioni, una minore polizza assicurativa a seguito di minori incidenti (ridotti dalla tecnologia) ed infine dati i minori incidenti anche minori perdite o danneggiamento della merce trasportata. La Netherlands Organization for Applied Scientific Research, sta preparando un test con il produttore di veicoli commerciali Daf, l'autorità portuale di Rotterdam, la Dutch Association for Transport and Logistics "(<https://www.trafficechnologytoday.com/news/autonomous-vehicles/netherlands-to-test-avs-on-public-roads.html>). Infine va ricordato come la Dichiarazione di Amsterdam [61] che fissa l'agenda politica della Commissione europea, ed i punti da raggiungere per il settore industriale, inerenti la guida connessa ed automatica; è stata siglata ad Amsterdam (Paesi Bassi) nel 2016. Periodo in cui quello stato era presidente della Commissione Europea. Per indicare l'interesse e l'impegno del paese verso questo settore.

#### 2.9.4 Spagna

Nel codice stradale spagnolo l'obbligo di conducente sempre in controllo del mezzo è di ostacolo allo sviluppo della tecnologia di LV 4, 5. Sono stati eseguiti dei test su strada pubblica nel 2012, ma con auto della polizia permanentemente in coda al veicolo in prova (così come lo fu per il test Proud del 2013 in Italia, gestito dall'università di Parma). Nel 2014 lo stato spagnolo finanziò con 10 milioni di Euro la costruzione di un centro per test nella regione della Galizia. In questo modo essendo un tracciato privato e chiuso al traffico, non è necessario un conducente perennemente in controllo [86].

#### 2.9.5 Finlandia

La Finlandia ha iniziato a porre in campo mezzi legali per condurre le sperimentazioni di veicoli automatizzati dal 2015. E' necessario ricevere un permesso e i test potranno avvenire in certe aree preselezionate. In alcuni orari (minor presenza di traffico) è possibile eseguirne anche sulle strade pubbliche. Il ministero dei trasporti e delle telecomunicazioni ha lanciato dal 2014 un progetto di collaborazione con Google, al fine di eseguire prove sulle auto senza pilota da lei progettate [86].

#### 2.9.6 Svezia

Le leggi in Svezia permetterebbero l'utilizzo di veicoli fino al LV 3, dunque è necessario un adeguamento del quadro normativo per eventuali servizi su strade pubbliche (i test si svolgono nel complesso di AstaZero che è chiuso e dunque la normativa non ostacola l'esecuzione dei progetti di ricerca sulla guida tecnologicamente avanzata). E' stata riscontata anche la necessità per quanto riguarda il registro nazionale sulle regole del traffico in vigore, di migliorare la qualità delle informazioni trovate (alcune parti mancavano) e di semplificarne la lettura.

Nell'Aprile 2016 un convoglio di mezzi pesanti connessi tra loro, ed a guida semiautonoma ha completato 2000 km di tragitto, partendo dalla Svezia ed arrivando nei Paesi Bassi (truck platooning).

Nell'ultima European Truck Platooning Challenge (è del 2017), nonostante alcuni autori in precedenza avessero suggerito di aumentare il numero a cinque camion (Chan ed altri, 2012), il plotone è stato limitato a tre veicoli, tutti della stessa tipologia e in grado di viaggiare alla stessa velocità. In questo modo non c'è il rischio che uno rimanga indietro o che gli altri debbano viaggiare rallentati. Vale la pena di considerare se un numero così ridotto di veicoli comporti dei vantaggi. Paesi come l'Australia, gli USA, il Brasile possono incolonnare decine di mezzi pesanti, avendo strade larghe ed ininterrotte. Paesi come l'Italia o il Regno Unito per la loro conformazione geografica stretta e per le varie città interposte sulle autostrade non possono incolonnare così tanti mezzi. Avere molte località lungo il percorso implica ogni volta un'uscita dall'autostrada

(motorway in US e highway in UK) e quindi il vincolo di avere plotoni corti (formati da pochi mezzi), altrimenti formerebbero un imbuto con difficoltà per le auto e gli altri veicoli per riuscire a superare il plotone e la necessità del plotone stesso di disaggregarsi per affrontare la manovra d'uscita. La soluzione di creare un percorso a loro dedicato avrebbe, per i posti in cui è necessario creare dei sovrappassi (viadotti o ponti) o in quelli dove vi è la presenza di tunnel e gallerie (esempio la regione Liguria, in Italia) costi troppo ingenti.

Il progetto Drive Me diretto dalla Volvo ad oggi passato alla fase due, consta di consumatori reali a cui è affidato un veicolo della casa automobilistica stessa, per la sperimentazione giornaliera delle funzionalità inerenti la guida assistita (prima fase) e quella automatizzata (iniziata con questa seconda fase). Il vicepresidente del settore ricerca e sviluppo Henrik Green si sbilancia anticipando che dal 2021, potranno offrire ai loro clienti un'auto completamente autonoma (molto prima rispetto alle previsioni della commissione europea 2050 e della ABI thatcham research 2030). Le famiglie che fanno parte del progetto sono gli Hains e i Simonovskis. Entrambe hanno ricevuto una Volvo XC90s, implementata con l'avanguardia della tecnologia sviluppata dalla casa automobilistica svedese. Nella prima fase il compito a loro riservato era di supervisionare il veicolo, mantenendo sempre le mani sul volante. In questa seconda fase dopo un periodo di training intermedio, hanno iniziato a provare tecnologie di guida avanzate. In ambiente protetto e con il supporto dei tecnici Volvo. Si è iniziato a sperimentare nel circondario di Gothenburg un sistema di LV 3, in cui l'utente in particolari circostanze non deve mantenere né le mani né i piedi impegnati nel controllo del veicolo.

Per le auto di serie Volvo ha già messo a disposizione un Pilot Assist semi-automatico, che ha la funzione di correggere l'orientamento del veicolo (attraverso input elettrici allo sterzo) affinché l'auto mantenga un assetto parallelo alla linea di delimitazione della corsia (<https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/217555/swedish-families-help-volvo-cars-develop-autonomous-drive-cars>).

Oltre ad avere un limitatore della velocità massima impostato a 180 km/h, ogni nuova Volvo sarà dotata anche di Care Key, che consente a chi guida di impostare limitazioni supplementari della velocità massima della vettura, utili ad esempio quando si presta l'auto ad altri membri della famiglia o a guidatori più giovani e inesperti (Malin Ekholm, responsabile del Centro Sicurezza di Volvo Cars).

La Svezia la ritroveremo anche nel capitolo delle Smart Road infatti è una delle prime nazioni ad avere un'area di test per i veicoli del futuro.



Figura 36 - uno dei due bus a guida autonoma, in servizio nel campus di linkping, Svezia fonte: swedish national roads and transport research institute

### 2.9.7 Stati Uniti d'America

Sono la nazione che prima di tutte si è mossa per avviare il processo tecnologico di ricerca nei confronti delle tecnologie di guida automatizzata prima ed autonoma dopo. Nel 2013 la NHTSA emana il primo statuto sulla nuova tecnologia indicandone i benefici che avrà nel lungo periodo e fornendo quei livelli di automazione, che vengono considerati insieme a quelli della SAE un utile punto di partenza per definire in termini concordi, un ambito che stava iniziando ad affermarsi. In quel mese di Maggio del 2013 si metteva su carta come ad usufruire di questi veicoli automatizzati ed autonomi potevano essere solamente i tecnici impiegati nel loro sviluppo. Oltre che raccomandare come nel proseguo dell'esperienza, fosse necessario: 1) che l'autorità approvasse corsi e prove pratiche per conseguire la licenza per questa categoria di veicoli; 2) che prima di attivare prove su strada il richiedente dimostri come il proprio veicolo ha percorso il numero richiesto di miglia senza incidenti e fornisca un piano dettagliato delle misure pensate per minimizzare i rischi durante la prova, soprattutto definisca in dettaglio come è pensata la procedura di interscambio alla guida tra l'operatore ed il sistema ("quickly and easily") e consegni le evidenze dei rilevamenti su pista e al simulatore; 3) che il tester seduto al posto di guida sia in qualunque momento preparato per riacquisire il controllo; 4) che i test avessero luogo solo dopo che il produttore del veicolo da testare, abbia fornito alla pubblica autorità competente le prove che quel veicolo è in grado di manovrare in sicurezza (per sé e per gli altri utenti della strada) nelle condizioni in cui ha fatto richiesta di testare il veicolo; 5) dotare il veicolo di un sistema di registrazione dei malfunzionamenti occorsi durante le simulazioni, le prove ed i test, oltre a quello per la registrazione dei parametri al momento di un eventuale incidente.

Forti anche del fatto di non avere le limitazioni legislative inerenti la Convenzione di Vienna del 1968, nel 2014 furono il primo paese al mondo ad emanare una legge sui veicoli senza pilota. Degli stati componenti l'unione solo quattro non hanno al momento rigettato la proposta di legge, (la situazione è espressa nella figura seguente). Due di questi stati sono la California e il Nevada ed è per questo che Audi nel 2015 fece una prova del suo Autopilota, partendo da Palo Alto (CA) ed arrivando a Las Vegas (NV). Per avere l'autorizzazione dovette inviare documenti differenti ai due stati, essendo gli U.S.A. una confederazione di stati ognuno può legiferare in modo diverso sull'argomento. Al posto del guidatore vi era seduto un giornalista che nei mesi precedenti fu addestrato per gestire la tecnologia del veicolo. Nonostante l'Arizona non è tra questi quattro stati il governatore Doug Ducey nel 2015 (anno in cui succedette a Jan Brewer) incoraggiò gli step che preludono allo sviluppo di veicoli autonomi in servizio sulle strade pubbliche, e nel 2017 siglò un accordo con Uber per la distribuzione di veicoli autonomi nella città di Tempe [86].

- ❖ Parlando di America non possiamo non fare un accenno al discusso sistema di Tesla chiamato dalla casa "autopilota" che ricordiamo essere un nome commerciale a nostro, e non solo nostro, avviso fuorviante perchè a differenza di quanto suggerisce il nome è solo un assistente alla guida. Affinché l'Autopilot della Tesla sia ingaggiato, è necessario che il sistema "veda" la strada in modo chiaro e che riconosca la segnaletica stradale. Quando queste condizioni sono garantite un'infografica informa il guidatore che la strada dinanzi è stata riconosciuta e basta tirare due volte una levetta verso sinistra per ingaggiare l'Autopilota (Tesla Autopilot review: We test Elon Musk's autonomous tech in the UK, 2017). Nonostante sia possibile per il LV 3 rimuovere le mani dal volante a patto di mantenere la concentrazione su come il veicolo stia guidando, alcuni incidenti hanno portato i programmatori dei software usciti dal 2016 a richiedere il mantenimento delle mani sul volante. Appositi sensori rilevano che entrambe le mani siano sul volante, ed è una condizione logica di tipo "and" affinché si possa avviare l'autopilota autostradale. Significa che alle condizioni scritte in precedenza: riconoscere le linee di demarcazione delle corsie [a] ed il riconoscimento della carreggiata (e veicoli ivi compresi) [b] vi si aggiunge la condizione di avere ambo le mani in posizione [c].



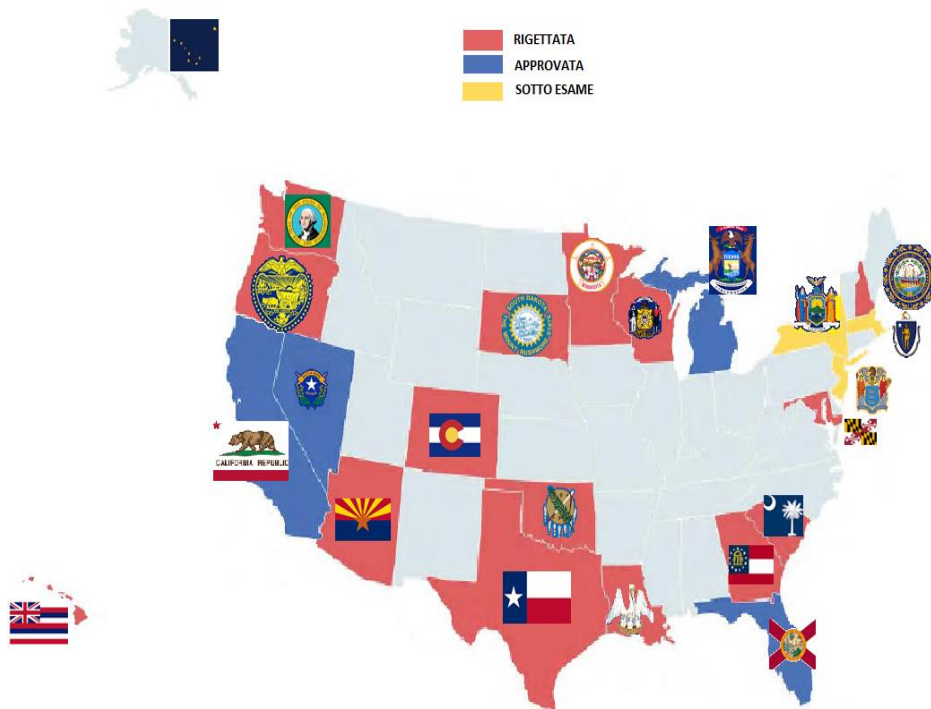


Figura 37 - Situazione legislativa nei diversi stati dell'Unione, al 2015 fonte: *the pathway to driverless car*, Febbraio 2015 (modificata)

### 2.9.7.1 I quattro stati in cui è possibile testare dei veicoli driverless

È il Giugno 2011 quando il Nevada, primo stato al mondo, consente sulle sue strade la circolazione dei veicoli a guida automatica. Nell'atto si definisce tale veicolo come "veicolo a motore che utilizza l'intelligenza artificiale (sistema che utilizza, computer ed unità di controllo elettronico per eseguire i suoi compiti), i sensori e le coordinate GPS per guidare se stesso senza l'intervento attivo di un operatore umano" (Assembly Bill No. 51). L'atto stabilisce una licenza di guida per questi veicoli, la necessità ed i criteri per la loro assicurazione, indica sia quali requisiti di sicurezza e tecnici il veicolo deve possedere, sia in quali aree dello stato è possibile compiere i test. Quando l'anno successivo la legge entrò in vigore agli obblighi precedenti, fecero seguito tutta una serie di richieste da esaudire per ottenere il permesso di eseguire il test. Un registratore che misuri i 30 secondi precedenti gli urti, una caparra da 1 a 5 milioni di dollari in base a quanti veicoli sono oggetto del test, la descrizione completa delle tecnologie di bordo, il piano della sicurezza e di come sono stati preparati i tester, infine è necessario che il veicolo abbia compiuto 10000 miglia. Al termine dell'iter burocratico il Department of Motor Vehicle rilascia una targa per il test. Quando invece un veicolo autonomo potrà essere acquistato la targa sarà differente (sia dalle altre targhe dello stato, che da quella per il test (figura sotto)). Le targhe differenti servono ad identificare il veicolo da parte delle forze di polizia.



Figura 38 - targhe dello stato del Nevada: in alto quella ordinaria, in rosso quella per i veicoli autonomi e in verde quella concessa durante i test Fonte : Google immagini

In coda allo stato del Nevada come secondo stato ad approvare una legge per regolamentare i test dei veicoli autonomi è la Florida, nel 2012. Si parla dei soli test perché diedero per scontata la legalità dell'uso dei veicoli autonomi sulle strade. In Florida non serve una patente speciale o un corso per guidarli, ma basta la normale patente di guida. Nel caso dei test i requisiti da rispettare sono l'avviso per l'utente del malfunzionamento

della tecnologia automatizzata, la presenza di un chiaro indicatore che mostri quando il veicolo è in modalità self-drive, una procedura sicura per l'alternanza di guida tra operatore umano ed intelligenza artificiale, la presenza di un operatore umano, e la stipula di una copertura assicurativa da 5 milioni di dollari. Avendo limitazioni meno stringenti la Florida attrae produttori di veicoli autonomi che vogliono testarli. In questo modo si sviappa il prestigio e il valore economico dello stato, ma rischia di non vedere garantite in modo completo la sicurezza durante le operazioni di prova. Nel gennaio 2014 al Consumer Electronics Show di Las Vegas, Audi presentò il progetto di testare il modello A7 semi-automatico a Tampa. Per la possibilità fornita dalla Florida di ricreare test all'interno di un ambiente reale, oltre che la collaborazione con la Expressway Authority, che si occupa della costruzione, gestione e manutenzione delle autostrade nella contea di Orlando (Automated Audi Cruises Down Florida Highway, Articolo on-line di Angela Moscaritolo, 28 luglio 2014).

Tampa è uno dei dieci siti statunitensi dove testare la sicurezza e le prestazioni dei veicoli senza guidatore. Nel 2018 la città ha ricevuto uno stanziamento di 2.4 milioni di dollari per testare una nuova generazione di driverless cars. "stiamo portando i trasporti nel ventunesimo secolo ... and oh, by the way, Tampa is at the center of it all" parole del ex astronauta ed ad oggi ex senatore Bill Nelson. Nel maggio del 2019 sulla Selmon Expressway di Tampa è stato testato per quasi sei ore un camion, in cui il sistema gestiva accelerazione, frenata e sterzo. Per richiesta delle autorità è stato mantenuto un guidatore al posto di guida e la superstrada è stata chiusa al traffico (articolo scritto da John Fiallo sul sito [www.pcmag.com](http://www.pcmag.com), 14 maggio 2019).

In California i test sulle strade pubbliche sono possibili dal settembre 2014. E' uno degli stati con i requisiti più stringenti per ottenere la certificazione ad effettuare i test. Sono obbligatorie otto certificazioni, ed una assicurazione dal valore minimo di 5 milioni di dollari, oltre ad un elenco dettagliato delle informazioni che i sistemi di bordo del veicolo possono recepire durante la guida (fonte <https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/driverlesstestingpermits>). Solo la Waymo ha ottenuto il permesso di eseguire test con veicoli senza pilota a bordo, nella California. A Fremont sorge la Tesla Factory, è l'ammiraglia tra i siti di produzione di proprietà di Elon Musk.

Il Michigan è il quarto stato in cui è possibile eseguire test su veicoli a guida autonoma. In certi luoghi e secondo certe condizioni. E' situato nella regione dei grandi laghi americani (confina con quattro laghi) dove sono situati i giganti dell'auto Statunitensi. A Detroit hanno infatti sede: la Ford motor company, la Fiat Chrysler Automobiles e la General Motors.

A proposito della GM, nell'Ottobre 2015 ha annunciato che una flotta di Chevrolet Volts progettate per la guida autonoma verrà testata al Warren Technical Center. I veicoli saranno disponibili per gli impiegati al campus che prenoteranno i veicoli attraverso una app di car-sharing, e potranno essere usate come navette. ([https://www.gm.com/article.content\\_pages\\_news\\_us\\_en\\_2015\\_oct\\_1001-gbc.html](https://www.gm.com/article.content_pages_news_us_en_2015_oct_1001-gbc.html))

Dopo la panoramica statunitense ed europea vediamo che succede nei paesi dell'estremo oriente: Giappone, Cina, Sud Corea e Singapore.

### 2.9.8 Giappone

In Giappone il primo test su strada pubblica avvenne nel 2013, a bordo del veicolo vi erano il premier Shinzo Abe ed il governatore della prefettura di Kunagawa (zona vicino a Tokyo, dove si svolse la prova). Il veicolo: una Nissan Leaf, modello utilizzato anche per il programma di ricerca alla Oxford università, figura seguente.





Figura 39 - l'utente al posto di guida delle Nissan leaf mostra come non ha le mani sul volante. Si nota la guida a destra essendo nel U.K. fonte: the driverless pathway, Febbraio 2015

Le dotazioni del veicolo prevedono il cambio automatico della corsia, l'arresto al segnale di rosso, il mantenimento della corsia, l'Adaptive Cruise Control e il sorpasso di veicoli fermi o che procedono lentamente in modo automatico (non è specificato nel testo se è in grado di sterzare ed accelerare-frenare, in modo automatico. Oppure se data la ridotta velocità del veicolo da sorpassare, si riesce a compiere la manovra solo sterzando (controllo di una sola direzione, da parte del sistema) mantenendo la velocità costante. Nel caso automatico non richiedendo l'intervento del guidatore, ad accelerare è il sistema.

Il Giappone aderendo all'UNECE, sottostà al regolamento 79 CEE-ONU del 2017 consente l'omologazione di veicoli in cui un sistema computerizzato gestisce i movimenti longitudinali e laterali autonomamente (quindi anche senza la presenza di un guidatore sempre vigile) ma solamente ad una velocità inferiore ai 10 km/h. E' stata introdotta per emendare l'impossibilità di agire in automatico sullo sterzo (antecedente la ECE n°79) quando si è introdotto il parcheggio assistito, funzionalità di assistenza alla guida (LV 2). La stessa problematica è stata riscontrata nello studio della ministra francese Idrac [60]. Il Giappone di comune accordo con la Svezia propose di emendare ancora, alla possibilità di un sistema di manovrare automaticamente lo sterzo.

- ❖ Tra le principali case automobilistiche del sol levante, sembrerebbe che solo la Nissan stia puntando con fervore sulla guida autonoma. Nissan sta apprestandosi a concludere il parcheggio automatico completamente autonomo (anche senza pilota presente) e ha sviluppato un Traffic Jam Assistant. Mentre la Honda si fece portavoce dell'opinione pubblica interna che invece di una tecnologia che soppianti la persona dal compito di guidare, preferirebbe una tecnologia di sostegno alla guida, sostenendo che l'idea di auto che si guidano da sole entusiasma di più il mondo occidentale che il Giappone. In una posizione intermedia la Toyota, che se da un lato predilige la ricerca nel settore dei veicoli cooperativi, dall'altro ha sviluppato un Automated Highway Driving Assistant.

#### 2.9.9 Cina

In Cina il motore di ricerca Baidu ha negli anni scorsi mappato le principali strade del paese, per avere una mappa digitale affidabile ed aggiornata. Nel 2014 Baidu e BMW hanno siglato una cooperazione per sviluppare un veicolo semi-automatico. Per svolgere test sul territorio cinese sono necessarie sia la licenza di guida che la targa della Public Republic of China, oltre che un'assicurazione che copra sia i danni al veicolo ed ai suoi occupanti, sia agli altri veicoli e persone. Nel 2018 Elon Musk ha acquisito per la compagnia Tesla, 860.000 metri quadrati a Shanghai con l'obiettivo di realizzare una industria gigante (Tesla Buys Land for Gigafactory in Shanghai, articolo on-line scritto da Matthew Humphries, il 17 Ottobre 2018). Dovrebbe essere in grado di produrre 500.000 veicoli l'anno. La Cina è il primo produttore mondiale di autovetture.

### 2.9.10 Sud Corea

In Sud Corea, le case automobilistiche che stanno puntando allo sviluppo di un veicolo self-drive sono la Hyundai-Kia, la Ssang Yong Motor, e ciò che ne risulta dalle collaborazioni tra Renault e Samsung e della Daewoo con la General Motor. Tra di esse il primo modello con guida assistita fu lanciato dalla Hyundai nel 2014. Era dotato di: mantenimento della corsia, freni d'emergenza automatici ed Adaptive Cruise Control. L'Advanced Korean Institute of Science and Technology ha dimostrato l'attendibilità del sistema GPS anche in un ambiente urbano molto denso fino alla velocità di 110 km/h (che per essere un ambiente urbano è ottimale).

La Nuova Hyundai i20 è dotata dei più avanzati sistemi di sicurezza attiva e di guida assistita del segmento ed è conforme ai più elevati standard di sicurezza europei grazie a sistemi come la Frenata Automatica di Emergenza con riconoscimento dei veicoli, dei pedoni e dei ciclisti tramite una camera multi funzione frontale e successivo avviso per il conducente in caso di pericolo o frenata automatica quando necessario. Il Rilevamento della Stanchezza del Conducente (DAW) comprensivo di Avviso di Ripartenza (LDVA), monitora alcuni segnali di guida rilevando il livello di affaticamento del guidatore per prevenire potenziali rischi; se vengono rilevate delle anomalie rispetto al comportamento standard, il sistema emette un allarme acustico e, allo stesso tempo, compare un messaggio sul quadro strumenti che avverte il guidatore e suggerisce una pausa dalla guida. Il sistema lavora in sincronia con l'Avviso di Ripartenza che avverte il conducente quando il veicolo che lo precede inizia ad avanzare, ad esempio ai semafori. La nuova Hyundai i20 offre nuove funzionalità di infotainment tra cui spiccano il display touchscreen centrale e il sistema audio premium Bose. Otto altoparlanti, tra cui un subwoofer, sono posizionati in modo strategico in tutto il veicolo per un'esperienza di ascolto di altissima qualità. Lo schermo tattile da oltre 10 pollici è il più grande della categoria e permette di gestire le funzioni di audio, video e navigazione come la ricerca di punti d'interesse attraverso i comandi vocali. Il touchscreen offre anche la funzionalità split-screen per il multitasking. Per un livello di intrattenimento a bordo superiore. Due caratteristiche contribuiscono a rendere il pacchetto di connettività di Nuova Hyundai i20 il migliore del segmento. Apple CarPlay e Android auto sono per la prima volta offerti in modalità wireless consentendo agli occupanti di sfruttare le funzionalità dei loro smartphone iOS e Android in modo ancora più comodo e immediato. La presenza di una base per la ricarica wireless per smartphone, posizionata nella consolle centrale, permette ai passeggeri di caricare i propri dispositivi senza l'utilizzo di cavi.

### 2.9.11 Singapore

A Singapore i test su strade pubbliche di veicoli automatizzati sono iniziati nel 2015 (con il Singapore Autonomous Vehicle Initiative), principalmente in un'area di 200 ettari adibita a distretto in cui si eseguono test. In quest'area sono presenti percorsi per la sperimentazione di veicoli pesanti mentre altre aree sono adibite a piccoli veicoli commerciali o alle autovetture. Per svolgere i test è obbligatorio che sia sottoscritta una polizza assicurativa, e che in ogni momento il tester (sempre presente) deve essere in grado di riprendere il controllo. La National University of Singapore in collaborazione con il M.I.T di Boston sta testando le navette della francese Navya per arrivare ad una capienza di 10 clienti.

Durante questa panoramica si è parlato del report 2018 della ministra francese Anne Marie Idrac. Nell'incipit di questo manifesto programmatico, inerente il processo di sperimentazione e sviluppo dei veicoli autonomi, sono citati cinque punti cardine: usages et territoires, sécurité, acceptabilité, compétitivité et emploi, coopération européenne et internationale. Si ritrovano i punti imprescindibili già messi in luce fino ad ora, nel trattare l'argomento dell'automazione nei veicoli. Abbiamo visto come vi sono norme a livello internazionale che regolano la circolazione (ad esempio Convenzione di Vienna del 1968) e omologazione dei veicoli (UNECE WP.29) e dei loro sistemi ed apparecchiature. Ad un livello inferiore le direttive e i regolamenti redatti dalla comunità europea a cui gli stati membri sono soggetti e che permetteranno l'interoperabilità,

oltre a non avere una frammentazione a livello nazionale. Delle regole e dei sistemi tecnici (hardware e software), interni ed esterni (RSUs, centri locali e centrali del traffico) ai veicoli. Imprescindibile la sicurezza e non meno imprescindibile l'accettazione da parte dei cittadini. Essendo un mercato concorrenziale i gusti degli utenti influiranno sulla scelta o meno di dotarsi di veicoli a guida automatizzata, vanificando in questo secondo caso diversi anni (decenni nel caso della guida e autonoma) di ricerche ed investimenti. La maggiore efficacia dei veicoli automatizzati è raggiunta quando la stragrande maggioranza dei veicoli utilizza sistemi tecnologicamente avanzati, per questo motivo vige l'importanza di sensibilizzare gli utenti sul tema della mobilità sicura e sostenibile.

Nonostante uno dei punti dell'incipit, ribadito più volte anche inseguito, è la sicurezza. Vi sono i tra i principi su cui si basa l'azione francese, un approccio progressivo basato sull'esperienza (learning by doing) e l'importanza della sperimentazione per passare rapidamente a progetti su ampia scala. Volere passare rapidamente a qualcosa di tangibile (magari per fini politici-elettorali) e correggere in corso d'opera rischiano di fraporsi al concetto della sicurezza. Solamente dopo aver raggiunto un livello di sicurezza molto alto (come quantificare questo livello spetterà ad organismi internazionali, a cui possibilmente aderiscono la maggior parte degli stati) si può mettere sul mercato veicoli ad alto livello di automatizzazione. Una corsa a chi arriva primo (tra le case automobilistiche) è indubbiamente positiva dal punto di vista della concorrenza e dei conseguenti investimenti in ambito di guida automatizzata, ma deve essere accuratamente attenzionata da parte di autorità sovranazionali. Gli interessi in gioco sono tali per cui uno stato potrebbe favorire, attraverso controlli meno ligi e severi, una propria casa automobilistica al fine di garantire gli alti livelli occupazionali (che tra linee di produzione-assemblaggio ed indotto) comporta.

Nel testo si parla di 2020-2025 come intervallo in cui saranno già disponibili veicoli automatizzati (LV 3, 4). Anche se per i veicoli ad autonomia quasi totale in tutti gli ambienti, il periodo considerato è quello 2030-2050. E'riportata la necessità di una legiferazione (attraverso un gruppo interministeriale comprendenti i dicasteri della giustizia, dei trasporti, dell'industria e guidato dal ministero degli interni) apposita in merito alle regole di guida, sulla formazione dei conducenti e sulle responsabilità. Si comprende come in Francia vi sarà un'apposita formazione per chi guiderà un veicolo altamente automatizzato. Ulteriori leggi ad hoc per le prove di certificazione dei sistemi e dei test dei prototipi, dovranno essere emanate.

Al momento i veicoli per i test sono veicoli prodotti in piccole quantità (nella regolazione [58] sull'entrata nel mercato dei veicoli sono citati come small series vehicles, e godono di agevolazioni) secondo le leggi locali e non a livello europeo per agevolare la flessibilità di questi veicoli che non saranno disponibile ai consumatori. Appartengono a questa categoria i veicoli progettati appositamente per essere testati come navette a guida completamente automatizzata, su di un'infrastruttura prefissata.

Vediamo nelle prossime due tabelle, le caratteristiche dei test svolti:

	Olanda	Germania	Svezia	Danimarca	Belgio	Spagna	Inghilterra	California	NHTSA
Gli incidenti sono segnalati		x	x					x	x
Errori del sistema devono essere discussi dettagliatamente								x	x
Invio di un messaggio d'errore se il sistema fallisce							x		
Il sistema comunica quando non sta lavorando bene							x		x
È possibile spegnere il sistema	x							x	x
È possibile passare alla guida manuale solo se è sicuro farlo in quel momento		x		x					
È possibile che il sistema sotto certe condizioni richiami il guidatore. Esempio se: la strada è scivolosa, in presenza di coda o di lavori stradali	x	x			x				
Velocità massima di 100 km/h		x							
Non essere un pericolo per gli altri	x		x		x		x		

Tabella 1 - maggiori dettagli sull'attuazione dei test svolti fonte: GEAR 2010 final report (modificata)

Tabella 2 - Valutazione della presenza o meno di varie specifiche, nei test sui veicoli a guida automatizzata. Eseguiti in diversi stati fonte: GEAR 2030, final report del 2017 (modificata)

Conducente	Olanda	Germania	Svezia	Danimarca	Belgio	Spagna	Inghilterra	California	NHTSA
È stato addestrato prima del test	x	x	x		x		x	x	x
Ha esperienza nell'intervenire in situazioni di rischio	x	x	x		x		x	x	
Ha la patente di guida da un determinato numero di anni	x	x	x	x	x		x	x	
È sempre presente			x				x		
Ha interazioni con il traffico	x								
È autorizzato per ogni tipologia di strada				x			x		
È autorizzato sulla base delle leggi in vigore	x		x			x			
Effettua il cambio manuale-automatico e viceversa					x	x			
<u>veicolo</u>									
Riconosce l'infrastruttura (come la segnaletica)						x			
requisiti inerenti la ciber sicurezza	x				x	x			
autocertificazione			x	x					
Rispettare le regole del traffico	x	x	x				x		x

Per quanto riguarda l'Italia, non essendo presente nel report [75] perché non vi sono stati svolti dei test, si è completata una tabella secondo le indicazioni del decreto ministeriale [36].

Gli incidenti sono segnalati	Errori del sistema devono essere discussi	Invio di un messaggio d'errore se il sistema	Il sistema comunica quando non sta lavorando bene	possibile spegnere il sistema	possibile passare alla guida manuale solo se è sicuro farlo in quel momento	V < 100 Km/h	È possibile che il sistema sotto certe condizioni richiami il guidatore. Esempio se: la strada è scivolosa, in presenza di coda o di lavori stradali	Non essere pericoloso per gli altri
------------------------------	---	--	---	-------------------------------	---	--------------	--	-------------------------------------

		ma fallisce						
sì	rapporto puntuale su eventi o problematiche di qualsiasi natura che hanno coinvolto il sistema sperimentato	Non specificato perché mentre la trattazione da cui è presa la suddetta tabella ( GEAR 2030 ) riporta casi di test effettuati ( quindi conoscendo il tipo di sistema in uso ) questo è il caso generale della legge vigente che fornisce le linee guida					sì	Sì. Articoli 12.1.a e. b M.I.T. 28/02/2018

	stato addestrato prima del test	la esperienza nell'intervire in situazioni di rischio	la guida da un determinato numero di anni	la presenza di un numero di	le interazioni con il traffico	autorizzato per ogni tipologia di strada	autorizzato sulla base delle leggi in vigore	effettuata il cambio manuale-automatizzato e viceversa
<b>Conduttore</b>								
	corso specifico e 1000 km di guida		almeno 5 anni		dipende dal test ma potrebbe variare	per quelle in cui è ottenuto il codice della strada	regolamentazione dell'omologazione dei veicoli a motore e dei veicoli stradali	richiesto che lo segua tempestivamente

Tabella 3– specifiche italiane rispetto ai test con driverless cars fonte: MIT Smart Road 2018

	Deve avere certi requisiti inerenti la ciber sicurezza	Riconosce l'infrastruttura (come la segnaletica)	Rispettare le regole del traffico	Autocertificazione
<u>veicolo</u>	protezioni di sicurezza intrinseca atte a scongiurare gli accessi non autorizzati ai sistemi di guida automatica	Eventualmente (nel senso che il decreto lo consente, dipende poi dalla tecnologia installata sul veicolo in prova)	Sì. Articoli 12.1.a e. b M.I.T. 28/02/2018	No. Serve presentare domanda di autorizzazione alla sperimentazione e ricevere l'autorizzazione

Si può notare come nella maggior parte dei casi il guidatore è stato addestrato e ha esperienza nella guida. Questa è la direzione che si vuole seguire quando a livello istituzionale si parla di rendere consapevoli i futuri compratori del sistema di guida automatizzata. Attraverso corsi e prove pratiche. Si dirà nel proseguo (paragrafo 5.1.1) che l'agenzia NHTSA ipotizza due certificazioni, rilasciate o dal produttore del veicolo o da un suo delegato, che attestino un determinato numero di ore alla guida del veicolo e la simulazione delle situazioni che si troverà ad affrontare nel possedere un veicolo automatizzato.

Si nota altresì che i test svolti al 2017 sono ad un livello che potremmo definire di base, mancando gli elementi che contraddistinguono la guida automatizzata. Il cambio tra guida automatica e manuale (sperimentato in



2 stati), la guida in presenza di traffico (sperimentato in 1 stato), la guida in ogni tipologia di strada (sperimentato in 2 stati), il riconoscimento della segnaletica (sperimentato in 1 stato).

Mancano le indicazioni circa la comunicazione tra veicoli. Nonostante si stia parlando di automazione non andrebbe vista come distaccata dalla cooperazione. Così come non vi sono notizie sul tipo di HMI utilizzata.

Tra i paesi non comunitari, sono presenti lo stato della California e l'agenzia NHTSA (che in tabella 1, abbiamo rappresentato con la bandiera a stelle e strisce). Si nota la mancanza di Austria e Francia che pure sono all'avanguardia nella sperimentazione di veicoli connessi.

Inerente la tabella 2 si può osservare come solo nei test eseguiti nel Regno Unito vi è l'invio di un messaggio d'errore se il sistema fallisce e la comunicazione da parte del sistema di quando non sta lavorando bene. In nessuno degli stati europei invece sembra esservi la necessità che gli errori del sistema devono essere discussi dettagliatamente (cosa che avviene sia nei test del NHTSA che nello stato della California).

Il fatto che sotto certe condizioni il sistema richiami il guidatore farebbe pensare che nei casi dove questo non succede (ovvero 6 casi su 9 tra quelli in esame) la guida sia completamente autonoma. Questo può essere, dato che la guida autonoma è possibile in sede riservata, e ad eccezione dei Paesi bassi tutti gli altri test sono fatti non in presenza di traffico. Infatti i Paesi bassi fanno parte dei tre casi in cui il sistema può richiamare il guidatore.

Destano interesse il "Does not pose a danger to other road users" (Non essere un pericolo per gli altri) e il "È possibile passare alla guida manuale solo se è sicuro farlo in quel momento" che solo in 4 casi su 9 e 2 casi su 9 sono selezionati. Nel caso del "non mettere in pericolo gli altri utenti" può essere ricondotto alla mancanza di traffico in 8 situazioni su 9 (Nel test Paesi Bassi dove vi è il traffico infatti è selezionato il non provocare danni agli altri). Per quanto riguarda il "passare alla guida manuale solo se è sicuro farlo in quel momento" può non essere stato scelto per vedere come reagisce il guidatore ad una situazione imprevista. Infine notiamo il caso della Germania unico in cui vi è una limitazione della velocità. Associamo la cosa al fatto che era uno dei due test in cui il passaggio al manuale poteva avvenire solo se non vi era una situazione rischiosa. Insieme al fatto che gli incidenti siano segnalati e il rispetto delle regole di guida fanno sì che nei test vi sia stata una particolare attenzione alla sicurezza (se dessimo un punto per ogni azione inerente la sicurezza, tra quelle elencate nelle due tabelle, la Germania otterrebbe il secondo miglior punteggio dopo la NHTSA).

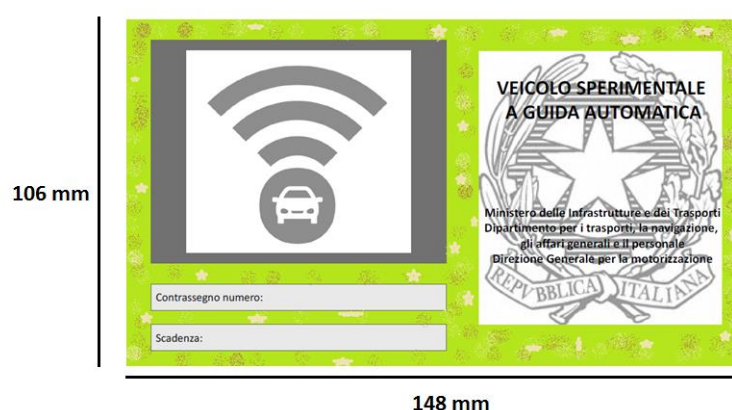


Figura 40 - Contrassegno obbligatorio da esporre sui veicoli a guida autonoma in fase di sperimentazione per l'Italia fonte: MIT Smart Road 2018

## Considerazioni conclusive

Da quanto detto, emerge che la classificazione per i livelli di guida SAE è la più diffusa e utilizzata nelle pubblicazioni internazionali. Nel proseguo della trattazione anche noi faremo riferimento a tale nomenclatura. In funzione dei componenti installati su un veicolo si raggiungono diversi livelli SAE. La questione importante è che non è sufficiente un solo sistema di percezione dell'ambiente esterno ma sono fondamentali sistemi che garantiscano la ridondanza. Riteniamo che in caso di errore debba essere possibile confrontare più informazioni e garantire un livello di sicurezza più efficace come avviene ad per gli aeromobili. L'importanza di questi dispositivi si vedrà anche nel capitolo riguardante la cyber sicurezza.

È interessante notare come, nella panoramica mondiale, le nazioni più avanzate nella fase di test siano Stati Uniti e Inghilterra, che puntano a diventare hub mondiali per la sperimentazione. I primi non hanno sottoscritto la convenzione di Vienna mentre gli inglesi non l'hanno recepita a livello del loro codice legislativo. In questi due paesi per dare ampio slancio alla fase di sperimentazione dei veicoli, le richieste per il rilascio dell'autorizzazione sono puramente economiche (non vi sono richieste tutele per quanto riguardano intrusioni informatiche). Rispondendo a una delle domande emerse nell'introduzione, emerge chiaramente che la responsabilità durante i test è del guidatore che deve essere sempre presente.

Sarà importante affiancare alle sperimentazioni in atto una buona campagna di sensibilizzazione per ridurre lo scetticismo e l'ignoranza attuale. Senza tuttavia abbindolare le persone con proposte non veritiere da parte dei produttori.

## 3. C-ITS

Entriamo ora nel dettaglio della trattazione parlando di cooperazione tra veicoli, ciò si traduce in comunicazione tra di essi e con l'infrastruttura digitale. Come punto di partenza abbiamo analizzato il lavoro del C-ITS Platform (organizzazione europea) che pone le basi per l'interoperabilità tra nazioni e gli standard comunicativi. Fa inoltre da apripista per quanto riguarda quali servizi implementare per primi sui veicoli. Analizzeremo questi servizi uno ad uno e li confronteremo con quelli in uso negli Stati Uniti. Non mancheranno di essere analizzati anche i servizi ITS, per primi in arrivo nel mercato.

### 3.1 C-ITS Platform

“L'evoluzione della modalità di guida da tradizionale a cooperativa, implica che quello che rileva un veicolo venga condiviso agli altri veicoli, visione collettiva” [WG.1, C-ITS Platform phase II]. Al fine di promuovere e sviluppare gli C-ITS, tra i principali attori coinvolti (sia pubblici che privati) la Commissione Europea nel 2014 ha istituito la “Piattaforma C-ITS “. Questa “piattaforma” ha stilato un elenco delle applicazioni-servizi che assisteranno il guidatore, dividendole: in quelle già disponibili sulle vetture di serie o che stanno per entrare in servizio, e in quelle più lontane dal loro debutto sul mercato [C-ITS Platform Final report, Gennaio 2016].

Della prima lista (day 1 services) fanno parte:

- Slow or stationary vehicle(s) & Traffic ahead warning;
- Road works warning;
- Weather conditions;
- Emergency brake light;
- Emergency vehicle approaching;
- Other hazardous notifications;
- In-vehicle signage;
- In-vehicle speed limits;
- Signal violation / Intersection Safety;
- Traffic signal priority request by designated vehicles;
- Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA);
- Probe vehicle data;
- Shockwave Damping.

queste applicazioni verranno descritte nel capitolo 3.7. Nella seconda (day 1.5 services) rientrano le seguenti applicazioni-servizi:

- Information on fuelling & charging stations for alternative fuel vehicles;
- Vulnerable Road user protection;
- On street parking management & information;
- Off street parking information;
- Park & Ride information;
- Connected & Cooperative navigation into and out of the city (1st and last mile, parking, route advice, coordinated traffic lights);
- Traffic information & Smart routing;

Le raccomandazione del C-ITS Platform sono: avere in tutta Europa una standardizzazione comune di questi servizi (day 1 e day 1.5) ed una unica certificazione valida in tutti gli stati membri basata sulla PKI (public Key Infrastructure, capitolo 3.4); utilizzare per la comunicazione a corto raggio (*Direct Short Range*

*Communications*): la banda di frequenza 5.9 GHz (garantendo l'interoperabilità con il sistema di pedaggio che funziona a 5.8 GHz. In Italia è il Telepass) ed il modello di comunicazione denominato IEEE802.11p/ETSI ITS-G5. Quest'ultimo si basa sulla tecnologia Wi-Fi 11p, viene anche chiamata ITS-G5, ed utilizza una banda di frequenza appositamente dedicata ai servizi C-ITS senza richiedere antenne di trasmissione e provider (fornitore di servizi internet esempio in Italia Tiscali, Fastweb ecc...). IEEE sta per Institute of Electrical and Electronics Engineers, l'802.11p è stato sviluppato nel 2004 negli USA; Il C-ITS Platform raccomanda alla Commissione Europea di continuare a finanziare il progetto ConnectingEuropeFacility.

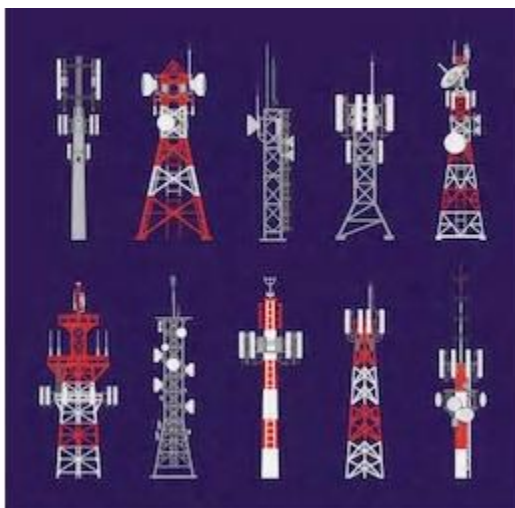


Figura 41 - Antenne di trasmissione

L'ITS-G5 non richiede una copertura radio permanente, la trasmissione avviene quando due C-ITS station si trovano nella stessa area di copertura. A differenza di quella cellulare che dipende appunto da un sistema di celle telefoniche a cui attaccarsi di volta in volta. La scelta di una comunicazione a corto raggio (quanto sia questo raggio, dipende dalle circostanze però si può indicare un valore di 500 m) è dettata dal fatto che ha una latenza bassa, permettendo così la trasmissione rapida delle informazioni (quella cellulare impiegherebbe molto più tempo). Fattore essenziale per i servizi-applicazioni inerenti la sicurezza (messaggi DEN).

La tecnologia ITS-G5 è in uso in diversi settori e da un tempo sufficiente per poter garantire la comunicazione ibrida (in compartecipazione con altre tecnologie di telecomunicazione). Testimoniato ad esempio da Dynniq (società situata nella provincia di Utrecht, che si occupa di mobilità, parcheggio ed energia, attiva con questo nome dal 2016) nel progetto belga Intercor, ma anche dai partecipanti al progetto Nordic Way (di cui si parlerà nel capitolo 3.10 sui corridoi C-ITS), oltre che da diversi fornitori delle unità di bordo dei veicoli. Dimostrando come esse interagiscano bene con le varie parti che compongono un sistema C-ITS. Nel caso specifico queste parti sono: le *Road Side Units* (protocollo ITS-G5) per quanto riguarda la comunicazione con l'infrastruttura, la tecnologia mobile cellulare (sfrutta il 3G,4G) ed il cloud (tramite WLAN: WirelessLocalAreaNetwork) per quello che riguarda i dispositivi elettronici. Il cloud consente l'accesso a gruppi condivisi di risorse, come server ed applicazioni.

La risoluzione europea del 4 Luglio 2019 per adottare la tecnologia ITS-G5 proposta dalla Commissione Europea, è stata bocciata (21 paesi contrari su 28). La motivazione è stata di voler aspettare i test sulla comunicazione 5G, e solo a quel punto scegliere quale delle due modalità avallare. Se da un lato si sostiene che aspettare quando vi è già una soluzione pronta e funzionante (ITS-5G) è una perdita di tempo, dall'altra vi è chi sostiene che grazie al 5G si riuscirà a gestire la mole di dati condivisa dal sistema degli C-ITS [1]. Noi crediamo che all'inizio questa tipologia di veicolo non sarà così diffusa, sia per i costi maggiori sia per le preoccupazioni legate alla ciber sicurezza dei veicoli connessi, dunque si potrebbe iniziare con la comunicazione ITS-5G (che nei test pilota effettuati, di cui si parlerà nell'apposito capitolo, ha dimostrato la

sua coesistenza con la comunicazione cellulare) ed eventualmente procedere con l'utilizzo del 5G nei modelli futuri, se questa tecnologia dimostrerà maggiori punti di forza.

Alla questione tecnica scorre parallela la questione finanziaria. I costi dell'infrastruttura Smart ricadrebbero sugli stati nel caso di scelta del ITS-5G, mentre sarebbero delle società di telecomunicazioni nel caso del 5G. Per l'utente in questo secondo caso scatterebbe un probabile costo da versare all'operatore telefonico per usufruire del suo network.

Per concludere il discorso sulla risoluzione europea, che è stata bocciata dal Parlamento europeo, sottolineiamo come l'associazione delle industrie dell'automotive ha proposto un protocollo per il short-range alternativo al ITS-5G, denominato LTE-V2X. Il peso dell'industria automobilistica (diretto, più l'indotto) è stato analizzato nel capitolo 1.4, ed il fatto di essere il comparto industriale più importante dell'eurozona avrà comportato un peso, nella decisione di Bruxelles di attendere.

*“La trasformazione tecnologica è come il triathlon. Richiede ambizione, un mix di talento e resistenza per riuscire a fare un po' meglio ogni giorno. Godiamoci il viaggio”.*

E' con questa metafora che Peter Broekroelofs, CDO Dynniq Group, spiega che il triathlon non è uno sport improvvisato ma piuttosto serve allenamento costante e soprattutto serve differenziare la preparazione su tre diversi ambiti (corsa, nuoto e bici), allo stesso modo nei sistemi C-ITS serve fare lo stesso, ragionare e studiare situazioni adatte a diversi ambiti (automotive, telecomunicazioni a corto e lungo raggio, informatica) che dovranno coesistere insieme.

Il C-ITS Platform ha definito i dati raccolti dal veicolo connesso come dati personali e come tali devono essere trattati. Significa che il titolare di questi dati usufruisce degli articoli di legge presenti nel regolamento 679/2016. Ha poi espresso come via preferenziale al trattamento di questi dati, il consenso informato dell'utente. Decisione che implicherebbe l'accettazione delle condizioni sul trattamento dei dati personali all'avvio delle applicazioni che li: raccolgono, utilizzano e/o trasmettono. Il trattamento dei dati personali senza il consenso del proprietario non è un reato se la necessità di processare i dati è dovuta ad un interesse vitale o pubblico. Il capitolo in cui tratteremo il tema della protezione dei dati personali è il 5.3

### 3.2 Analisi dei temi inerenti i C-ITS, attraverso i gruppi di lavoro del Platform phase I

All'interno del C-ITS Platform, nel periodo compreso tra la fine del 2015 e il Settembre 2017 (uscita del report finale), si sono mossi dieci gruppi di lavoro, ognuno destinato ad analizzare e cercare soluzioni su di un tema inerente gli C-ITS. Analizzeremo ora i principali gruppi di lavoro (WP).

#### 3.2.1 Il WP.1 ha trattato i benefici inerenti l'entrata in servizio dei veicoli connessi.

Questi benefici sono:

1) l'incremento della sicurezza dovuto all'ausilio del guidatore da parte dei sistemi di allerta e di informazione. L'errore umano è la prima causa degli incidenti stradali. Avendo degli strumenti tecnologici che lo informano: su eventuali ostacoli presenti davanti a lui (ed oltre il campo visivo dell'occhio umano), sull'approssimarsi di un cambio nella condizione della superficie di rotolamento degli pneumatici, sulle condizioni meteorologiche, sull'approcciarsi di un veicolo con codice prioritario (forze di pubblica sicurezza o di emergenza), sui segnali, e su come agire per attraversare in sicurezza un'intersezione ... sarà possibile ridurre l'incidenza umana sul totale degli incidenti.

Nel C-ITS Platform gennaio 2016 è indicato un -7% di morti stradali, solo grazie all'Intersection safety e all'In-vehicle speed limits. E' stato riscontrato come gli incidenti occorsi nelle intersezioni tedesche, abbiano inciso

come costo socio-economico per 3.7 miliardi di euro. L'arco temporale considerato è di 12 mesi nel 2012, da parte di 500 tester valutati dalla *SichereIntelligenteMobilitatTestfeldDeutschland*, attraverso il 1.650.000 km percorsi.

2) la riduzione della congestione e dell'inquinamento. Grazie al GLOSA (day 1 service) è possibile arrivare al semaforo con segnale di verde/giallo, evitando di dover arrestare il veicolo e dover attendere la luce verde per ripartire. Inoltre con la gestione delle intersezioni si potrebbe dare il segnale di verde anticipato ad una certa direzione di marcia: perché le telecamere e/o i radar hanno individuato che si sta formando una coda, oppure perché nella direzione opposta (rilevano che) non vi sono veicoli e si sta "sprecando" tempo di verde.

Il servizio di Traffic information & Smart routing (1.5 day service) permette di ottimizzare l'uso degli archi stradali evitando il raggiungimento della capacità. Il TrafficMangementCenter (TMC) riceve le informazioni sullo stato del traffico nei vari tratti, grazie alle *RoadSideUnits* è in grado di re inviare a queste unità informazioni circa la situazione globale del traffico e di conseguenza inviare (tramite la RSU più prossima), al veicolo dotato dell'applicazione Traffic information, indicazioni sullo stato del traffico. Con lo Smart routing l'informazione ricevuta non si limita ad indicare come è la situazione al momento sull'infrastruttura di prossimità, ma indica all'utente quale percorso seguire per raggiungere la sua destinazione nel modo più veloce o ecosostenibile (in base a come è programmata l'elaborazione del T.M.C). Quello che si riscontra nel caso ambientale è che all'utente singolo possa convenire un percorso, ma il T.M.C. riscontra che globalmente un altro percorso è da preferire. Riuscendo a gestire meglio i flussi di traffico è possibile per le amministrazioni pubbliche risparmiare (non devono investire nell'ampliamento della capacità delle strade). Con le applicazioni (day 1.5) che gestiscono i parcheggi e le ricariche dei mezzi ad alimentazione elettrica, è possibile ridurre i km che ogni veicolo percorre prima di trovare: parcheggio o una postazione di ricarica accessibile. Riducendo in questo modo sia il traffico (veicoli\*km) che l'inquinamento (il veicolo è stato meno tempo acceso ed inoltre si sta favorendo la mobilità elettrica, con abbattimento locale delle emissioni). Una riduzione dei consumi di carburante del 4.5 % è stimata nel *Processing personal data in the context of C-ITS, 2017*.

L'uso di uno standard comune: stessa frequenza e modello di trasmissione, stesse protezioni dei dati e dei sistemi informatici, e stesse applicazioni permette: ai veicoli di spostarsi oltre lo stato in cui è stato immatricolato (interoperabilità) e alle aziende che progettano i servizi di poterli vendere in tutti gli stati che aderiscono alla standardizzazione (il WP.10 vedremo, si occupa della cooperazione internazionale).

La protezione dei dati e della privacy, la sicurezza del veicolo e la possibilità di sfruttarne i vantaggi sul più ampio territorio possibile (non solo tra stati differenti grazie all'interoperabilità, ma anche tra zone densamente abitate, e quelle rurali dove si tenderebbe a non investire) saranno fattori cruciali per la diffusione o meno dei veicoli connessi.

Il WP.1 analizzando i costi individua che: il costo del veicolo (abilitato a comunicare con gli altri e con l'infrastruttura), della sua manutenzione, riparazione ed aggiornamento software saranno molto superiori a quelli per: la gestione, manutenzione ed aggiornamento dell'infrastruttura, come già ampiamente trattata nel capitolo 4.6. Questa situazione tendiamo a precisare riguarda i soli veicoli connessi e non i veicoli definiti CAVs (Connected Autonomous Vehicles), che essendo a guida autonoma (vale anche per quelli a guida automatizzata) necessitano di grandi investimenti nell'adeguamento dell'infrastruttura. Sistemazione della pavimentazione, pulizia della banchina, adeguamento dei sistemi di drenaggio, installazione-riparazione della segnaletica verticale, sistemazione-stesura della segnaletica orizzontale (la possibilità di evitare i costi di mantenimento della segnaletica orizzontale e verticale verrà presentata nel corso della trattazione); sono interventi da attuare sull'infrastruttura presente. L'ultima precisazione è dovuta alla visione di sistemare i veicoli altamente tecnologici su spazi a loro riservati, nella trattazione riguardante la fase avanzata degli C-ITS, la fase II, si dice che i posti di parcheggio lungo la strada, le corsie riservate ai taxi e al trasporto collettivo



potrebbero essere sostituiti da una corsia riservata ai veicoli autonomi. Nel caso passasse questa linea servirebbe costruire nuove infrastrutture, e non solo riaggiornare e informatizzare quelle esistenti. Già ora si può anticipare che fare una via riservata ai veicoli connessi e autonomi, non significa fare una stesa di conglomerato bituminoso. Fare una strada di una certa importanza (categorie A & B: autostrada o extraurbana principale) significa: eseguire espropri, muovere enormi quantità di terreno che solo in parte (dipende dalla morfologia della zona del tracciato e dalle caratteristiche tecniche delle terre) possono essere compensate tra le parti in trincea (tracciato sotto il piano campagna) e quelle in rilevato (al di sopra del piano campagna), aprire delle cave di prestito, muovere centinaia di mezzi pesanti verso la zona dei cantieri (con annesso rumore, inquinamento atmosferico, aumento del traffico ed ammaloramento delle strade percorse), interruzione di parte della viabilità durante i cantieri per la realizzazione della nuova infrastruttura, sistemazione dei pendii e/o degli argini fluviali (se necessario) e la consolidazione del terreno (sempre se necessario), posa in opera dei sistemi di deflusso dell'acqua (fosso di guardia, embrici, arginelli, cunette, caditoie), eventuale installazione di opere di sostegno (muri), posa in opera dei sistemi di ritenuta (guardrail), costruzione di rampe di accesso-uscita, opere di illuminazione, opere di scavalco (ponti-viadotti), in base alla zona potrebbero essere necessarie opere in scavo (tunnel), posa della segnaletica orizzontale e verticale. Questa è solo la parte costruttiva poi vi è tutto l'iter burocratico, che comporta la presentazione di diverse analisi-progetti e la ricerca di finanziamenti.

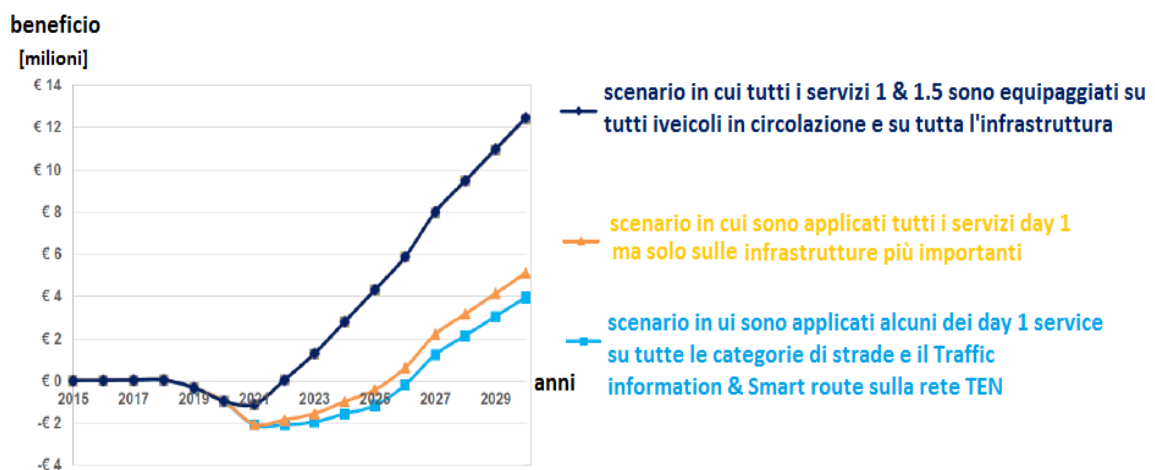


Grafico 4 - Grafico dei benefici col passare degli anni, degli C-ITS. In base a tre diversi scenari di applicazione fonte: C-ITS Platform 2016

Nel caso peggiore, neanche tutti i day 1 ed un solo day 1.5 (Traffic information & Smart route) in funzione, i benefici di una entrata in servizio dei veicoli connessi si avrebbero nel 2026. Il WP.1 dice tra il 2022 (caso scenario in cui tutti i day 1 e day 1.5 siano in funzione) e il 2026 (caso che stiamo prendendo in considerazione come peggiore) si avrà un'inversione di tendenza e i benefici inizieranno a superare i costi. Se si analizza il caso peggiore la perdita è di 2 milioni dal 2021 al 2023 poi una perdita di 2 milioni tra il 2019 e il 2021 e infine altri 2 milioni dal 2023 al 2026 quindi il totale di 6 milioni di euro verrebbe poi recuperato nel 2030. Se invece è un valore cumulativo la perdita massima è 2 milioni che viene azzerata nel 2026 e ripagata nel 2028, e da lì iniziano i profitti. Tali dati sembrano essere incoraggianti perché a fronte di una rivoluzione nel mondo dei trasporti, gli interventi risultano molto bassi.

Il risultato è che comunque un'importante fase di analisi economica è fondamentale. Si rischia che se non vi sono i fondi per implementare al massimo la tecnologia essa rimarrà poco appetibile per i consumatori, che non acquistando veicoli connessi manterranno basso il profitto generale. Più vi saranno in circolazione veicoli

connessi e più si scambieranno-genereranno informazioni, vi saranno così: ridondanza tra informazioni ricevute da più veicoli (funzione di controllo) e possibilità di ricevere informazioni dagli altri veicoli.

### 3.2.2 Il WP.3 ha trattato le implicazioni legali

Il WP.3 ha trattato le implicazioni legali.

La necessità di emendare l'articolo 8 paragrafo 5 della Convenzione di Vienna. Dalla Convenzione stessa (8 novembre 1968): "ogni guidatore deve in ogni momento essere in grado di controllare il veicolo o guidare i suoi animali" (la proposta dell'Unece di emendare gli articoli 8 e 34 della Convenzione di Vienna è del 17 Aprile 2014), dalla suddetta l'articolo 8 paragrafo 5bis:

"I sistemi dei veicoli i quali influenzano il modo in cui i veicoli sono guidati, sono considerati conformi al paragrafo 5 dell'articolo (8) e al paragrafo 1 dell'articolo 13, quando essi sono in conformità con le condizioni di costruzione, assemblaggio ed utilizzo secondo gli strumenti legali internazionali\* inerenti i veicoli a ruote, equipaggiamenti e parti quali possono essere assemblate e/o usate sui veicoli a ruote. Quando i sistemi sono impostati su off o spenti, deve essere rispettato il paragrafo 5".

\* il riferimento è alle regolamentazioni di Ginevra, del 20 Marzo 1958 e del 25 Giugno 1998.

Il citato articolo 13, al paragrafo 1 recita:

"Ogni conducente di veicolo deve, in ogni circostanza, restare padrone del proprio veicolo, in modo da potersi conformare alle esigenze della prudenza e da essere costantemente in grado di effettuare tutte le manovre che gli competono. Deve, regolando la velocità del proprio veicolo, tenere costantemente conto delle circostanze, in particolare della disposizione dei luoghi, dello stato della strada, dello stato del carico del proprio veicolo, delle condizioni atmosferiche e dell'intensità della circolazione, in modo da poter arrestare il proprio veicolo nei limiti del proprio campo di visibilità verso l'avanti, nonché dinanzi ad ogni ostacolo prevedibile. Deve rallentare e, se necessario, fermarsi tutte le volte che le circostanze lo esigano, in particolare quando la visibilità non è buona."

Mentre nella proposta (versione emendata):

"Ogni veicolo a motore, ogni rimorchio ed ogni combinazione di veicoli nel traffico internazionale devono soddisfare le disposizioni dell'allegato 5 della presente convenzione (Vienna 1968). Deve anche essere in buone condizioni. Quando questi veicoli sono dotati di sistemi, parti ed equipaggiamenti conformi alle condizioni di costruzione, montaggio ed utilizzo secondo le disposizioni tecniche degli strumenti giuridici internazionali\* di cui all'articolo 8, paragrafo 5 bis della presente Convenzione, si considerano come in conformità con l'allegato 5".

Il significato degli emendamenti agli articoli 8 paragrafo 5 e 13 paragrafo 1, è quello di poter utilizzare i sistemi tecnologici a patto che siano conformi alle regolamentazioni di Ginevra in tema di uniformi prescrizioni tecniche (Ginevra 1958) e regolamentazione tecniche globali (Ginevra 1998): dei veicoli, loro parti ed equipaggiamenti. I veicoli devono essere conformi all'annesso 5 della Convenzione di Vienna che stabilisce le prescrizioni per: la frenatura (cap I), dispositivi di illuminazione (cap II), altri dispositivi (cap III) tra essi vi sono: i sistemi di frenatura, gli specchietti retrovisori, i tergicristalli, i sistemi d'avviso acustico, la retromarcia, il parabrezza ed i vetri, gli pneumatici, il silenziatore(marmitta), l'indicatore di velocità, l'antifurto, i dispositivi di ritenuta, i sistemi di segnalazione da avere sul veicolo, le eccezioni (cap IV).

Ulteriori parti interessanti, della Convenzione di Vienna sono: i paragrafi 1 e 3 del già citato articolo 8 e l'articolo 53.

- ❖ Articolo 8, paragrafo 1: “Ogni veicolo in movimento o ogni complesso di veicoli in movimento deve avere un conducente”. Dalle definizioni riportate nella legge stessa: “il termine «conducente» indica ogni persona che assume la guida di un veicolo, autoveicolo od altro (compresi i velocipedi) o che, su di una strada, guida del bestiame, isolato o in greggi, o degli animali da tiro, da soma o da sella”.

Dunque oltre il fatto, di controllare (art.8.5) e restare padrone (art.13.1) in ogni momento del veicolo, vi è il problema che il guidatore dovendo essere una persona, non può essere il sistema.

Quando essere conducenti (ed essere in ottemperanza con il paragrafo 1) indicherà chi assume la guida, senza specificare che sia umano/a, i sistemi a guida automatizzata ed autonoma avranno un primo via libera legislativo. A cascata una volta che per conducente non è più univocamente indicato una persona anche il paragrafo 5 (art.8) ottiene un via libera.

- ❖ Articolo 53: “Nessuna disposizione della presente Convenzione sarà interpretata come interdizione ad una Parte contraente di adottare le misure, compatibili con le misure della Carta delle Nazioni Unite e limitate alle esigenze della situazione, che essa ritiene necessarie per la propria sicurezza esterna o interna”.

Questo articolo è molto interessante perché se non vi fosse la parte centrale, si leggerebbe come: “nessuna disposizione della presente Convenzione sarà interpretata come interdizione ad una parte contraente di adottare le misure che essa ritiene necessarie per la propria sicurezza esterna o interna”.

Ed essendo noto che grazie alle driverless cars la riduzione degli incidenti è stimata dal 90 % a salire, la Convenzione di Vienna coi suoi articoli starebbe proprio impedendo agli stati, di attuare leggi sull’omologazione (e successiva messa sul mercato) di veicoli che riducendo gli incidenti, salvano vite umane. Essendo la morte dei propri cittadini una questione di sicurezza interna si potrebbe aggirare gli articoli 8 e 13.

Senza emendare l’articolo 8 paragrafo 1 non è possibile l’omologazione di veicoli di LV 5. Con gli emendamenti proposti agli: articoli 8.5 e 13.1, è possibile l’omologazione dei veicoli fino al LV 4. Con la Convenzione di Vienna originale si può arrivare al LV 2.

Tesla e Waymo hanno annunciato di puntare direttamente ai veicoli a guida autonoma (LV 5) ma entrambi hanno sedi in USA, una confederazione di stati che non ha siglato la Convenzione di Vienna.

### 3.2.3 Il WP.4 ha trattato la protezione dei dati e la privacy.

Il lavoro del gruppo ha permesso di identificare le due tipologie di messaggi che i sistemi C-ITS utilizzano per comunicare tra loro. Queste sono i DecentralizedEnvironmentalNotificationMessages (DENM) e i CooperativeAwarenessMessages (CAM). I DENM servono a trasmettere informazioni inerenti alle circostanze in corso di accadimento o riscontrate, nel senso che servono a informare su un evento che sta accadendo “di inusuale”: può essere la formazione di una coda di veicoli, il riscontro di una parte di pavimentazione danneggiata, di un oggetto in mezzo alla carreggiata, di una precipitazione intensa su una determinata area ecc ... I CAM invece sono messaggi continui che ogni veicolo (non l’infrastruttura) invia per indicare la sua posizione, la sua direzione di moto, la sua velocità (informa gli altri sul suo stato). Negli Stati Uniti sono chiamati *BasicSafetyMessages* (BSM) e a loro è dedicata la banda di frequenza 5855 – 5868 MHz [ITU-R, M. 2018]. Verranno analizzate entrambe le norme tecniche che standardizzano questi due messaggi: la ETSI EN 302 637-2 V1.3.2 (inerente i CAM, capitolo 3.5.1) e la ETSI EN 302 637-3 V1.2.2 (inerente i DENM, capitolo 3.5.2).

Il gruppo di lavoro ha definito, come già anticipato nell'incipit al lavoro del C-ITS Platform, le informazioni trasmesse da questi messaggi come dati personali e come tali il consenso informato è necessario. Solo in poche situazioni può essere evitato questo passo adducendo all'interesse pubblico o alla pubblica sicurezza. I proprietari di aziende di distribuzione o che in generale possiedano flotte di veicoli, possono rivendicare il diritto al legittimo interesse per ottenere e processare i dati sulla posizione in tempo reale dei loro veicoli (senza l'autorizzazione degli autisti), al fine di ottimizzare il proprio profitto. " Si precisa che quest'ultimo passaggio è sostenuto dal WP.4 con la direttiva 95/46 EC (general data protection regulation) ma che questa è stata abrogata il 27 Aprile 2016 (il C-ITS Platform è stato pubblicato lo stesso anno) dal regolamento 679/2016. Nell'indicare le caratteristiche del consenso il WP.4 seguendo la direttiva abrogata indica che deve essere: dato spontaneamente, informato e specifico (limitato allo scopo per cui si è richiesto il consenso). Così come indicato per gli strumenti di assistenza alla guida descritti nella proposta A8-0151 del 2019 di emendamento al regolamento 858/2018: market surveillance of vehicles, anche il WP.4 indica la possibilità di spegnere i sistemi tecnologici da parte dell'utente. Piene informazioni vanno date all'utente che spegne un'applicazione tecnologica di aiuto alla guida (esempio l'AdaptiveCruiseControl), su quali conseguenze negative quest'azione comporta. La possibilità di interrompere il flusso di dati viene vista dal punto di vista legale come dare/togliere il consenso.

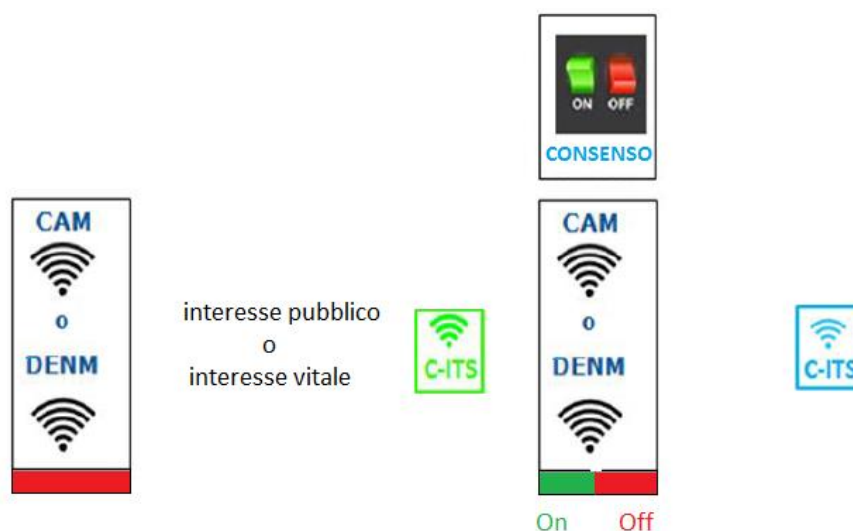


Figura 42 - Come il WP.4 interpreta il consenso fonte: C-ITS Platform 2016 (modifica grafica)

In figura sopra si vede come in caso di pubblica sicurezza o interesse vitale la comunicazione CA e DENM avviene senza passare dal guidatore che riceverà o trasmetterà i/messaggi/o automaticamente, negli altri casi può scegliere di spegnere la connessione del proprio veicolo e non ricevere-inviare più messaggi oppure di scegliere ogni volta se dare il consenso oppure no. L'icona verde o azzurra è semplicemente l'input luminoso sul volante o sullo schermo del veicolo che indica la trasmissione di CAM e/o DENM.

Il consenso potrebbe essere dato all'installazione dell'applicazione o dell'aggiornamento, e che questo conti come un contratto in essere con il produttore del servizio, in cui egli può raccogliere e gestire i dati dell'applicazione per fini inerenti al funzionamento e miglioramento del servizio stesso, con l'auspicio che i dati vengano venduti a terzi. Ciò si traduce sul divieto di lucrare su questi dati e mantenerne l'impossibilità di risalire al proprietario dei dati, a questo va aggiunta la necessità di mantenerli in luoghi sicuri (dove non possano essere accessibili, se non da personale autorizzato).

Anche il WP.4 conclude dicendo: Una dettagliata campagna d'informazione sulla consapevolezza è necessaria per informare i guidatori circa le conseguenze negative di disabilitare la trasmissione (in termini di assenza di messaggi in ingresso e decrescita della sicurezza stradale) oltre che dell'efficienza offerta sulla sicurezza della

privacy. Suggestisce come i messaggi DEN e CA siano trasformati in dati anonimi al momento della trasmissione. Sia i CAM che i DENM non vengono conservati nei veicoli.

Il gruppo ha proposto l'adozione di un codice di condotta per gli attori che avranno a che fare con i dati trasmessi all'interno del sistema C-ITS. Il codice di condotta (articolo 40 [679/2016]) ed il protocollo di condotta (articolo 42 [679/2016]) sono due elementi che il controllore dei dati personali e chi ha processato i dati personali, possono portare come sostegno legale alle azioni da loro intraprese. Nel senso che la regolamentazione [679/2016] indica come: l'aver seguito le indicazioni di un codice di condotta o di un regolamento (istituito da parte dei consumatori o degli addetti ai lavori, ed approvato dalla Autorità di supervisione) rende il controllore ed il processore, dei dati personali, in linea con la regolamentazione. Dunque non passibili, di infrazione alla privacy dei soggetti proprietari dei dati.

In Germania la propensione alla digitalizzazione dell'infrastruttura, ha fatto sì che in seno al ministero classico dei trasporti vi sia anche la parte inerente le Smart Road. Il dicastero è infatti denominato: ministero federale del trasporto e dell'infrastruttura digitale.

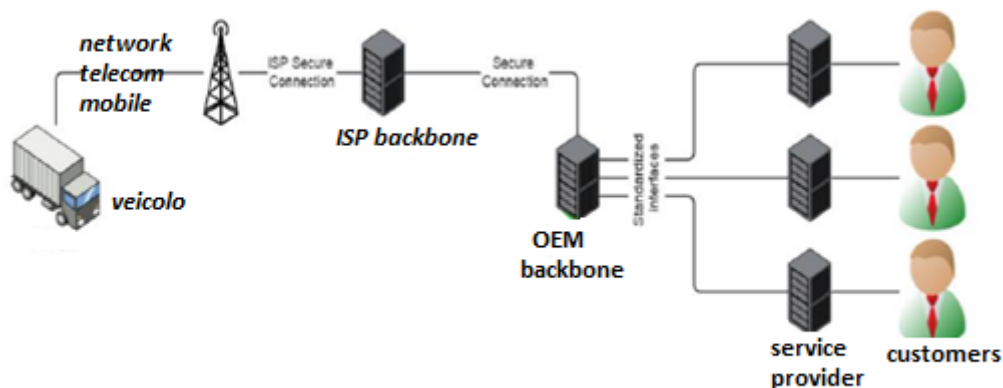
#### 3.2.4 Il WP.5 ha trattato il tema, sicurezza e certificazioni.

Il gruppo sostiene che deve essere messo in campo un modello unico di certificazione a livello europeo. Deve essere definito l'organo che abbia competenza in merito all'implementazione ed aggiornamento delle misure di sicurezza (inerenti la connessione e la trasmissione). Vadano definiti gli algoritmi crittografici da utilizzare. Ad esempio la crittografia simmetrica (significa che serve l'accreditamento delle credenziali di ambo gli operatori che stanno trasmettendo) può essere sfruttata per evitare l'attacco informatico definito come Uomo nel mezzo. Questa tipologia di intrusione sta ad indicare un terzo operatore che si è inserito nella comunicazione ed acquisendo i messaggi di uno, ritrasmette all'altro un proprio messaggio e non quello originale. Può essere dunque sfruttato per la semplice intercettazione di messaggi (che però in questo ambito trattandosi di CAM e DENM ha poco significato) oppure per l'invio di un malware attraverso il messaggio (falsificato). In realtà quando analizzeremo le norme ETSI EN si vedrà come sia CAM che DENM portano con loro una chiave ed una autorizzazione. Perciò "l'uomo nel mezzo" non può semplicemente impedire che arrivi il vero messaggio e mandare il suo falso, dato che non possiede la certificazione all'invio (dell'altro utente, ne avrà una sua che però identifica che è stato lui a trasmettere il messaggio) dovrebbe riprogrammare il messaggio intercettato. Questa operazione (di riprogrammazione) pensiamo sia possibile per i DENM perché anche se per intercettare il messaggio, riprogrammarlo e re inviarlo, vi è un tempo maggiore di quello dell'invio diretto tra un utente e l'altro, comunque il sistema del ricevente non può calcolare per ogni veicolo che lo circonda l'ultima posizione nota, e valutare se ha impiegato più tempo del previsto per l'invio. Richiederebbe una quantità di memoria di calcolo e per l'immagazzinamento, che verrebbe sfruttata solo per il caso di intrusione, che per alcuni veicoli non avverrà mai nella loro vita utile. Nel caso dei CAM dipenderà se l'intervallo di invio verrà ridotto oppure se rimarrà inalterato, al momento il periodo di ripetizione varia tra 0,1 e 1 secondo quindi "l'uomo in mezzo" potrebbe riuscire a re inviare in questo intervallo. Se la forbice temporale si riducesse allora il sistema ricevente potrebbe accorgersi di un ritardo anomalo nella frequenza dei messaggi ricevuti da un veicolo. A questo punto potrebbe decidere di non considerare valido quel messaggio ed eliminarlo. Comunque il fatto stesso che il messaggio CA viene trasmesso ad una certa frequenza aiuta il sistema ricevente a discernere i messaggi non attendibili, mentre per i DENM di cui non si conosce a priori quando arrivano (dato che dipende dall'incontro di un veicolo con una situazione non ordinaria), viene a mancare questo sostegno (per il sistema ricevente). Ulteriori tecniche di intrusione e corrispettive difese informatiche verranno trattate nel capitolo 5.4 sugli attacchi hacker.

### 3.2.5 Il WP.6 ha trattato il tema dell'accesso ai dati del veicolo.

OnBoardDiagnostic. Adesso OBD II standard (1990s) è una porta d'accesso ai dati del veicolo ed è sfruttata dai riparatori nel servizio di diagnostica per vedere lo stato del mezzo. La porta OBD fu originalmente pensata per accedere alla registrazione delle emissioni. I veicoli di ultima generazione impediscono un accesso universale tramite la porta OBD II, si può accedere solamente a certi dati per evitare che sia un viatico d'ingresso per azioni illegittime.

FleetManagementSystem. E'lo standard per l'accesso ai dati elettronici contenuti nel ControllerArea Network (CAN). E'la sola interfaccia sicura per la trasmissione dei dati tra un dispositivo esterno e la CAN per quello che riguarda i camion. On Board platform, dove vengono installate le app, si occupa di avviare queste applicazioni una volta che gli utenti del veicolo le hanno attivate tramite l'HMI (human machine interface). L'HMI è la parte fisica con cui la persona è in contatto, e con cui può interagire con il veicolo: attivando applicazioni, installando aggiornamenti, dando il consenso, riprendendo il controllo del veicolo (se ne parlerà per tutta la trattazione inerente i veicoli automatizzati, essendo una manovra critica ma fondamentale), controllando le informazioni provenienti dai servizi inerenti i C-ITS. Dovrebbe avere nelle sue memorie diverse lingue di comunicazione. Altrimenti si avrebbero difficoltà con il noleggio di veicoli all'estero. Comprendere i messaggi è importante e non sempre basta l'aspetto grafico (pittogrammi e numeri) per capirne il significato. In Vehicle Interface, consente la connessione del veicolo con i dispositivi esterni: smartphone, tablet ecc... DataServerPlatform, server esterno dove si trasferiscono le informazioni inerenti il veicolo. Quei dati che si è citato inerenti l'utilizzo da parte del produttore o fornitore. Ovviamente è la soluzione preferita dalle case automobilistiche (che parlano di estendere anche molti software all'esterno, senza avere un'installazione completa sul veicolo, così che tutti i dati siano già a loro disposizione). Gli altri partecipanti al gruppo optano per un server esterno gestito da terzi, oppure lo sfruttamento dell'On Board platform anche per l'immagazzinamento dei dati inerenti il veicolo.



**attraverso il server dell'Extended vehicle i dati saranno trasferiti, tramite il network di telefonia mobile, dal veicolo al server del produttore (OEM backbone)**

Figura 43 - Visione della gestione dati per i produttori fonte: C-ITS Gennaio 2016

Controllare i dati tramite server di proprietà fornisce ai produttori un vantaggio nei confronti dei competitors su campi quali: la diagnostica, le riparazioni, la manutenzione ed i servizi d'informazione. L'idea del server condiviso è che solo alcune informazioni siano in dotazione al produttore, ma che ve ne siano altre gestite da un provider neutro. Deciso da un consorzio che rappresenti tutti gli attori partecipanti.





Figura 44 - Rappresentazione del server condiviso secondo la federazione internazionale dell'automobilismo (tradotta)

In questo modo i dati sotto il controllo del server neutro sono accessibili agli operatori allo stesso modo (senza percorsi preferenziali per il produttore del veicolo). Significa che nella figura 43 dopo i server provider del produttore non vi sono più i clienti a cui esso rivende le informazioni, ma vi saranno: manutentori, officine di riparazione, fornitori di servizi d'informazione, assicuratori, istituti di ricerca ecc...

FiatChryslerAutomobile ha proposto l'idea del On Board platform, ma come fase finale di un percorso a quattro stadi in cui i primi tre impiegano circa 15 anni (partendo dal 2015 si arriverebbe al 2030 per avere le informazioni contenute nei sistemi del veicolo). Rimarrebbe dunque il problema fino al 2030.

Il WP.6 si sofferma sull'esigenza (comune al progetto stesso degli C-ITS) di standardizzare, l'On Board platform e l'In Vehicle Interface. L'HMI essendo parte del design del veicolo pensiamo (ma probabilmente anche per il WP.4 visto che non lo ha citato insieme agli altri due) debba rimanere fonte per: la creatività, la praticità e l'efficacia, che ogni centro di ricerca e sviluppo deve interpretare quando è chiamato a progettare un nuovo veicolo.

### 3.2.6 Il WP.6 ha analizzato il Decentralised Congestion Control (DCC).

Questo gruppo di lavoro si sofferma ad analizzare gli aspetti prettamente tecnici. Nei sistemi C-ITS non c'è un centro di coordinamento infatti tutti i partecipanti sono sullo stesso livello (la definizione tecnica per questa tipologia è peer to peer "peer=pari") e condividono lo stesso canale wireless (si è detto di come il modello prescelto l'ETSI ITS-G5 sfrutta la tecnologia Wi-fi11p). Una volta che è stato "riempito", non c'è la deviazione di parte del flusso di dati su di un altro canale. Per evitare che gli accessi simultanei (nelle zone densamente abitate o una volta che vi saranno numerosi veicoli connessi) saturino il canale di telecomunicazione, è necessario un DCC. Sicuramente lo sarà quando la comunicazione non riguarderà solo CAM e DENM ma anche SPATEM, MAPEM, IVI (ETSI TS 103 301, che affronteremo nei paragrafi da 3.5.3 a 3.5.6). All'interno del modello IEEE802.11p è al momento implementato un MAC (Medium Access Control) che serve a verificare se il canale di trasmissione è libero, ed in quel caso procede con l'invio del pacchetto di informazioni, in caso contrario per evitare una "collision in the air" dei pacchetti di dati, attende qualche ms. Essendo però uno strumento trapiantato da altri ambienti, come gli uffici o le abitazioni, dove il numero di accessi contemporanei è limitato, si sta pensando ad uno apposito per gli C-ITS.

Il Channel Busy Ratio (CBR) valuta quanto il canale di comunicazione è occupato tramite il rapporto  $T_{busy} / T_{cbr}$  con  $T_{cbr} = 100$  ms e  $T_{busy}$ : periodo di tempo per cui sui 100 ms indagati la forza del segnale eccede i -

85 dB. Crescendo il valore del CBR, i veicoli potranno inviare pacchetti con una qualità minore (tecnica DCC, detta transmit power control) oppure distanziare le informazioni con un intervallo maggiore (tecnica DCC, detta transmit rate control). Per valori del CBR < 30 % l'invio dei pacchetti è a 10 Hz (ogni 100 ms) quando il CBR supera il 60 % si scende a 2.5 Hz (invio ogni 500 ms). La possibilità è prevista per i CAM, per quanto riguarda i DENM associati ai servizi day 1 non si deve ridurre la frequenza di invio (sono messaggi che avvisano dei pericoli imminenti). Un'altra strategia è quella di inviare i pacchetti il più velocemente possibile così da tenere il passaggio impegnato il minor tempo possibile (è la tecnica transmit data rate control). L'analogia con una tratta ferroviaria, delle tre possibilità, è: l'invio di meno convogli, l'invio di convogli più piccoli o l'invio di convogli più veloci. Se per le prime due ipotesi si assiste ad una perdita di quantità trasportata nella terza no, però servono dotazioni tecnologiche più avanzate (e quindi più costose). Nell'ipotesi ferroviaria aumentare la velocità comporta: maggiori sollecitazioni sull'infrastruttura (manutenzione più frequente e necessità di rotaie più resistenti) e minore aderenza. Ulteriori alternative sono la costituzione di multicanali oppure di prioritizzare l'accesso. Con questo secondo modo alcune informazioni, come l'avviso di una possibile collisione avrebbero una priorità maggiore, altre come le condizioni meteo ne avrebbero una minore. Queste diventeranno realtà quando i messaggi trasmessi saranno molti di più: numero maggiore di veicoli, trasmissioni di altre tipologie di messaggi oltre i CAM e DENM attuali e dotazione di dispositivi per l'invio di CAM anche agli utenti deboli della strada.

#### *3.2.6.1. Il WP.6 ha analizzato il campo delle comunicazioni.*

Sono state prescelte le bande: 5855-5875 MHz & 5905-5925 MHz per i C-ITS. 5795-5805 MHz per i trasporti ed il traffico telematico (TTT), ad esempio i sistemi di pagamento (tolling) come il Telepass.

- A seguito di queste decisioni alcuni segnali potrebbero essere riassegnati. Come è successo per l'installazione del 5G (comunicazione cellulare) in Italia, in cui le bande di frequenza precedentemente assegnate ai canali televisivi sono state riassegnate dal ministero, e di conseguenza dovranno traslare (verso una posizione libera). Nuova banda di trasmissione del segnale, significa l'acquisto di un nuovo decoder per i televisori più datati. Il calendario della transizione dal vecchio al nuovo digitale è stato emanato dal MISE (ministero dello sviluppo economico): Dal 1° settembre 2021 al 31 dicembre 2021: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna e le province di Trento e di Bolzano. Dal 1° gennaio 2022 al 31 marzo 2022: Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Campania e Sardegna. Dal 1° aprile 2022 al 31 giugno 2022: Sicilia, Calabria, Puglia, Basilicata, Abruzzo, Molise e Marche [<https://www.altroconsumo.it/hi-tech/televisori/news/nuovo-standard-tv>].

La comunicazione ibrida tra tecnologia a corto raggio (IEEE802.11p) e a lungo raggio (3G (UMTS), 4G(LTE) e prossimamente 5G è possibile e sarà necessaria in caso di sviluppo poderoso dei veicoli connessi (come numero o come quantità di servizi applicati loro). E' necessario superare i problemi connessi al roaming dei dati, per agevolare quell'interoperabilità vitale per il successo dei sistemi C-ITS a livello europeo.

#### *3.2.8 Il WP.8 ha trattato il tema dell'accettazione*

Promuovere gli effetti positivi, scoraggiando la diffusione di bugie e cercando di superare gli ostacoli ancora presenti, così deve muoversi la comunità europea per incentivare gli C-ITS. Gli effetti positivi enunciati dal gruppo di lavoro sono stati: la riduzione dell'inquinamento ed il miglior sfruttamento dell'infrastruttura (già trattati tramite il WP.1), una miglior gestione degli incidenti. Con il significato che tramite l'hazardous notifications (day 1) è possibile rallentare e non colpire un veicolo incidentato, dando il là ad un effetto a catena; tramite l'eventuale Traffic information & Smart route (day 1.5) si eviti di far arrivare altri veicoli alla zona dell'incidente, ridistribuendoli negli archi stradali limitrofi; che tramite l'Emergency Brake il veicolo già sul luogo dell'incidente eviti di colpire icveolicincidentati; altro effetto positivo la riduzione degli incidenti

tramite l'Intersection safety, l'Emergency brake light, l'hazardous notifications ed il Weather conditions (tutti servizi day 1). Gli aspetti negativi sono relativi: alla preoccupazione per l'utilizzo dei propri dati personali, al timore per i ciber attacchi, all'incremento della distrazione nel guidatore per l'eccessiva fiducia riposta nei servizi tecnologici, all'incremento del traffico e di conseguenza del consumo energetico (che sembrerebbe paradossale essendo presente nei benefici) nel caso la popolarità dei veicoli connessi sia tale che inizi a spostarsi in auto anche chi (prima) non lo faceva. Il BCG Amsterdam e il Danish Road Directorate nel 2015, hanno previsto un incremento del 15% del traffico con l'evoluzione tecnologica. Viene infine visto come un effetto negativo il fatto che, fino ad un basso numero di veicoli connessi gli effetti positivi siano minori (cioè il fatto che riduca un effetto positivo è visto come un effetto negativo). Si era osservato nel grafico 4 il fatto che per diversi anni dall'entrata in circolazione dei primi veicoli connessi il beneficio restava al di sotto del valore zero.

Anche se sappiamo che le polveri sottili che inaliamo riducono la nostra aspettativa di vita e che evitare di fare incidenti è un risparmio sia come premio assicurativo da versare, che in riparazioni da fare, fino nel caso più grave a spese legali e lungaggini giudiziarie da sopportare, oltre che all'inimmaginabile (quando saliamo in auto) di piangere un caro deceduto a seguito di un incidente. Noi crediamo che essendo l'ambiente (riduzione dell'inquinamento) e la possibilità di fare meno incidenti due parametri non così facilmente quantificabili al momento dell'acquisto di un'auto, è necessario che il prezzo del veicolo non sia esageratamente al di sopra di un veicolo normale. Altrimenti si potrebbe incorrere in una scarsa domanda.

Il WP.8 ha evidenziato che i guidatori dovranno essere tranquillizzati sul fatto che le loro azioni non verranno usate contro di loro. Violazioni al codice della strada e tracciamento del veicolo che fossero riscontrati dalla tecnologia, e trasmessi a forze dell'ordine ed assicuratori, inquietarono gli intervistati del gruppo 8. In realtà in questi casi l'interesse pubblico potrebbe prevaricare il diritto alla privacy del conducente. Un effetto di cui si dovrebbe beneficiare con gli C-ITS è la riduzione degli incidenti quindi, che i guidatori di veicoli connessi possano violare il codice della strada e rimanere impuniti, non è troppo consolante. Per le assicurazioni dovrebbe essere il conducente a scegliere se inviargli i dati oppure no (ad esempio sulle velocità mantenute ed il rispetto dei segnali), in cambio di una riduzione del corrispettivo in denaro da versare all'assicuratore ogni anno. Aspetti trattati in dettaglio nel capitolo dedicato.

Il gruppo di lavoro indica come potrebbe essere necessario scegliere a livello internazionale quali servizi rendere obbligatori (come è stato per la e-call "uno di quegli strumenti descritti nella proposta [59]), magari (aggiungiamo noi) dopo un periodo di servizio dei veicoli connessi ed un'analisi su quali servizi sono stati maggiormente apprezzati dai guidatori, o che hanno maggiormente aiutato a raggiungere i benefici descritti poc'anzi.

### 3.2.8 Il WP.9 ha trattato i problemi di implementazione

Uno dei problemi principali è che servono anni prima che si abbia un ritorno degli investimenti fatti: nella ricerca, nello sviluppo, nella sperimentazione, nell'adeguamento dell'infrastruttura e nella campagna di pubblicizzazione. Un altro è la necessità di un buon tasso di penetrazione nel mercato affinché i servizi funzionino anche se il gruppo di lavoro sostiene che possano bastare in percentuali basse per indurre un cambiamento positivo negli altri utenti. Vi è il problema di rendere questi veicoli interoperabili tra gli stati membri dell'Unione europea e sicuri dalle intrusioni informatiche.

In [60] è riportato un tasso di penetrazione del 10 % di veicoli automatizzati all'interno del flusso di traffico, come soglia oltre la quale dovrebbero iniziare ad aver luogo effetti positivi (seppur blandi) di fluidificazione del traffico. Tra il 50 % ed il 75 % l'effetto di agevolazione del flusso di traffico, tramite soprattutto una velocità omogenea ottimale impostata dai veicoli automatizzati, sarà consistente.

Il WP.9 pone in luce anche lo scenario opposto a quello della bassa penetrazione dei veicoli connessi, sostenendo che per tassi del 80-90 % gli utenti deboli confidando che tutti i veicoli sono tecnologicamente avanzati, agiranno in modo più temerario. Ponendo in serio rischio la loro incolumità. Pongono l'esempio dei motociclisti che ipotizzando come tutti i veicoli siano in grado di ricevere i loro CAM ed DENM e quindi di individuarli, smetteranno di preoccuparsi di essere visti dagli automobilisti e permarranno anche nei loro punti ciechi. Il gruppo di lavoro non ha evidenziato problemi di coesistenza tra veicoli connessi e veicoli comuni. Così come tra aree urbane e non, dato che sostengono, la maggior parte dei servizi-applicazioni non sono specifici per una delle due aree, ma funzionano in equivocamente.

All'interno del team di lavoro sono state poi lanciate delle domande a cui porre attenzioni, tra le quali si riportano:

- per quali applicazioni-servizi dovrebbe essere previsto un training?
- come dovrebbero essere fatti questi training?
- sarà necessario implementare parti ausiliari all'esame per la licenza di guida?

Ne è uscito che oltre al training (che dovrebbe essere obbligatorio per i guidatori professionisti) è importante una profonda campagna di consapevolezza sociale, atta a promuoverne i benefici ed evitare che vengano trasmesse notizie non veritiere o che le potenzialità delle tecnologie vengano sovrastimate. Aggiungono, e noi sottoscriviamo, che per parlare alla gente comune, a cui questi sistemi saranno rivolti, è necessario semplificare il linguaggio. Al momento attorniato da innumerevoli tecnicismi, acronimi ed imprecisioni linguistiche. Queste imprecisioni si ritroveranno amplificate, nella trattazione dei veicoli a guida autonoma e automatizzati, da parte dell'opinione pubblica (e in parte anche dei vari autori che hanno trattato questi argomenti). Noi ci sentiamo di aggiungere due ulteriori questioni: questi addestramenti dovranno essere scelti dai singoli stati membri oppure armonizzare la normativa a livello comunitario? E chi si occupa di eseguire questi corsi e di controllarne lo svolgimento (ed il superamento, se presente una prova finale)?

### 3.2.9 Il WP.10 ha trattato il tema della cooperazione internazionale

Seppur l'Europa è ancora leader nell'ambito degli C-ITS, Giappone e U.S. stanno progredendo più rapidamente. Australia, Canada e Sud Corea stanno cooperando con alcuni degli stati membri, per raggiungere standard comuni su di alcune: applicazioni e specifiche tecniche. A proposito delle specifiche tecniche, il WP.10 auspica una standardizzazione comune tra gli organi che se ne occupano negli Stati Uniti (SAE), in Europa (CEN/ISO) ed (ETSI).

Il gruppo sottolinea come in Europa vi siano diversi stati che attendono di puntare sul "cavallo vincente". Riteniamo che aspettare che altri sviluppino e brevettino applicazioni vincenti, si ripercuota negativamente su chi arriva dopo: che è costretto ad utilizzare servizi progettati, gestiti e di cui le riparazioni sono in capo ad altri; e quindi con necessità di pagare, e d'essere dipendente da un altro stato. Come vedremo nel capitolo 3.10 inerenti allo stato dei progetti C-ITS nell'Unione, e come abbiamo già constatato dall'esecuzione dei test per i veicoli automatizzati ed autonomi (2.8 e 2.9), l'Italia ed il Canada sono gli unici stati del G8 a non essere presenti in nessuno delle due. A proposito dell'Italia, abbiamo calcolato che: tra le 298 persone partecipanti ai 10 gruppi del Platform C-ITS, solamente 3 erano italiane. Completando l'analisi, abbiamo osservato che erano: uno di ACEA (gruppo europeo dei costruttori di auto), una di FCA (casa automobilistica) e il terzo di SWARP. Di 298 persone riunite a discutere per anni del futuro dei trasporti cooperativi in Europa, non vi era nessuno appartenente alle istituzioni nazionali italiane. Nel conto delle 298 persone non abbiamo inserito gli appartenenti alle varie commissioni del Parlamento Europeo, ma solo le persone provenienti da istituzioni, associazioni, istituti di ricerca ed imprese.

Nell'agenda stillata, all'interno della [61], ritroviamo molti punti in comune con i WP. Tra gli otto punti dell'agenda infatti vi sono: b) uso dei dati: una chiarificazione è necessaria circa la responsabilità, per l'uso pubblico e privato delle parti coinvolte; c) garantire la privacy e la protezione dei dati; e) security; f) pubblica consapevolezza ed accettazione; g) definizioni comuni tra gli stati; f) cooperazione internazionale.

Avere degli standard comuni permette di avere un enorme caso studio, con la possibilità di reperire numerosissimi dati. Uno sviluppo positivo si ripercuote su tutti e anche gli sviluppatori devono concentrare le loro risorse (che non sono infinite) su uno schema generale comune ai vari stati.

### 3.3 C-ITS Platform phase II (2016-2017)

Anche in questo secondo report sono presenti dei gruppi di lavoro (Working Group).

#### 3.3.1 Il WG sicurezza

Si è prodigato nell'intenzione di promulgare due documenti. Il Certificate policy: per giungere ad un livello comune di sicurezza in Europa, ed il Security policy: che definisca in modo chiaro, chi e con quali ruoli si occupi della sicurezza inerente i C-ITS in Europa. Temi trattati nel capitolo 3.4

Lo schema della struttura certificativa inerente i C-ITS è illustrata nel [63] (che è un prodotto redatto all'interno del [53]), ed è così composta: vi è il C-ITS Governing Body che definisce i requisiti, operazionali e di sicurezza delle C-ITS station. Il C-ITS Supervision Body che si occupa della ricerca dei problemi sia in fase di sviluppo che in quella operativa; e quando ne riscontra li comunica al C-ITS Governing Body che procede alla loro risoluzione. Metodo di risoluzione le cui regole e procedure sono scritte dal Governing body stesso insieme al Compliance Assessment Body. Quest'ultimo si occupa di mantenere la lista delle C-ITS stations approvate. Per C-ITS station si intende le unità di sistema installate nei veicoli (V C-ITSstation) e nelle RSU (R C-ITSstation). Il road operator decide se le RSUs re inviano i messaggi ricevuti dai veicoli oppure se, prima di questo passaggio, li trasmettono al TrafficMangementCenter (TMC) per una validazione dei dati (possibile grazie alla visione globale che ha il centro).

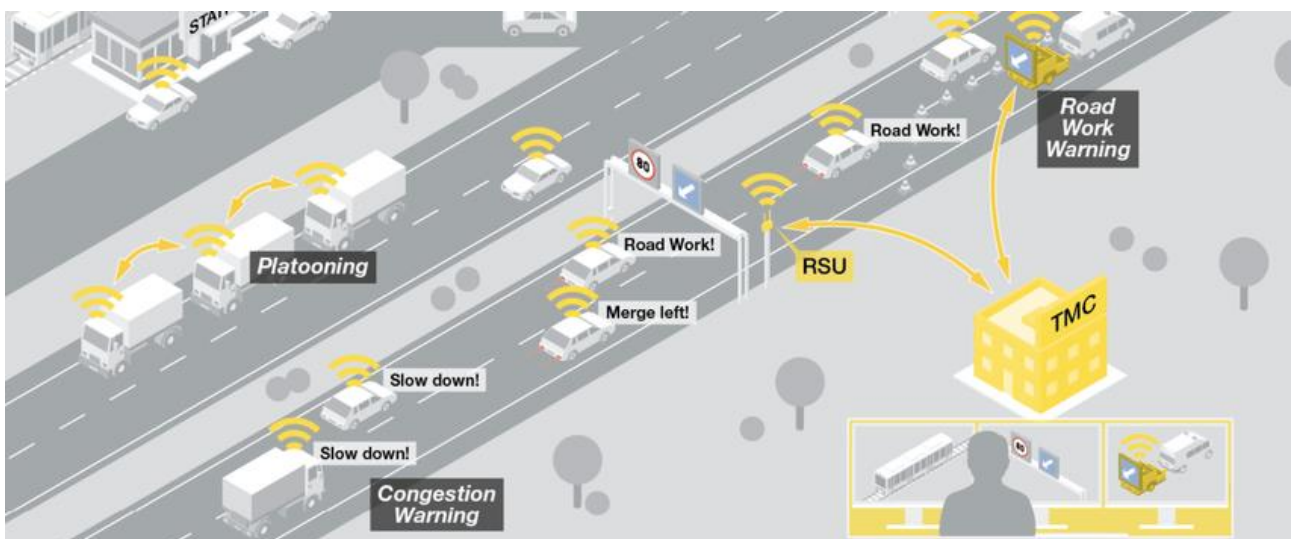


Figura 45 - Esempio di funzionamento fonte: WP.4 del C-ITS Platform

In figura 45, il veicolo del soccorso stradale invia CAM ai veicoli in arrivo e un DENM al TrafficMangementCenter (TMC). Esso ritrasmette questo DENM alle RoadSideUnits che lo condividono con i veicoli che transitano nella loro area d'influenza. E' presente anche il grillar stradale che indica sia il limite di

velocità, sia il doversi spostare sull'altra corsia (in questo modo è visibile anche ai veicoli sprovvisti di C-ITS station). I veicoli che hanno ricevuto il messaggio dall'infrastruttura di spostarsi sull'altra corsia a causa dei lavori in corso, comunicano con i veicoli (che hanno la tecnologia per riceverli) che lo seguono di diminuire la loro velocità. Nell'altro senso di marcia non sono interessati dalla chiusura della corsia dunque non gli viene trasmesso il messaggio. Riagganciandoci a questo ultimo passaggio, è importante che un messaggio di pericolo inerente una collisione non venga segnalato ai veicoli che non ne verranno interessati (figura 46):

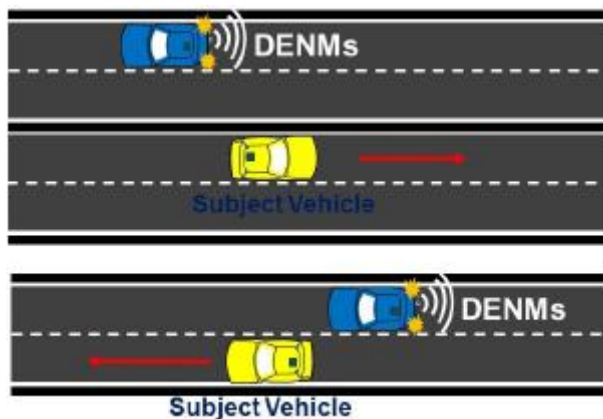


Figura 46 - Veicoli a cui non deve essere trasmesso il messaggio di avvertimento

Mentre bisogna evitare che non venga inviato ad un veicolo, che avrebbe dovuto riceverlo perché, sulla traiettoria (figura 47):



Figura 47 - veicolo a cui deve essere trasmesso il messaggio, di pericolo davanti. Diagramma di avvicinamento

per comprendere cosa cambia e quali meccanismi si attivano, durante il rischio di collisione, esaminiamo la figura 48.



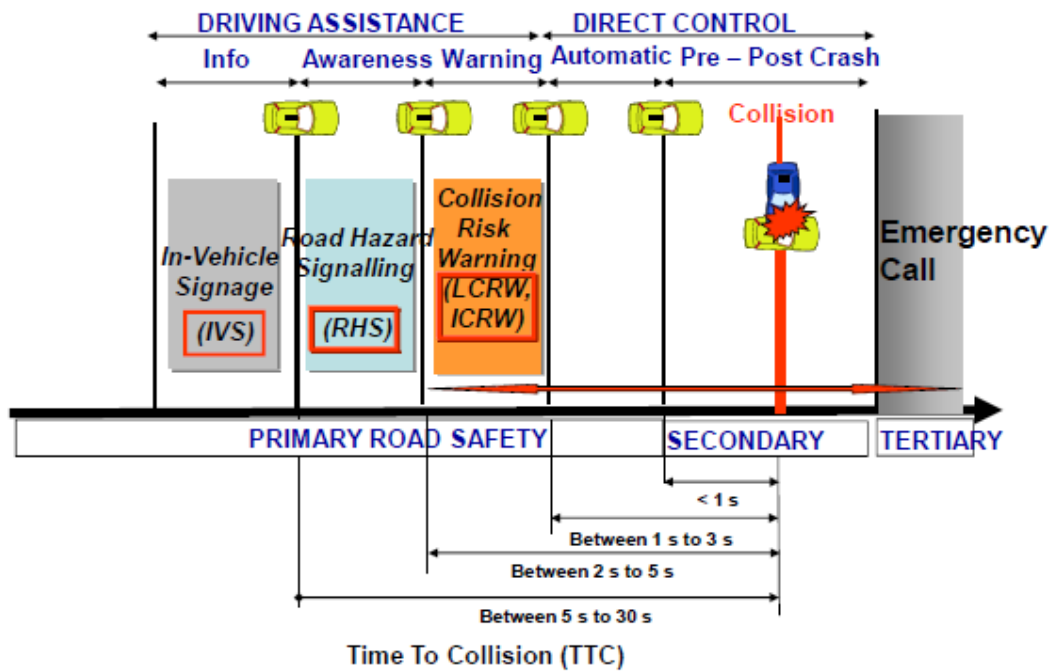


Figura 48 - Fasi precedenti la collisione fonte: ETSI TS 101 539-1 v.1.1.1

Il periodo definito assistenza alla guida è composto dalle fasi: di informazione, di consapevolezza e di avvertimento. La prima fase possiamo considerarla la normalità, il guidatore conduce il suo mezzo tranquillamente e riceve sulla HMI i servizi di cui dispone. Quando tramite la rete di messaggi cooperativi giunge al veicolo un DENM inerente ad un oggetto pericoloso sulla corsia, il guidatore deve iniziare a prestare una maggiore attenzione e magari iniziare a rallentare. La terza fase indica che il sistema ha valutato che si è giunti in prossimità dell'oggetto (decisione che spetta in toto all'elaborazione del veicolo ricevente, tenendo conto della distanza dall'oggetto e della propria velocità). Successivamente il sistema smette di segnalare l'oggetto e si attiva il LongitudianlCollisionRoad Warning (o IntersectionCollision RoadWarning in caso la collisione è destinata ad avvenire in un incrocio). Da questo momento vi è il passaggio del sistema da assistere il guidatore con informazioni prima ed avvertimento dopo a sostituirlo per i pochi secondi che precedono la collisione. Sono momenti in cui il veicolo attiva l'Emergency brake e varia la direzione per poter ottimizzare l'inclinazione dell'urto.

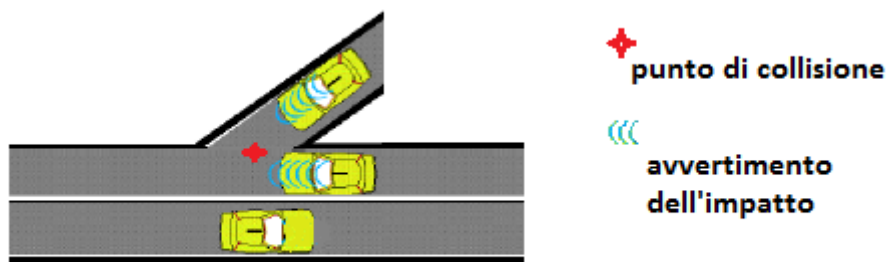


Figura 49 - Veicoli che stanno per andare incontro ad un incidente fonte: ETSI TR 102 638-1

Normalmente la cooperazione tra veicoli impedisce di trovarsi a un punto in cui l'impatto è inevitabile. Resta comunque probabile la possibilità d'impatto se solo uno dei veicoli è dotato di C-ITS.

Dopo l'urto si attiva la chiamata di emergenza, paragrafo 3.6.2

Nella figura 47, vi sono indicati due coordinate temporali di avvicinamento: 10 e 3 secondi. Questo fatto dipende dalla fonte, infatti la figura 48 è presa dalla ETSI TS mentre il riferimento ai secondi deriva dalla seguente immagine.

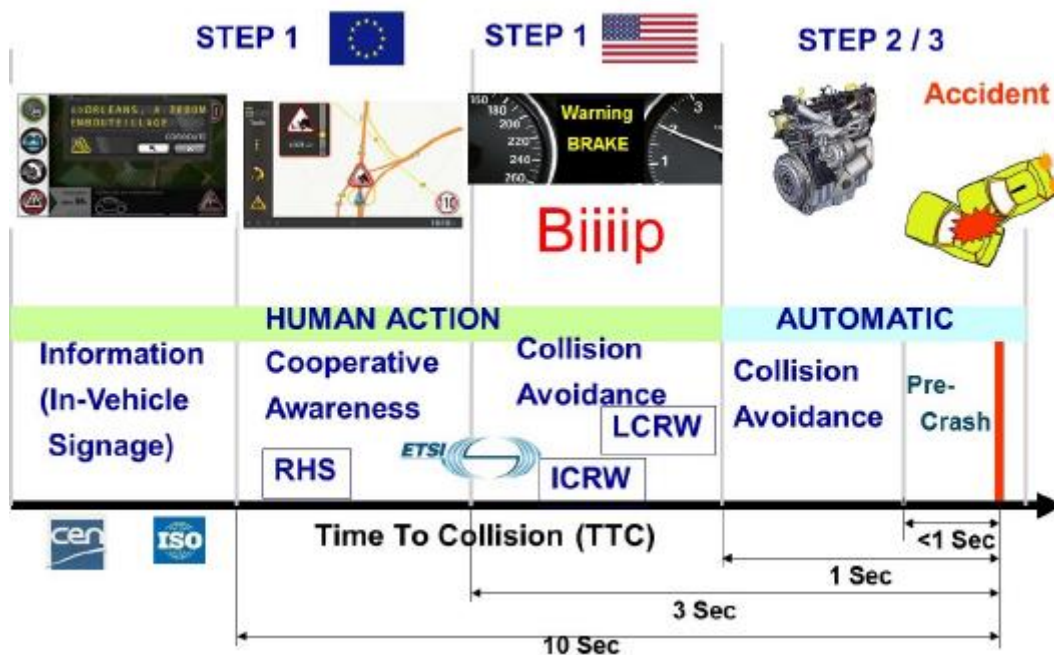


Figura 50 - Fasi precedenti la collisione fonte: Annex I compliance assessment

E' chiaro che si è scelto 10 secondi dal possibile contatto, come passaggio dalla fase di informazione a quella di consapevolezza; e 3 secondi da quella di consapevolezza a quella di avvertimento (secondo la ETSI: European Telecommunications Standardisation Institute) o di evitare la collisione seguendo il [63].

Finiamo la panoramica dell'[63], con alcune delucidazioni sulle C-ITS stations. Devono essere in grado di segnalare le violazioni al codice della strada di un veicolo e comunicarle alle RSUs più prossime alle intersezioni (che il veicolo "sanzionato" potrebbe raggiungere), o direttamente ai veicoli prossimi all'intersezione se la copertura è sufficiente (a raggiungerli). Avendo una vita utile superiore ai dieci anni, tali sistemi, è necessario che siano in grado di aggiornarsi per migliorare prestazioni e funzionalità offerte, o per correggere eventuali errori-mancanze. L'evoluzione del software è importante, non è pensabile non riuscire ad aggiornarle adeguandole a nuovi standard (se questo non fosse possibile diverrebbero non più a norma e quindi occorrerebbe disattivarle). E' importante che durante l'aggiornamento: per le V C-ITS station non serva portare il veicolo in qualche centro specializzato molto distante e/o molto costoso, mentre per le R C-ITS station che mantengano un livello minimo di funzionalità. Basta che ricevano ed elaborano il 10 % circa dei messaggi trasmessi dai veicoli connessi al fine di avere una visione globale del traffico. Inoltre per le R C-ITS station: l'aggiornamento dovrebbe avvenire dal TCM (è quindi da limitare la riconfigurazione sul posto), e la precedente versione dovrebbe rimanere funzionante per un periodo "ibrido" (nel senso che sono contemporaneamente presenti la versione vecchia e quella nuova) in modo da interagire coi veicoli che non hanno ancora aggiornato la loro V C-ITS station. V C-ITS station che devono essere in grado di ricevere e processare 1000 messaggi al secondo: essendo che i CAM vengono trasmessi con una frequenza di 10 Hz cioè uno ogni 100ms, dunque 10 al secondo, quel numero significa 100 veicoli contemporaneamente connessi (senza infrastruttura ed altri dispositivi ad inviare messaggi). Per ridurre l'area in cui trasmettere i messaggi serve ridurre la potenza di trasmissione tramite un DCC (WP.6), strumento utilizzato anche per ridurre la frequenza di invio dei messaggi non critici (se ne discuterà brevemente tra 7 pagine).

Proseguendo l'analisi del [53], il WG protezione dei dati e privacy continua il lavoro svolto nel WP.4 del [54] e annuncia la necessità di eseguire una valutazione della sicurezza dei dati dalla fase di progetto. Non bisogna intenderla come un settore indipendente dagli altri, da aggiungere durante l'assemblaggio o in postproduzione. È la concezione della privacy to design.

### 3.3.2 Il WG per lo sviluppo degli C-ITS in area urbana

“Comparare la distinzione nonostante il WP.9 aveva commentato come non vi fosse distinzioni tra area urbana e non”. Elenca le barriere presenti nei confronti dell'introduzione dei sistemi connessi:

il contesto politico: frequenti elezioni e cambi di governo impongono ai politici di concentrarsi su soluzioni realizzabili nel breve periodo e non in quelle ad ampio respiro come lo sono i progetti infrastrutturali (basti pensare che durante la Repubblica Italiana, solamente il secondo governo Berlusconi è rimasto in carica per quasi quattro anni su una durata nominale di cinque anni. La difficoltà di chiudere decorosamente i bilanci impone tagli ai servizi di cui i trasporti fanno parte. D'altro canto la mobilità è usualmente in competizione con istruzione, sanità e ricerca per l'assegnazione dei fondi pubblici di cui necessitano. Il problema è trasversale anche ai veicoli a guida automatizzata e autonoma, dacché la pianificazione del loro ingresso nelle strade impiega un intervallo temporale di 10-30 anni.

La pluralità di attori: nelle aree urbane non vi è un unico operatore, ed essendovene diversi riuscire a completare un progetto di cooperazione risulta complicato e lungo. Si è visto con il grafico 4 che installando solo alcuni servizi i benefici sono ridotti, e si è ripetuto più volte che solo un'ampia penetrazione di veicoli connessi servirà davvero a raggiungere gli obiettivi prefissati. In termini di riduzione degli incidenti, della congestione e dell'inquinamento (atmosferaico ma in parte anche sonoro evitando la formazione di code e di assembramenti).

Questi due aspetti (diversità di interessi e visione politica) possono essere legati se si considera che gli operatori non sono incentivati a spostarsi sull'adozione di veicoli connessi per la loro flotta fino a che il gestore dell'infrastruttura non annuncia un piano di investimenti concreto sui C-ITS. Per avviare questi piani ad ampio raggio è necessario l'aiuto pubblico altrimenti essendo i vantaggi inferiori ai costi, il gestore non è stimolato ad agire. Le istituzioni invece possono considerare nelle loro azioni anche il contributo economico e non solo quello finanziario. Ovvero possono incasellare nelle loro valutazioni, i benefici: diretti per gli utenti della strada ed indiretti per la società.

I venditori di servizi. Su questo punto rientra un po' la questione sollevata dal WP.10 circa il “cavallo vincente” e la nostra osservazione sul fatto che dovendo acquistare un pacchetto confezionato da altri si è costretti ad usufruirne in maniera “black box”. Infatti il WG ammette come una volta acquistata la tecnologia, l'autorità pubblica (in realtà per il discorso in sé, anche una società privata o a partecipazione statale è nella medesima situazione) vi è vincolata a lungo termine per i servizi di riparazione ed assistenza. Non avendo le conoscenze per poter operare autonomamente queste operazioni, nè avendo la possibilità di affidarle ad una azienda terza perché le conoscenze sono mantenute dalla azienda produttrice-installatrice. Vi è ovviamente la possibilità di cambiare produttore ma potrebbe significare una sostituzione completa ad esempio delle RSUs e dei centri di gestione traffico locali, già installati. Senza la sicurezza di aver risolto il problema originario. A fronte di questo problema vediamo all'orizzonte prospettarsene un secondo, se infatti l'autorità pubblica (continuiamo a chiamarla come nel testo) decidesse per una seconda tranche di investimenti in up-grade tecnologico dell'infrastruttura con una seconda azienda fornitrice, potrebbe vedersi ricattare dall'azienda fornitrice originale interessata ad installare anche questa seconda dotazione. Il ricatto può essere perpetrato tramite rallentamenti nell'erogazione dei servizi di riparazione o sostituzione.

### 3.3.3 Il WG sulla sicurezza stradale

Afferma che i servizi che si dimostreranno più utili per ridurre il numero di incidenti (o di infrazioni al codice della strada puntualizzeremmo noi) andrebbero installati con un processo di “retrofitting” anche sui veicoli cosiddetti normali. Poi si sofferma sulla HMI, la quale non era stata proposta dal WP.6 tra le parti da standardizzare, e che ad esempio potrebbe essere concepita in modo differente in base alle capacità tecnologiche dell’utente. Immaginiamo una cosa sulla falsa riga dei telefonini della Brondi®, pensati per far usufruire anche ad un target anziano applicazioni come Whatsapp®. I messaggi mostrati su di essa devono essere chiari, comprensibili, non eccessivamente estesi e non devono distrarre il guidatore. Questi messaggi provengono dall’unità centrale installata sul veicolo dopo che ha decriptato i messaggi provenienti dagli altri veicoli o dall’infrastruttura, e li ha elaborati. Ad esempio può essere visualizzato il messaggio su una coda formatasi più avanti o su un cantiere, compresi di distanza a cui si trovano rispetto al veicolo, oppure qualsiasi informazione inerente i servizi day 1 e 1.5 installati sul veicolo. Nel caso di veicoli a guida automatizzata di LV 3, 4 viene visualizzato sull’HMI quando l’utente deve riprendere il controllo. Nel periodo in cui la guida è affidata al sistema, l’utente può usufruire delle applicazioni installate sul HMI (ascoltare musica, guardare video, leggere e-mails o PDF, eseguire giochi elettronici).



Figura 51 - Esempio di in-vehicle signage (day 1) fonte: Twitter

Un’ultima notazione, il gruppo di lavoro la rivolge ai segnali a messaggio variabile che potrebbero avere dei led non compatibili con la risoluzione delle camere disposte sui veicoli. Nel momento in cui l’infrastruttura sarà in grado di comunicare con i veicoli (I2V, InfrastructuretoVehicle) il messaggio sarà trasmesso direttamente tramite DEN dal cartello stesso. La comunicazione con l’infrastruttura digitale è stata trattata da un gruppo di lavoro specifico.

### 3.3.4 Il WG infrastruttura fisica e digitale

Ha valutato che: i sensori posizionati lungo le strade possono identificare oggetti pericolosi (veicoli fermi, oggetti caduti da un rimorchio o dal veicolo stesso, animali) e comunicarlo ai veicoli connessi tramite comunicazioni a corto raggio, e in autostrada anche ai veicoli cosiddetti normali tramite i pannelli a messaggio variabile. Sensori appositamente installati sulle intersezioni possono avvertire i veicoli nell’intorno della stessa che vi sono presenti utenti deboli in attraversamento, tramite messaggi DEN (i messaggi anche se si tratta di una comunicazione a corto raggio hanno portata maggiore di quella visiva del guidatore, quindi riescono ad avvertire il veicolo connesso in anticipo). I DENM oltre alle “hazardous notifications” inerenti gli

oggetti pericolosi, i veicoli fermi o ad avanzamento lento, i lavori in corso, le code e gli utenti deboli, possono anche trasmettere informazioni sul limite di velocità, ritrasmettere sulla HMI i cartelli stradali, avvisare del cambio di condizione meteo o della pavimentazione. Ad uno stadio superiore dell'evoluzione, l'infrastruttura digitale oltre ai messaggi informativi DEN, sarà in grado di inviare i messaggi SPATE(M) (inerenti al GLOSA, day 1.5), MAPE(M), IVI e SSE(M). Sono state standardizzate, e nel proseguo della trattazione verranno analizzate una ad una.

Il gruppo fa chiarezza sul punto che avevamo lasciato in sospeso, inerente ai dati di traffico minimi da garantire e trasmettere, "free of charge". Quelle notificate devono essere per lo meno: strada scivolosa, luogo dove è avvenuto un incidente, lavori stradali, riduzione della visibilità, veicoli procedenti in contromano, condizioni meteo eccezionali, interruzione della strada, e la presenza di: animali, persone, ostacoli e detriti sulla strada. A cui è stato aggiunto successivamente, informazioni sul parcheggio dei camion [<https://crocodile.its-platform.eu/activities/activity-4-implementation-data-access-points>], Il CROCODILE corridor è una struttura in seno alla EUEIP (EUropEan ITS Platform) e si occupa di gestione e comunicazione, attività di cooperazione e ordinazione tra stati, possesso e processazione di dati, implementazione dei dati, servizi per l'utente finale.

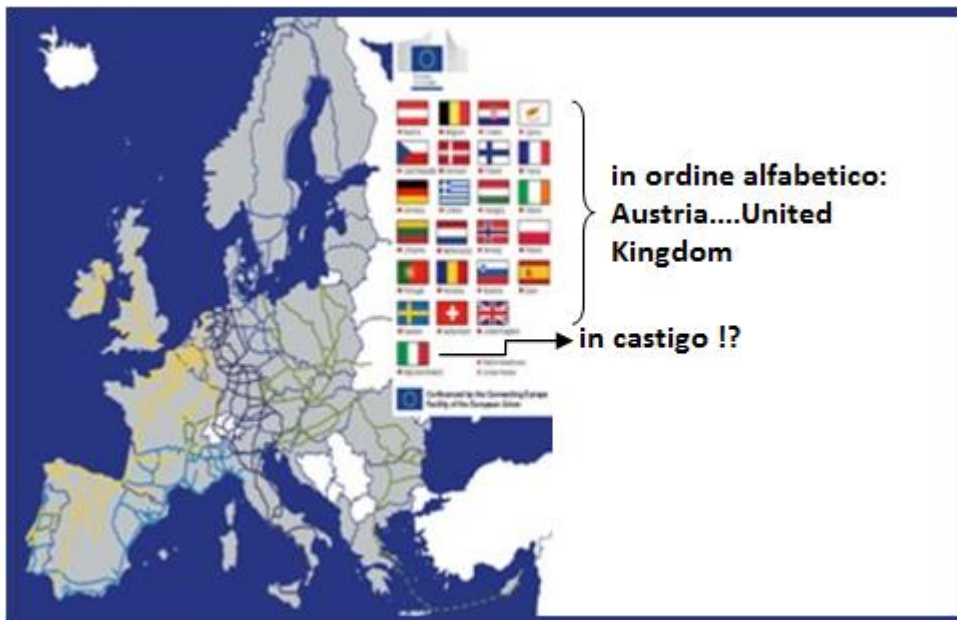


Figura 52 - EUEIP, who we are source: <https://www.its-platform.eu>

Secondo l'articolo 6 della direttiva 2010/40: i dati devono essere disponibili in formato DATEX II (CEN/TS 16157) o in un formato compatibile ed interoperante con esso. DATEX II (TS 16157 1-3) è la specifica tecnica standardizzata a livello europeo per, modellizzare e scambiare le informazioni, inerenti gli ITS (e di conseguenza i C-ITS). Ha un ampio ma ben strutturato modello di dati, mappato secondo uno schema XML.

REGOLAMENTO DELEGATO (UE) N. 885/2013:

#### Articolo 4

##### Raccolta dei dati

I dati da fornire agli utenti in merito alle aree di parcheggio sicure pubbliche e private e alla descrizione delle stesse devono essere raccolti e forniti dagli operatori delle aree di parcheggio e dai fornitori di servizi, pubblici o privati, utilizzando i profili DATEX II o altri formati compatibili a livello internazionale, al fine di garantire l'interoperabilità dei servizi d'informazione in tutta l'Unione.

I dati da raccogliere sono i seguenti:

1. l'ubicazione del punto di accesso all'area di parcheggio (latitudine/longitudine);
2. l'identificatore delle strade principali da cui si accede al parcheggio;
3. il numero di parcheggi liberi destinati ai veicoli pesanti e ai veicoli che trasportano merci speciali;
4. il prezzo del parcheggio;
5. la descrizione dei dispositivi di sicurezza e delle attrezzature di servizio dell'area di parcheggio (comprese quelle speciali per determinate tipologie di veicoli);
6. i dati dinamici sulla disponibilità delle aree di parcheggio, tra cui se un'area è completa, chiusa o il numero dei posti liberi in essa disponibili;
7. informazioni per contattare l'operatore dell'area di parcheggio.

## *Articolo 5*

### **Condivisione e scambio dei dati**

1. I dati statici devono essere accessibili attraverso un punto di accesso nazionale o internazionale.
2. Per i dati dinamici gli Stati membri (o le autorità nazionali) sono responsabili dell'istituzione e della gestione di un punto di accesso centrale, nazionale o internazionale, che colleghi tutti i singoli punti di accesso di ciascun operatore delle aree di parcheggio per automezzi pesanti e/o fornitore di servizi sul proprio territorio nell'interesse degli utenti.
3. Gli operatori delle aree di parcheggio o i fornitori di servizi pubblici o privati inviano periodicamente i propri dati statici raccolti al punto di accesso nazionale o internazionale attraverso mezzi elettronici adeguati, almeno una volta all'anno per i dati statici di cui all'articolo 4.

Per quanto riguarda i dati dinamici, gli operatori e/o i fornitori di servizi, pubblici e privati, aggiornano le proprie informazioni, almeno ogni 15 minuti.

Dal EUIP (european ITS platform):



N°	Title	N°
1	informazioni in tempo reale	1
2	tempo di viaggio informazioni sul traffico	2
3	limite di velocità	3
4	condizioni atmosferiche	4
5	informazioni multimodali	5
6	mantenimento dinamico corsia	6
7	ramp meter*	7
8	avvertimento incidente e sua gestione	8
9	divieto di sorpasso	9
10	gestione dei corridoi di traffico	10
11	parcheggio mezzi pesanti	11
12	accesso regolamento trasporto merci anormali	12

Figura 53 - Quarta lista dei requisiti consolidati per lo scambio dati 6 febbraio 2020, European ITS Platform

\*ramp meter: semaforo che tramite il verde consente l'accesso alla rampa mentre col rosso interrompe il flusso di veicoli. Può essere sempre attivo, o solo nei periodi di picco del traffico.

Il WG indica che il guidatore interagisce con i sistemi del veicolo, con l'infrastruttura, e con gli altri veicoli, ma essendo il gruppo dedito allo studio dell'infrastruttura, si focalizza su di essa. Divide l'interazione con essa in due ruoli, nel primo gli operatori o le autorità stradali hanno una funzione consigliatrice nel secondo hanno una funzione decisionale. Nel primo forniscono al sistema del veicolo le informazioni di cui sono in possesso, inerenti ad esempio le condizioni della circolazione, eventuali incidenti o lavori in corso e sarà poi il sistema (del veicolo) a valutare se è possibile entrare in modalità di guida automatica (si parla di automatica in quanto quella autonoma è sempre attiva). Nella seconda è il gestore dell'infrastruttura o chi per lui ad effettuare le valutazioni sulla base delle informazioni: di traffico, di visibilità, atmosferiche ecc ... e a comunicare direttamente ai veicoli: se possono passare o mantenere la guida automatizzata oppure deve essere ceduto il controllo al guidatore manuale.

Fino a che il traffico sarà misto, un guidatore di veicoli fino al LV 2 che si mantenersi ad una distanza inferiore a quella di sicurezza dal veicolo che lo precede potrà incorrere in un tamponamento in caso di disattenzione o frenata brusca. Tra veicoli connessi questo non avviene perché viene trasmesso un DENM appena parte il comando di azione all'attuatore del freno d'emergenza. Il veicolo inizia anche lui a frenare così da non avere contatto. Questo torna ad evidenziare come i veicoli connessi siano utili ad evitare collisioni e, mantenendo i veicoli ravvicinati, ad aumentare la capacità delle infrastrutture esistenti. Il sistema potrebbero indurre comportamenti errati negli altri guidatori, infatti risulterebbe un cattivo esempio perché ridurrebbe le distanze di sicurezza necessarie tra i veicoli mentre un automobilista dovrebbe continuare a guidare con le distanze di sicurezza in vigore ad oggi.

Affinché i veicoli connessi o a guida autonoma abbiano la possibilità di identificare gli utenti vulnerabili e di fare parcheggi autonomi (anche in assenza del guidatore) il posizionamento tramite GPS non è sufficiente. E' sufficiente durante la circolazione in zone extra urbane o in autostrada, dove si richiede una geolocalizzazione con precisione di un metro. L'individuazione tramite sensori posti sull'intersezione degli utenti deboli della strada e loro successiva comunicazione tramite I2V, implica un'infrastruttura digitale estesa quindi non può essere indicata come risoluzione del problema (almeno per i prossimi anni), allo stesso modo di una comunicazione I2V che trasmetta la posizione esatta ("essendo sempre lì," la RSU conosce la sua posizione e quindi la trasmette ai veicoli nel raggio coperto dalla comunicazione). Nel caso del parcheggio la soluzione proviene combinando i rilievi forniti dai sensori esterni del veicolo e la mappa dinamica (mappa ad alta definizione scaricata di volta in volta e rappresentante l'area in cui ci si sta muovendo in quel momento). Per i veicoli connessi potranno essere sfruttate le applicazioni day 1.5 appositamente dedicate. Nel caso degli utenti deboli, o essi saranno in grado di inviare tramite dispositivi portatili dei messaggi CAM oppure sarà necessario una combinazione di tutti gli elementi visti. Avere, dove possibile, l'infrastruttura che comunica la presenza di utenti deboli, altri veicoli connessi che trasmettono la posizione di questi utenti come se fossero hazardous notifications, i sensori esterni che rilevino sia i VRU sia i veicoli che attivino l'Emergency brake Light (il freno d'emergenza potrebbe essere stato attivato per evitare un investimento), e la mappa digitale in alta definizione. Essa permette di sapere in anticipo dove ci sarà un attraversamento o una pista ciclabile in modo che il sistema possa eventualmente limitare la velocità.

Questo tipo di applicazioni sono necessarie dato che il distanziamento tra le correnti veicolari come in figura 54 non è finanziariamente sostenibile, su tutta la rete.



Figura 54 - Hovenring ad Eindhoven fonte: pinterest.ch

Restando in tema di comunicazioni, l'infrastruttura potrebbe ricevere le informazioni dai veicoli connessi (V2I) e poi avere dei pannelli in cui queste informazioni vengano mostrate. Così tutti gli utenti possono beneficiarne come avviene nei messaggi variabili in autostrada, però su tutta la rete e da informatori misti: veicoli privati e rilevamenti del gestore dell'infrastruttura.

- ❖ Il gruppo termina il suo report con un interrogativo, cosa succede se il segnale mostrato nel display del veicolo sia differente da quello presente a lato della corsia (infrastruttura fisica non combaciante con quella digitale)? Proviamo a dare una risposta. Nel caso del In-vehicle signage

questo dovrebbe essere scongiurato dai test effettuati in fase di progetto e di prova, con cui si deve dimostrare un'ottima probabilità di riconoscere il segnale (come succede in figura 55).

L'A1 è il gestore dell'autostrada in cui si sta testando il progetto Corridor (si veda il paragrafo 3.10.1 all'interno dei progetti europei inerenti i C-ITS). Il riconoscimento del cartello in figura è riuscito al 98.7%. Si noti come riconosce la differenza tra le linee laterali (rappresentate con la linea azzurra continua) e la separazione dei due sensi di marcia (azzurra, a tratto interrotto), oltre ad individuare il veicolo che precede ad una distanza di 43.2 m.

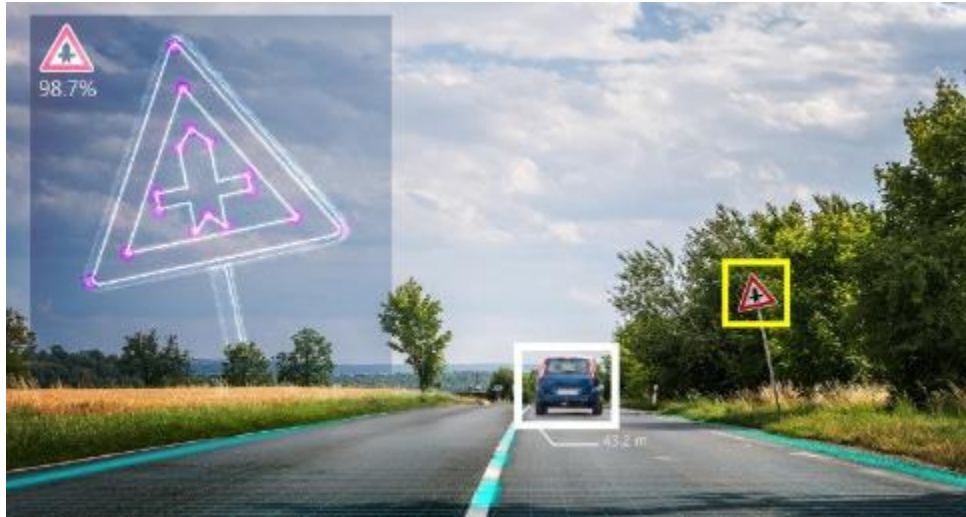


Figura 55 - Rilevazione dell'ambiente circostante fonte: Twitter

- ❖ Ritornando alla domanda, l'idea di dire guardo e vedo come è il cartello fisico, è sbagliata per due motivi: il primo è che se sto usando l'applicazione è perché gli sto dando fiducia dunque non ho motivo di dubitare del cartello segnalato dall'applicazione stessa, il secondo è che stiamo parlando di veicoli connessi (guida manuale) ma serve pensare ai LV 4 (in cui la guida è prevalentemente in capo al sistema automatizzato) e LV 5 (funzione di guida affidata sempre al sistema) casi in cui anche accorgendosi visivamente che il segnale non concorda con quello reale non si può intervenire. Ricorda il caso del sistema S.C.C. ferroviario che non essendo dotato della possibilità di Infill, se quando la motrice è transitata dai due transponder (montati su di un impalcato metallico) gli è stato trasmesso la codifica corrispondente al segnale di giallo, allora il convoglio continuerà a procedere ad una velocità ridotta anche se il macchinista vede il segnale diventare verde.

L'altro caso (il primo era quello dell'In-Vehicle signage) è quello della mappa digitale che mi stia indicando la presenza di un cartello che fisicamente non c'è o è differente. Questo potrebbe capitare per una questione di aggiornamento. Nel senso che la mappa è aggiornata ad una certa situazione e magari successivamente: o sono stati fatti dei lavori in cui il cartello è stato coperto ed alla fine dei lavori si sono scordati di ripristinarlo oppure un cartello è stato abbattuto da un'auto o dal maltempo e non è stato più sostituito. L'In-vehicle signage non essendovi più fisicamente il cartello o essendo coperto, non lo rileva mentre la mappa lo indica ugualmente perché lo ha nei file di memoria. Servirebbe che ad ogni operazione fatta sull'infrastruttura fisica corrispondesse un'eguale operazione su quella digitale, questione che per alcuni paesi è molto complicata. In alternativa potrebbero essere impiegate in servizio regolare delle simil Google Car per mantenere aggiornata la mappatura. In pratica un cartello, che è stato abbattuto o che non è stato ripristinato, era lì per fornire un'informazione, un avvertimento o segnalare un pericolo e dunque se la mappa lo visualizza e lo fa rispettare non è un problema. Così non è nel

caso il cartello sia stato modificato esempio un limite di velocità che da 40 km/h è sceso a 30. Grazie alla collaborazione tra mappa digitale ed In-Vehicle signage si risolverebbe il problema. Con la prima ho l'informazione se il cartello non è al momento visibile e con i secondi ho l'informazione in caso il cartello sia stato aggiornato. Per i veicoli non connessi la collaborazione è tra mappa digitale e segnali captati dai sensori.

Inoltre i veicoli connessi potrebbero essere implementati per scambiarsi anche messaggi sulla segnaletica incontrata, in quel caso il sistema avrebbe l'informazione ottenuta dal cartello (I2V) e quella ottenuta da un altro veicolo (V2V) e se le due combaciano allora non vi sarà distinzione tra cartello reale e virtuale. Se le due sono discordanti (e non si è in presenza di mappa digitale "a fare da giudice") è necessario dare una gerarchizzazione ai messaggi per sapere quale validare tra i due. Però potrebbero esservi in zona più veicoli e quindi il controllo è su più elementi e viene escluso quello che non combacia con gli altri. Si tiene a precisare che comunque questa soluzione sarà temporanea infatti in un futuro prossimo bisognerà concentrarsi sul comunicare al veicolo l'informazione contenuta nel segnale stradale e non all'automobilista quindi sarà importante valutare altre soluzioni con la progressiva scomparsa dei messaggi visivi (cartellonistica stradale) adatti per un guidatore umano ma di difficile interpretazione per sistemi autonomi. Un'idea potrebbe venire dalla circolazione ferroviaria, dove nel sistema SCTM vi sono delle boe che segnalano, attraverso un captatore, al sistema di bordo (tra le altre) la condizione del segnale. Potrebbe dunque esservi un induttore nella pavimentazione e percorrendola il veicolo che dispone della tecnologia necessaria, capta una frequenza. Questa frequenza indica la velocità limite (i limiti di velocità sono un numero finito e neppure troppo esteso). Poi serve considerare che nelle autostrade dove passano numerosissimi veicoli, e quindi potrebbero danneggiare l'induttore nella pavimentazione, la manutenzione è migliore e quindi i cartelli sono ripristinati ed in buono stato. Dunque si potrebbe evitare di posizionarvi gli induttori. Metterne uno per tutte le tipologie di cartelli è impraticabile per questo ci si potrebbe indirizzare solo su quelli dei limiti di velocità, che era anche il caso in cui vi fosse stata la sostituzione con un segnale più restrittivo.

La gerarchizzazione è importantissima nel caso della gestione durante il rischio collisione: tra i messaggi che arrivano (V2V, I2V, dalla mappa digitale, dal cloud del veicolo) è importante mettere a disposizione del guidatore quelli inerenti la rivelazione di oggetti pericolosi. Attraverso poche informazioni chiare, sul come deve comportarsi.

Gerarchizzazione che è presente nell'Annex I del C-ITS Platform Phase II, working group compliance assessment: i servizi definiti primari sono i messaggi di pericolo immediato (I), i messaggi di proibizione, restrizione, obbligo (II); i servizi definiti secondari sono i messaggi relativi al traffico (III) o messaggi relativi all'inquinamento (IV).

L'in-vehicle signage e lo speed limit sono da considerare messaggi di tipo II. Nei messaggi IV ci sentiamo di inserire anche quelli inerenti le condizioni meteo, però nel caso le condizioni diventassero impervie (forti raffiche di vento, nebbia fitta) o la strada diventasse scivolosa andrebbero visti come una restrizione alla velocità (diventando messaggi primari II.). La gestione dei parcheggi e lo Smart routing sono di tipo III mentre l'approssimarsi di un veicolo speciale dovrebbe essere un obbligo (II), anche se si riferisce ad una condizione di circolazione (III).

La C-ITS station del veicolo controllerà che i messaggi siano ancora validi (cioè che non sia trascorso il tempo di validità "di cui si parlerà per i messaggi DEN").

### 3.3.5 Il WG gestione del traffico

Le regole del traffico dovranno essere trasformate da regole scritte (capibili dagli esseri umani) a regole digitali (interpretabili secondo un concetto di machine learning, dalle macchine). Gli itinerari che attraversano zone residenziali, dove sia presente un ospedale o una scuola di primo grado dovrebbero ricevere una penalizzazione nell'algoritmo di calcolo da parte del service provider che si occupa del sistema che calcola il percorso migliore e lo mostra all'utente. In questo modo le possibilità che almeno un altro percorso sia più



vantaggioso cresceranno. Se la gestione del traffico può essere affidata a società private, l’emanazione o emendamento o abrogazione di norme è di competenza degli organi pubblici. A livello comunale, di città metropolitana, provinciale, regionale o statale; in base alla tipologia di piano che si sta delineando; ad esempio le autolinee sono di competenza delle province o delle città metropolitane mentre le ferrovie sono di competenza dello stato centrale.

Vediamo una differenza tra il livello locale e quello regionale proposto dal WG:

- la misura locale è identificata dalla figura 56, in cui un pick up sta segnalando l’interruzione della corsia esterna a seguito di una collisione tra un’auto ed un furgoncino. Il segnalamento è sia fisico (coni e lampeggianti) che tecnologico (invio di un segnale wireless). L’autista della macchina connessa (rossa in figura) prima di vedere il segnalamento fisico è già a conoscenza: della chiusura della corsia, o della presenza di un oggetto pericoloso sulla corsia esterna o di un cantiere stradale sulla corsia esterna.

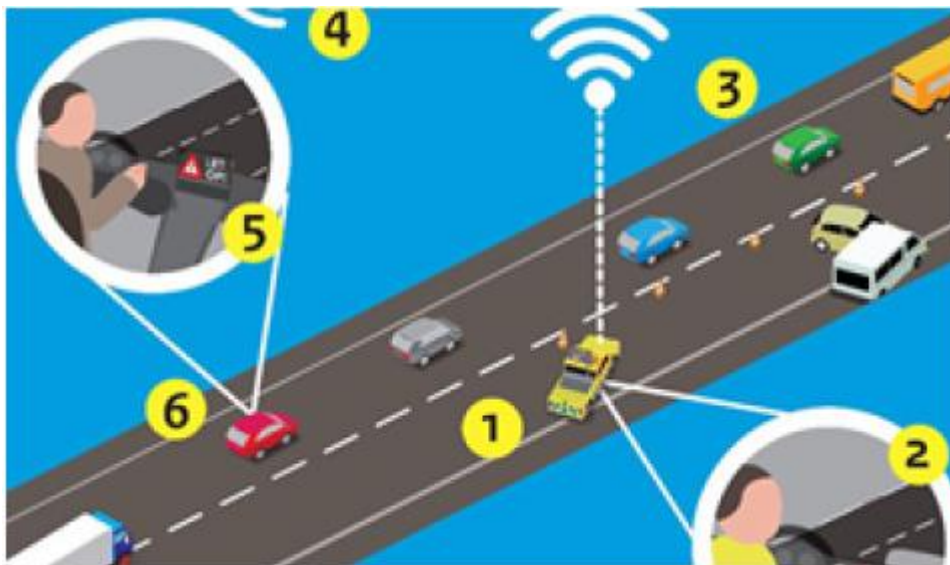


Figura 56 - Un esempio di misura locale a seguito di un incidente fonte: C-ITS Platform phase II

Se l’infrastruttura è già in grado di comunicare coi veicoli, anche le RSUs poste lungo la strada comunicheranno lo stesso segnale del pick up.



Figura 57 - Come immaginiamo il display dell’auto rossa

Nel messaggio trasmesso dovrebbe esserci: il segno X sulla corsia esterna, il via libera ↑ su quella interna e l’indicazione della distanza a cui queste prescrizione si riferiscono. Dato che nei cantieri stradali viene messo in testata oltre il segnale di restringimento della carreggiata/ chiusura corsia (qui rappresentato dalla X e dalla ↑) anche il limite di velocità ed in primis il segnale lavori in corso allora pensiamo debbano essere visualizzati anch’essi sull’HMI dei veicoli connessi.

L’Mk8 Golf è il primo modello con tecnologia V2X (Vehicletwo everythings), dove le informazioni possono essere scambiate con gli altri veicoli dotati di connessione, l’infrastruttura digitale, il cloud del veicolo stesso ed altri dispositivi elettronici del guidatore-passeggeri; entro un raggio di 800 m. Durante la panoramica mondiale inerente i veicoli a guida automatizzata ed autonoma, vi saranno esempi di alcune automobili di serie con tecnologie avanzate, tra cui concluderemo la panoramica sulla Golf 8.

- la misura regionale è rappresentata dall’esempio fatto in precedenza circa il pesare maggiormente il passaggio dal centro (B) in modo che prevalga un itinerario più lungo (A) di figura 58. I semafori posti

lungo il percorso (A) stanno ad indicare che una gestione del ciclo semaforico da parte dell'autorità stradale può condurre ad un'onda di verde (che significa trovare tutti i semafori in fila posti a via libera).

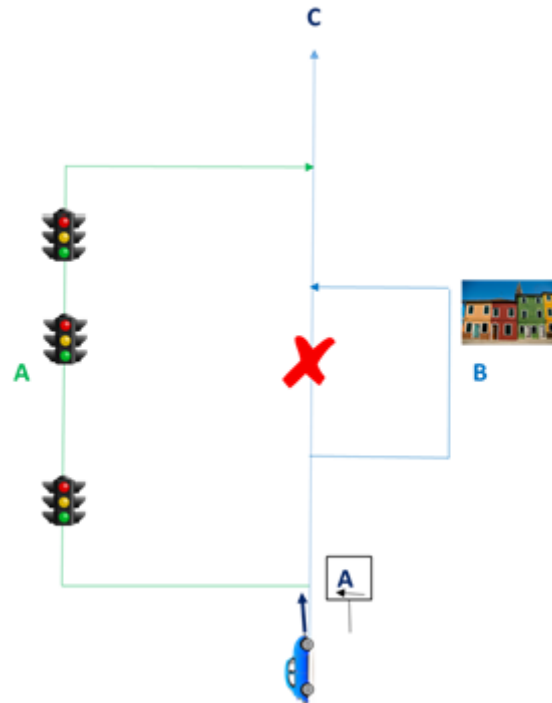


Figura 58 - Misura regionale. L'itinerario A è fatto preferire al B anche se quest'ultimo permette di giungere in C prima. Fonte: C-ITS Platform phase II

### 3.4 Public Key Infrastructure (PKI)

È una struttura digitale, che governa il processo entro cui si muove l'accreditamento dei messaggi trasmessi dalle C-ITS station. Le regole su cui si base sono definite nella certificate policy [62]. In parole povere affinché le C-ITS stations siano sicure che i messaggi che ricevono sono veri e non manomessi, serve un procedimento di richiesta di autorizzazione a trasmettere, e di una concessione a farlo. L'organizzazione che contiene gli elementi Root CA, EA, AA e CPOC, è la PKI.

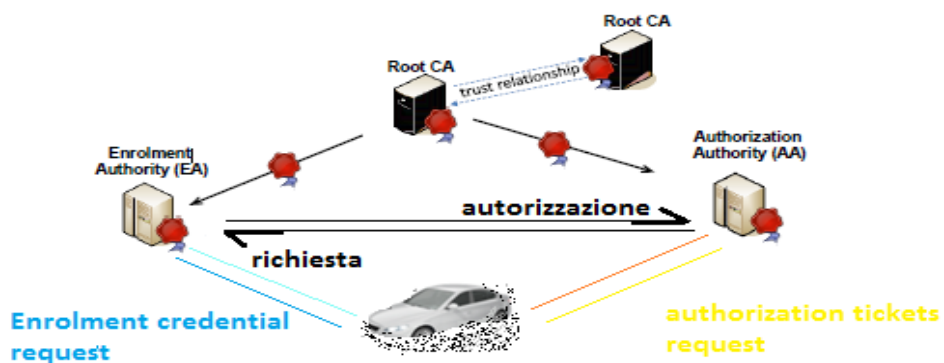


Figura 59 - Modello della PKI fonte: personal data protection aspects in C-ITS CAR 2 CAR Communication Consortium 3.2 The architecture



Il CPOC, non presente nella figura 59, contribuisce all'interscambio di informazioni tra le unità presenti all'interno della PKI: in modo sicuro ed efficiente. Non solo, è responsabilità del CPOC trasmettere il certificato delle Root CA al Trust List Manager (TLM).

Il TLM include o esclude i certificati delle Root CA, dal European Certificate Trust List (ECTL)

Ogni Root CA: istituisce il proprio certificato: CertificateTrust List (CTL), firmato con le chiavi di crittazione che essa stessa ha generato. Il CTL è utilizzato dai partecipanti alla PKI per verificare, aggiornare e revocare, i certificati della Enrolment Authority (EA) e della Authorization Authority (AA). Oppure per istituire una nuova EA-AA. Certificati che sono sempre firmati dalla Root CA. L'enrolment Authority firma con la propria chiave di crittaggio l'Enrolment Credentials (EC). L'Authorization Authority firma l'Authorization Ticket (AT).

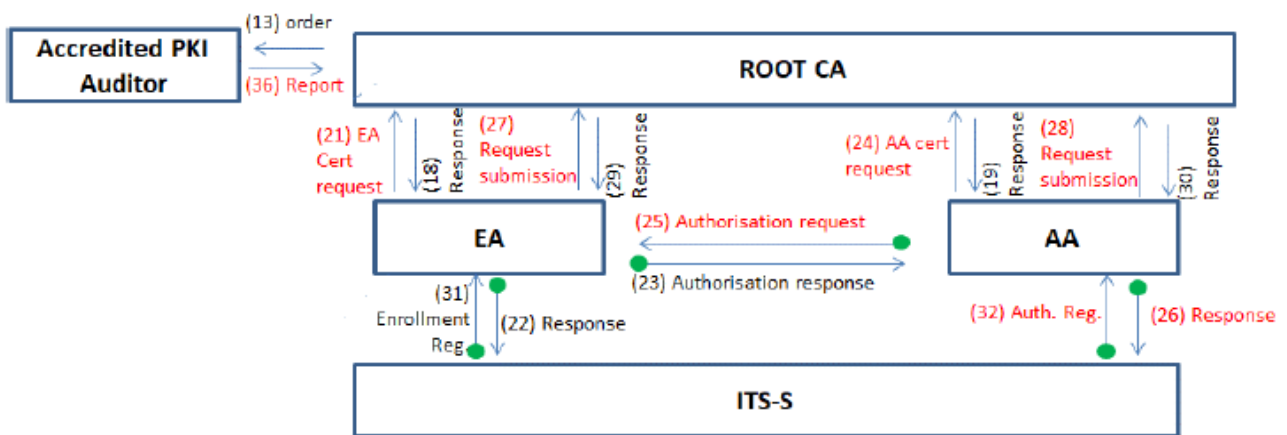


Figura 60 - Interazioni tra le parti presenti nel modello di PKI fonte: Certificate Policy for Deployment and Operation of European C-ITS, 2018

Ogni C-ITS station deve inviare la richiesta per l'EC alla EA (interazione 31) criptata usando un algoritmo indicato nella ETSI TS 103 097, ricevuta risposta positiva (interazione 22) potrà inviare richiesta per l'AT alla AA (interazione 32) criptata usando un algoritmo indicato nella ETSI TS 103 097. Ad ogni richiesta la C-ITS station genera una coppia di chiavi di crittazione. L'AA sentita la EA (interazione 25) con esito positivo (interazione 23), rilascia l'AT (interazione 26). Avendo l'AT la stazione può inviare. Il numero dell'interazione è riferito alla figura 60. Il procedimento è chiarito meglio con la figura 61:

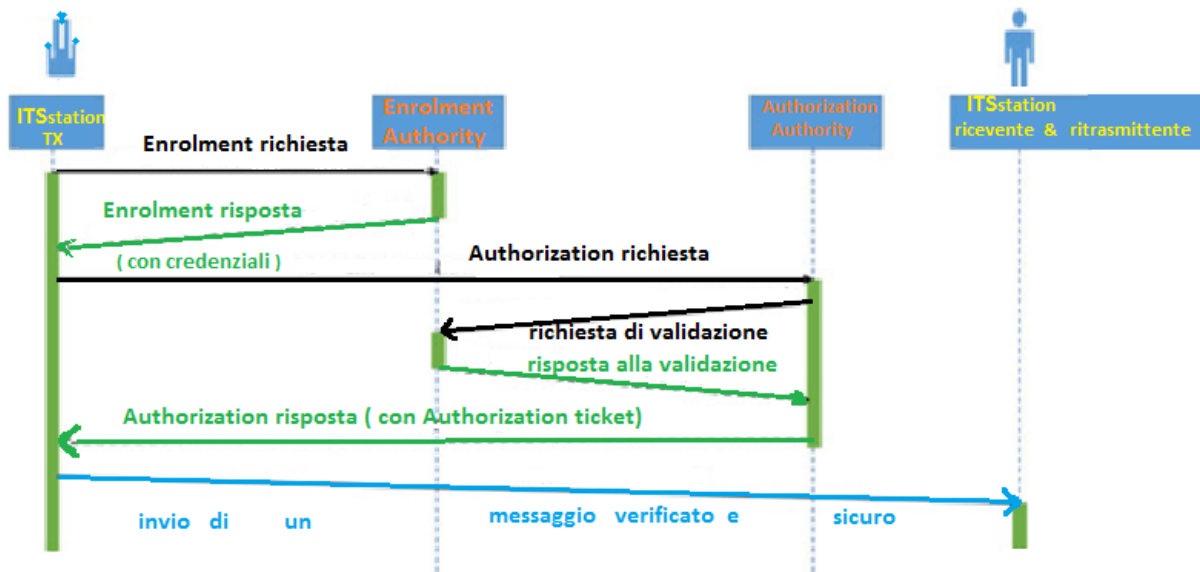


Figura 61 - Sequenza per inviare un messaggio tra due stations fonte: ETSI TS 102 941 v 1.2.1 (2018)

Le richieste sono firmate e cifrate, quando raggiungono l'autorità destinataria vengono deciptate e verificate.

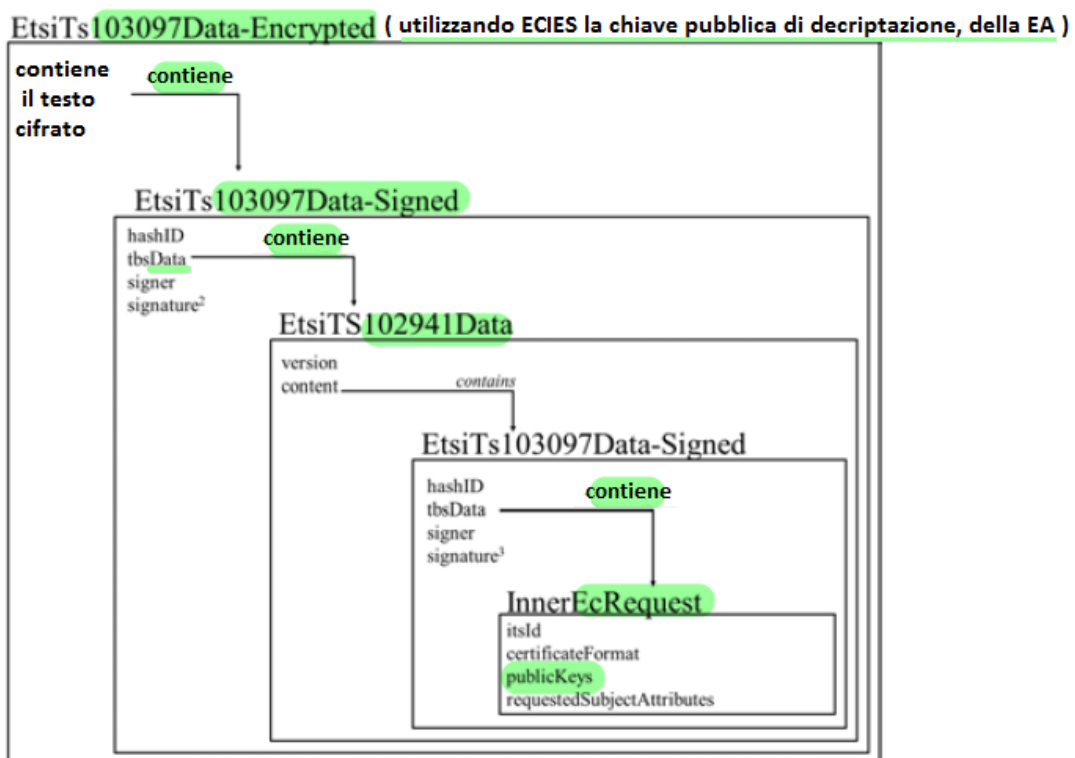


Figura 62 - Richiesta di Enrolment Certificate (EC) fonte: ETSI TS 102 941

Con la coppia di chiavi contenuta nella richiesta (public keys), la EA cripta la risposta.

EtsiTs103097Data-Encrypted ( utilizzando ECIES la chiave pubblica di decriptazione, della EA )

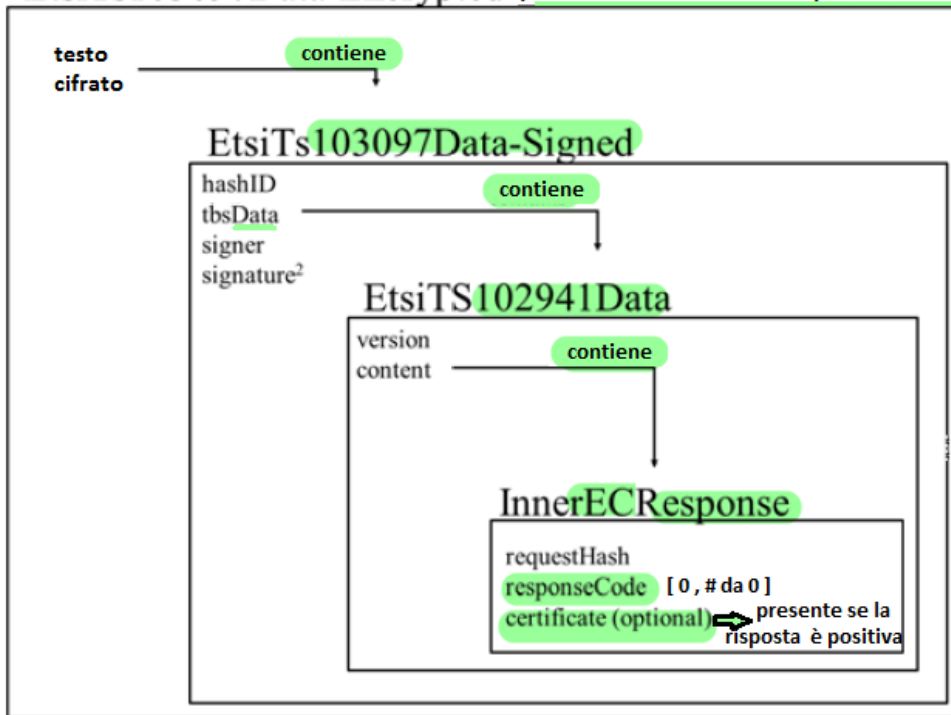


Figura 63 - Risposta della EA alla richiesta di un EC fonte: ETSI TS 102 941

invalidsignature, -- signature verification of the request fails  
 invalidencryptionkey, -- signature is good, but the responseEncryptionKey is bad  
 baditsstatus, -- revoked, not yet active

Figura 64 - Segnalazione di problemi che possono accadere durante una richiesta EC

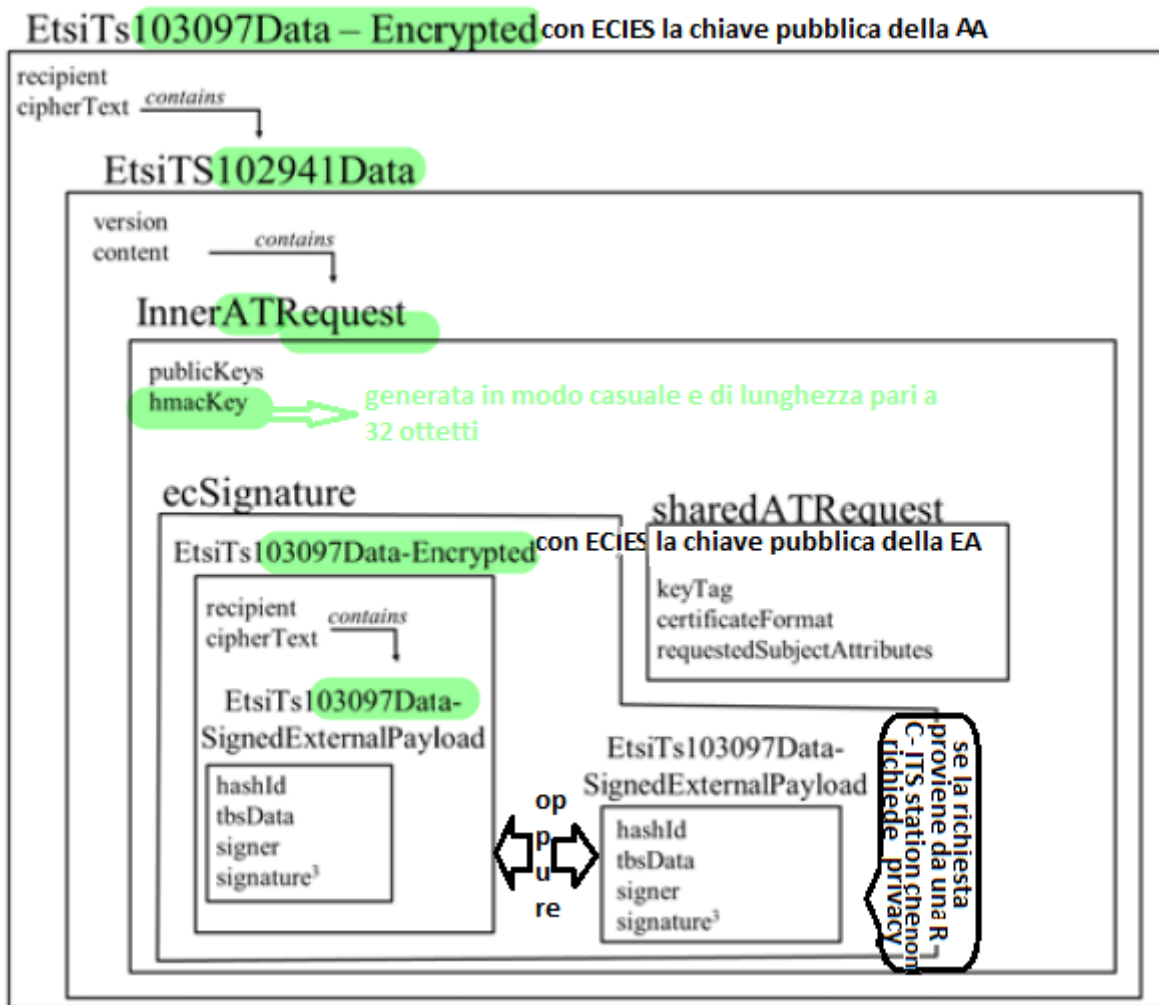


Figura 65 - Richiesta di Authorization ticket fonte: ETSI TS 102 941

Con la coppia di chiavi contenuta nella richiesta, la AA cripta la risposta. Il codice zero nella risposta indica che è stata accettata la domanda e l'AT rilasciato.

The Federal Government will also be a leader in and implementing standards, and best practices in new and emerging areas. For example, public key cryptography is foundational to the secure operation of our infrastructure. To protect against the potential threat of quantum computers being able to break modern public key cryptography, the Department of Commerce, through the National Institute of Standards and Technology (NIST), will continue to solicit, evaluate, and standardize quantum-resistant, public key cryptographic algorithms



Figura 66 - Si parla dell'importanza della PKI anche negli USA fonte: national cyber strategy, Settembre 2018

Per quanto riguarda le funzioni ITS stations non legate ad aspetti di sicurezza, in [65] è indicato, come si utilizzano i protocolli già in uso in altri ambiti, dai network più semplice in uso negli istituti scolastico fino a quelli più complessi utilizzati all'interno di industrie medio-grande. Questi protocolli per il modo in cui sono concepiti (comunicazione punto a punto) garantiscono l'interoperabilità (interoperabilità by design). Nel caso dei trasporti, le funzioni non di sicurezza possono essere la comunicazione dei parcheggi disponibili oppure

la condizione in tempo reale del traffico con conseguente proposta del percorso più veloce o ecologico (in base alla politica con cui il centro elabora i dati di traffico).

Il personale che lavora all'interno del PKI, deve essere sottoposto a dei trainings per mantenere intatte, l'efficacia delle sue operazioni e le conoscenze acquisite. Un controllo sulle capacità del personale deve essere eseguito almeno ogni cinque anni. Queste azioni sono necessarie data l'importanza del lavoro che svolgono infatti dei loro errori potrebbero compromettere: la funzionalità dell'intero sistema, la salvaguardia dei dati custoditi ed eventualmente la sicurezza dei guidatori. Nel [62] è fortemente consigliato di effettuare: un test di penetrazione della PKI almeno una volta all'anno, e comunque dopo ogni modifica significativa o aggiornamento del sistema, e mensilmente una scansione sulla vulnerabilità. Eseguite da persone qualificate, professionali, che si attengano al codice etico di comportamento, e che siano esterni all'azienda che gestisce il sistema.

Ogni veicolo è legato ad un'unica EA (a cui ha richiesto la certificazione (EC)) a parte i veicoli speciali che possono avere: due EA oppure una C-ITS station ausiliaria.

L'Enrolment Credentials (EC), è un certificato di lungo periodo. Serve ad autorizzare una C-ITS station a fare parte della PKI. Alla richiesta della stazione di ricevere un ticket (AT) deve essere allegato l'Enrolment Credentials (EC). Ma essendo quest'ultimo criptato con una codifica conosciuta solo dall'Enrolment Authority (EA), è necessario che l'Authorisation Authority (AA) verifichi ogni richiesta con l'Enrolment Authority (EA).

- L'Authorization Ticket (AT) pseudonimizza l'identità del veicolo e del conducente. Una volta che è stata dotata di Authorization Ticket la C-ITS station è riconosciuta, e ha la possibilità di firmare i messaggi inviati. Passato un determinato periodo (definito all'interno del certificate policy della PKI) deve richiedere un nuovo AT all'Authorization Authority (AA), essa dovrà quindi chiedere conferma all'Environmental Authority (EA) ed una volta ottenuta rilascerà quello nuovo. Il regolare cambio di ticket (AT) serve a evitare la localizzazione-tracciamento del veicolo. In [66] è citato come in alcune Certificate policy sia possibile, far richiesta di più AT allo stesso tempo e tenerli come scorta da utilizzare a mano a mano che scadono i ticket precedenti.
- La doppia autorità, EA ed AA è necessaria per evitare che un'intrusione informatica o una falla possano generare una perdita di dati, utilizzabili. Avere la doppia chiave di decriptazione serve a fare in modo che i dati di un'autorità senza quelli dell'altra non permettano di violare la privacy, perché non c'è associazione di una persona fisica o giuridica a quei dati, in quanto i dati vengono tenuti pseudonimizzati. Diciamo che servirebbero due intrusioni: la prima per la chiave che apre il contenitore dei dati e la seconda per il registro in cui ai dati è associato l'identificativo del proprietario.

E'importante non confondere queste due azioni:

Anonimizzazione significa non più riconoscibile, si perde la possibilità di sapere chi è quel dato. Pseudonimizzazione ovvero la pratica di criptare il nome.

Per intendere la questione della pseudonimizzazione nel [56] è proposta una grafica con delle maschere. Partendo da questo creiamo una scenetta simpatica: immaginiamoci dunque di essere ad una festa in maschera ed all'ingresso gli operatori dell'Enrolment Authority controllano che chi fa richiesta per la maschera rosa sia effettivamente una ragazza e chi fa richiesta per quella azzurra sia un maschio. A questo punto avendo ottenuto la credenziale Enrolment, possono entrare nella sala. Per poter comunicare con gli altri partecipanti devono mostrare l'Authorization Ticket (ovvero una maschera finemente decorata e non la mascherina di cartone data all'ingresso), che è rilasciato dai signori della Authorization Authority. Mostrando l'Enrolment a questi signori non è automatico il rilascio del ticket, infatti serve che chiamino al telefono quelli dell'Enrolment Authority all'ingresso, per confrontare che il codice sull'Enrolment mostrato sia uguale a quello che hanno segnato loro nel registro delle maschere concesse. Una volta completato questo controllo

è possibile restare nella sala per tutta la serata (grazie all'Enrolment) mentre il ticket serve richiederlo più volte, questo è dovuto al fatto che dopo un certo tempo, potrebbe riuscire ad alcuni avventori di capire chi si celi dietro la maschera (ad esempio dai discorsi fatti). Cambiando la maschera "e ricordando che è l'unica parte non omogenea tra i partecipanti" diventa difficile riconoscere con chi si è parlato (in base alla maschera anche il timbro vocale è alterato in modo diverso, cioè cambia la chiave di decriptazione ad ogni nuovo ticket rilasciato). L'avventore, al termine della serata, saprà che essendosi intrattenuto con maschere dalle fini decorazioni rosa erano fanciulle, ma non saprà mai con chi ha avuto il privilegio di conversare. Ovviamente non è possibile che qualcuno porti da casa la maschera finemente decorata perché non è conosciuto di che tipo dovrà essere e dunque appena inizierà a parlare con qualcun altro verrà immediatamente scoperto.

P.S. vi sono le persone timide che una volta entrate nella sala non vanno oltre e rimangono l'intera serata con la maschera di cartone, ascolteranno i discorsi degli altri ma non potranno parlare (nel senso che i veicoli con l'Enrolment (EC) ma senza l'Authorization Ticket (AT) possono ricevere i messaggi ma non possono trasmetterne. Può succedere nel periodo in cui è scaduto il precedente (AT) e non è ancora stato rilasciato il successivo).

[62]: I dati sensibili dovranno essere custoditi in aree sicure, protetti con metodologia ad accessi multipli. Le tecniche di difesa implementate dovranno essere in grado di resistere ad un ampio numero di combinazioni di attacchi differenti. Vengono imposti almeno: degli allarmi perimetrali, telecamere a circuito chiuso, rilevatori di movimento e muri rinforzati. Due forme di identificazione differenti badge rilasciato alle persone autorizzate ad entrare nelle aree sicure (ovvero dove i dati sensibili sono custoditi). Controllo costante da parte di persone qualificate ed autorizzate. Assicurarsi che i sistemi rimovibili e i documenti cartacei che tengono traccia dei dati sensibili siano custoditi in un'area equivalente secondo le misure di sicurezza adottate, a quella per i dati sensibili memorizzati nei Root CA. Che siano composti dei file di back-ups: delle Root Ca, del CPOC e del TLM, dopo ogni generazione di chiavi di criptazione-decriptazione e dopo ogni sviluppo del sistema. Viene aggiunto che almeno una copia di back-up dovrà essere custodita al di fuori dell'area di sicurezza, in cui sono contenuti: i file sensibili, i documenti cartacei ed i supporti rimovibili contenenti copia dei file medesimi. E' quella definita come Disaster recovery: in caso di perdita della sede principale, grazie alla copia contenuta in un'altra area protetta è possibile (o comunque più probabile) ripristinare il funzionamento del sistema. Che il personale esterno a cui è concesso di accedere ai dati sensibili, sia scortato e visionato da personale di fiducia. Che i dati siano protetti in modo tale per cui sia difficile distruggerli o rimuoverli. Che in caso di compromissione della chiave con cui è firmato, il certificato deve essere revocato e dei tecnici esperti dovranno indagare per comprendere se è sufficiente la revoca dei certificati, oppure se è necessario ricostruire la PKI. Quando è la chiave del certificato della Root Ca ad essere compromessa allora è necessario mettere in opera un piano di migrazione, delle funzioni dalla Root Ca compromessa ad una Root Ca "sana". Che in caso di compromissione (o con il fondato sospetto che lo sia) di una chiave legata ad una C-ITS station, allora la EA e la AA devono revocare l'Enrolment Certificate (EC) ed indagare sull'accaduto.

Quando una EA decide per la revoca del EC ad una C-ITS station, quella stazione non potrà più ricevere messaggi né richiedere un AT e quindi non potrà comunicare con le altre componenti della rete connessa. Nasce il problema di stabilire delle regole per la ri ammissione di una stazione bannata. Se non vi fosse possibilità di un rientro, significherebbe aver acquistato un veicolo tecnologico e vederselo degradare a veicolo "normale" truffando, per così dire, l'acquirente e regredire nell'evoluzione del sistema trasporti. Anche perché potrebbe essere stata esclusa per colpe non proprie, ad esempio il veicolo era stato infettato da un virus oppure sotto il controllo di un hacker da remoto (si analizzeranno queste problematiche nell'intero capitolo sulla ciber sicurezza 5.4).

Algoritmi per la firma del certificato definiti dal [62]:



	TLM	root CA	EA	AA	ITS-S
ECDSA_nistP256_with_SHA256	-	X	X	X	X
ECDSA_brainpoolP256r1_with_SHA256	-	X	X	X	O
ECDSA_brainpoolP384r1_with_SHA384	X	X	X	-	-
X indicates mandatory support O indicates optional support					

← dal 2022 x

Figura 67 tipo di algoritmo necessario per le varie unità della PKI

	TLM	root CA	EA	AA	ITS-S
ECDSA_nistP256_with_SHA256	X	X	X	X	X
ECDSA_brainpoolP256r1_with_SHA256	X	X	X	X	X
ECDSA_brainpoolP384r1_with_SHA384	X	X	X	X	X
X indicates mandatory support O indicates optional support					

Figura 68 - Gli algoritmi che le varie unità della PKI devono essere in grado di "leggere"

La figura 68 indica come tutte le unità devono essere in grado di verificare i messaggi generati dagli altri partecipanti alla PKI.

Il [62] termina indicando la banda di frequenze in funzione del tipo di uso:

Frequency range	Usage
5 855 MHz to 5 875 MHz	ITS non-safety applications
5 875 MHz to 5 905 MHz	ITS road safety
5 905 MHz to 5 925 MHz	Future ITS applications

← Fissata nella 2008/671

Nel WP.6 che si è occupato di comunicazione, erano state indicate le bande: 5855-5875 MHz & 5905-5925 MHz per i C-ITS. A proposito di questo serve notare come nel [62] abbia preferito usare sempre il termine ITS station (che noi abbiamo riportato come C-ITS station) perché vuole sottolineare come i sistemi innovativi di trasporto che già sono attivi, come l'ITS intersection safety a Budapest devono essere implementati nella nuova C-ITS e non possono essere scartati o disabilitati. Si perderebbero degli investimenti fatti e si toglierebbe un servizio ai cittadini.

Nella [66] è indicato come la pseudonimizzazione e la non tracciabilità della C-ITS station permettono che la privacy, quando vi è la trasmissione dei messaggi, sia garantita. Come precedentemente descritto, si utilizza una "maschera" per coprire l'identità della stazione (pseudonimo), mentre per la non tracciabilità si agisce parallelamente: sul rilascio periodico di un nuovo Authorization ticket (AT) e sulla limitazione del numero di parametri trasmessi che possono ricondurre al veicolo. Parametri fissi o che variano molto lentamente.

Immaginiamoci il caso di un veicolo che quotidianamente trasmette con le RSUs denominate: a,b,c, d se non vi fosse il cambio di AT sarebbe possibile ricondurci ad un veicolo di tal lunghezza e larghezza, con tal altri servizi di assistenza alla guida, che in quel determinato orario tutti i giorni transita nel percorso dove vi sono le RSUs che (per praticità) abbiamo chiamato a,b,c,d, che guida con una velocità (prossima al limite di velocità, sostenuta, molto al di sotto del limite consentito), e con la possibilità di commisurare la velocità alle rilevazioni tra a-b, b-c, c-d in modo da valutare se il veicolo si è fermato. Da tutte queste informazioni potrebbe nascere la conoscenza dell'edicola o del bar di fiducia ed il successivo riconoscimento del veicolo nel parcheggio. Al contrario partendo da foto postate su un social network di un bar, verrebbe possibile, rilevando i dati delle RSUs concomitanti al bar e conoscendo l'orario in cui la foto, restringere il campo in cui rilevare il veicolo. Rilevata la maschera del veicolo in un punto è poi possibile seguirlo per il resto del tragitto.

Alla pseudonimizzazione e non tracciabilità, aggiungiamo la protezione dei dati registrati. Quelle misure di controllo e sicurezza che a leggerle la prima volta sembrano spropositate.

Un' ulteriore desamina inerente la tracciabilità verrà proposta nel paragrafo 5.4.4.2

Ricordiamo che la privacy è una questione da tenere in conto per quello che riguarda le V C-ITS stations, e non le R C-ITS stations.

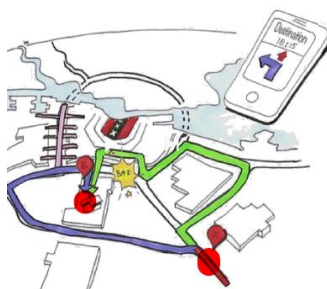


Figura 69 - Altro esempio di smart route. Ai veicoli arrivati al punto A e destinati a B, il navigatore ne indirizza 18 lungo la circonvallazione (viola) e 15 verso il centro (verde). Per raggiungere un'ottimizzazione della capacità infrastrutturale (strade viola e verde)

Questa sinergia tra l'autorità stradale (pubblica) ed il fornitore del deve condurre secondo il WG ad un *Cooperative Incident Management Process*. Un processo a step successivi che inizia con la zonizzazione, prosegue con la definizione del livello minimo di servizio accettato (definisce le condizioni operative in termine di libertà di movimento o di velocità, a fronte di un certo numero di veicoli), e si conclude con l'attivazione delle misure per ripristinare un livello accettabile di servizio.

Dopo aver affrontato una panoramica sui C-ITS, introduciamoci nei numerosi anfratti lasciati aperti da questo inizio di capitolo. Esamineremo in seguito il concetto della privacy inerente a questa nuova mobilità costantemente connessa, l'architettura di una C-ITS station, valuteremo le caratteristiche tecniche dei messaggi trasmessi, i servizi day 1 analizzati uno ad uno, ed infine la loro applicazione pratica (C-ITS roads corridors).

La questione della responsabilità verrà implementata nell'ampio discorso sui veicoli a guida automatizzata ed autonoma, mentre la cibersicurezza verrà trattata come ponte di collegamento tra i capitoli, dei veicoli connessi e di quelli automatizzati.

### 3.5 Messaggi scambiati all'interno del sistema C-ITS

Esaminata l'architettura in cui si muovono le C-ITS, vediamo i messaggi trasmessi tra le stazioni.

### 3.5.1 CAM

Come preannunciato, andremo ad analizzare la ETSI EN 302 637-2 V1.3.2 (inerente i CAM). I messaggi CA servono a mantenere la conoscenza gli uni degli altri ed a instaurare una cooperazione tra gli utilizzatori della strada dotati di questa tecnologia e tra essi e l'infrastruttura digitale. La C-ITS station ricevente, ottiene informazioni circa la posizione, lo stato di moto, il tipo (dimensioni e classe se si tratta di un veicolo) di quella trasmittente. In base alla correlazione tra le posizioni e le direzioni di moto delle stazioni, ricevente e trasmittente, riescono a valutare il rischio di collisione. I dati captati sono a disposizione del Probe vehicle Data (day 1) per quanto concerne lo stato, e del *POsition and Time Management* (POTI) per la posizione e le coordinate temporali. Queste informazioni possono aggiungersi a quelle in possesso della mappa digitale per mantenerla aggiornata (viene definita infatti *Local Dynamic Map*). Si era già parlato di questa mappa per i discorsi inerenti il parcheggio e l'individuazioni degli utenti deboli in un contesto di veicoli automatizzati o autonomi, la difformità tra un cartello reale e quello mostrato nel HMI, il riconoscimento di una strada privata. Come già accennato, l'intervallo di generazione può essere aumentato verso i 1000 ms quando il canale di trasmissione comincia ad essere molto occupato e può essere ridotto portandosi verso i 100 ms, quando si è prossimi ad una situazione di pericolo. Dal *T\_GenerazioneCAM* e dalla velocità del veicolo dipende la probabilità che una RSU riceva il messaggio CA del veicolo, anche se il "raggio di captazione" delle RSUs essendo sulle centinaia di metri riesce (ipotizzando 100 m e un intervallo di generazione di 1000 ms) a captare almeno un CAM fino ad una velocità di 360 km/h ( $360 / 3.6 * 1000 \text{ ms} = 100 \text{ m}$ ), e per una velocità di 120 km/h ne riesce a captare tre. Non è quindi possibile che un veicolo passi da una RSU senza essere rilevato. Anche senza definirlo con questo termine, la norma indica un tempo di volo che deve essere inferiore ai 50 ms. L'*ITS-Application Identifier* (ITS-AID) indica il tipo di permesso che la C-ITS station possiede (ad esempio quello di inviare i messaggi, rilasciato dalla Authorization Authority (AA)). All'interno del permesso generale ITS-AID vi è un campo di permessi specifici, denominato *Service Specific Permissions* (SSP). Quando il CAM è ricevuto, viene considerato valido solamente se è contemplato dai permessi del SPP.

L'SPP Nei CAM è composto da tre ottetti (dal bit in posizione zero a quello in posizione sette). L'SPP è presente in tutte le tipologie di messaggi, quello che varia sono il numero di ottetti che lo costituiscono, dunque li ritroveremo anche quando si parlerà, del SPP dei DENM, del SPP Infrastructure to Vehicle Information (IVI) service, del SPP Traffic Light Control (TLC) service e del SPP Road and Lane Topology (RLT) service. Nei CAM l'ottetto zero è utilizzato per il controllo della versione, mentre le sette e sette (14) posizioni degli ottetti uno e due, sono utilizzati per indicare il tipo di permesso.

PRIMO OTTETTO	
Tip di dato	Posizione Bit
DRSC, per pagamento tipo telepass	0
Trasporto pubblico	1
Trasporto speciale	2
Trasporto merce pericolosa	3
Lavori in corso	4
Salvataggio	5
Emergenza	6
Safety car *	7

\* vengono identificati da questo codice quei veicoli che scortano i veicoli speciali (fuori sagoma o con carico sporgente) per evitare che gli altri veicoli vi collidono.

SECONDO OTTETTO	
Tip di dato	Posizione Bit
Corsia chiusa	0
Richiesta di via libera	1
Richiesta di passaggio da un semaforo con via libera	2
Passaggio vietato	3
Vietato passaggio ai mezzi pesanti	4
Limite di velocità	5

N.B. non sono assegnati i bit in posizione 6 e in posizione 7.

Un CAM, è strutturato nel seguente modo, vi è un ITS PDU che contiene il protocollo in uso e l'identificativo (ID) della ITS station. A seguire vi sono un contenitore Basic, uno ad alta frequenza, uno a bassa frequenza, più eventualmente alcuni contenitori detti speciali.

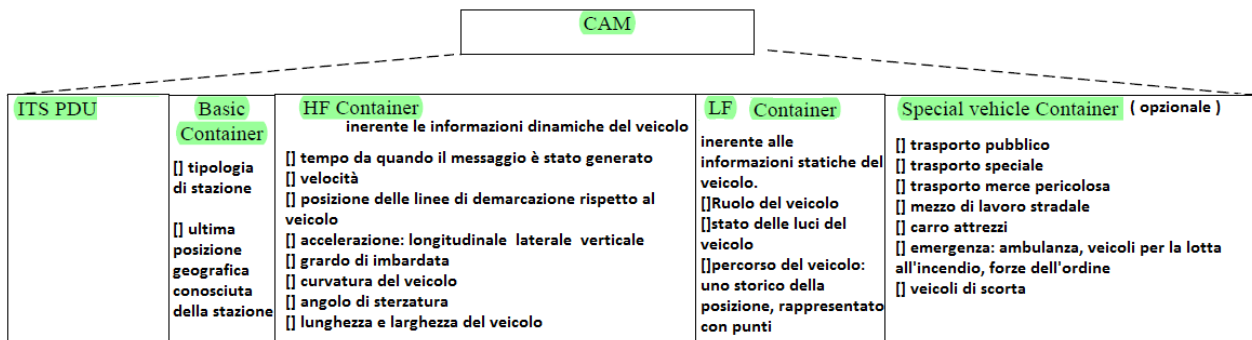


Figura 70 - Struttura CAM fonte: ETSI EN 302 637-2 v1.3.2 (riempita da noi)

### 3.5.2 DENM

Passiamo ad analizzare la ETSI EN 302 637-3 V1.2.2 (inerente i DENM).

Come si è detto i DENM sono trasmessi a seguito della rilevazione di un evento e non in continuo come i CAM. Adesso vediamo che non solo per indicare un evento possono essere trasmessi, difatti vi sono i cancellation DENM che informano sulla fine di un evento. E' trasmesso dalla stessa C-ITS station che aveva inviato quello che segnalava l'evento. I negation DENM che informano sulla fine di un evento. A differenza di quello sulla cancellazione non è trasmesso dalla stessa che segnalava l'evento ma da una tra le C-ITS station che riceveranno il DENM iniziale. Nella cancellazione è la stessa che l'ha creata a dire che non serve più, mentre nella negazione è una C-ITS-Station che l'ha ricevuta a dire che non serve più. Ovviamente non è arbitraria la negazione, ma s'intende che la stazione abbia avuto modo di verificare la cessazione dell'evento all'origine del DENM.

Ed infine i AppDENMupdate i quali intervengono quando la C-ITS station che ha trasmesso il DENM originale, resasi conto del mutare della situazione, elabora la necessità di emetterne un aggiornamento.

Un actionID è la combinazione dell'identificativo (ID) della stazione di origine, che ha rilevato l'evento per la prima volta, e di un numero di sequenza che le è assegnato ad ogni nuovo DENM. Così da consentire ad ogni C-ITS station di distinguere i DENM ritrasmessi da diverse stazioni, rispetto a quelli trasmessi dalla medesima stazione: per eventi diversi o per un aggiornamento.

Quando un DENM è trasmesso l'orario viene memorizzato (reference time). Serve sapere questa coordinata temporale perché la trasmissione procederà fino ad un certo periodo (repetition duration). Se questo valore non è fornito viene interrotto dopo 600 secondi (10 minuti), a partire dal reference time.

La Relevance Distance valuta la distanza entro cui il DENM è ritenuto valido (nel messaggio vi è un'informazione statica che indica la posizione dell'evento, la stazione ricevente calcola la propria distanza da questa posizione e valuta se ritenere il DENM valido o no). Il DENM verrà ritrasmesso entro un'area limite secondo quanto specificato dalla norma ETSI EN 302 931: "Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; vGeographical Area Definition".

Il Relevance Traffic Direction controlla la direzione lungo la quale la stazione ricevente potrebbe incontrare l'evento (perché magari è terminato) descritto dal DENM. Ad esempio se si tratta di un veicolo lento, il messaggio verrà letto dalla C-ITS station del veicolo e in base alla sua traiettoria decide se mostrarlo al guidatore oppure no (caso in cui mi sto allontanando dall'evento). Nel caso di pavimentazione danneggiata sarà un messaggio da mostrare ai guidatori di entrambi i sensi di marcia".

Vediamo di disegnare questi esempi:

Si ipotizza che tutti i veicoli abbiano una V C-ITS station installata.

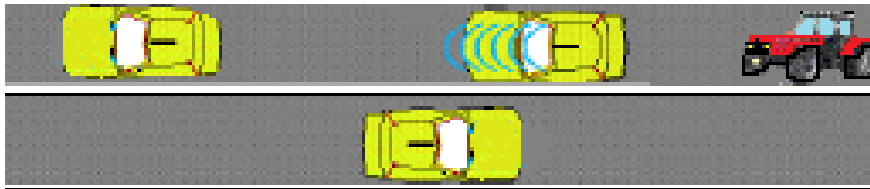


Figura 71 - Esempio trasmissione informazioni fonte: nostra rappresentazione

Essendo il caso di un veicolo lento (trattore) il messaggio DENM inviato dall'auto che lo ha appena superato viene ricevuto da entrambe le altre auto ma non viene mostrato alcun segnale di avvertimento ai guidatori, dato che un veicolo ha già oltrepassato il trattore mentre l'altro è sulla corsia opposta.

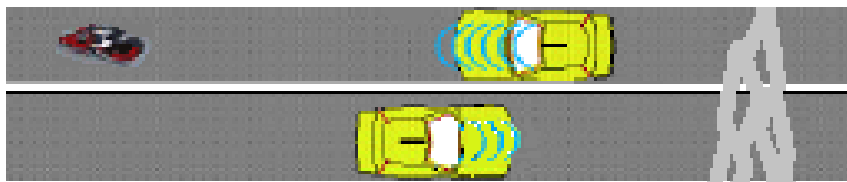


Figura 72 - Esempio 2 trasmissione informazioni fonte: nostra rappresentazione

In questo secondo caso la fonte di pericolo è una deformazione molto accentuata della pavimentazione. Il messaggio DENM viene mostrato al guidatore della macchina sulla corsia che giunge in direzione del pericolo dalla vettura che lo ha appena superato. Al conducente della motocicletta che si sta allontanando dalla zona pericolosa il sistema di elaborazione non mostra l'avvertimento.

In entrambi i casi (trattore e fessurazione della pavimentazione) i veicoli che seguono l'auto che ha generato il DENM si troveranno ad incontrare l'oggetto pericoloso e quindi ai loro guidatori verrà mostrato l'avvertimento. Sempre che il DENM arrivi entro il tempo di ripetizione e la distanza rilevante.

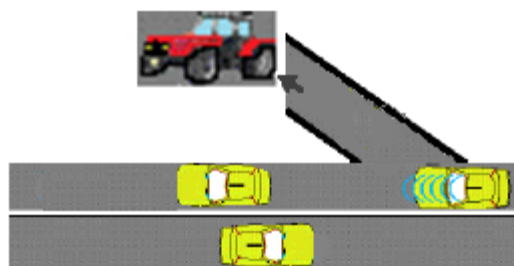
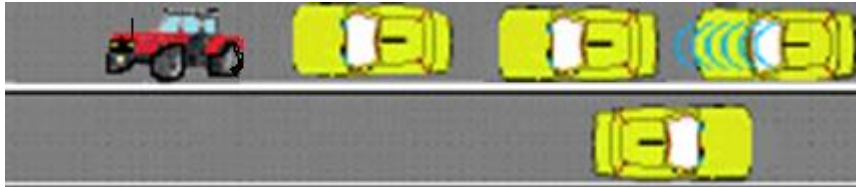


Figura 73 - Termine segnalazione veicolo lento fonte: nostra rappresentazione

Quando in zona arriverà un veicolo, dotato di tecnologia per comunicare V2V, che non rileverà più la presenza del trattore invierà un DENM di negazione. Terminando di fatto la propagazione del messaggio DENM inerente la presenza del veicolo lento, generato dal veicolo che lo aveva superato. Se invece fosse il veicolo che lo aveva segnalato inizialmente a non rilevare più la presenza del trattore in quella zona, il DENM inviato sarebbe di cancellazione e non di negazione.

Finiamo con un esempio di DENM aggiornamento:



Il trattore ha creato una coda dietro di sé, il veicolo che lo aveva segnalato, fermatosi a fare una compera lo ritrova ed invia un DENM d'aggiornamento in cui si aggiunge al DENM precedente la presenza di veicoli incolonnati: Traffic jam ahead warning DENM. Gli altri veicoli, da descrizione di DENM aggiornamento, non avrebbero potuto farlo quindi se non si fosse ritrovato in loco la V C-ITS station del DENM iniziale (pensiamo noi) avrebbero dovuto negare il DENM di veicolo lento ed emetterne un DENM di Traffic jam ahead. I veicoli agricoli come il trattore saranno gli ultimi ad avere integrate a bordo questi dispositivi perché sono impiegati prettamente nei campi ma poco in strada.

- ❖ Questi esempi ci fanno sorgere la domanda su come decide di effettuare un sorpasso, un veicolo guidato dal sistema? Non sapendo se esisterà una modalità preselezionabile che definisca lo stile di guida. Tramite i propri sensori ed i messaggi CA e DEN se è connesso, con gli altri veicoli e con l'infrastruttura digitale, il veicolo rileva se nella direzione opposta stanno sopraggiungendo veicoli e a quale distanza si trova il veicolo che si intende superare. Se non vi sono veicoli provenienti nella direzione opposta entro una determinata distanza (che dipenderà: dalla distanza e dalla differenza di velocità, tra il veicolo guidato dal sistema e quello da superare, e dallo spazio entro cui riescono ad investigare i sensori), se non vi è un veicolo posto posteriormente che stia già effettuando un sorpasso e se in quell'arco stradale la segnaletica non vieta il sorpasso, ed a meno che il sistema valuti che per effettuare il sorpasso serve superare la velocità limite consentita in quel tratto di strada, allora eseguirà il sorpasso.

Lo stato di un DENM indica se allo stato attuale è: attivo, negato o cancellato.

Nel caso il veicolo che ha generato il DENM abbia un guasto e non riesce più a procedere con la comunicazione interviene il keep-alive forwarding (KAF) di un altro veicolo, che trasmetterà lui il messaggio in vece del veicolo originario. Il KAF tiene ricordo dei DENM ricevuti ed è in grado di ritrasmetterli. Li ritrasmette se necessario ma non nel caso in cui sia passata la validity duration o se il DENM sia stato negato o cancellato o ancora se sia fuori dall'area di rilevanza.

Così come abbiamo visto per i CAM anche per i DENM sono presenti: l'ITS-Application Identifier (ITS-AID) ad indicare il tipo di permesso che la C-ITS station possiede ed il Service Specific Permissions (SSP). L'SSP è composto da quattro ottetti di cui, ad eccezione del primo (cioè l'ottetto zero) che è utilizzato per il controllo della versione in uso, in base al bit significativo viene identificato uno dei codici evento. Ovvero per quale motivo il DENM è stato trasmesso. Questi codici sono riproposti nel contenitore chiamato situation (che evidenziamo tramite le prossime tabelle).



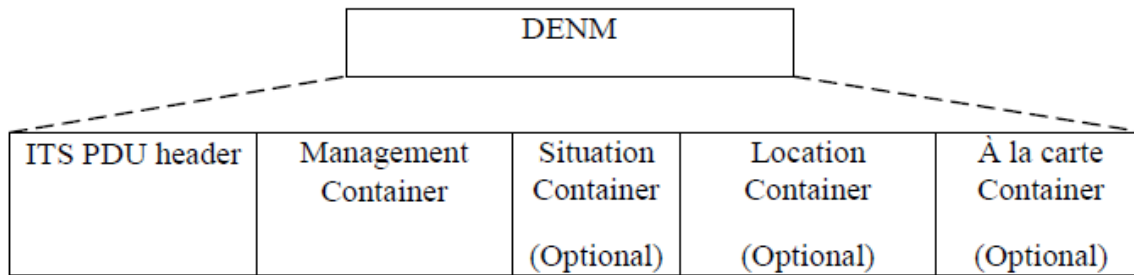


Figura 74 - Struttura dei DENM fonte: ETSI EN 302 637-3 v1.2.2

I) L'ITS ProtocolDataUnit contiene il protocollo in uso e l'identificativo (ID) della stazione;

II) Il management container contiene informazioni inerenti il protocollo DENM e la gestione del DENM e deve includere: actionID, detectionTime, referenceTime, relevanceDistance, relevanceTrafficDirection, repetitionDuration, transmissionInterval.

III) Il situation container contiene informazioni inerenti il tipo di evento e deve includere la descrizione del tipo di evento, la causa diretta dell'evento e l'eventuali cause secondarie. Deve includere traces DataFrame ed essere possibile includere anche: eventSpeed, eventPositionHeading, e roadType DataElement.

IV) Il location container contiene informazioni inerenti la zona (location). Deve contenere: lanePosition, impactReduction che contiene le informazioni dettagliate sul veicolo necessarie per mitigare le conseguenze della collisione, externalTemperature, roadWorks, positioningSolution e stationaryVehicle.

V) A la carte container contiene informazioni aggiuntive, non presenti negli altri contenitori.

L'ITS PDU Header deve essere utilizzato per incapsulare il payload nella costruzione del messaggio.

Codice della descrizione della causa diretta	Codice della causa diretta	Codice della sub causa	Descrizione della sub causa
Condizione del traffico	1	0	Non disponibile
		1	Specificato nella TISA TAWG11071
		2	Traffico cresce lentamente
		3	Traffico cresce
		4	Traffico cresce fortemente
		5	Traffico stazionario
		6	Traffico decresce lentamente
		7	Traffico decresce
		8	Traffico decresce fortemente

incidente	2	0	indisponibile
		1---7	Specificato nella, TISA TAWG11071
		8	e-call

Lavori stradali	3	0	indisponibile
		1---3	Specificato nella, TISA TAWG11071
		4	Stazionamento di breve durata
		5	Pulizia strade
		6	Spazza neve / spargisale

Avverse condizione meteo	6	0	indisponibile
		1---10	Specificato nella, TISA TAWG11071
Condizione della superficie	9	0	indisponibile
		1---9	Specificato nella, TISA TAWG11071
Ostacolo sulla strada	10	0	indisponibile
		1---7	Specificato nella, TISA TAWG11071
Animale sulla strada	11	0	indisponibile
		1---4	Specificato nella, TISA TAWG11071
Persona sulla strada	12	0	indisponibile
		1---3	Specificato nella, TISA TAWG11071

contromano	14	0	indisponibile
		1	Direzione sbagliata
		2	Corsia sbagliata
Recupero e ricovero	15	0	indisponibile
		1---5	Specificato nella, TISA TAWG11071
Condizioni meteo estreme	17	0	indisponibile
		1---6	Specificato nella, TISA TAWG11071

visibilità	18	0	indisponibile
		1---8	Specificato nella, TISA TAWG11071
precipitazioni	19	0	indisponibile
		1---3	Specificato nella, TISA TAWG11071
Veicolo lento	26	0	indisponibile
		1---8	Specificato nella, TISA TAWG11071
Pericolo dovuto alla fine della coda	27	0	indisponibile
		1---4	TISA TAWG11071

Rottura del veicolo	91	0	Non disponibile
		1	Carburante esaurito
		2	Batteria scarica
		3	Problema al motore
		4	Problema alla trasmissione
		5	Problema col raffreddamento del motore
		6	Problema allo sterzo
		7	Problema ai freni
8	Foratura del pneumatico		

Dopo l'impatto	92	0	indisponibile
		1	Senza invio di una e-call
		2	Con invio di e-call manuale
		3	Con invio di e-call automatica
Problema della persona	93	4	e-call senza campo per trasmetterla
		0	Non conosciuto
		1	glicemia
		2	Problema di cuore

Veicolo fermo	94	0	indisponibile
		1	Problema alla persona/e
		2	Rottura veicolo
		3	Fermo dopo un impatto
		4	Trasporto pubblico fermo
		5	Trasporto di materie pericolose

Veicolo d'emergenza	95	0	indisponibile
		1	Veicolo d'emergenza
		2	Veicolo prioritizzato

Curve pericolose	96	0	indisponibile
		1	Curva pericolosa verso sinistra
		2	Curva pericolosa verso destra
		3	Curve multiple senza specifica dell'orientamento della prima di esse
		4	Curve multiple di cui la prima verso sinistra
		5	Curve multiple di cui la prima verso destra

Rischio di collisione	97	0	indisponibile
		1	Collisione longitudinale
		2	collisione
		3	Collisione laterale
		4	Collisione con utenti deboli della strada

Violazione di segnale	98	0	indisponibile
		1	Violazione segnale di STOP
		2	Violazione indicazione semaforo
		3	Violazione svolta

Tabella 4 - Elenco dei 24 codici fonte: ETSI EN 302 637-3 V1.2.2

Situazione pericolosa	99	0	Non disponibile
		1	Luce dei freni d'emergenza
		2	Attivazione del sistema pre impatto
		3	Attivazione del sistema ESP
		4	Attivazione ABS
		5	Attivazione del freno d'emergenza automatico,AEB
		6	Avvertimento frenata attivato
		7	Avvertimento Rischio collisione attivato

Protocollo generale operazioni:

DENM generazione:

- 1- per procedere controlla che la durata di validità del messaggio non sia stata superata altrimenti notifica l'errore;
- 2- assegna un ID non ancora usato;
- 3- costruisci il DENM;
- 4- passa il DENM al network C-ITS e impostalo su attivo;
- 5- avvia o riavvia i timer della durata di validità, della ripetizione e della durata di ripetizione;
- 6- invia il il DENM.

DENM terminazione:

- 1- per procedere controlla che la durata di validità del messaggio non sia stata superata, altrimenti notifica l'errore;
- 2- imposta il reference time;
- 3- ferma i timer della durata di validità, della ripetizione e della durata di ripetizione;
- 4- costruisci il DENM;
- 5- passa il DENM al C-ITS network;
- 6- per negare settare il codice su 0 mentre per cancellare settarlo su 1;
- 7- avvia o riavvia i timer della durata di validità, della ripetizione e della durata di ripetizione.

Nonostante i messaggi CA e DEN siano stati quelli più nominati durante la trattazione, analizziamo anche i rimanenti nei successivi capitoli. Lo facciamo con la ETSI TS 103 301 V1.1.1. ([https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/103300\\_103399/103301/01.01.01\\_60/ts\\_103301v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103301/01.01.01_60/ts_103301v010101p.pdf))

### 3.5.3 Traffic Light Maneuver (TLM) service.

E' un servizio dell'infrastruttura (I2V e I2I) per gestire la generazione, la trasmissione (attraverso il Networking & Transport Layer) e la ricezione di messaggi SPATE(M) [signal Phase And Timing Extended (Message)]. L'obiettivo è quello di attraversare una cosiddetta "area di conflitto" dell'intersezione in modo controllato. Il servizio TLM informa in tempo reale sugli stati operativi del semaforo, sullo stato attuale del segnale, sul tempo residuo dello stato prima di passare allo stato successivo, sulle manovre consentite e fornisce assistenza per l'attraversamento in sicurezza. Inoltre, il servizio TLM prevede informazioni sulla onda di verde e sulla definizione delle priorità fornita al trasporto pubblico.

La diffusione di messaggi SPATE può avvenire a corto raggio con ITS-G5 o a lungo raggio attraverso l'uso della rete cellulare. Per il corto raggio sono da garantire: l'Integrità dei dati, l'autenticazione della stazione d'origine, mentre la riservatezza dei dati non è necessaria essendo un (L2X). Per il lungo raggio sono richiesti la riservatezza dei dati e l'autenticazione della fonte mentre l'integrità dei dati non è disponibile. Con una distanza di trasmissione fino a 400 m, una risposta entro i 100 ms ed un'elevata resilienza (ovvero la trasmissione ripetuta dello stesso messaggio). La durata media intorno ai 255 secondi (impostazione predefinita).

Per motivi di sicurezza contro l'uso improprio delle chiavi di certificazione, anche per installazioni fisse, sono necessarie modifiche ad intervalli regolari. Infatti la validità del certificato è di 2 mesi (valore predefinito) e dello pseudonimo della stazione è di 1 mese (valore predefinito).

Il service specific permissions (SSP) del TLM è composto da due ottetti, di cui l'ottetto zero è inerente al controllo della versione e l'ottetto uno specifica il servizio. Di questo ottetto uno, solo i bit in posizione: 0, 1, 2, 3, 4 sono utilizzati. Di seguito sono riportati i codici macchina relativi al primo ottetto per le posizioni occupate.

{SPATEM.spat.intersections.**IntersectionState** }

{SPATEM.spat.intersections.**IntersectionState.status**}

{SPATEM.spat.intersections.**IntersectionState.states.MovementState.statetimespeed.MovementEvent.speeds.AdvisorySpeed**}

{SPATEM.spat.intersections.**IntersectionState.regional.SEQUENCE.regExtValue.IntersectionState-aggGrpC.activePrioritizations**}

{SPATEM.spat.intersections.**IntersectionState.states.MovementState.maneuverAssistList**}



Figura 75 - ottetto 1 del SPP del TLM ETSI EN 103 301 v 1.1.1

La differenza tra il bit in posizione 0 e il bit in posizione 1 è che nel secondo viene fornita l'informazione sullo stato del semaforo.

### 3.5.4 Road and Lane Topology (RLT) service

È un servizio dell'infrastruttura per gestire: la generazione, la trasmissione e la ricezione di una mappa topologica digitale. Quest'ultima definisce le caratteristiche di un'area infrastrutturale includendo la topologia delle corsie ad esempio di quella percorsa dai veicoli, dalle biciclette e dai mezzi pubblici, dei parcheggi, dei percorsi per gli attraversamenti pedonali. A cui aggiunge, le linee per definire le manovre consentite all'interno della intersezione o del tratto stradale.

Il servizio RLT utilizza messaggi MAPExtended che rappresentano la topologia-geometria di una serie di corsie. Sono messaggi che non cambiano spesso nel tempo, quindi viene ritrasmesso continuamente, uguale

a sè stesso, a meno che l'applicazione non indichi di trasmetterne uno nuovo a causa di lavori sulla carreggiata o per la chiusura di una corsia o di un intero arco stradale.

Uguale come per gli SPATEM, anche i MAPEM, possono essere diffusi a corto raggio con ITS-G5 o a lungo raggio attraverso l'uso della rete cellulare. Per il corto raggio sono da garantire l'Integrità dei dati e l'autenticazione della stazione d'origine, mentre la riservatezza dei dati non è necessaria. Per il lungo raggio sono richieste la riservatezza dei dati e l'autenticazione della fonte mentre l'integrità dei dati non è disponibile. La distanza di trasmissione sempre 400 m, la risposta entro 100 ms e la necessità dell'elevata resilienza. Per motivi di sicurezza contro l'uso improprio delle chiavi di certificazione, rinnovo del certificato ogni 2 mesi e dello pseudonimo della stazione ogni mese (entrambi i valori, di default).

Il service specific permissions (SSP) dell'IVI è composto da due ottetti, di cui l'ottetto zero è inerente al controllo della versione e l'ottetto uno specifica il servizio. Di questo ottetto uno, solo i bit in posizione: 0, 1, 2 sono utilizzati. Rispettivamente per definire che l'RLT è controllata da un semaforo senza limite di velocità, è controllata senza utilizzare un semaforo, ha inclusi i limiti di velocità.

### 3.5.5 Infrastructure to Vehicle Information (IVI) service

È un servizio dell'infrastruttura per gestire: la generazione, la trasmissione e la ricezione dei messaggi IVI. Un IVIM supporta la segnaletica stradale obbligatoria e quella informativa, quale è l'avviso di lavori in corso. L'IVIM fornisce informazioni su segnali stradali fisici statici o a messaggio variabile, o segnali virtuali. L'Invio può essere soggetto a condizione, esempio nel caso di scarsa visibilità, di terreno sdrucchiolevole oppure essere trasmesso solo in alcune ore del giorno (come all'albeggiare o al tramonto quando la luce può disorientare il guidatore, e quindi un IVIM potrebbe avvertire il guidatore al mantenimento della concentrazione). Il servizio IVI interromperà automaticamente la ripetizione della trasmissione IVIM al termine dell'intervallo di ripetizione, con la cancellazione da parte dell'infrastruttura che lo ha originato, oppure per la negazione del servizio da parte di altre autorità stradali.

Il service specific permissions (SSP) dell'IVI è composto da cinque ottetti, di cui l'ottetto zero (come era anche per quello di IVI, TLM, CAM e DENM) è inerente al controllo della versione, gli ottetti dal primo al terzo sono designati all'identificazione del fornitore dei servizi per il quale la R C-ITS station è autorizzata a trasmettere, gli ottetti quattro e cinque ne definiscono i servizi. Nello specifico:

```
{IVIM.ivi.optional.gic.GicPart.roadSignCodes.RSCode.code.iso14823.pictogramCode.serviceCategoryCode.trafficSignPictogram./informative/regulatory/danger warning }
```

dell'ottetto quattro con bit in posizione : 3 /2/1.

```
{IVIM.ivi.optional.gic.GicPart.roadSignCodes.RSCode.code.iso14823.pictogramCode.serviceCategoryCode.publicFacilitiesPictogram}
```

dell'ottetto quattro con bit position 4

```
{IVIM.ivi.optional.gic.GicPart.roadSignCodes.RSCode.code.iso14823.pictogramCode.serviceCategoryCode.ambientOrRoadConditionPictogram./ambientCondition/ roadCondition }
```

dell'ottetto quattro con bit position : 5/6

```
{IVIM.ivi.optional.gic.GicPart.roadSignCodes.RSCode.code.viennaConvention}
```

dell'ottetto quattro con bit position 0





Figura 76 - Associazione delle informazioni ai vari bit del quarto ottetto fonte: ETSI TS 103 301 v 1.1.1

Mentre per quanto riguarda il quinto ottetto:

{IVIM.ivim.optional./gic.GicPart.laneStatus/rcc/tc/lac }

dell’ottetto cinque con bit position /0/1/2/3

rcc : road configuratuon container tc : text container lac : layout container

{IVIM.ivim.mandatory.ivimStatus}

dell’ottetto cinque con bit position 4



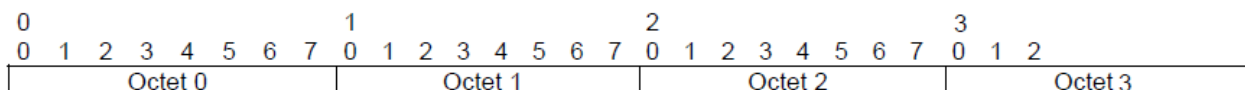
Figura 77 - Bit del quinto ottetto fonte: ETSI TS 103 301 v 1.1.1

I bit: cinque, sei del quinto ottetto ed il settimo di entrambi gli ottetti, non sono al momento assegnati.

### 3.5.6 Traffic Light Control (TLC) service

E’ un servizio dell’infrastruttura per gestire: la generazione, la trasmissione e la ricezione dei messaggi SRE(M) e SSE(M). Nell’attraversare un’infrastruttura dotata di semafori, il servizio TLC dà la priorità al trasporto pubblico e ai veicoli di pubblica sicurezza (ambulanze, vigili del fuoco, forze dell’ordine). Lo SREM corrispondente viene inviato dalla V C- ITS station del veicolo richiedente, all’infrastruttura che ha in gestione il traffico, nella parte attraversata, ad esempio: le R C-ITS stations o il TLC o/e il TMC. La richiesta inviata può riguardare un segnale di priorità del semaforo (trasporto pubblico), un segnale prelazione (pubblica sicurezza). Per un incrocio ma anche per una sequenza di semafori lungo un percorso definito. In risposta alla richiesta, l’infrastruttura consegna un SSEM. La risposta SSEM sarà generata dal TrafficLightController (TLC) attraverso le RSUs oppure, se la richiesta SREM è stata inoltrata dal TLC al TMC, dal TMC e distribuita tramite le R C-ITS station del TLC corrispondente. Notificando se la richiesta è stata accolta, annullata o modificata a seguito di una richiesta di priorità più rilevante (ad esempio un’ambulanza o la polizia). Il SignalStatusExtendedMessage viene trasmesso dalle RSUs come risposta al SignalRequestExtendedMessage.

Per quanto riguarda il SREM, l’SPP ha quattro ottetti di cui tre, con le loro combinazioni di bit più significativi definiscono le categorie di veicoli.



<b>Primo ottetto</b>	
<b>Indicazione</b>	<b>Posizione Bit</b>
{SREM.srm.requests} {SREM.srm.requestor.type.role.}	0
Trasporto pubblico	1
Trasporto speciale	2
Merce pericolosa	3
Lavori stradali	4
Carro attrezzi	5
Emergenza	6
Veicolo di scorta	7

Le categorie sono come quelle dell'ottetto dei CAM ad eccezione del bit in posizione zero.

<b>Secondo ottetto</b>	
<b>Indicazione</b>	<b>Posizione Bit</b>
Camion	0
Motocicletta	1
Polizia	2
Vigili del fuoco	3
Ambulanza	4
Puntuale	5
Transito	6
Veicolo lento	7

<b>Terzo ottetto</b>	
<b>Indicazione</b>	<b>Posizione Bit</b>
Ciclista	0
Pedone	1
Militare	2

Per quanto riguarda il SSEM :

c'è solamente {SSEM} ottetto 1 bit in posizione 0

riassumendo le definizioni usate:

SPATEM	i servizi corrispondenti sono:	Traffic Light Maneuver
MAPEM		Road and Lane Topology
IVI		Infrastructure to Vehicle Information
SREM/SSEM		Traffic Light Control

L'Infrastruttura deve essere in grado di ricevere, generare e trasmettere messaggi DEN. Basati sui dati ricevuti dal traffic light controller (TLC) o/e dal traffic warning trailer o/e dal TrafficMangementCenter (TMC) o/e da altre stazioni C-ITS in collegamento con il TMC. Deve essere anche in grado di ricevere, generare e trasmettere messaggi CA.

Abbiamo a questo punto terminato l'analisi, sia dell'architettura di una rete C-ITS, sia dei messaggi che possono essere scambiati tra le stazioni (CA, DEN, IVIs, SPATEs, MAPEs, SREs, SSEs). Non rimane che affrontare il tema, lasciato in sospeso dall'inizio del capitolo, di vedere i servizi day 1 uno ad uno nel capitolo dedicato. A cui giungeremo per step successivi: dai servizi già in vigore, a quelli di prossima introduzione nel mercato, per finire coi day 1.

## 3.6 Servizi ITS

### 3.6.1 La Lane Departure Warning System (LDWS)

È un sistema che assiste il guidatore, precisamente lo avverte quando il veicolo supera la linea di demarcazione della corsia. Quando il guidatore compie un'azione per ridirigere il veicolo all'interno della corsia, l'avviso si esaurisce (eventualmente per ripristinarsi con un ritorno del pneumatico oltre la linea bianca). Nella [67] viene descritta la LDWS e si descrive lo svolgimento della prova per verificarne il corretto funzionamento. L'applicazione deve funzionare almeno a partire dai 60 km/h, e quando viene disattivata dall'utente o non funziona, allora una luce gialla deve comparire per avvisare di questa inattività. L'avvertimento al guidatore deve essere di due tipologie, tra: ottico, acustico e tattile, e deve comunicare anche la direzione di deriva del veicolo. Il sistema non deve risentire delle influenze elettromagnetiche. Per quanto riguarda la prova, deve essere eseguita su di una pavimentazione: asciutta, piana, indifferentemente se in conglomerato bituminoso o in cemento e geometricamente costruita come prescritto dalle normative nazionali (del paese in cui si esegue il test). La pressione degli pneumatici deve essere quella indicata dal produttore del veicolo e la prova va eseguita con differenti condizioni di carico. Il baricentro del carico ed il gonfiaggio degli pneumatici sono variabili che insieme ad altre, tra cui la costante di rigidità degli ammortizzatori, la velocità del veicolo, la trazione (se: posteriore, anteriore o 4 ruote motrici) influenzano la deriva del veicolo, e quindi la variazione con cui il veicolo può oltrepassare la linea di demarcazione della corsia. Essendo un test non solo sulla capacità di rilevare il superamento della linea, ma anche sulla rapidità con cui questo superamento viene conseguito, si è riscontrata la necessità di far variare il carico del veicolo. In pratica il veicolo posto lungo la linea di separazione della corsia, procede fino ad una velocità di  $65 \pm 3$  km/h, dopo inizia gentilmente ad oscillare verso destra e poi verso sinistra. Il sistema deve avvertire il guidatore al massimo quando la parte esterna del pneumatico anteriore (più vicino alla linea) ha oltrepassato di 30 cm la linea. La regolamentazione europea impone anche un'altra tipologia di prova. È necessario che a veicolo acceso, se la LDWS viene spenta (comparirà il segnale di colore giallo), poi si spegne il veicolo e lo si riaccende. La prova è superata se la luce gialla non è presente. Perché è importante per la sicurezza, che ad ogni avvio del veicolo il sistema ritorni operativo. Potrebbe averlo disattivato un componente della famiglia, ma successivamente l'auto venga utilizzata da un'altra persona (che non conoscendo la LDWS non riconosce la spia gialla come segno di una sua inattività) che vorrebbe avere la garanzia in più (sulla sua sicurezza) datagli dalla LDWS, che invece in quel momento è spenta.

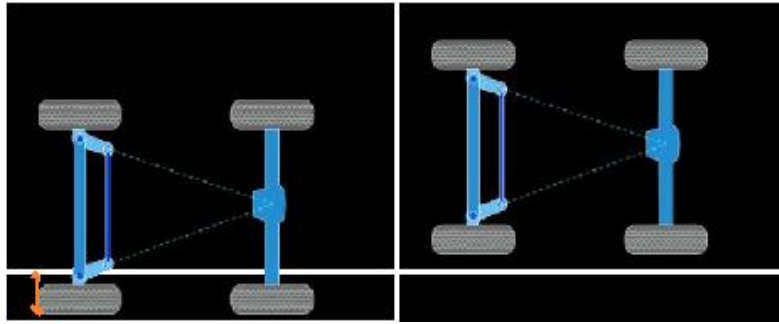


Figura 78 - Raffigurazione di un veicolo che oltrepassa la linea di demarcazione, se la distanza evidenziata in arancione è più di 30 cm, la LDWS deve emettere l'avviso fonte: sistema di sterzata tratto dalla dispensa L08-01, del corso di Tecnica ed economia de

### 3.6.2 E-Call

La chiamata di emergenza al 112, è un sistema di emergenza per generare e gestire la trasmissione della chiamata, ogni volta che avviene un incidente rilevato come grave dai sensori del veicolo oppure dal azionamento del comando manuale da parte del guidatore. La comunicazione è wireless e serve a trasmettere: la posizione del veicolo, l'orario a cui è partita la chiamata e i Minimum Set of Data (MSD). Viene aperto un canale audio tra il veicolo ed il Public Safety Answering Point (PSAP). Il PSAP è un luogo ove operatori pubblici o privati (se la loro organizzazione è stata riconosciuta dallo stato): ricevono le e-calls. Successivamente iniziano il colloquio con i passeggeri del veicolo per comprendere la situazione, fornire sostegno ed eventualmente far convergere sulla posizione (indicata nella e-call) un'ambulanza o qualch'altro veicolo di pubblica utilità (carro attrezzi, polizia, camion dei pompieri).

[68] articolo 4: "i produttori dei veicoli di classe M1 ed N1, devono dimostrare che i loro veicoli sono equipaggiati con il sistema e-call. Dalla regolamentazione [58] leggiamo che per veicoli di classe M s'intende i veicoli in generale per il trasporto delle persone, la specifica M1 intende che non vi possono essere persone in piedi. Per mezzi di classe N s'intende quelli adibiti al trasporto delle merci (vi è anche la classe O che sono i rimorchi), e la specifica N1 si riferisce a quelli che non oltrepassano la soglia di 3.5 tonnellate".

Articolo 5, paragrafo 6: "in caso il sistema abbia riscontrato un problema per cui non è in grado d'inviare la chiamata d'emergenza, il produttore deve garantire che i passeggeri siano avvisati". Abbiamo citato questo paragrafo perché nell'analizzare i veicoli a guida automatizzata ed autonoma, nascerà il dubbio su come debba comportarsi il veicolo dopo aver riscontrato un problema. Per la e-call si vede come il veicolo deve avvisare che vi è un problema, però non fornisce indicazioni su di una tempistica in cui è necessario risolvere il problema.

L'articolo 6 è incentrato sulla protezione dei dati e della privacy. Al paragrafo 3, è enunciato che i dati personali devono essere completamente cancellati, al più presto possibile, quando non sono più necessari per lo scopo per cui sono stati raccolti (ovvero per espletare la funzione di soccorso-assistenza al veicolo che ha lanciato la chiamata d'emergenza). Al paragrafo 4, si dice: "i produttori devono garantire che il sistema non sia tracciabile e non soggetto ad un continuo controllo". La verifica di quanto espresso nel paragrafo 4 è lasciata all'annesso VIII del [69], dove si recita: "dopo aver terminato la chiamata d'emergenza, lasciando l'e-call attiva, il PSAP prova a ricontattare il sistema del veicolo (da cui è partita la chiamata)". Non deve riuscirci per passare il test. Dopo 13 ore dalla e-call si controlla la memoria del 112-based e-call system e la si deve trovare vuota, altrimenti il test è fallito. Allo stesso modo, se vi sono nella memoria più di tre posizioni georeferenziate, il test è fallito. Al paragrafo 5 (a cui l'ultima considerazione sul fallimento del test, si riferisce) si dice: "il produttore deve garantire che nella memoria interna, i dati siano automaticamente e continuamente rimossi. Solo le ultime tre località in cui è stato il veicolo possono essere mantenute, perché necessarie a specificare la posizione corrente (quando parte la trasmissione verso un PSAP) e la direzione di viaggio". Ritornando all'annesso VIII (parte 4) vi è scritto l'obbligo di un'ulteriore prova, che consta nell'invio di una chiamata manuale mantenendo disabilitato il TPS (third part services). Terminata la chiamata si verifica

che all'interno della memoria del veicolo non vi siano file inerenti TPS. Al paragrafo 9 (con cui l'articolo 6 termina) viene richiesto al produttore del veicolo di fornire chiare e comprensive informazioni all'interno del manuale d'istruzioni, circa il processamento dei dati compiuto dalla e-call. Questo consiste nell'indicare: a) le basi legali su cui si basa il trattamento dei dati, b) che avviene di default, d) che è limitato alle situazioni di emergenza, e) i tipi di dati raccolti e processati, f) il tempo limite per cui sono trattenuti i dati, g) che non vi è un tracciamento del veicolo, i) la relazione con le parti terze (TPS). Riscontriamo in questo ultimo paragrafo: "il consenso informato, limitato allo scopo per cui si è richiesto e senza ambiguità di forma e contenuto". La norma (pensiamo noi) richiede il consenso, dato che la e-call può essere avviata manualmente. Questo fa sì che possa essere inoltrata in una situazione non di emergenza. Perché se avvenisse solo automaticamente quando i sensori rilevano una collisione grave, allora si attemperebbe all'articolo 23 paragrafo 2.c, della [55] circa la salute pubblica. Che come per i paragrafi 2, punti d) prevenzione dei crimini, e) salute pubblica e sicurezza sociale, di cui faremo "uso" nel trattamento dei dati personali durante le trasmissioni tra veicoli, consente di rilasciare al soggetto (proprietario dei dati personali, trasmessi) quelle informazioni ristrette già citate e di non aver necessità del consenso da parte del soggetto. In merito alla salute pubblica: "è una motivazione legale che può essere utilizzata solamente in una situazione di emergenza attuale e non in una probabile emergenza futura ..." [56].

Nel sopra citato [69] si trovano le indicazioni su come eseguire i test della e-call. Nell'annesso I si valuta la resistenza all'impatto, ovvero si simula l'incidente e si verifica che inviando una chiamata in modalità manuale, il PSAP di test riscontri una posizione con errore al massimo di 150 m (rispetto a quella del veicolo testato, che è nota), un tempo che si discosti al massimo di 60 secondi (rispetto a quello in cui è stata inviata la e-call) e che siano presenti gli MSD. La prova avviene ad una temperatura di  $20\text{ °C} \pm 10$ , con una variazione durante la prova al massimo di 70 km/h, e per simulare l'urto si esegue un'accelerazione seguita da una decelerazione (nell'annesso si trova il grafico con i valori, definito: maximum and minimum curve of the test pulse).

Nell'annesso II, viene richiesta la verifica che sia partita la chiamata automatica (dopo la forte decelerazione con cui si è simulato l'urto) e come per quella manuale, che il tempo e la posizione restino entro i limiti. Se la chiamata automatica non è partita, i tecnici controlleranno nella memoria del veicolo se è presente una traccia di essa (e dunque il problema è tecnico) oppure se non vi è traccia (ed il problema potrebbe anche essere di progettazione). In caso la chiamata automatica non è stata trasmessa serve ripetere la prova una seconda volta e se ancora non viene trasmessa allora il test è fallito.

Nell'annesso III si valuta la robustezza del segnale audio a seguito della simulazione dell'urto. Un ingegnere nell'abitacolo (near-end tester) ed uno nel PSAP di test (far-end tester) comunicano delle frasi predefinite tra loro, il primo sceglie arbitrariamente una frase tra quelle proposte nell'annesso stesso mentre l'altro deve utilizzare la risposta corrispondente. La prova è superata se il canale audio funziona, che significa che ambo i tester sono riusciti sia a trasmettere che a ricevere. Le frasi di prova ci sono in otto lingue, ne presentiamo una tra quelle in italiano. Domanda: "Questo tormento durerà ancora qualche ora. Forse un giorno poi tutto finirà e tu potrai tornare a casa nella tua terra", che prevede come risposta "Lucio era certo che sarebbe diventato una persona importante, un uomo politico o magari un ministro, aveva a cuore il bene della società". Nell'annesso VI sono presenti i requisiti che deve soddisfare il GNSS. Deve essere in grado di ricevere e processare almeno due sistemi di navigazione satellitare. Deve poter fornire le informazioni in coordinate WGS-84. L'errore della posizione orizzontale non deve eccedere i 15 m a cielo aperto e i 40 m se in ambito urbanizzato. Infine dopo un blocco di 60 secondi deve essere capace di riacquisire il segnale entro 20 secondi. Il ricevitore deve essere in grado di ottenere una posizione ogni secondo.

Con la [70] viene emendata la regolamentazione [58]. All'articolo 4, paragrafo 5: si inizia ad introdurre il concetto di protezione contro l'uso non autorizzato, inclusi i ciber attacchi. Nel paragrafo 6 del medesimo articolo viene posta l'attenzione per giungere ad un alto livello di protezione degli occupanti del veicolo e

degli utenti deboli della strada (VRU). L'altro importante articolo è il numero 6. Articolo che al paragrafo 1 elenca i dispositivi avanzati che devono essere installati sui veicoli: (a) intelligent speed assistance, (b) alcohol interlock installation facilitation, (c) driver drowsiness and attention warning, (d) advanced driver distraction warning, (e) emergency stop signal, (f) reversing detection, (g) event data recorder.

Questi sistemi avanzati sono descritti nella proposta della Commissione Europea, denominata [59]. Esaminiamo dunque questa proposta di legge, dato che alcune di queste funzionalità come: l'emergency stop signal, l'event data record ed i sistemi di controllo dell'attenzione del guidatore sono funzionali allo sviluppo dei veicoli a guida automatizzata ed autonoma.

### 3.6.3 Ulteriori ITS

- Intelligent speed assistance: per assistere il conducente nell'osservazione della velocità adeguata per l'ambiente stradale che sta percorrendo, attraverso la variazione dell'acceleratore. La velocità limite viene ricevuta tramite l'osservazione dei segnali con i sensori del veicolo oppure grazie alla mappa digitale.

- Driver drowsiness and attention warning: un sistema che valuta la vigilanza del guidatore attraverso l'analisi dei sistemi del veicolo, e avvisa il conducente se necessario.

- Advanced driver distraction warning: un sistema d'avvertimento del guidatore quand'egli è distratto, oppure gli invia un suggerimento per evitare che si distraiga quando il sistema sta rilevando un calo della concentrazione.

- Emergency stop signal: funzione di segnalazione luminosa nella parte posteriore del veicolo atta ad indicare, agli altri utenti della strada, che su quel veicolo è in atto una forte azione frenante.

- Reversing detection: attraverso una fotocamera si riesce a rendere il conducente consapevole delle persone e degli oggetti nella parte posteriore del veicolo. Le immagini della videocamera sono mostrate in un monitor vicino alla posizione di guida. L'obiettivo è evitare collisioni durante la retromarcia.

- Emergency braking system: questo sistema è presente tra day 1 elencati dal C-ITS Platform (dunque lo ritroveremo anche tra poche pagine). E' un sistema che può automaticamente rilevare una potenziale collisione ed attivare automaticamente la frenata del veicolo. Attivazione che avviene all'ultimo momento possibile per far rallentare il veicolo senza collidere con l'oggetto-persona-animale (per cui si rende necessaria la frenata). Lo scopo è quello di evitare o mitigare una collisione.

- Emergency lane-keeping system: un sistema che assiste il conducente mantenendo una posizione sicura del veicolo, rispetto alla corsia o al confine stradale. E' definita d'emergenza perché violando la linea si rischia di essere colpiti da un veicolo. I sensori del veicolo dovranno essere in grado di registrare se un altro veicolo oltrepassa la linea di demarcazione ed a quel punto il sistema valuterà se vi è il rischio di collisione ed in quel caso se attivare la frenata d'emergenza.

- Tyre pressure system: i veicoli devono essere dotati di un accurato sistema di monitoraggio della pressione degli pneumatici, in grado di dare un avviso al conducente quando si verifica una perdita di pressione.

- Accident data recorder: un sistema progettato esclusivamente allo scopo di registrare e memorizzare, parametri critici relativi agli incidenti. La registrazione deve avvenire poco prima, durante ed immediatamente dopo, la collisione. Ovviamente non è dato sapere quando il veicolo sarà soggetto ad un incidente quindi il registratore in automatico inizia a registrare appena il veicolo è attivato, ma se non avviene un incidente non tiene memoria di quello che ha registrato in precedenza. Non deve essere in grado di registrare e memorizzare qualsiasi informazione che possa consentire l'identificazione del veicolo, del suo proprietario o del guidatore-passeggero. Deve essere in grado di registrare la velocità del veicolo, la posizione



ed inclinazione del veicolo sulla strada, lo stato dei freni e i parametri dei sistemi di sicurezza e prevenzione degli incidenti. E' necessario che non sia disattivabile, che funzione a ciclo chiuso, che i dati raccolti siano resi anonimi e protetti contro la manipolazione e l'uso improprio e che i dati siano disponibili solo alle autorità nazionali e solo al fine di studiare gli incidenti. I dati possono essere utilizzati solamente dalle autorità nazionali per scopi di ricerca e dalle forze dell'ordine per gli accertamenti d'indagine.

Tutti i sistemi elencati devono mostrare i loro output in modo semplice e comprensibile a tutte le tipologie di utenti.

Il Driver drowsiness and attention warning e l'Advanced driver distraction warning systems devono essere progettati in modo che i loro sistemi non registrano continuamente e che non conservino alcun dato diverso da ciò che è necessario in relazione a gli scopi per i quali sono stati raccolti. Inoltre, tali dati non devono essere accessibile o resi disponibili a terzi, e saranno immediatamente cancellati dopo l'elaborazione. Rispetto alla discussione sui dati personali fatta per i messaggi scambiati tra elementi dei C-ITS, qui i dati vengono raccolti per uno scopo ( funzionamento del sistema e successivamente, la riduzione degli incidenti stradali, che per il 90% dei casi sono causati da un errore umano), non vengono trasmessi ad altri (non nasce il problema di stabilire il consenso) e vengono cancellati (non presentando il problema di accessi illegittimi allo spazio dove sono immagazzinati).

### 3.7 Servizi (C-ITS) DAY 1

#### 3.7.1 Emergency electronic brake light

Serve a segnalare la frenata d'emergenza quindi con decelerazione maggiore di una frenata graduale, oltre ad avere una luce posteriore che si illumina vi è l'invio di un DENM. All'aumentare del livello di automatizzazione il DENM, oltre a trasmettere il segnale, il sistema dei veicoli che seguono porterà attivare una risposta adeguata: frenare, decelerare o sterzare in base a valutazioni circa, la posizione, la velocità del veicolo stesso e la distribuzione spaziale degli altri veicoli. Che potrebbero impedirgli di sterzare.

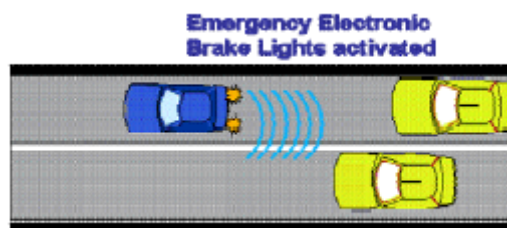


Figura 79 - Attivazione della frenata automatica d'emergenza, con trasmissione del DENM corrispondente fonte: ETSI TR 102 638-1

#### 3.7.2 Emergency Vehicle Approaching

Serve a far passare un veicolo che rientra nella categoria speciale. Il veicolo speciale invia DENM che servono a segnalare ai veicoli lungo la sua traiettoria di lasciargli spazio. All'aumentare del livello di automatizzazione il DENM non verrà solo trasmesso ma porterà, il sistema dei veicoli lungo la sua direzione di movimento, ad attivare una risposta: decelerare o sterzare, frenare nel caso stia per svoltare avendo la precedenza, ma si trova a dover lasciare strada al veicolo speciale. Dalla [71], tra le informazioni contenute nel messaggio ricevuto c'è il tipo di veicolo, importante per capire se è un veicolo di soccorso (identificato con il bit significativo in posizione 6, del primo ottetto sia per i CAM che per i SREM). In questo caso l'unità ricevente valuterà se tra le informazioni è segnalato lo stato di emergenza con sirene o lampeggianti. Nel qual caso

dovrà verificare che il veicolo d'emergenza sia sul suo percorso, nel senso che controllerà se la distanza da esso (diminuisce o cresce) e dalla sua velocità, se lo incontrerà lungo il percorso. Se questo confronto è positivo attenderà che il veicolo d'emergenza sia a 10 secondi da esso per spostarsi o arrestarsi, lasciandolo transitare.

## B.10 SireneInUse

Purpose	The data element describes the status of any sort of audible alarm system beside the horn. This includes various common sirens as well as backup up beepers and other slow speed manoeuvring alerts.
ASN.1 Representation	SireneInUse ::= SimpleSystemState
Notes	Derived from SAE J2735. Enumeration adapted to the general SimpleSystemState.

## B.13 ExteriorLights

scopo	[...]
ASN.1 Representation	<pre> ExteriorLights ::= BIT STRING {   allLightsOff (0),   lowBeamHeadlightsOn (1),   highBeamHeadlightsOn (2),   leftTurnSignalOn (4),   rightTurnSignalOn (8),   hazardSignalOn (12),   automaticLightControlOn (16),   daytimeRunningLightsOn (32),   fogLightOn (64),   parkingLightsOn (128) } </pre>

Figura 80 - Alcune delle informazioni trasmesse dal veicolo di emergenza fonte: ETSI TR 102 638-2

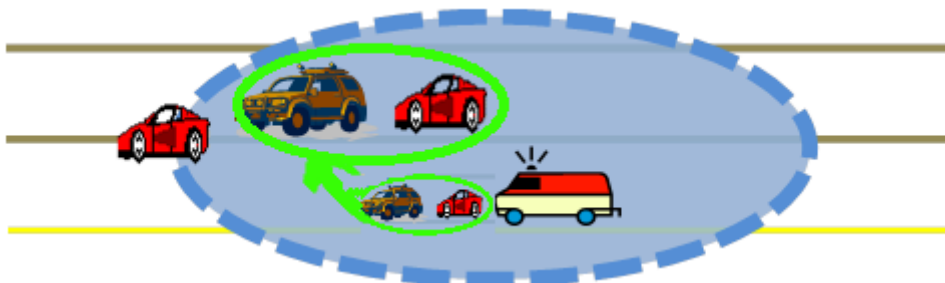


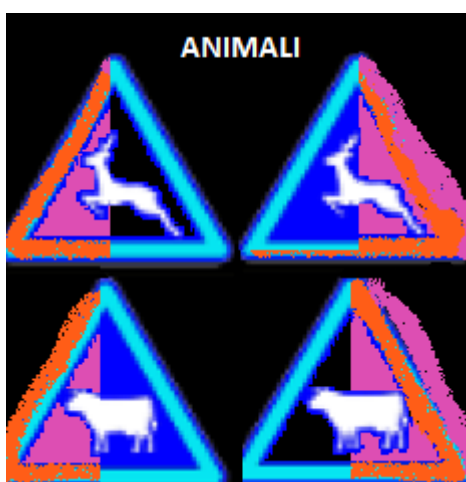
Figura 81 - Servizio d'avvertimento, per l'avvicinarsi di un veicolo d'emergenza fonte: preliminary draft revision of report ITU-R M.2228 (modificata)

### 3.7.3 Hazardous location notification

Invio di un DENM inerente la tipologia (se nota) e la localizzazione dell'oggetto pericoloso. All'aumentare del livello di automatizzazione il DENM non verrà solo trasmesso ma porterà, il sistema dei veicoli prossimi ad incontrare l'ostacolo, ad attivare una risposta di: frenatura, decelerazione-accelerazione o di sterzata. La presenza umana sulla strada può essere trasmessa direttamente dal veicolo stesso, ad esempio se un passeggero apre la portiera e scende dove non è consentito, oppure da altri veicoli che ne rilevano la presenza. Distinguere una persona da un altro ostacolo stradale è possibile perché muovendosi varia la sua posizione, mentre rispetto ad un animale la discriminante potrebbe essere l'altezza. Ovviamente dipende dalla precisione del sensore e dalla distanza a cui è il veicolo rilevante.



Figura 82 - Segnale di pericolo pedone sopra e aniamle sotto



Durante la trasmissione di un DENM inerente la sicurezza, i messaggi non legati ad essa non devono occupare spazio di comunicazione e risorse delle unità di processo. Data l'importanza dei servizi di sicurezza, se viene rilevato un malfunzionamento l'applicazione deve essere in automatico settata su "off". Facciamo degli esempi su come ci si potrebbe accorgere che l'applicazione non sta funzionando correttamente. Un caso può essere che ricevuto un DENM su di un oggetto fermo sulla corsia, una volta raggiunta la posizione l'oggetto non ci sia (senza aver ricevuto DENM di cancellazione o negazione del DENM precedente). Anche se potrebbe essere il veicolo che ha inviato il DENM, ad avere problemi con la trasmissione e non il veicolo ricevente. Un secondo caso è che si localizza un oggetto pericoloso visivamente (senza aver ricevuto un DENM) avendo registrato dei CAM, che testimoniano come vi erano veicoli in grado di comunicare il pericolo. Come il caso precedente rimane l'incertezza su quale applicazione abbia "sbagliato". In questo secondo caso, quella che non ha trasmesso o quella che non ha ricevuto?

Nel caso di messaggi simultanei, vi è una gerarchizzazione indicata dal C-ITS Platform (primari: I, II secondari: III, IV) ed una indicata dalla [72].

Tabella 5 - Road Hazardous Signalling (RHS) fonte: ETSI TS 101 539-1

Fasi precedenti la collisione	Livello di priorità	Frequenza di generazione
consapevolezza	2	100 ms - 1000 ms
avvertimento	1	100 ms
Situazione di preimpatto	0	100 ms

Oltre la priorità, la localizzazione e la tipologia di pericolo deve essere comunicata la distanza da esso, ed il tempo a cui è stato riscontrato. La posizione assoluta del pericolo stradale è ricavabile conoscendo la distanza tra esso ed il sensore del veicolo che lo ha rilevato (posizione relativa) e la localizzazione spaziale del veicolo. Quando è il veicolo stesso a inviare il DENM vi saranno, la posizione esatta e la tipologia corretta, ad esempio il caso di un veicolo bloccato per un problema al sistema sterzante. Per un veicolo pesante è importante indicare la merce trasportata perché quando è l'RSU a recepire il messaggio può ritrasmettere al centro di

gestione traffico, ed in caso di sostanza pericolosa può deviare il flusso veicolare dall'area dove c'è il veicolo pesante. Oltre che a trasmettere informazioni ai soccorsi, che in questo modo saranno a conoscenza di quale elemento trasporta. Si potrebbe ipotizzare per i veicoli trasportanti sostanze pericolose, che la tipologia di DENM in caso di incidente o di problema sia maggiormente dettagliata rispetto agli altri veicoli.



Figura 83 - Hazardous notification warnings fonte: ITU-R M.2445, 2018

Il cartello mostra che a 3.000 m un ostacolo pericoloso è stato rilevato (per i veicoli normali è solo visivo) mentre per quelli dotati di Probe vehicle data, il messaggio arriva sullo smartphone oppure sul HMI. Il messaggio alla RSU può arrivare da un radar lungo la strada, ad esempio se siamo ad un incrocio oppure in un punto che dai rilievi incidentali è considerato ad alta probabilità di incidente (e quindi è stato scelto di installarvi un road side sensor), oppure da DNEMs di veicoli che sono arrivati in prossimità della fonte di rischio.

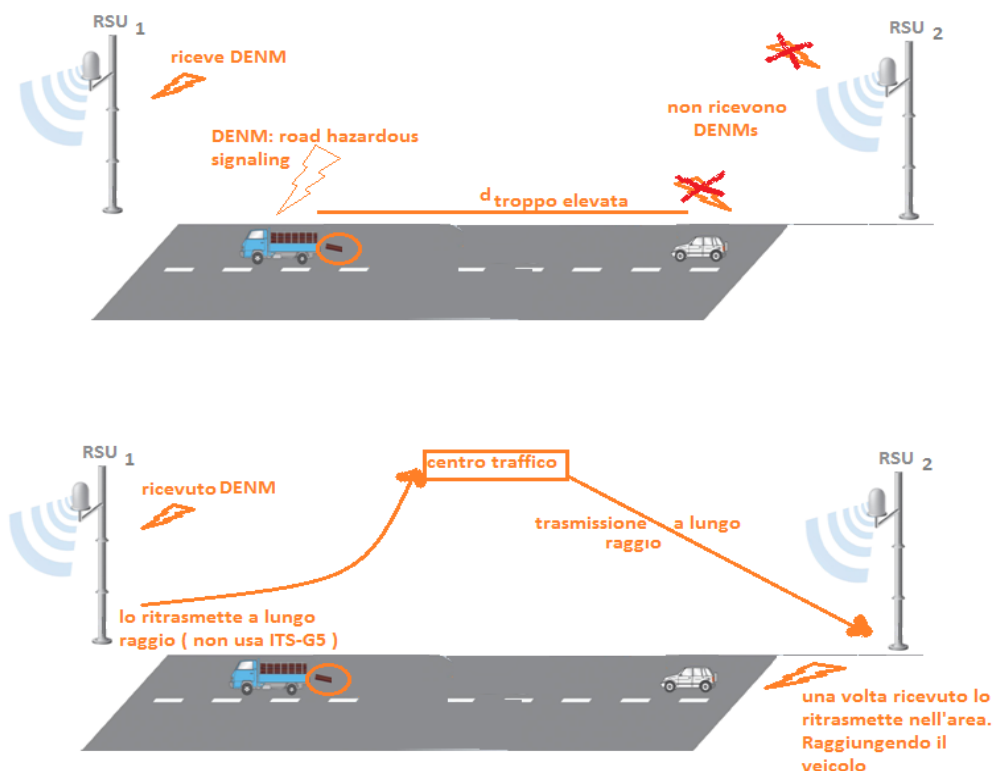


Figura 84 - Utilizzo delle RSUs per segnalare un oggetto pericoloso, nel caso non fosse possibile tramite V2V

I successivi cinque servizi sono parenti stretti della Hazardous location notification.

### 3.7.4 Traffic jam ahead warning

L'elaborazione di DENM inerenti una o più Emergency e di CAM inerenti una riduzione della velocità dei veicoli o di un loro arresto viene interpretato come una congestione. Se il veicolo ha installata il servizio-applicazione Traffic information & Smart route (day 1.5) potrà essere proposto un itinerario differente, altrimenti spetterà al guidatore decidere. Comunque sia, esso sarà più vigile e tenderà a ridurre la velocità.

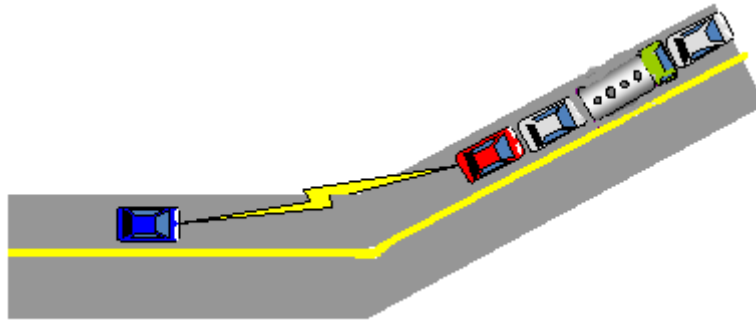


Figura 85 - Evitare un tamponamento grazie alla conoscenza della coda formatasi dietro la curva fonte: preliminary draft of the ITU-R M.2228

In curva il radar (di un veicolo a guida gestita dal sistema) potrebbe evidenziare un veicolo nell'altro senso di marcia, e pensando essere un veicolo davanti, aziona i freni inutilmente. Nei veicoli coordinati questo non avviene.

### 3.7.5 Road works warning

DENM inerente la localizzazione di un cantiere infrastrutturale. Nel caso poi, la strada o una corsia sono chiuse ed è presente il senso alternato con semaforo automatico, allora dal In-vehicle signage si leggeranno il limite di velocità e quali corsie sono inutilizzabili. Tramite il Traffic information & Smart routing sarà possibile conoscere con anticipo la durata dei cantieri e quindi essere a conoscenza se quando quel tronco stradale verrà attraversato, il cantiere sarà ancora oppure no.

### 3.7.6 Slow Stationary Vehicles

Il veicolo che analizzando il suo movimento (tramite i sensori di bordo o l'analisi dei CAM degli altri veicoli) definisce che sta procedendo lentamente invia un DENM. Nel caso il carro attrezzi lo rimuoverà o verrà riparato, un DENM di cancellazione verrà inviato.

### 3.7.7 Shockwave damping

Smorzamento delle onde di shock a seguito di acquisizione di variabili cinematiche del veicolo (attivazione del controllo elettrico della stabilità (ESC)) e dello stato di funzionamento di alcuni attuatori di bordo (fendinebbia, tergicristallo). Si sta così avvertendo chi segue e chi si incontra nella direzione opposta, che c'è una superficie sdruciolevole oppure pioggia o nebbia. Andando così a ridurre lo shock dovuto all'improvviso appalesarsi della suddetta situazione.

### 3.7.8 Wrong way driving

Nel caso il veicolo che sta guidando in senso contrario è connesso (comprende di esserlo tramite l'analisi dei CAM degli altri veicoli che incontra), invierà un DENM di avvertimento per gli altri veicoli. Trasmettendo la

sua posizione e la velocità con cui sta procedendo. Se il veicolo non è connesso o ha spento la trasmissione allora sono gli altri veicoli che incontrandolo e analizzando tramite i sensori di bordo che è in senso contrario, invieranno un DENM per avvertire i veicoli che lo incontreranno. Questi veicoli, una volta avvertiti, potranno prepararsi ad evitare il veicolo. E' importante che vi siano molti veicoli connessi perché così il veicolo che lo incontra è in grado di avvertire gli altri. Se fosse un veicolo definito normale avrebbe ben poche possibilità per avvisare. Il DENM trasmesso può mutare in avvertimento di veicolo stazionario se il veicolo contro mano si arresta, mentre nel caso non si muova più contro mano il segnale viene interrotto (cancellato dal veicolo stesso o negato da un altro veicolo). Nel caso uscisse di strada diverrebbe un avvertimento di oggetto pericoloso con possibile richiesta di soccorsi. Per riscontare il proprio senso di marcia contrario a quello regolare se non fosse un veicolo connesso, potrebbe utilizzare i sensori di bordo però l'efficacia è minore perché la distanza di rilevamento è molto minore. Se si è detto che i messaggi CA arrivano mediamente a 500 m, il radar montato sui veicoli ha una copertura di 100 -120 m. Comunque pensiamo dovrebbe già essere precedentemente partito un DENM quando il veicolo ha attraversato la linea bianca per invadere l'altra direzione di marcia. Per i mezzi non abilitati ad inviare DENM comunque sarà di serie la Lane Departure Warning System (capitolo 3.6.1), che segnalerà al guidatore che ha oltrepassato la linea di demarcazione della corsia e riporterà lo stesso in carreggiata.

### 3.7.9 Weather conditions

Invio di un DENM da parte del veicolo che sta attraversando una zona dove vi sono particolari condizioni meteorologiche, sto così avvertendo chi mi segue e chi incontro nella direzione opposta, che sta andando incontro a nebbia o pioggia o neve o anche sole abbagliante.



Figura 86 - Esempio di info grafica che potrebbe comparire sulla HMI fonte: nostra rappresentazione

### 3.7.10 In-vehicle speed limits

Le RSUs inviano informazioni circa i limiti di velocità, inerenti alla zona in cui sono installate.

### 3.7.11 In-vehicle signage

Le RSUs inviano informazioni sulle indicazioni fornite dai cartelli nella zona da loro coperta. Oppure sono i sensori del veicolo a riconoscere il cartello.



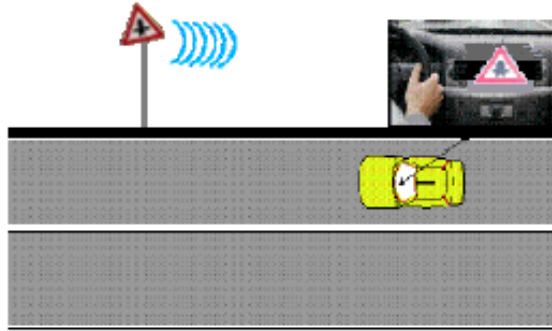


Figura 87 - Sul HMI del veicolo viene mostrato il segnale fisico che è a lato della strada, fonte: ETSI TR 102 638-1 (modificata)

### 3.7.12 Green light optimal speed advice (GLOSA)

La centralina installata sul semaforo invia ai veicoli informazioni inerenti il ciclo semaforico, ad esempio il tempo restante di verde.

### 3.7.13 Probe Vehicle Data

E' l'architettura generale, ovvero la possibilità di inviare e ricevere i messaggi CA e DEN, di cui tutti gli altri servizi necessitano per funzionare.

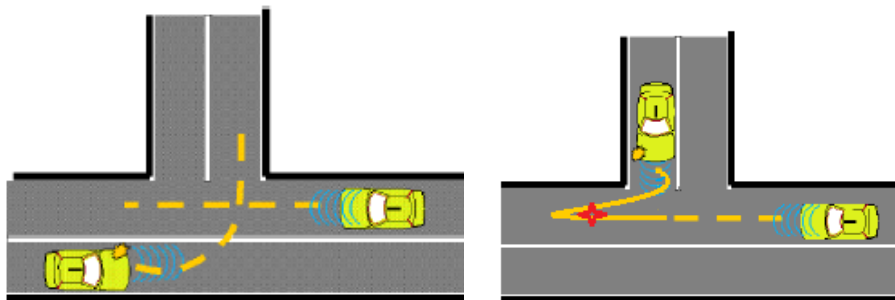


Figura 88 - Due esempi di come i messaggi CAM e DENM possono evitare situazioni pericolose fonte: ETSI TR 102 638-1

### 3.7.14 Traffic signal priority request by designated vehicles

Richiesta di verde da parte di un veicolo d'emergenza in servizio.

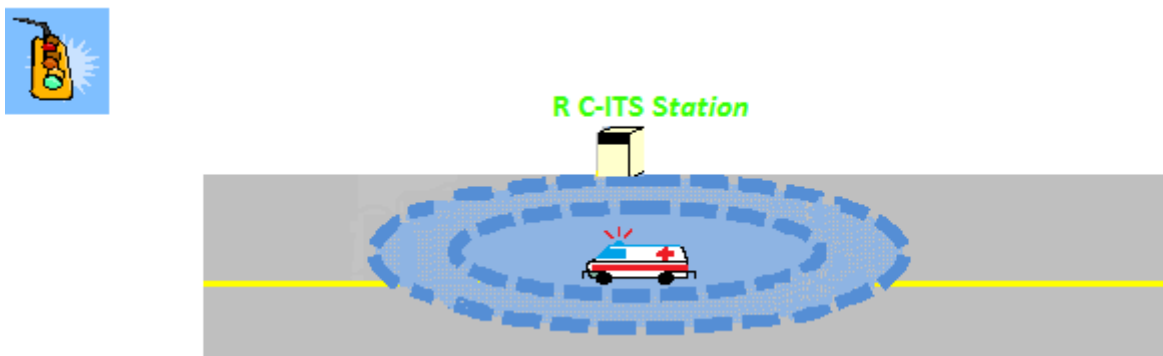


Figura 89 - Un'ambulanza prenota un passaggio col verde fonte: preliminary draft revision of report ITU-R M.2228

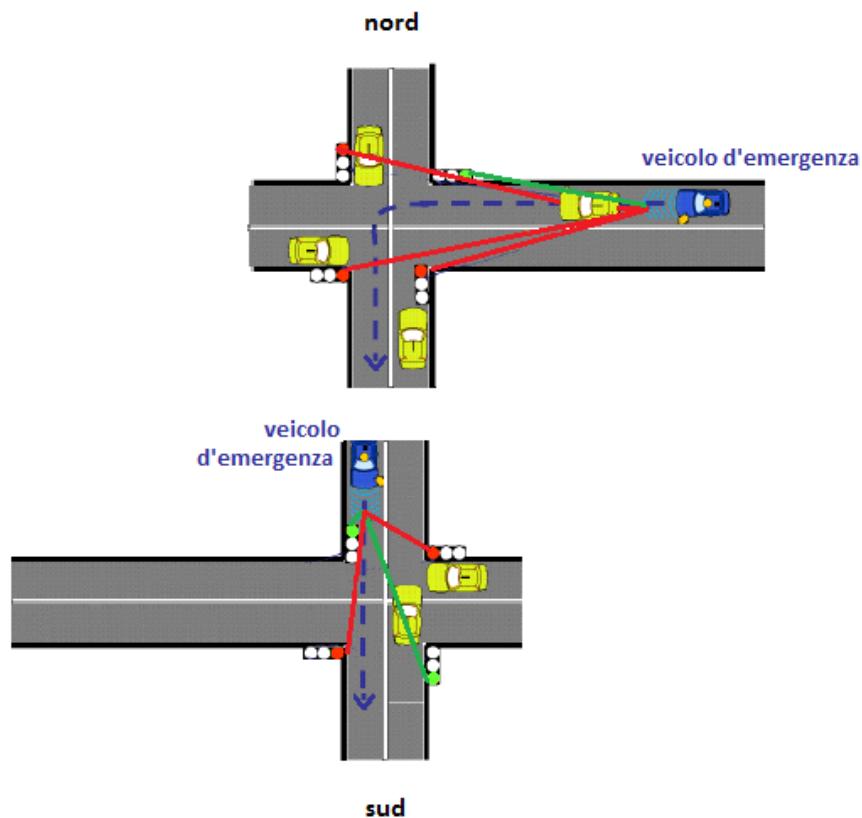


Figura 90 - Il veicolo di emergenza si crea una via preferenziale, attraverso più incroci fonte: nostra rappresentazione

Si vede come il veicolo d'emergenza al primo incrocio, dovendo svoltare verso sud imponga verde al semaforo a cui si sta approssimando e rosso agli altri. Nel successivo incrocio dovendo proseguire verso sud da verde al semaforo verso cui si sta approssimando, rosso ai due semafori (est ed ovest) mentre al restante semaforo (a sud) da il verde perché il veicolo non ha inserito la freccia per la svolta quindi proseguendo in direzione nord non s'interpone alla traiettoria del veicolo d'emergenza. Se non avesse inserito la freccia ma avesse comunque provato a svoltare ad ovest (intersecando la traiettoria del veicolo d'emergenza), dal punto di vista della sicurezza il messaggio CAM avrebbe riferito agli altri veicoli della posizione dello sterzo e nel caso fosse un veicolo LV 0, 1, 2 (senza C-ITS e quindi non generante messaggi CAM e DENM) sarebbe comunque stato individuato dai sensori come le telecamere e i radar del veicolo d'emergenza. Quindi dal punto di vista della sicurezza non ci sarebbero problemi ma dal punto di vista funzionale l'obiettivo di non ritardare l'operato del veicolo di soccorso verrebbe meno. Da ciò si evince come fino a che saranno presenti veicoli non in grado di cooperare con gli altri è necessario che i veicoli di emergenza diano verde al loro semaforo e rosso a tutti gli altri. Incrementando così la sicurezza ma riducendo la fluidità del flusso di traffico.

### 3.7.15 Signal violation

RSU invia un DENM per avvisare i veicoli prossimi al punto in cui è stata riscontrata l'infrazione che per l'appunto un veicolo ha violato le regole. Se il veicolo è abilitato ad inviare CAM e DENM, sarà anch'esso ad inviare la sua posizione, e nel caso anche un DENM sul rischio collisione.



Figura 91 - Veicolo che non ha rispettato un semaforo rosso fonte: ETSI TR 102 638-1

### 3.7.16 intersection safety

A seguito dell'analisi dei CAM dei veicoli prossimi o già nell'intersezione, è valutato se vi è il rischio di una collisione. Nell'intersezione può essere installata una R C-ITS station che recepisce, sì i CAM, ma anche le informazioni prese da telecamere ed altri sensori (esempio radar col quale non si ha una questione legata alla privacy delle immagini) eventualmente posti sull'intersezione stessa. In modo da valutare il possibile rischio di un incidente e segnalarlo tramite DENM ai veicoli coinvolti. Dall'Intersection safety, così come dal Emergency brake si evince l'importanza di avere più veicoli possibili connessi. Perché se nessuno dei veicoli coinvolti nella collisione sull'incrocio è connesso, allora non è possibile far recepire il messaggio. Per la frenata improvvisa è necessario che sia connesso il veicolo che frena altrimenti il DENM non parte, oppure parte per indicare che c'è un veicolo stazionario, da parte del veicolo che lo seguiva (se dotato della tecnologia necessaria).

In figura 92 si vede come anche per i vicoli non connessi, la RSU posizionata nell'intersezione possa essere utile. Infatti con delle telecamere (road side sensor) vengono localizzati i veicoli e di questo è informata la RSU. Essa può dopo aver analizzato che vi è un rischio di collisione, avvisare tramite DENM i veicoli connessi, ed eventualmente tramite messaggi variabili installati nell'incrocio anche quelli non dotati di tecnologia per ricevere i DENM.

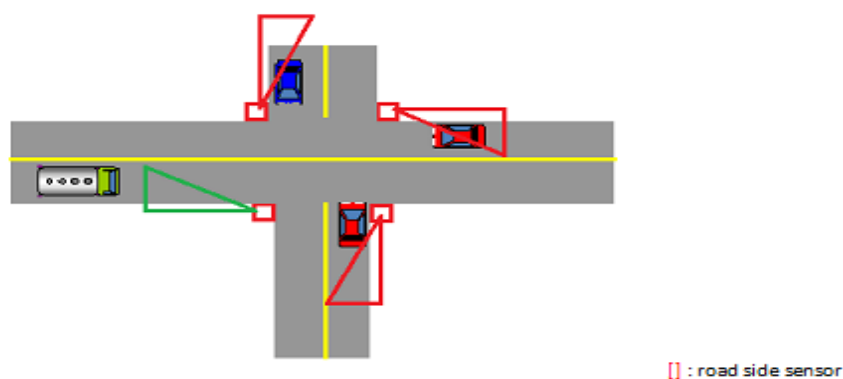


Figura 92 - Utilizzo di telecamere, per la localizzazione dei veicoli e la trasmissione di queste informazioni alla RSU presente sull'intersezione fonte: preliminary draft revision of report ITU-R M.2228 (modificata)

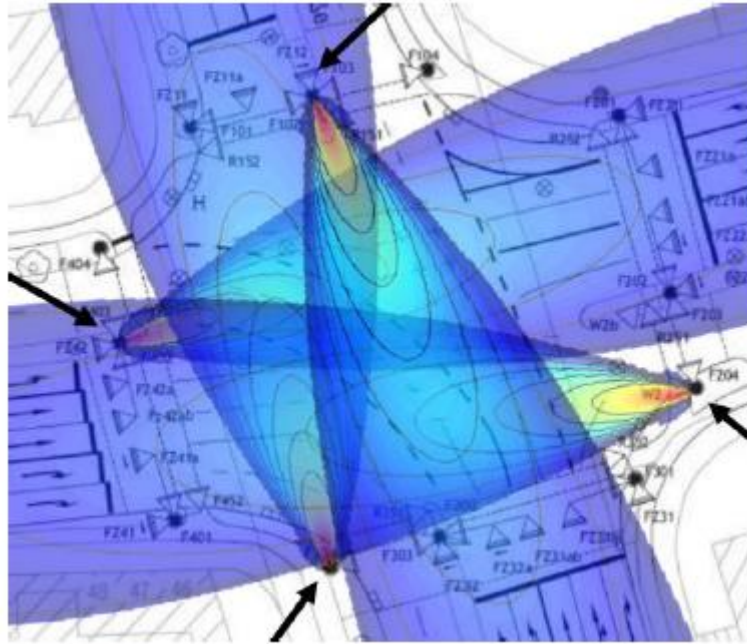


Figura 93 - Utilizzo dei radar per la localizzazione dei veicoli fonte: Tim Ruß, Jan Krause, René Schönrock, 2016

Per coprire il “cuore” dell’intersezione basterebbero due radar, ma per avere una previsione di quello che succederà è necessario indagare anche i rami che giungono all’intersezione quindi serve un radar per ognuno di essi. In figura 93 vi sono 4 radar per un incrocio a 4 bracci. A differenza della telecamera il radar ha necessità di una minore memoria da parte dell’elaboratore collegato, per l’analisi delle informazioni raccolte. Il radar necessita di un cambio di coordinate spaziali dal suo sistema relativo x, y, z al sistema latitudine, longitudine, altitudine (WGS84, con cui è correlato il GPS) con cui sono registrate le coordinate dei veicoli, nei messaggi da loro scambiati.

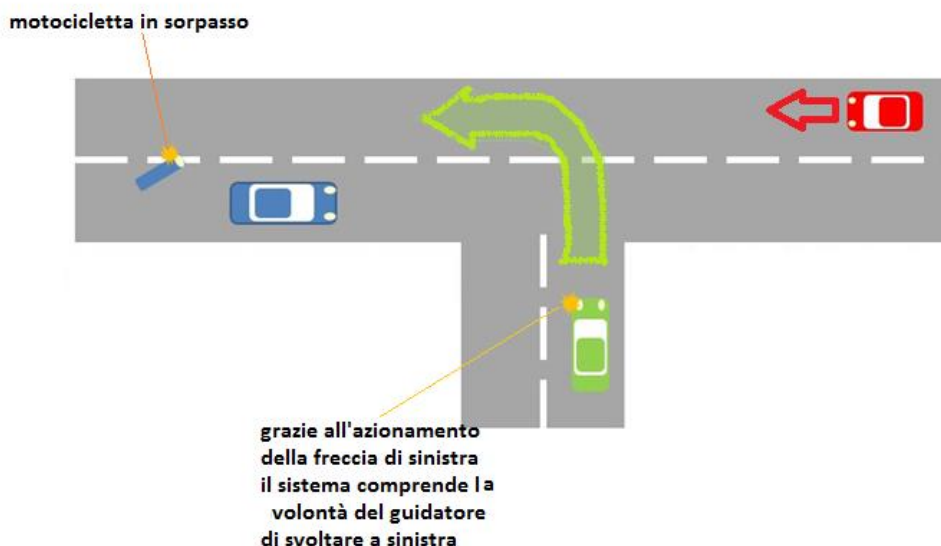


Figura 94 - Sicurezza in un’intersezione tra veicoli connessi fonte: Processing personal data in the context of C-ITS, 2017

Una volta intrapresa la manovra di sorpasso se ne è dotata, la motocicletta invia un DENM circa il rischio di collisione con il veicolo rosso. Altrimenti sarà il veicolo blu rilevata la posizione della moto coi sensori e dell’auto rossa con i CAM, ad avvisare la rossa del rischio incidente con la moto. Se né la moto né il veicolo blu sono connessi, l’auto rossa potrà accorgersene solo coi sensori. Nel caso riceva il DENM o direttamente

dalla moto o dal veicolo blu, comunque il sistema assisterà il guidatore indicando una riduzione della velocità. Nel momento in cui sia presente anche il veicolo verde e sia arrivato all'incrocio pronto a svoltare a sinistra, il suo sistema analizzerà i CAM ricevuti (dal veicolo rosso ed eventualmente dalla moto e da quello blu). Il proprio sistema gli indicherà di arrestarsi ed attendere che il sorpasso sia avvenuto, e che il veicolo rosso sia transitato.

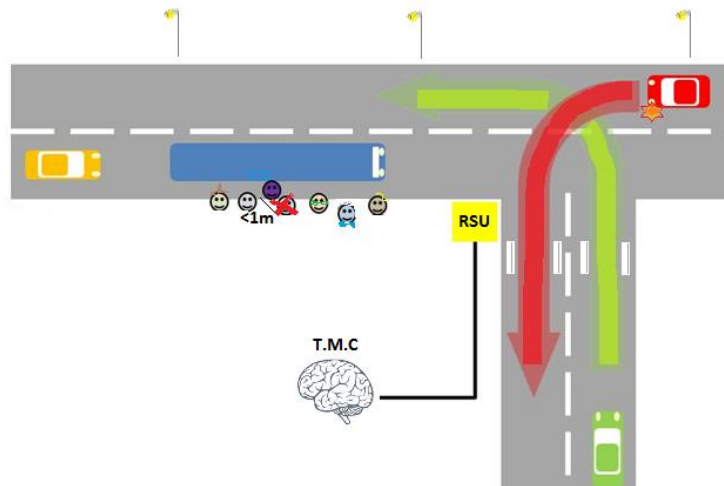


Figura 95 - Intersection safety fonte: Processing personal data in the context of C-ITS, 2017 (modificata)

In questo caso, figura 56, è presente una RSU che riceve i CAM dei veicoli e li invia al centro per la gestione del traffico. E'così possibile che dopo l'elaborazione si decida di trasmettere (alla RSU per poi essere ri trasmessi) ai veicoli aranciongiallo di attendere che quello rosso abbia svoltato, verde di attendere la svolta del veicolo rosso ed eventualmente del passaggio del aranciongiallo (se ha deciso di sorpassare l'autobus). Decisione che dipenderà dal numero di passeggeri, infatti è probabile che se l'imbarco è quasi terminato scelga di attendere la ripartenza del bus invece di sorpassarlo. Il bus potrebbe essere dotato anch'egli di V C-ITS station e quindi quando sta per effettuare la sosta invia un DENM ai veicoli che lo seguono, di rallentare. Particolarmente utile nel caso vi sia un attraversamento. In figura 96 si vede il veicolo che oltrepassa il bus e si ritrova a ridosso dei pedoni.

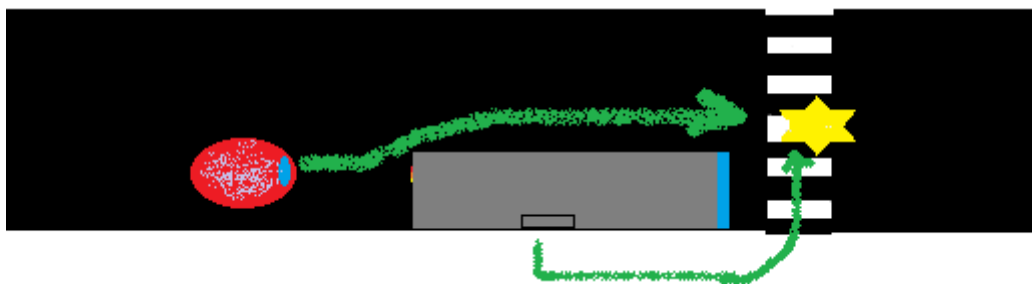


Figura 96 - Rischio di investimento dei passeggeri scesi dal bus

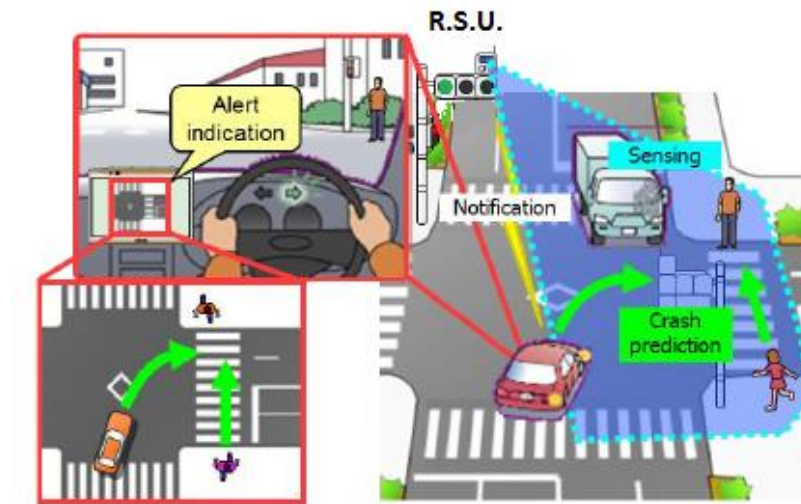


Figura 97 - Ulteriore esempio dell'utilizzo di una RSU dotata di radar, in un incrocio giapponese (dove è sperimentata) fonte: ITU-R, M. 2018

La RSU station dell'immagine sopra, copre l'area dell'incrocio con il suo sensore. Rivela il mezzo pesante fermo, il pedone in attesa di attraversare, la bambina che si sta muovendo e l'auto che sta svoltando a destra. Dalla localizzazione degli utenti stabilisce le possibili interferenze, in questo caso tra la bambina sull'attraversamento pedonale e l'auto. Tramite il DENM notifica al veicolo che procedendo vi è il rischio di investire un V.R.U. Si può notare come in Giappone i semafori sono orizzontali invece che verticali.

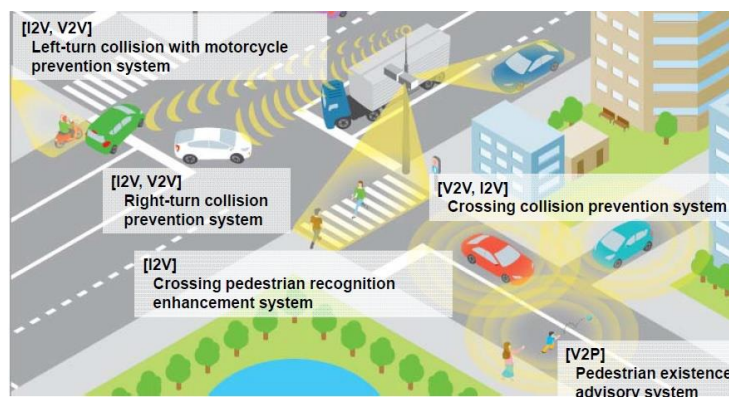


Figura 98 - ITS radiocommunications standard and development in Japan (12/02/2014 conferenza a Berlino)

### 3.7.17 Flexible Lane Change

Nel momento in cui non è occupata dai veicoli per cui è riservata (esempio taxi o servizio collettivo) la corsia viene resa libera ai veicoli che ne fanno richiesta. Risulta utile sia per spostare veicoli sulla corsia riservata quando non è occupata da: autobus, taxi, veicoli di soccorso in modo da aumentare la capacità dell'arco stradale, sia per controllare (tramite le RSUs) che non vi siano violazioni (veicoli non autorizzati che percorrono la corsia riservata, rallentando i veicoli per cui è destinata) da parte dei veicoli connessi. A questa tipologia di veicoli è possibile inviare un messaggio di avviso, sul fatto che stia per entrare in una corsia a lui non dedicata. Per i veicoli denominati normali (a cui non può inviare un messaggio) la RSU potrebbe registrare la targa tramite videocamera (o venire collegata alle telecamere ITS, già presenti in zona).



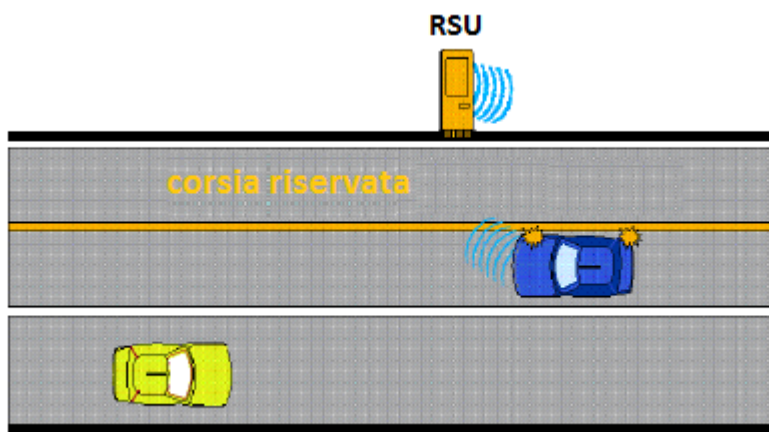


Figura 99 - Corsia riservata a certi veicoli, che può sotto alcune condizioni essere sfruttata da tutti i veicoli fonte: ETSI TR 102 638-1

Per sapere quando è possibile autorizzare il transito di veicoli sulla corsia riservata, a certe categorie di mezzi solamente, le RSUs sono collegate con la centrale del traffico locale o con il TMC.

### 3.7.18 Stolen Vehicle Alert:

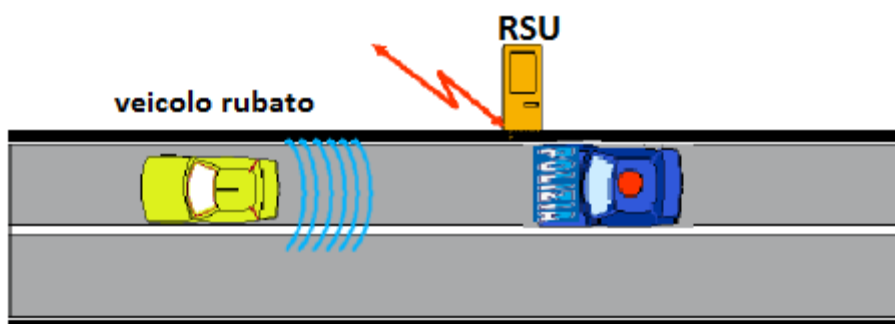


Figura 100 - Le R C-ITS Station comunicano ai veicoli della polizia dove si trova un veicolo, che hanno riconosciuto come essere: ricercato o stato rubato fonte: ETSI TR 102 638-1 (modificata)

Da ultimo vi è l'adeguamento della luce dei fari a seguito della ricezione di un CAM che indichi l'arrivo, nella direzione opposta, di un veicolo. Il sistema fa variare da alto a basso il fascio dei fari, anticipando in questo modo i dispositivi installati sui veicoli che permettono di passare dagli abbaglianti ai fari normali solo dopo aver riconosciuto un altro veicolo.

### 3.8 Ulteriori considerazioni circa i servizi C-ITS

Fino ad ora si è parlato di trasmissione dei messaggi con una bassa latenza, ma è importante puntualizzare che non da sola, questa caratteristica, non è sufficiente.

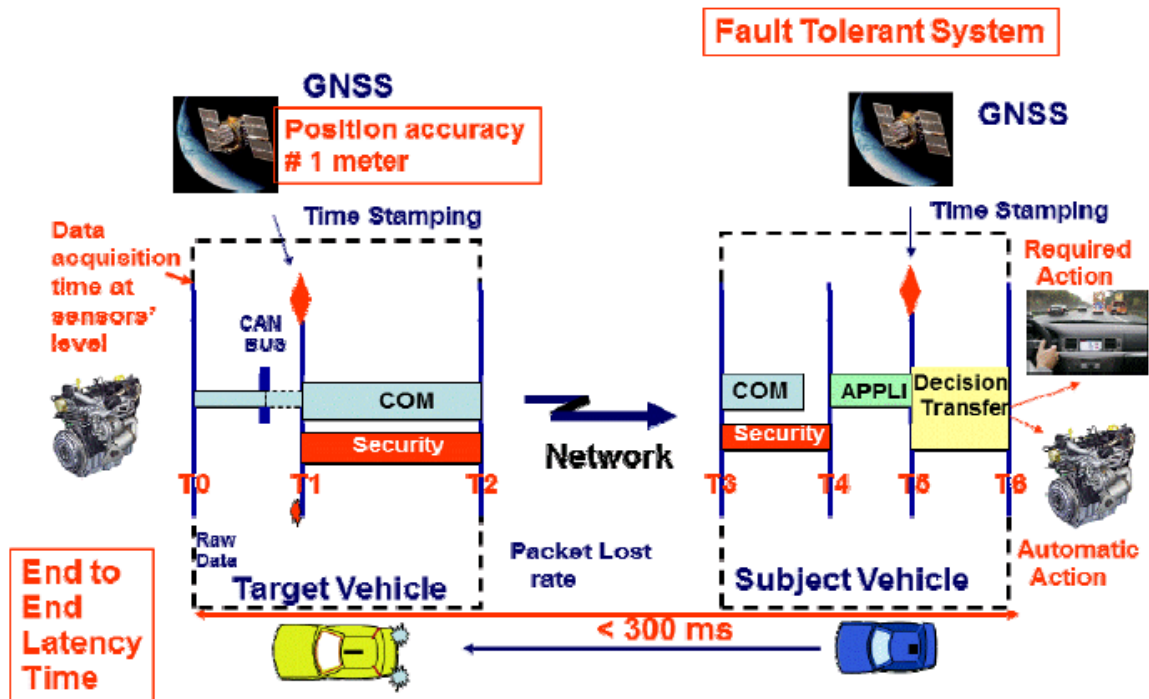


Figura 101 - Successioni temporali che conducono dall'acquisizione dei sensori del veicolo trasmittente, all'azione degli attuatori sul veicolo ricevente. fonte: ETSI TS 101 539-1

Al recepimento di un CAM, la posizione in cui si trova il veicolo che lo ha inviato non è più quella trasmessa all'interno del messaggio. Infatti è intercorso un tempo tecnico prima che il CAM sia giunto all'unità centrale del ricevente, e che essa lo abbia elaborato. Lungo l'arco stradale è una situazione a favore di sicurezza, poiché il veicolo trasmittente non si trova più nella posizione A ma si trova in una posizione A' ovvero la posizione A più lo spazio percorso dal veicolo nel tempo in cui viene trasmesso il messaggio. (parlando di ms assumiamo una V uguale a quella indicata nel CAM, cioè quella che aveva il veicolo quando ha trasmesso il messaggio). Nel caso dell'intersezione si rischia invece un urto frontale-laterale dato che il veicolo trasmittente è immaginato più indietro (figura 102).

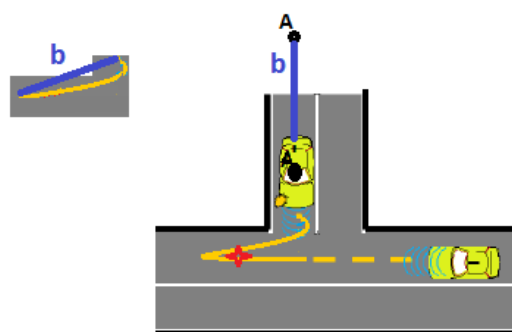


Figura 102 - Il veicolo trasmittente immaginato in A è in realtà in A'. Mentre il veicolo ricevente oltrepassa la corsia da cui sta provenendo il trasmittente, la distanza percorsa da quest'ultimo non è b (fuori pericolo) ma è quella evidenziata in arancione continuo (collisione). Fonte: nostra rappresentazione

In caso di pericolo tra un CAM e il successivo è di 100 ms dunque ad una velocità di 60 km/h (16.67 m/s) si percorrerebbe 1.67 m (cioè in figura 63 la distanza tra la stella rossa che indica la collisione dove è il trasmittente e dove si pensa che sia, è di 1.67 m). Ciò è da tenere in considerazione nella programmazione del software per evitare errori gravosi sulla sicurezza degli utenti della strada.

La [72] indica in 300 ms (figura 101) il tempo che abbiamo descritto come intercorrente, tra la ricezione da parte dei sensori del trasmettente e gli attuatori del ricevente.

A proposito della distanza tra veicoli, le applicazioni riguardanti la sicurezza devono monitorare costantemente i vettori di prossimità temporale che stanno separando il veicolo dagli altri veicoli che lo circondano. Questo lo si può ottenere misurando la distanza in linea retta tra i veicoli (tramite i CAM si conosce la loro posizione). Nel momento in cui un veicolo rileva che uno o più d'altri veicoli stanno entrando, in quello che la [72] chiama Virtual safety shield, dovrà monitorare le rispettive posizioni e velocità più attentamente. Durante questo monitoraggio, l'unità centrale di elaborazione dati del veicolo dovrà verificare, sempre quanto recita la [72], che i veicoli si stiano muovendo sulla stessa strada e nella stessa direzione, che se non si trovano sulla stessa strada, le loro traiettorie si andranno ad unire in un incrocio, che le distanze tra di loro si stiano riducendo. Se questo non è verificato, non vi è un rischio di collisione perché i veicoli non si incontreranno nel loro movimento.

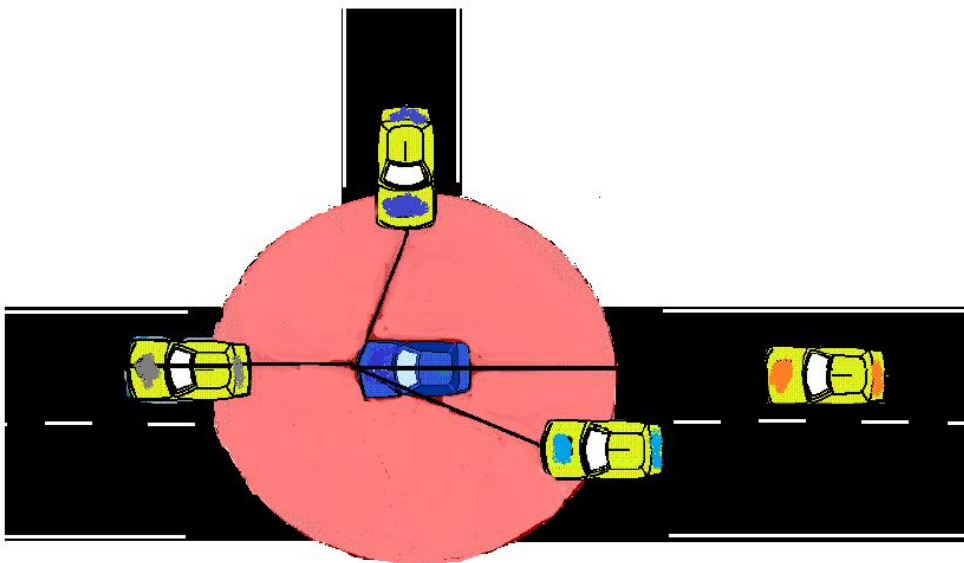
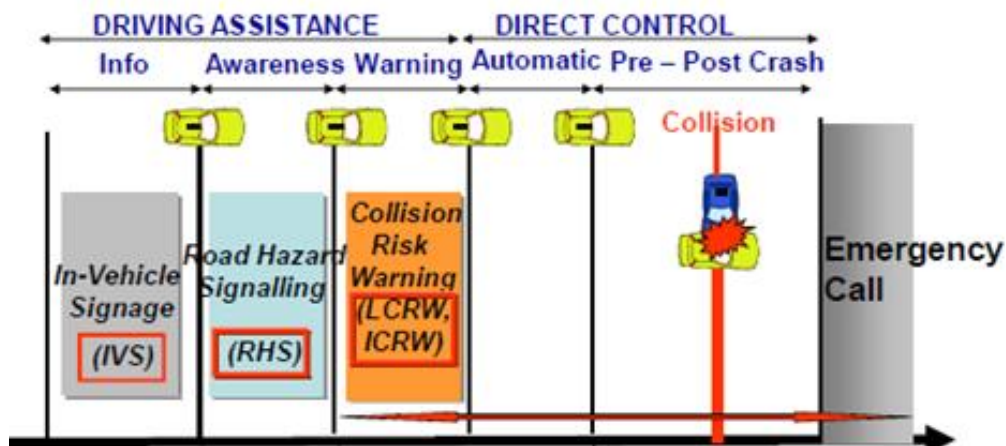


Figura 103 - Rappresentiamo il Safety shield fonte: nostra rappresentazione

In figura 103 si osserva che l'auto che segue il veicolo blu, veicolo di riferimento, è ad una distanza, in linea retta, maggiore dall'area di sicurezza (cerchio rosa). Gli altri tre veicoli interferiscono con l'area di sicurezza del veicolo blu quindi devono monitorarla più attentamente e controllare i tre punti espressi dalla [72] visti poc'anzi. Va precisato che l'area di sicurezza non è un valore fisso ma cresce con l'aumentare della velocità o delle condizioni di guida sfavorevoli (asfalto bagnato).

Il passaggio da consapevolezza ad avvertimento (trattato già in precedenza e di cui riproponiamo qui sotto la figura 48) deve avvenire solo quando non sarebbe più possibile evitare la collisione se l'avvertimento fosse ulteriormente ritardato.



Questo tempo è definito nella [72] dall'equazione:

$$TTC = MLT + MDRT + MAT + Margine$$

Dove MAT è il tempo impiegato a frenare il veicolo da parte del sistema frenante e dipende dalla decelerazione e dalla velocità del veicolo. MLT è il tempo ( $T_0 \leftrightarrow T_6$ , di figura 101). MDRT è il tempo che il guidatore impiega a reagire una volta avvertito del pericolo, la [72] indica 2 secondi. La fase di percezione è gestita dall'analisi dei messaggi CAM, DENM e dei sensori con cui il veicolo è equipaggiato. E la fase di intervento che inizialmente lasciata al guidatore, se non riesce ad agire con tempestività, il sistema subentra nella gestione dell'evasione dalla possibile collisione.

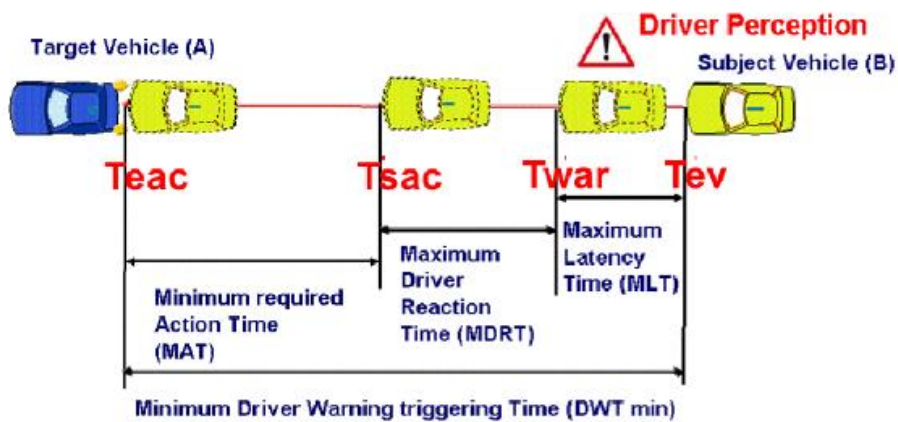


Figura 104 - Scomposizione del tempo entro cui avvertire il guidatore. Fonte: ETSI TS 101 539-1

In figura 104:  $T_{ev}$ , corrisponde al  $T_0$  di figura 101, tempo al quale i sensori acquisiscono le informazioni inerenti all'oggetto stradale pericoloso.  $T_{war}$  corrisponde al tempo per cui il sistema del ricevente, analizzando i messaggi, comprende che è necessario un intervento (in figura 101 sarebbe il  $T_6$ ).  $T_{sac}$  indica il momento in cui il sistema agisce per evitare la collisione (nella figura 48 è il passaggio al DIRECT CONTROL).  $T_{eac}$  indica il momento in cui le azioni per evitare la collisione terminano (positivamente se è stata evitata e dunque non erano più necessarie, negativamente se terminano per l'avvenuto incidente).

Nel momento in cui un incidente avviene, verranno trasmessi i seguenti messaggi: un DENM di Stationary vehicle ed una e-call. Se la chiamata d'emergenza non partisse in automatico nel DENM verrebbe aggiunto che il sistema che genera la e-call dovrà essere attenzionato.

Il passaggio da consapevolezza ad avvertimento è segnalato dal LongitudinalCRW e dalla IntersectionCRW. Analizziamo questo secondo avviso alla luce del concetto di Safety shield, attraverso la [73]. Facendo riferimento alla figura 105 di sinistra, entrambe le R C-ITS-S dei veicoli ricevono SPATEM e MAPEM dalla R C-ITS-S (comunicazione I2V). Entrambe le R C-ITS-S trasmettono CAM. Il veicolo con svolta a sinistra e quello di colore arancio calcolano tra loro il vettore di prossimità (linea che li congiunge) e l'area di sicurezza associata. Una volta che i veicoli dovessero entrare all'interno dell'area di sicurezza, la generazione dei CAM si incrementerebbe. Cooperativamente i due veicoli sono in grado di monitorarsi in modo più preciso, e nel caso la probabilità di rischio di collisione raggiunge una soglia predefinita, viene emesso un DENM di avvertimento per i conducenti (grazie anche alla collaborazione della R C-ITS station). Nel caso di figura 105 di destra, vi è l'impossibilità di effettuare la svolta a sinistra per il veicolo azzurro. Quando il sistema rileva la manovra di sterzata o/e l'attivazione della freccia sinistra, il servizio ICRW emette un avviso per il guidatore del veicolo in svolta. Se esso persegue nel suo errare, allora il sistema trasmetterà un DENM di Wrong Way Driving. Essendo presente la R C-ITS station anch'essa potrà rilevare l'effrazione ed emettere un DENM.

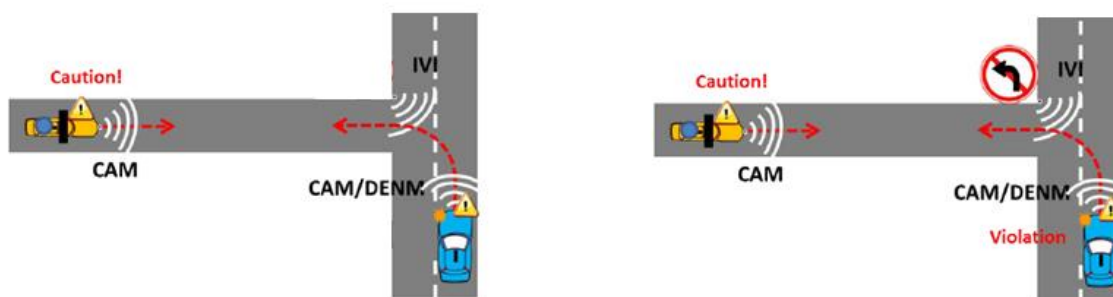


Figura 105 - Gestione cooperativa di una svolta [sinistra] e di una svolta non consentita [destra] fonte: ETSI TS 101 539-2

Oltre che per il caso di svolta non consentita, l'applicazione ICRW può inviare un DENM ai veicoli che violerebbero un segnale di stop o un semaforo rosso. Questo perché dai CAM dei veicoli la RSU ricava la loro velocità, l'eventuale condizione anomala dei freni ed il tipo di veicolo. Unendo queste informazioni alla condizione della pavimentazione, riesce ad elaborare la quantità di spazio richiesto per l'arresto dei veicoli. In caso non riuscissero a rispettare il segnale (di stop o di semaforo rosso) viene inviato il DENM. Se viene superato 1 secondo dal momento in cui violerebbe il segnale, (nel caso del rosso l'RSU avrà confrontato lo spazio di frenata del veicolo con il ciclo semaforico, inoltratogli con messaggio SPATE) allora si attiva l'Emergency Brake System.

Nel caso di precedenza l'RSU posta nell'intersezione, valuta che i veicoli che devono lasciar transitare gli altri, lo facciano realmente. Controllando dunque che inizino a rallentare e che non stiano variando la loro andatura attraverso l'angolo di imbardata e la variazione della distanza del veicolo dalla linea bianca della corsia, trasmessi nei CAM, per effettuare una svolta. I messaggi inerenti un'attivazione dell'ICRW devono coprire l'intera intersezione, infatti se un veicolo effettua una svolta non consentita, non concede la precedenza o non si ferma ad un segnale di rosso o di stop, espone al rischio di collisione i veicoli presenti nell'intersezione. Poi verrà inviato il DENM ai soli veicoli che rischiano la collisione, mentre gli altri veicoli presenti riceveranno solo i CAM.

Il vantaggio di usufruire di una R C-ITS station nell'intersezione è anche che essa può ricevere i messaggi di due veicoli, che tra loro non riescono a comunicare e "fare da ponte" fra essi.

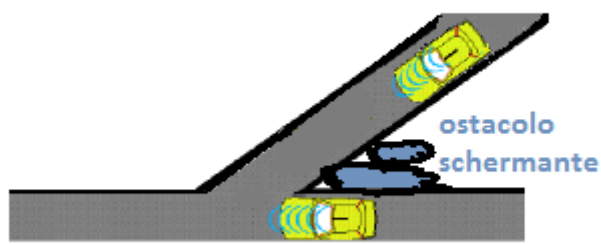


Figura 106 - Esempio di due veicoli che non riescono a comunicare tra loro fonte: ETSI TR 102 638-1 (modificata)

Questi servizi day 1, uniti anche ai day 2 forniranno una base per i veicoli autonomi, perciò gli investimenti nei C-ITS resteranno utili anche nel caso in cui vi sia un cambio di direzione dei finanziamenti. Come col passaggio da ITS a C-ITS è importante integrare gli ITS nel nuovo sistema.

L'IVS fornisce informazioni sullo stato della pavimentazione, di eventuali lavorazioni in corso oltre che dei messaggi fissi e variabili, riproposte direttamente all'interno del veicolo. E' dunque utile anche quando i veicoli saranno a guida automatizzata ed autonoma, che riceveranno informazioni su locazioni poste oltre il raggio dei loro sensori. Allo stesso modo sapere come è lo stato del segnale (SPATEM), la situazione dell'intersezione (grazie al servizio, Intersection Safety) ed ottimizzazione del suo attraversamento (grazie al servizio offerto dal GLOSA) e la configurazione dell'infrastruttura (MAPEM), è vantaggioso ed utile anche per i veicoli guidati dal sistema (anche se sono messaggi ed applicazioni pensati per i veicoli connessi). Il servizio, di informazione e redistribuzione dei flussi di traffico sarà utile anche ai veicoli di livello elevato (LV 4, 5) perché consentirà di estendere la visione del veicolo ad una di medio o ampio raggio (grazie all'ausilio del TMC). Infine avere testato la tecnologia di comunicazione a corto raggio tramite i veicoli connessi sarà utile come base per quelli a guida autonoma.

### 3.9 Situazione C-ITS negli Stati Uniti

I messaggi che all'interno del C-ITS Platform sono stati denominati CA negli USA prendono il nome di BSM. Basic Safety Message (BSM) sono costruiti attorno al SAE J2735 che si compone di due parti.

-La parte 1 contiene gli elementi principali: dimensioni del veicolo, velocità, accelerazione, stato del sistema frenante, latitudine, longitudine, tempo, angolo di prua, velocità di imbardata, posizione dell'acceleratore, angolo di sterzata, stato delle luci, stato del tergicristallo, temperatura esterna, stato dell'indicatore di direzione (frecce), lunghezza del veicolo, larghezza del veicolo, massa del veicolo, altezza del paraurti. Vengono trasmessi circa 10 volte al secondo (100 ms).

- La parte 2 contiene una serie variabile di elementi (la disponibilità varia in base al modello del veicolo) ad esempio l'attrito della pavimentazione, il sensore per le precipitazioni atmosferiche, la pressione atmosferica, le luci esterne, il tipo di veicolo e la sua descrizione. Negli USA la protezione dei dati personali è inferiore, dunque non stupisce che venga trasmessa anche la descrizione del veicolo che rende il veicolo stesso riconoscibile. Sono trasmessi meno frequentemente, rispetto a quelli della parte 1.

Nessuna memorizzazione dei dati BSM sul veicolo. I BSM sono trasmessi tramite DSRC, con portata di circa 1.000 metri. La larghezza di banda richiesta per la trasmissione dei dati è minima (85-365 byte). Molte applicazioni richiedono l'acquisizione di dati su una vasta area, non solo i dati localizzati vicino a un'unità stradale. La maggior parte delle applicazioni di mobilità non richiede BSM 10 volte al secondo, come anche per i CAM si è più volte indicata la differenza tra applicazioni di sicurezza e non. Per questi motivi la



trasmissione tramite DSRC è supportata da quella cellulare (più latenza, ma d'altro canto più diffusa e dunque più disponibile, figura 107).

Negli U.S. è in uso l'IEEE 802.11-2012 come protocollo di comunicazione.

## Private Vehicles

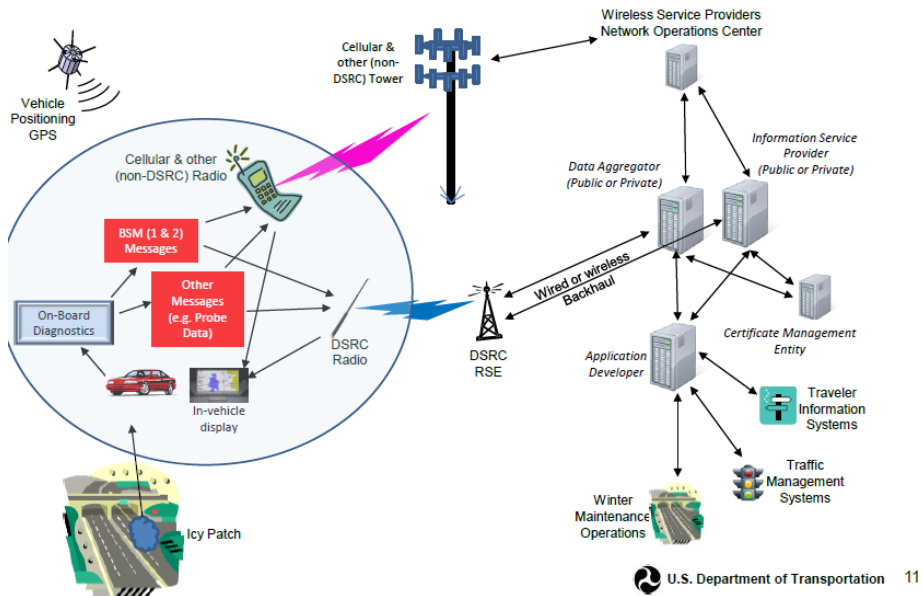


Figura 107 - Coesistenza tra la rete cellulare e quella DSRC fonte: vehicle based data and availability, Brian Cronin

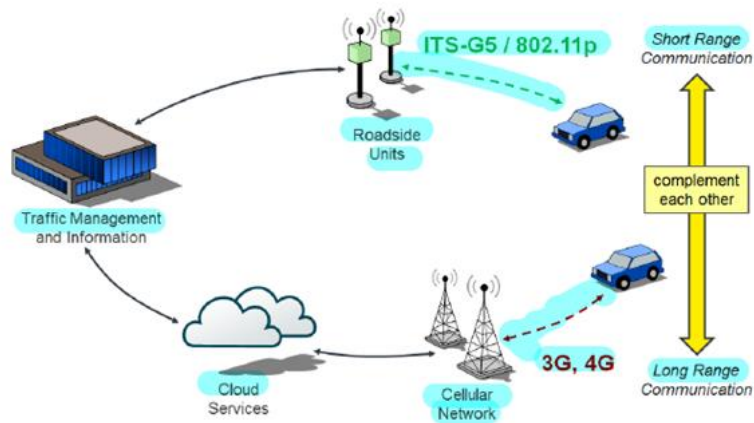


Figura 108 - Anche all'interno dei C-ITS è stata testata con successo la comunicazione ibrida fonte: ITU-R M.2445-0

```

 $\delta_t = 100$  millisecond (initialize time step);
 $t = 0$  (initiate simulation time);
 $E_t =$  set of all ego-vehicles in the system during time  $t$ ;
 $e_i =$  ego vehicle 'i';
 $N_{(i,j)} =$  set of vehicles within the field of view  $e_i$ ;
 $n_{(i,j)} =$  vehicle within the field of view  $e_i$ ;
 $r_{(i,j)} =$  identified rogue vehicle by  $e_i$ ;
 $p_{(i,j)} =$  probability of  $e_i$  tracking  $n_j$ ;
 $p_l =$  threshold probability for accepting sensor feed;
 $T =$  time when all the vehicles exit the simulation;
 $Q_t =$  set of S-BSM messages to be processed at  $t$ ;
while  $t \leq T$  do
     $t += \delta_t$ ;
    if  $len(Q_t) \neq 0$  then
        process S-BSM messages;
        take appropriate control actions;
    end
    for  $e_i \in E_t$  do
         $e_i$  sends local sensor feed to LiDAR module;
        data passed through sensor noise model;
        builds obstacle maps;
        add obstacle map to the data logger;
        if  $p_{(i,j)} \geq p_l$  then
            check if  $n_j$  qualifies as a rogue vehicle;
            assign  $n_j = r_{(i,j)}$ ;
            create S-BSM for  $r_{(i,j)}$ ;
            send S-BSM from all  $e_i \in E_t$ ;
        end
    end
end

```

Figura 109 - Esempio di algoritmo inerente l'invio di un BSM fonte: Isaack Isukapati

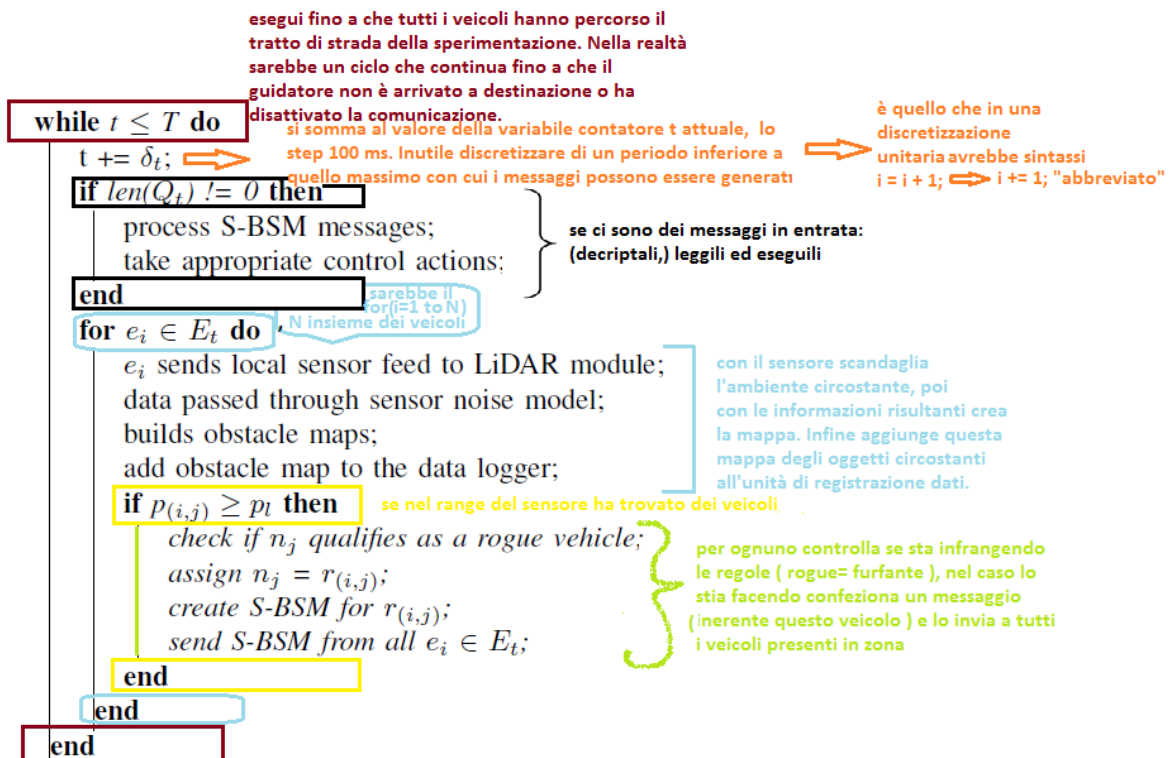


Figura 110 - Spiegazione della figura 109 fonte: nostra rappresentazione

Lo Slow Vehicle Warning e lo Stationary Vehicle Warning hanno uno standard internazionale che comprende: Unione Europea, Australia e Stati Uniti.

Di seguito vengono riportati quei C-ITS statunitensi che anche se tecnicamente non omologhi a quelli europei visti in precedenza, compiendo un eguale servizio, ci sentiamo di associare tra loro. L'Emergency Electronic Brake Light (uguale a quello Europeo), l'Emergency Vehicle alert (EU: Emergency Vehicle Approaching), l'Intersection Movement Assist (EU: intersection safety), il Wrong il Way Driving Warning (EU:Wrong way driving), l'Emergency Vehicle Preemption e il Transit Signal Priority (EU:Traffic signal priority request by designated vehicles), l'Incident Scene Work Zone Alert (EU:Hazardous location notification), l'In-vehicle Signage (uguale a quello Europeo),il Red Light Violation Warning (EU:Signal violation), il Cooperative ACC (EU: ACC + Probe Vehicle Data), l'Intelligent Traffic Signal System (EU: Green light optimal speed advice (GLOSA)), il Forward Collision Warning (EU: Hazardous Inotification tramite DENM), il Queue Warning (EU:Traffic jam ahead warning ), il Transportation System Efficiency and Operations Applications e l'Intelligent Traffic Signal System (EU: traffic information & smart routing), l'Intermittent Bus Lanes (EU:Flexible lane Changing), l'Emergency stop (EU: Slow Stationary Vehicles), il Variable Speed Limits for Weather-Responsive Traffic Management e il Spot Weather Impact Warning (EU:Weather conditions) e l'Electric Charging Stations Management (EU: Information on fuelling & charging stations for alternative fuel vehicles).

Analizziamo ora i servizi C-ITS presenti per il mercato statunitense, nel link seguente sono presenti tutti i servizi [<http://local.iteris.com/cvria/html/applications>]:

### 3.9.1 lane Change Warning

Valuta tramite il radar di bordo a corto raggio, se nella posizione in cui il veicolo intende spostarsi vi sarà un ostacolo ed in questo caso invia un segnale d'avvertimento oppure se è libero.

### 3.9.2 Do not Pass warning

Avverte il guidatore che non è sicuro effettuare il sorpasso del veicolo che lo precede.

### 3.9.3 Motorcycle Approaching Indication

Avverte il guidatore dell'avvicinarsi di un motociclo ad esempio quando procede verso un punto cieco della visuale del guidatore. Non presente nell'elenco del C-ITS Platform ma presente nella ETSI TR 102 638-2. In essa viene indicato che il motociclo deve essere dotato di un sistema di generazione dei CAM, affinché il veicolo possa localizzarlo prima rispetto all'utilizzo del solo radar anticollisione installato sul veicolo.

### 3.9.4 Vulnerable Road Users Safety

Se un rischio di investimento è rilevato dal sistema, dopo aver analizzato le informazioni provenienti ai sensori, emette un avviso per il guidatore. All'aumentare del livello di automatizzazione il sistema potrebbe attivare una frenatura, decelerazione o sterzata autonomamente. Presente anche tra i C-ITS europei come Vulnerable Road user protection, ma essendo tra i day 1.5 non era stato visto in precedenza.

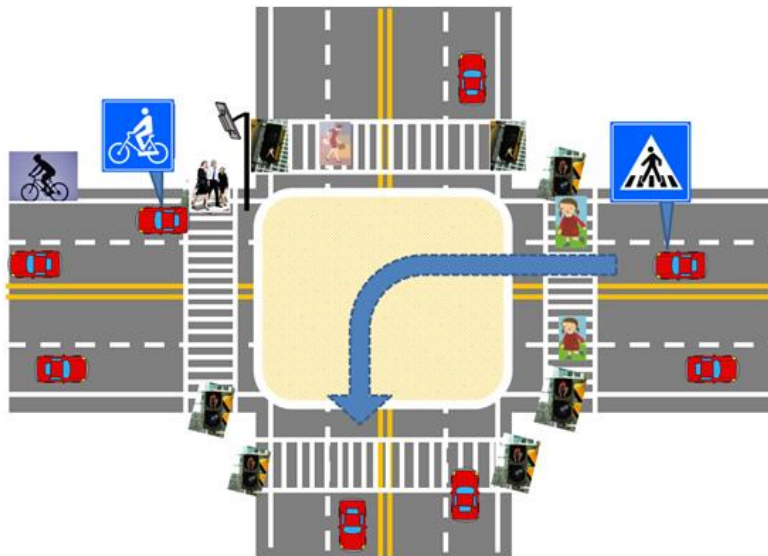


Figura 111 - I veicoli ricevono informazioni sugli utenti deboli, non solo localizzandoli con i sensori di bordo ma anche con messaggi dalla R C-ITS S oppure se i VRU ne sono dotati, dalle loro applicazioni fonte: ITU-R M.2018

Quanto affermato nella didascalia di figura 111 sulle applicazioni degli VRU, che permettano una comunicazione con i veicoli, sono una speranza ma non ancora una realtà. Ad esempio la banda di frequenza su cui comunicano è inferiore a quella degli ITS.

#### 3.9.4.1. I velocipedi

Elfstrom, nel 2014, ha illustrato la tecnologia di comunicazione tra le auto di Volvo ed un particolare caschetto, per i ciclisti, sviluppato dalla Ericsson. All'interno del testo [74] viene proposto un occhiale dotato di trasmissione X2V: che invia la propria posizione e che riceve un avvertimento, in caso di incrocio tra la sua traiettoria e quella di un veicolo. La visualizzazione sarà sulla lente sinistra se il veicolo giungerà da quella direzione oppure sulla lente di destra nel caso contrario, la parte centrale è lasciata libera per continuare a visualizzare il percorso (i Google Glass visualizzano l'immagine solo su una lente e comunque sono risultati un fallimento totale). Rispetto al caschetto che è obbligatorio, l'uso degli occhiali rimarrebbe facoltativo e dunque con un minor tasso di penetrazione, tra i VRU.



Figura 112 - Esempio di avvertimento proveniente da sinistra fonte: Tim riu e Sebastian Naumann

Oltre agli smartphone e Google watch potrebbero essere usati, allo scopo di avvertire i VRU, dei braccialetti tecnologici. Essi sarebbero dotati di ricetrasmittente per inviare la propria posizione e ricevere i messaggi, di GNSS per conoscere la propria posizione, di un accelerometro per identificare la propria orientazione e di display per visualizzare il messaggio, che rispetto ad una vibrazione consente di indicare di quale rischio si tratta e da che direzione proviene. Rispetto allo smartphone, l'orologio o il braccialetto hanno il vantaggio di essere pronti all'uso. Lo smartphone essendo in tasca o in borsa ha il problema del controllo dello schermo

e si leggerebbe il messaggio con ritardo. Non essendo possibile mantenere le cuffiette sempre, i messaggi audio potrebbero essere solo dei messaggi integrativi. La vibrazione è standard quindi confusa con una notifica, o una chiamata nel caso fosse continuativa. Il vantaggio dello smartphone è la possibilità di ricevere anche informazioni più complesse, come lo stato della pista ciclabile, se vi sono lavori in corso, se è in corso una manifestazione ecc...

L'URBAN, Consortium (2013) è stato un progetto sviluppato nel Magdeburgo per implementare la convivenza tra gli utenti deboli e i veicoli. Con particolare interesse per le intersezioni, soprattutto quelle dove veicoli ed utenti deboli ricevono il verde contemporaneamente, senza dare la precedenza ai pedoni che devono attraversare. Impostare la posizione delle biciclette dinanzi ai veicoli è utile a fare in modo, che oltre a non respirare i fumi di scarico, siano meglio posizionati per la ripartenza, nel momento in cui scatterà il verde (figura 113).

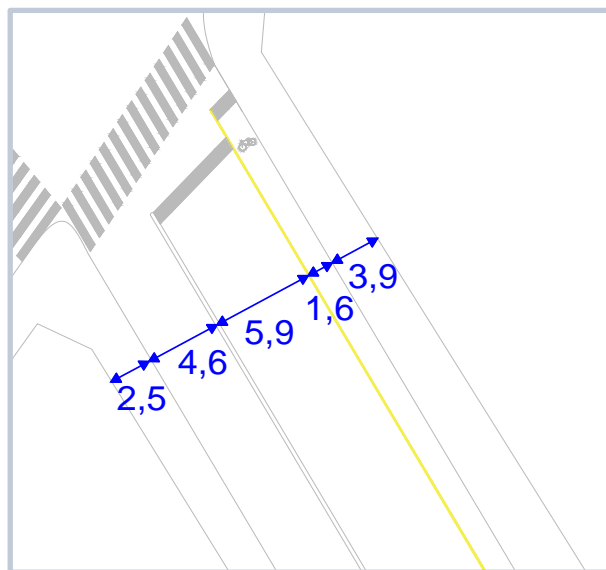


Figura 113 - Proposta di prolungamento pista ciclabile con partenza avanzata. fonte: ricostruzione in CAD della via S.Damiano a Milano, zona S.Babila – Palestro

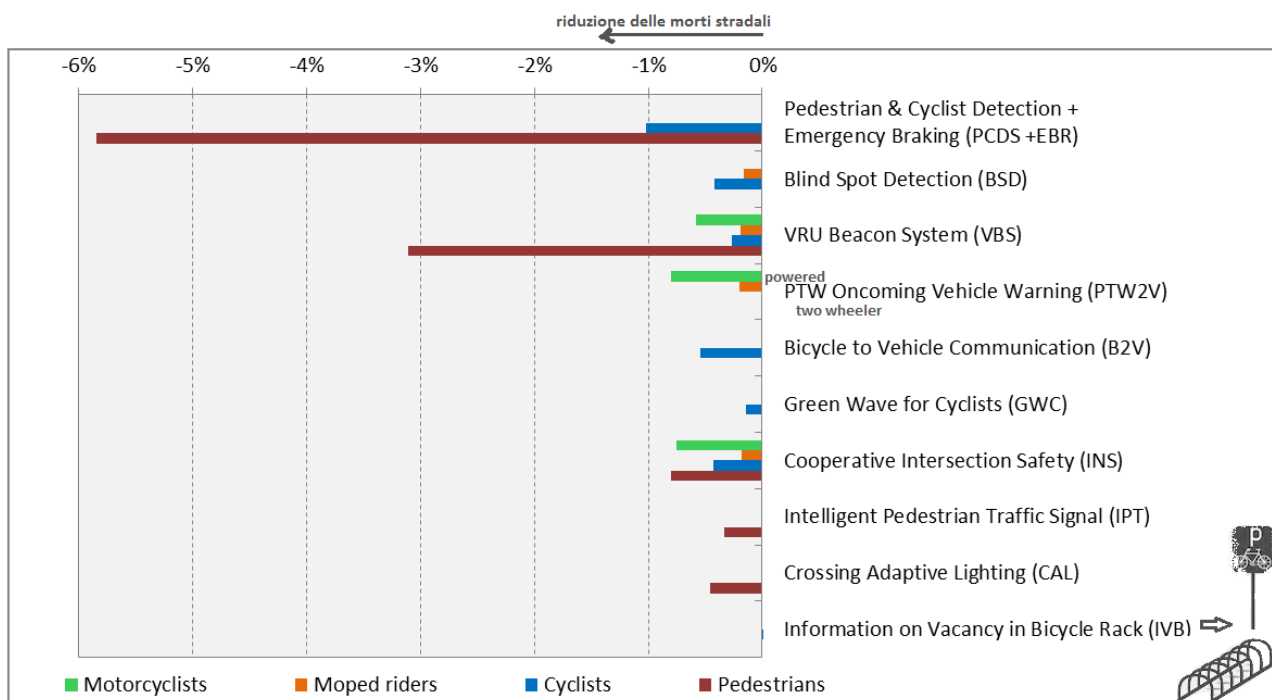


Figura 114 - Influenza di dieci ITS, sugli incidenti stradali inerenti i VRU fonte: [www.vruits.eu](http://www.vruits.eu)

In figura 114 si vede come la tecnologia PCDS+EBR è quella che garantisce una riduzione maggiore delle perdite umane sia come pedoni che come ciclisti. Insieme alla VBS ottiene una riduzione di almeno l'1%. La INS è quella che fornisce un maggior beneficio all'insieme di ciclisti, motociclisti e guidatori di motorini-scooter.

Alcuni hanno ipotizzato lo specchietto retrovisore obbligatorio per le biciclette.

Essendovi una percentuale di incidenti ridotta del 90 %, quando in circolazione vi saranno veicoli di LV 4 e 5 in maggioranza, e una riduzione dei danni conseguenti alla percentuale di incidenti residui (grazie alle funzionalità pre-crash) i veicoli potranno essere più leggeri. Si avrà così un risparmio di carburante. Ma un altro aspetto positivo è che in caso di urto con gli utenti deboli della strada, un veicolo con minore massa presenta un'energia cinetica minore (a parità di velocità). Anche se grazie alla tecnologia di bordo sarà possibile far rispettare i limiti di velocità e quindi anch'essa potrebbe essere minore, con ulteriore riduzione dell'energia cinetica. Un'energia cinetica minore, insieme alla guida del sistema che permetterà di orientare il veicolo per la minimizzazione dei danni da impatto, significano conseguenze meno gravi per i VRU urtati. Anche se la progettazione deve essere orientata a immettere sul mercato solo veicoli di LV 5 che non colpiscono nessun utente (a meno di evento fortuito o causa di forza maggiore).

### 3.9.4.2 I pedoni

Per quanto riguarda i pedoni, nel comune norvegese di Trondheim sono stati equipaggiati otto attraversamenti pedonali con dei sensori per rilevare i pedoni. Quando i pedoni entrano nel campo visivo, delle luci posizionate sul segnale di attraversamento pedonale iniziano a lampeggiare. L'obiettivo di questa prova, che si chiama "SeeMe", è verificare se il segnale lampeggiante attira l'attenzione dei conducenti dei veicoli e li induce a prestare una maggiore attenzione riducendo il rischio d'investimento. Il campione ridotto di attraversamenti (otto) su cui è stato testato, ed i risultati contrastanti non hanno permesso di trarre conclusioni sul fatto che riduca o meno gli incidenti. Un problema è stato notato: l'attivazione delle luci senza che vi sia motivo (presenza di pedoni) ad esempio per disturbi ambientali, ha indotto i guidatori a prestare meno attenzione riducendo l'efficacia del metodo (Alena Høy, Aliaksei Lareshyn e Truls Vaa, 2016).



L'attenzione ai soggetti vulnerabili della strada è data dai numeri che anno dopo anno la Commissione Europea pubblica. Nel 2018 il 30 % dei morti sono rappresentati dall'insieme delle categorie pedoni e velocipedi, quota che supera il 50 % se non si considerano le strade extra urbane. Vi sono comuni in cui si arriva quasi al 90 % degli incidenti in zona urbana questo soprattutto per i comuni più piccoli dove il numero totale di incidenti è basso e i pochi che avvengono sono localizzati in ambito urbano. La distinzione tra l'ambito urbano ed extra urbano è però nella magnitudo degli incidenti, in ambito urbano sono usualmente più lievi mentre in quello extra urbano sono incidenti gravi-mortali oltre al fatto che lungo le strade extra urbane si ha una minore presenza di intersezioni e quindi la tipologia d'urto frontale-laterale la si riscontra poche volte.

Nella città di Oslo (più di 600000 abitanti) non vi sono stati morti a seguito di incidenti stradali nel 2019 e solamente uno nell'anno precedente. In una delle altre capitali scandinave, Helsinki vi sono stati solo tre incidenti mortali (dato più basso di sempre in questa città). Questi esempi di città di medie dimensioni (rispetto alle metropoli statunitensi e alle megalopoli dell'estremo oriente) testimoniano come la sicurezza dei soggetti deboli può essere raggiunta anche senza l'introduzione dei veicoli a guida autonoma. Si richiedono però grandi investimenti e grandi sacrifici, ad esempio ad Oslo è vietato circolare nel centro ad eccezione dei mezzi delle autorità pubbliche, di trasporto collettivo e di servizio pubblico (mezzi pulitori, mezzi per la manutenzione di segnaletica, semafori e sede stradale, mezzi spargi sale e spartineve), oltre che ai mezzi per rifornire di merce i negozi ma solamente in una prestabilita fascia oraria. Mentre a Helsinki la circolazione nel centro è limitata a 40 km/h. Grandi investimenti sono necessari per potenziare il servizio di trasporto pubblico e per realizzare piste ciclabili che si snodano per l'intera città (Alessio Ribaud, Corriere della sera 17/03/2020). Le soluzioni adottate nelle principali città della penisola scandinava sono oltre le già citate riduzione della velocità, estensione-ammodernamento delle piste ciclabili e rafforzamento-installazione di sistemi di trasporto collettivo, anche la limitazione all'accesso in determinate zone ad esempio dove si concentrano gli istituti scolastici o dove sono stati rilevati il maggior numero di sanzioni ai guidatori o incidenti gravi, la costruzione di corsie specializzate per i mezzi pubblici, l'inserimento di intersezioni a rotonda, dopo aver ridotto la velocità e avendo prestato attenzione all'armonizzazione con le piste ciclabili, il posizionamento di varchi d'accesso a pedaggio, e la rimozione di molte centinaia di stalli. Da questo diciamo che i sistemi di guida connessi potranno, combinati con alcune delle strategie elencate, abbattere il numero di incidenti e di conseguenza le morti dei soggetti vulnerabili della strada. Questo perché in grandi città può non essere fattibile la chiusura del centro ai veicoli e il trasbordo di tutti questi viaggiatori sui mezzi di trasporto collettivo, si avrebbero mezzi quasi vuoti oltre le fasce di picco mattutina e di esodo serale. Altre città hanno una configurazione urbanistica tale per cui non vi è un solo centro ma vi sono diversi attrattori economici e quindi le eventuali chiusure rischierebbero di "mutilare" la città dal punto di vista socio-economico.

### 3.9.5 Curve Speed Warning

Avviso che viene visualizzato se il guidatore affronta una curva ad una velocità superiore a quella che la condizione geometrica della curva o della superficie di rotolamento consente.

### 3.9.6 Emergency Evacuation Information

Fornisce agli utenti importanti indicazioni nel caso di emergenza. Ad esempio i percorsi più sicuri o il tipo di pericolo. Nel caso di incidente in galleria [Il trasporto delle merci pericolose in galleria R.Maja, G. Rainoldi, D. Romanò, R. Salimbeni, 10/06/2007] viene fatto notare come i guidatori restano preziosi minuti in auto senza fare nulla, e quando capiscono la gravità della situazione perdono tempo a recuperare oggetti dal veicolo invece di iniziare l'evacuazione. Un'applicazione che indica ai guidatori di abbandonare subito il veicolo e la direzione da seguire per l'imbocco di sicurezza più vicino, calcolata in base alla posizione attuale del veicolo

all'interno della galleria, può rivelarsi preziosa. Nel caso il veicolo è a sufficiente distanza dalla zona pericolosa l'applicazione potrebbe fornire ulteriori informazioni al guidatore su cosa stia succedendo e come deve procedere.

### 3.9.7 Enhanced Maintenance Decision Support System

A seguito di carenze infrastrutturali riportate dai veicoli tecnologici, equipaggiati con sensori che riconoscono la mancanza di segnali, il cattivo stato della pavimentazione o della segnaletica orizzontale e con la tecnologia V2I, vengono inviati dei report alle RSUs. Successivamente questi possono ad esempio essere inseriti in un catalogo dello stato della strada, per valutare la precedenza degli interventi da effettuare.

### 3.9.8 Oversize Vehicle Warning

Riportiamo in figura casi di incidenti a causa di veicoli pesanti che non rispettano le condizioni limite di un tratto viario. Le ripercussioni sono davvero gravose sia al momento dell'incidente che nel proseguo. Il dispositivo segnala i tratti di strada interdetti ai veicoli pesanti e segnala il percorso approvato dagli organi competenti.



Figura 115- Veicolo troppo pesante (foto di sinistra), il ponticello non regge fonte: [www.autoblog.it](http://www.autoblog.it)



Figura 116- Veicolo troppo alto (foto di destra), abbattimento di un arco storico a Balbiana (BS) fonte: [www.today.it](http://www.today.it)

### 3.9.9 Railroad Crossing Violation Warning

In aggiunta ai dispositivi già presenti su un passaggio a livello ovvero sirene, cartellonistica di attenzione, sbarre, anche la tecnologia può aiutare. Il dispositivo segnala lo stato di un passaggio a livello e può preventivamente deviare il percorso di una vettura per evitare disconfort all'automobilista.

### 3.9.10 Red Light Violation Warning

Non è uguale al servizio fornito dal Signal violation, in questo caso è preventivo. Ricevuti la situazione dei veicoli prossimi all'intersezione semaforizzata che ci precedono, ed il ciclo semaforico. Vengono successivamente analizzati alla luce della posizione e velocità attuali del veicolo. Se l'elaborazione indica che il veicolo giungerebbe al semaforo con il rosso, allora si attiva questo messaggio d'avviso.

### 3.9.11 Closure/restricted Lane

Informazione circa la chiusura/restrizione di una corsia. La restrizione è intesa non fisica, ma di tipo funzionale (certi veicoli non possono accedervi).

### 3.9.12 Stop Sign Gap Assist

Valuta il tempo per introdursi in un flusso veicolare. Nei momenti in cui il veicolo è fermo dando precedenza ad una intersezione non semaforizzata e sta attendendo di potersi inserire.

### 3.9.13 Pedestrian Mobility

E' indicata così la possibilità di partecipare ai C-ITS da parte dei pedoni attraverso dispositivi personali. Essi possono ricevere informazioni sul ciclo semaforico (SPATEM, vedasi 3.5.3), in modo da capire se affrettare il passo per riuscire ad attraversare col verde, oppure se provarci sarebbe inutile. Possono inviare informazioni ai veicoli sulla loro posizione. Inoltre ricevendo i CAM dai veicoli in zona riescono a valutare quanto saggio sia attraversare la strada lontano dalle strisce pedonali.

### 3.9.14 Speed Harmonization

Suggerisce una velocità comune in modo da evitare una congestione stradale oppure nel caso di gravose condizioni meteorologiche, indica di mantenere una velocità ridotta. E'anche pensata come soluzione ecologica, imponendo velocità più basse si avranno consumi minori di carburante.

### 3.9.15 Integrated Multi-Modal Electronic Payment

Servizio per accedere al pagamento di: pedaggi, parcheggi, zone a traffico limitato (on condition ovvero accesso garantito a condizione di versare un contributo, e non on congestion dove l'accesso è garantito in base al numero di veicoli già presenti nell'area).

### 3.9.16 Automated Parking System

Database d'informazioni in tempo reale circa la disponibilità di parcheggi liberi nella zona ricercata, sia all'aperto che al chiuso, sia a pagamento che gratuiti. Con indicazioni di come raggiungere il parcheggio selezionato. La possibilità di prenotarli non è ancora implementata ma per alcuni veicoli commerciali questa opzione è già stata indicata (Loading zone management, [71]). E' presente anche tra i C-ITS europei come On

street parking management & information in coppia con l'Off street parking information, ma essendo entrambi tra i day 1.5 non sono stati visti in precedenza.

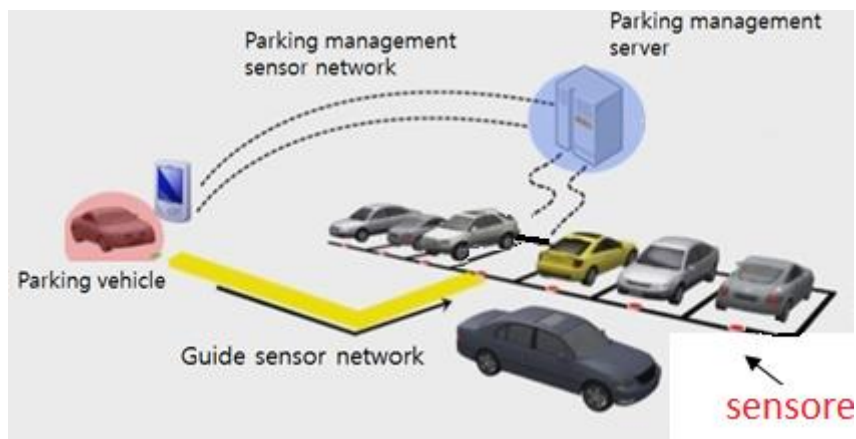


Figura 117 - Esempio di attuazione del parcheggio "intelligente" fonte: ITU-R M.2445, 2018 (modificata)

Quando un veicolo riparte, il server registra che quel posto si è liberato. Sull'applicazione dei veicoli più vicini, viene segnalato come disponibile ed in caso venga scelto, il GNSS indica il percorso verso lo stallone (liberatosi).

### 3.9.17 Loading zone management

L'obiettivo è di supportare il sistema di prenotazione dei parcheggi urbani, per gli spedizionieri e distributori di merci. Chi deve svolgere un servizio di consegna potrà dunque ordinare un posto in base al tempo di stazionamento, alle dimensioni del veicolo commerciale e la flessibilità rispetto all'orario indicato (tassativo,  $\pm 5$  minuti,  $\pm 10$  minuti). Sono segnalati da monitor digitali collegati con un server centrale di gestione.

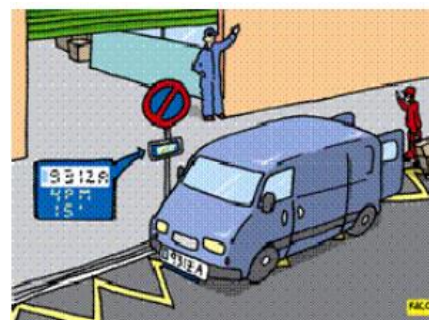


Figura 118 - Posto riservato per 931ZA dalle 4 P.M.

### 3.9.18 Note a margine

Nuovi veicoli ibridi ed elettrici, dal 1 Luglio 2021 dovranno essere messi sul mercato, equipaggiati con l'AcousticVehicleAlertingSystem (AVAS)(articolo 8 della, 2014/1576).

Annesso VIII (della, 2017/1576): gli AVAS devono automaticamente generare un suono nel range compreso tra 0 e 20 km/h, e durante la retromarcia. Non devono farlo nel caso siano veicoli a trazione termica. Deve essere semplice per il guidatore attivare-disattivare l'AVAS. Il suono generato deve essere continuo, per informare i pedoni e gli altri utenti della strada, che c'è un veicolo in movimento. Il suono deve essere simile a quello dei veicoli a combustione interna ed essere indicativo del comportamento del veicolo. Ad esempio essere più intenso al crescere della velocità del veicolo.

- Per finire questa parte in cui sono state elencate le applicazioni: day 1 ed ITS europee e le applicazioni C-ITS ed ITS statunitensi, presentiamo una nostra idea di service day 1.3. Dato che i servizi da rivolgere alla collettività dovrebbero rivolgersi soprattutto a chi è in difficoltà, abbiamo immaginato che dovrebbe esservi una applicazione che in base alle coordinate di latitudine e longitudine del veicolo (trasmesse tramite i CAM), controlli che lo spazio non sia compatibile con uno di quelli presenti in un catalogo di posti riservati, ed in caso affermativo compaia nel HMI un messaggio di spostare il veicolo dal parcheggio per i disabili. Se il veicolo non invia ulteriori

CAM da cui si riscontri che il veicolo si è mosso, allora deve essere inviata una segnalazione alla polizia municipale.

- È da considerare che è sconveniente, in termini di progresso tecnologico e sicurezza, dare un malus ai possessori di veicoli connessi, la violazione del codice stradale rilevate dal sistema non debbano condurre ad una segnalazione alle forze di polizia. Oltre a essere un disincentivo all'acquisto di un veicolo tecnologico, è anche un incentivo a disattivare il sistema di trasmissione di CAM e DENM (per evitare di incorrere in sanzioni) che è utile rimanga attivo per ottenere i vantaggi forniti dalle applicazioni C-ITS. E' però ovvio che se i sistemi tecnologici dovrebbero ridurre le violazioni alle norme, allora non possono diventare corresponsabili del loro infrangimento. Per superare questa diatriba si potrebbe pensare ad un sistema di avviso graduale: al rilevamento di un'infrazione del codice della strada (esempio una velocità eccedente il limite) sul HMI compaia un avvertimento come accade già ora per alcuni veicoli, ad esempio: "velocità eccessiva! Riportarsi entro i limiti consentiti". Se il guidatore, sul HMI compaia un secondo messaggio di avviso e nel caso anche questo secondo richiamo non portasse al riconciliamento con le norme, allora il veicolo dovrebbe secondo noi inviare un DENM. Dal veicolo alla RSU più prossima, e attraverso di essa la segnalazione giunga al TMC. Il centro di gestione del traffico ricevuta la comunicazione dalla RSU deve inviare la segnalazione alla polizia.

Dato che per la protezione dei dati personali si è già parlato (3.4) di come non sia possibile ricondurre all'identità del guidatore o al veicolo, o vi è una pattuglia in zona che possa intercettare il veicolo (tramite i CAM che invia lo si può seguire) oppure la normativa deve indicare che il DENM inviato contenga informazioni personali. Queste informazioni comprenderanno nome e cognome del proprietario del veicolo, numero di targa e orario e posizione della violazione, tipo di violazione, tipologia di veicolo e magari la stampa dei due messaggi trasmessi attraverso l'HMI. Questo la norma può prescriverlo, grazie all'articolo 23, paragrafo 1 e 2 del regolamento [55]. Il sistema rilevata una infrazione potrebbe, dopo il primo avviso comunicato attraverso l'HMI, inviare un comando ad un attuatore che proceda emettendo un segnale acustico molto fastidioso. Così vi sarà almeno uno tra i passeggeri che pur di non sentire più quel rumore fastidioso, indicherà al guidatore di rispettare l'avviso giunto dal sistema. L'avviso acustico è definito dall'udibilità, la discriminabilità e l'inequivocabilità. Ciò significa che deve essere sentito, distinguibile e comprensibile. Può essere di tipo continuo o avere una modulazione ad esempio per distinguere un pericolo imminente da una semplice indicazione.

### 3.10 Applicazioni europee dei C-ITS

#### 3.10.1 Paesi bassi – Germania – Austria

Nel Giugno 2013 i ministri dei trasporti di Germania, Paesi Bassi ed Austria firmarono un memorandum d'intenti, circa la formazione di quello che hanno definito un corridoio attraverso le autostrade dei loro tre stati. Questo corridoio (definito Cooperative ITS Corridor) si estende da Rotterdam a Vienna passando per Francoforte sul Meno. Nel Corridor tra i sistemi di assistenza alla guida, denominati days 1 nel [54], sono stati studiati l'implementazione del Road Works Warning (RWW) e del Probe Vehicle Data (PVD).





Figura 119 - C-ITS corridor fonte: state of the art of analysis of C-ITS deployment, 2016

Road Works Warning: per quanto riguarda il RWW, per fare in modo che all'interno del veicolo vengano segnalati i lavori in corso lungo l'infrastruttura percorsa, è necessario che il cantiere sia dotato di un sistema di comunicazione. Nel caso di cantiere mobile vengono utilizzati carrelli stradali di segnalazioni muniti di sistema di comunicazione (vedi figura riportata nella pagina seguente). Vi sono due possibilità: nella prima viene inviato dal sistema di comunicazione un DENM ai veicoli che si stiano avvicinando alla zona della lavorazione, comunicando la posizione dei lavori, la tipologia di lavorazione in atto e nell'eventualità la temporanea chiusura di una o più corsie; nella seconda possibilità la zona lavori è in comunicazione con un ufficio del traffico, quest'ultimo riceve il e lo aggiorna, ad esempio con informazioni di background sul lavoro in corso. In seguito ritrasmette il DENM aggiornato sia alla RSUstation che lo invierà ai veicoli, sia a quello che viene definito "singolo punto di accesso". Punto nel quale attori terzi possono usufruire dei dati aggiornati sui lavori in corso, lungo l'infrastruttura pilota, da utilizzare per i propri servizi. Servizi quali pagine web o applicazioni che aggiornano in tempo reale gli utenti sulla situazione dei lavori, e conseguentemente sui possibili ritardi a cui potrebbero andare in contro. Avere un'informazione aggiornata sul lavoro in atto, è utile perché si ha la possibilità di conoscere la posizione e non un'area ed è possibile conoscere la durata della lavorazione. Ad esempio una lavorazione potrebbe venire terminata mentre l'utente percorre il tratto dalla sua posizione attuale a quella dei lavori. Nel caso delle autostrade olandesi si è scelto di inviare quattro messaggi in ordine temporale, man mano che ci si appresta a raggiungere le lavorazioni in corso: il primo indica che ad una distanza di 3 km vi è un cantiere stradale, utilizzando la comunicazione a celle tipica della telefonia mobile; il secondo messaggio dettaglia il tipo di lavorazione; il terzo indica il limite dei 90 km/h; il quarto indica il limite dei 70 km/h. Questi ultimi tre inviati con tecnologia wi-fi.



Figura 120 - Carrello stradale





Figura 121 - Esempio di messaggio numero quattro. autostrada A16, Novembre 2015 fonte: Rijkswaterstaat

In una fase successiva è stata testata anche l'applicazione del day 1 Shockwave damping, precisamente sulla A58.

In Austria il progetto C-ITS Corridor, prende la denominazione European Corridor - Austrian Testbed for cooperative systems (ECo-AT) ed è diretto dalla ASFINAG (gestore delle autostrade austriache). Il progetto Eco-AT si è suddiviso in una prima parte di test ed una seconda fase di distribuzione. Nel caso austriaco oltre al RRW ed al PVD sono state testate anche l'In-vehicle information (IVI) e l'Intersection safety (ISS). L'inizio della fase di prova sul protocollo ITS-G5 è risalente al 2016. Già nel 2018, 300 km di infrastruttura erano coperti da questa tecnologia [<http://www.eco-at.info/>].

### 3.10.2 Francia

In Francia il progetto inerente i C-ITS prende il nome di SCOOP@F ed è stato lanciato nel 2014. Il progetto si estende lungo 2000 km di strade e ha come obiettivi il miglioramento della sicurezza stradale, l'ottimizzazione delle infrastrutture, una più efficiente gestione del traffico con conseguente riduzione dell'emissione di sostanze inquinanti e lo sviluppo di nuovi servizi ed il test di veicoli di nuova generazione. Si parla di quei veicoli che fruiscono delle nuove applicazioni e dei nuovi servizi ITS definiti come day 1 e day 1.5 ed in particolare le applicazioni: RWW, PVD, IVI, OBSignage (è l'In-vehicle signage). I 3000 veicoli utilizzati per il progetto sono equipaggiati con diversi sensori e posseggono on-board units (OBU) in modo da trasmettere e ricevere messaggi sia con gli altri veicoli (V2V) che con l'infrastruttura (V2I).

Del progetto hanno fatto parte l'industria automobilistica, rappresentata da Renault e da Peugeot Société anonyme (PSA), istituti di ricerca, università, gestori dell'infrastruttura, autorità locali e nella seconda fase del progetto (2016/2018) anche autorità estere (portoghesi, austriache e spagnole). Sono stati ricavati degli

standard inerenti: la sicurezza, le ITS-station, i test da eseguire per la conformità e la comunicazione attraverso il codice DATEX II (paragrafo 3.3.4).

In figura i cinque siti in cui si sono svolti i test sono:

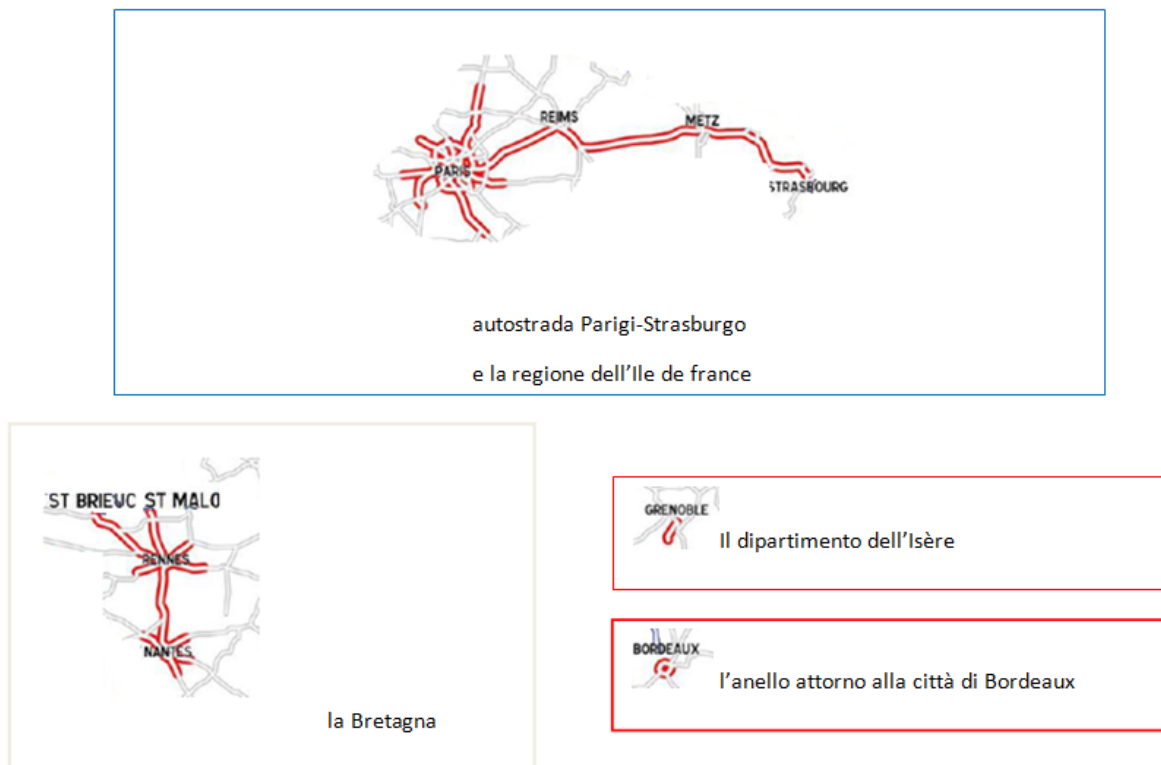


Figura 122 - Localizzazione geografica progetto SCOOP@F

### 3.10.3 Islanda – Norvegia – Danimarca – Svezia – Finlandia

Nei paesi scandinavi il progetto inerente i C-ITS prende il nome di Nordic Way e ha come obiettivo lo sviluppo della sicurezza relativa al traffico e l'interoperabilità tra i paesi nordici. Il progetto è iniziato nel 2013. I paesi che ne fanno parte sono l'Islanda (The Icelandic Road and Coastal Administration (IRCA)), la Norvegia (Institute of Transport Economics Norway (TØI)), la Svezia (The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)), la Finlandia (Technical Research Centre of Finland (VTT)) e la Danimarca.



Figura 123 - Localizzazione geografica del progetto Nordic way fonte: Google immagini (modificata)

La tecnologia per la comunicazione utilizzata in questo progetto non è l'ETSI 5G, come invece era per la comunicazione a breve distanza nei progetti C-ITS Corridor e SCOOP@F. Hanno effettuato questa scelta perché la tecnologia 3G e 4G utilizzata per la telefonia mobile è affidabile, collaudata, già disponibile e si adatta bene agli ampi spazi e la poca urbanizzazione dei paesi scandinavi inoltre non vi erano rischi di interferenza con altri apparecchi elettrici e sistemi di comunicazione.

Per quanto riguarda i sistemi di assistenza alla guida day 1 e day 1.5, l'attenzione è stata posta sul PVD perché per fare un C-ITS non si può prescindere dalla trasmissione-ricezione dei messaggi CA e DEN, sul Cooperative Hazardous Location Warning perché in un ambiente così ampio è importante conoscere: se vi sono ostacoli che possono aver bloccato la strada, macchine rimaste bloccate, branchi di animali allo stato brado, ed infine sul Cooperative Weather and Slippery Roads Warning perché le condizioni climatiche inclementi (forti venti ed abbondanti nevicate) oltre che alla presenza di ghiaccio sono un'insidia sia alla sicurezza che ai tempi di percorrenza. Con possibili ritardi per servizi pubblici e rifornimento-trasporto merci.

Nel progetto è stata coinvolta la casa automobilistica Volvo, il produttore di veicoli industriali Scania, le società di telecomunicazioni Kapsch e Nokia, la multinazionale Ericsson produttrice di software inerenti le comunicazioni e servizi CIT, la HERE produttrice di mappe digitali, servizi cloud e di navigazione, oltre che le autorità nazionali e locali di competenza.

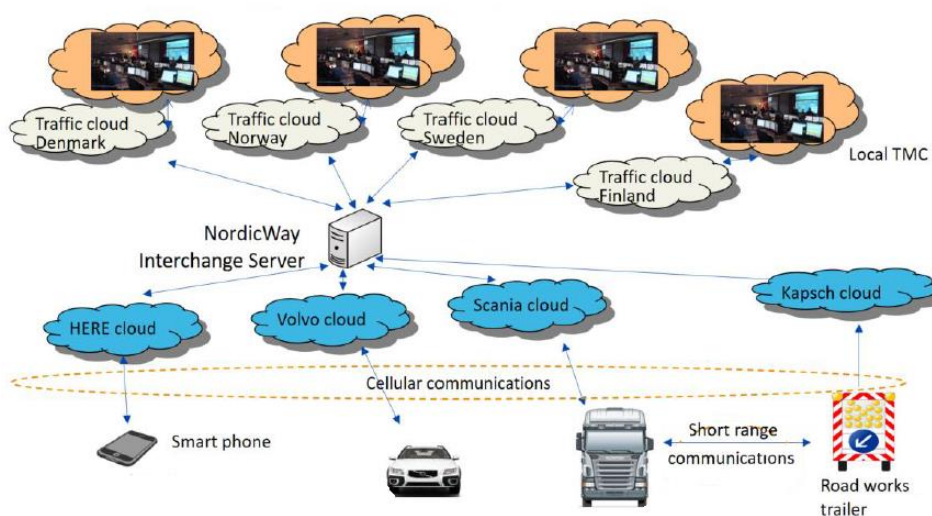


Figura 124 - Architettura del sistema di comunicazione a lungo raggio. fonte: Nordic Way

La città di Copenhagen è una delle sette città facenti parte del progetto Compass 4D (figura 136) in cui si studiano una o più applicazioni tra: il RHW, l'Energy Efficiency intersection Service (EEIS), il Red light vehicle warning, applicati al contesto urbano. Nel caso di Copenhagen è stato valutato l'EEIS, equipaggiando 33 intersezioni sull'anello esterno della città e l'RHW con: 87 autobus, 30 camion tutti muniti di OBU e 330 guidatori. Sono state installate 21 RSU con standard comunicazione ETSI 5G. Successivamente alcuni veicoli sono stati dotati di cloud in modo da poter sfruttare la tecnologia 3G, 4G ed avere lo smartphone come unità di bordo e non una OBU specifica per la comunicazione ETSI 5G con le RSUs.

In Finlandia con il progetto Scanway 2 b (Maggio 2017 – febbraio 2018), si è iniziato a pensare ad un corridoio logistico integrato e supportato con ITS e C-ITS. Lo scopo è di fare della Finlandia un hub internazionale della logistica, con flotte di spedizioni dirette sia ad ovest (USA) che ad est (Cina, Russia). Come servizi C-ITS sono stati sperimentati quelli del day 1, con comunicazione ibrida: a corto raggio (ETSI-G5) e a medio raggio (5G-LTE) che può avvenire sia con altri veicoli tecnologici sia con l'infrastruttura.



Figura 125 - Dettaglio dei corridoi (ferroviari, stradali ed aereo) verso est e verso sud fonte: <https://arkisto.trafi.fi/>

Trafi è la società per la sicurezza stradale della Finlandia.

Il Technical Research Centre of Finland (VTT) auspica un aumento della produttività del 10 % grazie ai Corridor As A Service (CAAS), oltre una migliore affidabilità e trasparenza (grazie al tracciamento real time) delle flotte commerciali impiegate. Utilizzando questo sistema si potrebbe conoscere le condizioni meteo, eventuali lavori stradali o code, le condizioni del traffico, il tipo di tasse doganali o di pedaggio così da poter pianificare un viaggio che sia il più vantaggioso possibile.

Dal sito della Nordic way si possono osservare i risultati della sperimentazione. Proponiamo alcune immagini tratte dai service day 1: Emergency Vehicle Approach, Road Work warning ed Intersection Signalised.

Nella prima immagine (tra quelle schematizzate in figura 126) si vede un'ambulanza sorpassare dietro a due veicoli. Di questi due veicoli uno è un trattore stradale (della Scania) mentre il secondo un'automobile (della Volvo). L'automobile sta compiendo un sorpasso. Vedendo sul HMI il messaggio: "Emergency vehicle alert", l'automobilista o addirittura il sistema di bordo decide di sospendere la sua azione e lasciare strada all'ambulanza. Allo stesso modo anche la motrice riceve la notifica dell'approssimarsi del veicolo d'emergenza. L'ambulanza effettua il sorpasso dei due veicoli e prosegue il suo tragitto. Una volta superati, sul HMI dei due veicoli comparirà un messaggio di cessato allarme.



Possiamo notare, immagine di sinistra, come essendoci un contrasto maggiore tra lo sfondo bianco, la scritta nera e il bordo azzurro, il messaggio sull'auto si nota meglio rispetto a quello sul camion (immagine sotto), dove lo sfondo nero non contrasta a sufficienza con l'ambiente circostante. Affronteremo velocemente anche la questione degli indicatori visivi, quando si parlerà dei messaggi visualizzati sul HMI dei veicoli a guida automatizzata o autonoma.

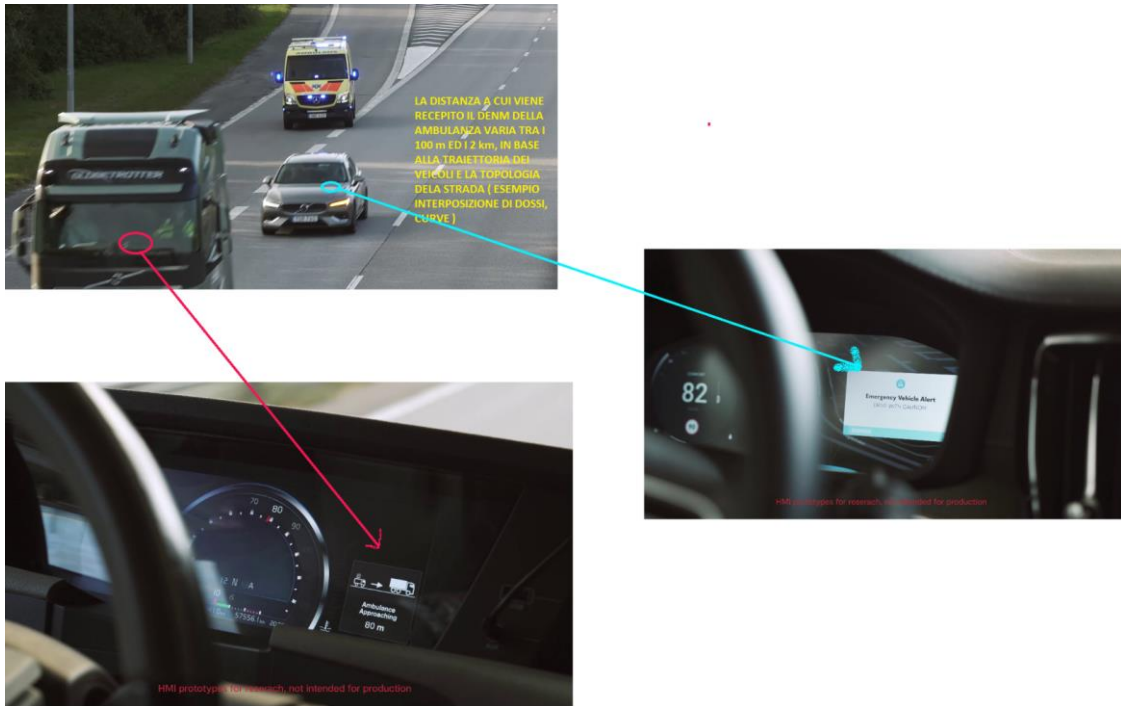


Figura 126 - Sequenza di immagini tratte dal video dimostrativo del day 1 service, Emergency vehicle approaching fonte: <https://www.nordicway.net/demonstrationsites/emergency-vehicle-approach>

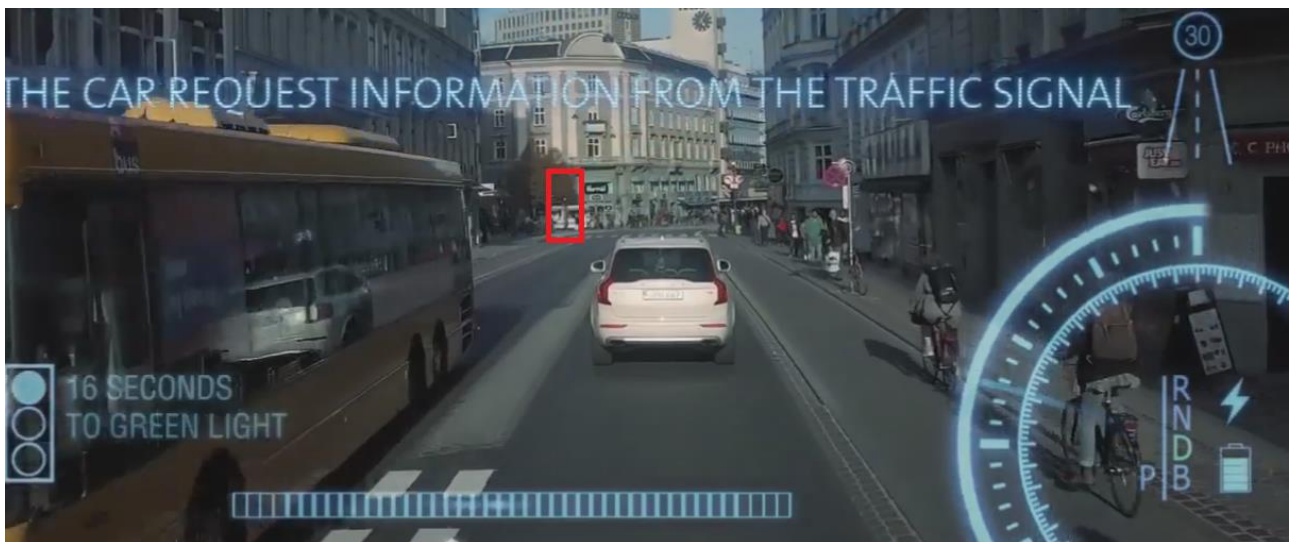


Figura 127 - Esempio applicativo di I2V fonte: <https://www.nordicway.net/services/signalized-intersections>

Si può notare dalla figura sopra come l'infrastruttura (in questo caso il semaforo) comunica che tra 16 secondi scatterà il segnale di via libera. In alto a destra si vede un segnale che indica la distanza del semaforo. Avere la distanza sarebbe utile al guidatore, per capire se nei 16 secondi sarà giunto al semaforo e quindi può mantenere l'andatura oppure se vi arriverà prima e quindi dovrà rallentare. Un'idea potrebbe essere che il

sistema di bordo valuti la possibilità di raggiungimento, e nel messaggio comunichi oltre al tempo di verde o dal prossimo verde, anche la velocità a cui portarsi per raggiungerlo. Questo indirizzerebbe la tecnologia dal Intersection Signalized al GLOSA.



Figura 128 - Esempio di Road Work Warning fonte: <https://www.nordicway.net/services/road-works-warning>

In figura 128 si vede l'avviso dei lavori in corso, sia per l'auto che per il camion. Nel video associato si vede che funziona allo stesso modo sia in territorio svedese che in quello norvegese. Nella schermata in alto a destra si vede l'indicazione comunicata dal veicolo Volvo che, il veicolo che sopraggiunge, incontrerà il lavoro stradale. Pensiamo con una comunicazione attraverso l'infrastruttura, perché la distanza tra i due veicoli (853 m) non è raggiungibile direttamente con un DENM, servirebbe che il DENM venisse ritrasmesso da altri veicoli che però non erano presenti nel test. Nell'indicazione trasmessa in cabina allo Scania si vede che funziona sia con tecnologia a corto raggio ETSI ITS -G5, sia con quella a celle. Non si vede chiaramente il secondo numero ma con entrambe le tipologie è segnalata all'incirca la stessa distanza (poco oltre i 50 m). Per quello che riguarda la motrice, pensiamo che l'immagine del cartello stradale induca in confusione, dato che sembrerebbe più ravvicinato di quanto appare guardando il piccolo riquadro sopra l'immagine CELLULAR. Inoltre riteniamo che servirebbe avere a disposizione immagini più ampie, soprattutto per l'auto dove si nota come l'icona dei lavori in corso, che compare nel tachimetro è piccola. Anche se potrebbe essere solo un richiamo, con l'immagine completa di distanza del veicolo (indicato dal warning) che dovrebbe comparire nel HMI, usualmente posto alla destra del guidatore.

### 3.10.4 Repubblica Ceca

In Repubblica Ceca l'inizio dei test sullo sviluppo dei C-ITS è datato 2016. Con gli obiettivi di avere una diffusione sull'intero territorio nazionale nel 2020, e la modalità di guida completamente autonoma nel 2050.



Il corridoio prescelto per la prima fase della sperimentazione è quello tra Mirosovice e Rudná. Per quanto riguarda le applicazioni-sistemi di assistenza alla guida sono stati sperimentati il RWW, l'IVS (in-vehicle signage) che però oltre all'informazione sui segnali stradali incontrati lungo il tragitto, visualizza anche le condizioni meteo (ovviamente si tratta delle condizioni a cui ci si sta approssimando e non quello che vedrebbe anche l'utente), il RHW (road hazardous warning) comprendente quindi i vari oggetti-ostacoli che possono trovarsi d'innanzi al guidatore improvvisamente come veicoli fermi, veicoli che procedono lentamente, animali o persone. Degli RHW potrebbe fare parte anche il Traffic Jam Ahead Warning essendo l'avvertimento di una coda di veicoli davanti al nostro veicolo ma nel "korridor" in cui è sperimentato viene trattato separatamente e l'Approaching emergency Vehicle Warning, in cui in caso di emergenza un veicolo che ne ha la possibilità invia un DENM con il codice 2 (sirene e/o lampeggianti accesi) ai veicoli che lo precedono per chiedere via libera (passaggio preferenziale che può richiedere anche ai semafori che dispongono di dispositivo locale installato, ad esempio si veda la figura 90).

La prima fase (stage1, nella mappa sottostante) "korridor Mirosovice-Rudná" si è conclusa e ha portato in dote raccomandazioni sulle future implementazioni tecniche, legali ed organizzative. Furono installate 29 RSU stations e la tecnologia di comunicazione è stata l'ITS G3. I servizi impiegati nella sperimentazione sono stati: PVD, RWW ed IVI.

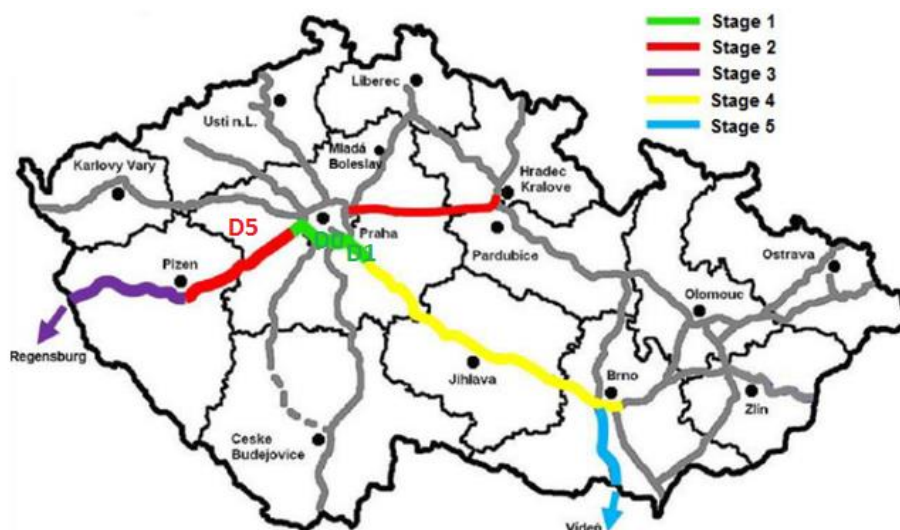


Figura 129 - Diffusione dei C-ITS in R.Ceca fonte: direttorato strade e autostrade, 2015

Nel progetto sono coinvolte la casa automobilistica Skoda, ricercatori ed esperti nel settore degli ITS, un consorzio di operatori stradali e ferroviari oltre che il ministero dei trasporti.

Gli operatori ferroviari sono presenti perché nella sperimentazione vi sono due attraversamenti ferroviari nella regione della Pardubice (a est di Praga, si veda la figura 129).

Alcuni aspetti legati agli oneri e responsabilità tra operatori, alla sicurezza, all'interoperabilità rimangono ancora da risolvere. Interoperabilità sia tra le funzioni di pedaggio elettronica, che sfruttano telecomunicazioni in 3.8 GHz, e quelle dei C-ITS che utilizzano i 3.8 GHz, sia quella con il sistema cooperative C-ITS corridor, in uso sulle vicine autostrade austriache e tedesche.

Di seguito è riportato un estratto di ciò che è riportato nel progetto C-ITS:

Security system for establishing trust between all users (C-Roads Czech Republic project partners) is based on standard PKI principles using asymmetric cryptography and guarantee trust and undeniableness of all transmitted messages with electronic signature of their sender. These security principles eliminate possibility of traffic message forgery because messages without valid certificate or signed by signature of non-trusted issuer will not be processed.

For purposes of C-Roads Czech Republic project O2 Czech Republic delivered the Root certification authority in cooperation with Teska Labs and Faculty of Transportation Sciences Czech Technical University in Prague. This is the key component of security solution and immediately after the accessibility of key European components (Trust List Manager and C-ITS Point of Contact) the Root certification authority will be connected to these components, ensuring thus fully cross-border interoperability.

Figura 130 - Dettagli sulla PKI utilizzata nel progetto C-ITS, della R.Ceca fonte: <https://www.czechspaceportal.cz/en/section-7/news>

A cui aggiungiamo la traduzione di seguito:

“il sistema di sicurezza atto a stabilire un rapporto di fiducia tra gli utenti (partecipanti al sistema) è basato sullo standard PKI. Principio che utilizza una codifica asimmetrica dei messaggi, garantendo l'innegabilità dei messaggi trasmessi. Le trasmissioni senza una valida certificazione o non firmati da una stazione riconosciuta (che abbia cioè ottenuto l'Authorization Ticket) non possono essere effettuate.

Per gli scopi del progetto O2 del C-Roads Czech Republic, la certificazione rilasciata dalla Root Authority è stata sviluppata in collaborazione con i laboratori Teska e la facoltà di scienza dei trasporti dell'università tecnica di Praga. La certificazione della Root Authority è connessa con il T[rust]L[ist]M[anager] (TLM) e con il punto di contatto C-ITS, per fare in modo che vi sia un'operabilità transfrontaliera.”

### 3.10.5 Ungheria

In Ungheria a partire dal 2015 è stato portato avanti un progetto inerente l'introduzione e valutazione di un sistema C-ITS nel corridoio autostradale M1, che collega la capitale ungherese Budapest a quella austriaca Vienna. Lungo questa autostrada sono state collocate 27 RSUs fissate o su graticci reticolari in acciaio (come mostrato nella figura 131 per l'autostrada olandese A16) oppure negli spazi SOS, e 20 RSU mobili collocate ad esempio sui carrelli stradali di segnalazione. La tecnologia di comunicazione è l'ITS G5 e i servizi-applicazioni sperimentate sono: Traffic Jam Ahead Warning, RWW, IVS, RHW, Weather Roads Warning. Una particolare attenzione è stata data allo scambio di dati con i paesi confinanti all'affidabilità e disponibilità dei dati di traffico. In ambito urbano sono state studiate sia l'ISS che il Green Light Optical Speed Advisory (GLOSA).

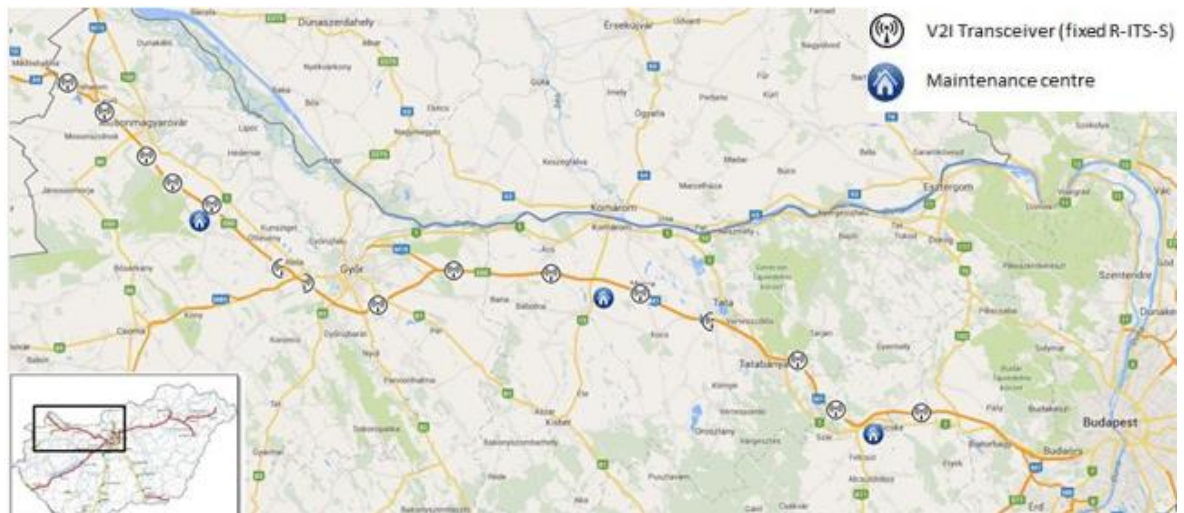


Figura 131 - Territorio ungherese del corridoio Vienna-Budapest fonte: Hungarian public road company

### 3.10.6 Spagna

In Spagna è stato lanciato il progetto SISTemas COoperativos GALicia (SISCOGA) comprendente le strade interurbane AP-9, A-55 e A-52 e quelle urbane della città di Vico, in Galizia per un totale di 152 Km.

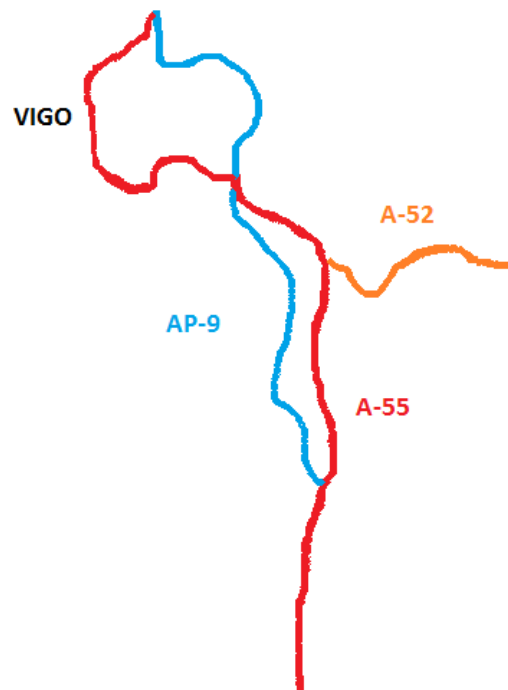


Figura 132 - Progetto SISCOGA, strade coinvolte fonte: nostra rappresentazione

In ambito urbano sono state collocate: 24 RSU, 5 telecamere, 43 rilevatori di traffico. In ambito extraurbano invece erano presenti: 30 RSU, 21 telecamere, 19 messaggi a segnali variabili e 10 stazioni per la rilevazione delle condizioni meteorologiche. Tutti collegati tramite fibra ottica al TMC denominato nord ovest.

I servizi-applicazioni sperimentate sono: il Traffic-Accident Jam Ahead Warning, il RWW, l'Alternative route information, il Weather Roads Warning, il Regulatory and contextual speed limit ed il PVD. Successivamente da estendere con la sperimentazione di: GLOSA, Priority for emergency vehicle, Contextual traffic information and alternative route, Parking management.

E' stato adottata la tecnologia ETSI 5G per la comunicazione tra i veicoli mentre per la comunicazione tra infrastruttura e veicolo è stata utilizzata la tecnologia Wi-Fi. Oltre la già citata connessione con fibra ottica, tra le RSUs, i rilevatori di traffico, i rilevatori meteo, le telecamere, ed il centro elaborazione del traffico.

### 3.10.7 Gran Bretagna

In Inghilterra le applicazioni-servizi day 1 sono state sperimentate lungo il corridoio tra Londra e Dover. I servizi-applicazioni sperimentate sono: RWW, PVD, IVS e nell'ambito urbano s'aggiunge il Signal Phasing Information con il quale il guidatore viene informato sull'indicazione attuale del semaforo e sul tempo restante per quel colore. Il progetto è iniziato nel 2016 con la denominazione A2-M2 dai nomi delle strade che fanno parte del corridoio testato ma successivamente è stato incorporato nel progetto Intercor.

Il progetto Intercor comprende quattro stati: Belgio, Paesi Bassi, Francia e Regno Unito. Ha come obiettivo lo sviluppo-miglioramento dell'interoperabilità tra i diversi stati, lo sviluppo di un sistema ibrido (ETSI 5G + rete cellulare) e la protezione della privacy.

La trasmissione di informazioni tra R-ITS station e V-ITS station avviene con la tecnologia ETSI 5G ma è presente anche la tecnologia 3G, 4G dato che vi sono RSU mobili che trasmettono in questo modo con le ITS station dei veicoli. I centri del traffico di Londra, Kent e quello per le autostrade inglesi sono in contatto con le RSU stations.

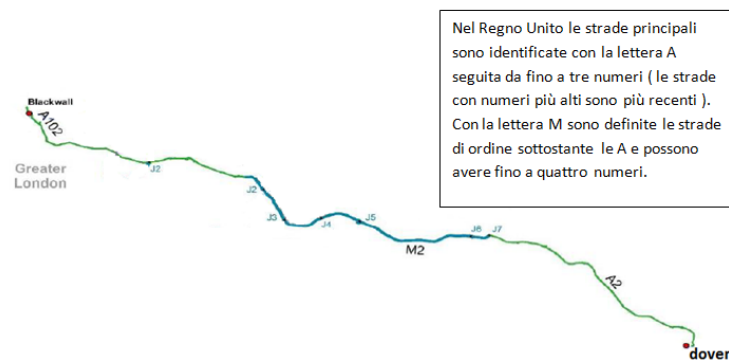


Figura 133- Progetto C-ITS, A2-M2 fonte: state of the art of analysis of C-ITS deployment, 2016 (modificata)



Figura 134 - Infrastrutture facenti parte del progetto INTERCOR fonte: state of the art of analysis of C-ITS deployment, 2016



## Key Performance Indicators

Urban Driving	Large community vulnerable road user detection (> 1000 persons)
Valet Parking	Three different vehicle types, variety of routes
Highway Pilot	Detection of five different road incidents
Platooning	Uninterrupted crossing of intersections
Car sharing	Waiting time less than one minute from reservation



Figura 135 - Siti del progetto Autopilot, indicazioni su quello di Brainport fonte: <https://autopilot-project.eu/>

City	C-ITS services			Infrastructure	Users
	RHW	EEIS	RLVW		
Bordeaux	x	x	x	21 RSU, 3G/4G, ITS-G5	87 buses, 2 hydrogen cars, 17 HGVs, 330 drivers
Copenhagen		x		21 RSU, ITS-G5	87 buses, 2 hydrogen cars, 17 HGVs, 330 drivers
Helmond	x	x	x	24 RSU, ITS-G5	2 buses, 2 electric cars, 4 cars, 8 trucks, 10 taxis, 12 emergency vehicles, 52 drivers
Newcastle		x		20 RSU, ITS-G5	2 electric cars, 11 ambulance service vehicles (non-emergency), 20 drivers
Thessaloniki	x	x		7 RSU, LTE, ITS-G5	350 taxis, 1 car, 600 drivers,
Verona		x		3 RSU, ITS-G5	10 buses, 30 cars, 50 drivers
Vigo	x	x		37 RSU, ITS-G5	20 buses, 13 cars, 10 taxis, 2 emergency vehicles, 77 drivers

Figura 136 - Città del progetto Compass4D, RHW: Road Hazardous Warning, EEIS: Energy Efficiently Intersection Service, RLVW: Red Light Vehicle Warn fonte: state of the art analysis C-ITS deployment, 2016

Nel [65] per quanto riguarda la legislazione, viene sostenuta la necessità che le normative nazionali sulla circolazione stradale siano omogenee, al fine di garantire l'interoperabilità. Nonostante gli stati membri dell'Unione Europea facciano parte dell'Unece e quindi siano legate alla convenzione di Vienna del 1969 che fissa delle regole generali per gli stati che non l'hanno ratificata tra cui Gran Bretagna e Spagna, comunque avevano adottato la Convenzione internazionale Parigi 1949, vi sono aspetti particolari in cui le varie normative differiscono. Queste differenze possono essere:

- la direzione della circolazione ad esempio nel Regno Unito è a sinistra e quindi un veicolo proveniente dalla Francia dove a destra si troverebbe con il sistema di guida che segnalerebbe o addirittura impedirebbe di permanere sulla corsia di sinistra;
- nei limiti di velocità ad esempio sulle autostrade tedesche non vi è un limite e quindi il sistema non ricevendo un valore limite potrebbe avere errori funzionali;
- nell'adozione di tipologie particolari di cartelli, tipici di un paese e che quindi un veicolo proveniente da un altro non ha nella memoria del proprio software;
- in regole specifiche come ad esempio vi sono stati dove i veicoli che entrano in autostrada devono lasciare la precedenza ai veicoli che già la stanno percorrendo, mentre in altri stati la regola impone la precedenza a chi ha la parte frontale del veicolo più avanti, indipendentemente da quale direzione di flusso provenga.

### Considerazioni conclusive

Grazie alla standardizzazione dei messaggi e della PKI attuata dai gruppi di lavoro del C-ITS Platform, la messa in opera dei servizi day 1 è stata possibile. All'interno del capito si sono riportati gli innumerevoli vantaggi che questi sistemi porteranno con loro, bisognerà verificare che essi funzionino anche in condizioni non di test. Ciò è fondamentale per far sì che lo studio dei sistemi più evoluti non venga abbandonato.

Con l'introduzione di questi sistemi è possibile:

- ridurre gli incidenti;
- ridurre le code all'interno delle città;
- trovare più facilmente parcheggio o colonnine di ricarica per i veicoli;
- sapere in anticipo quali strade sono chiuse al traffico per incidente o manutenzioni;
- poter prevedere la presenza di ostacoli a lunga distanza;
- guidare di notte o in condizioni atmosferiche avverse in sicurezza;
- essere informati sulla presenza di veicoli di emergenza in arrivo sul proprio percorso.

Per riuscire realmente ad avere i vantaggi elencati due elementi sono imprescindibili. Un alto tasso di questi veicoli all'interno del parco circolante e forti investimenti da parte del gestore dell'infrastruttura. Un terzo punto necessario, che al momento sembra essere rispettato, è la cooperazione internazionale al fine di delineare degli standard comuni.

Avendo notato il lungo lasso temporale da quando un'applicazione ITS è realizzabile tecnicamente a quando viene resa obbligatoria per legge passa troppo tempo, siamo dell'idea che questo periodo debba essere accorciato essendo applicazioni che riguardano la sicurezza di tutti.

È nostra idea che i servizi day 1 più promettenti dal punto di vista della riduzione degli incidenti debbano essere resi disponibili gratuitamente per legge, lasciando quelli con altre finalità come accessori a pagamento in modo che il gestore dell'infrastruttura rientri dell'investimento.



## 4. SMART ROAD

Nessun incidente, inquinamento azzerato, niente code e traffico scorrevole: ecco come descriveremo la mobilità nelle nostre città o sulle principali arterie viarie nel prossimo futuro.

Grazie alle nuove tecnologie, soprattutto l' IoT (Internet of Things), possiamo pensare di rendere realtà questo scenario che sembra poco meno di un'utopia. Forse le strade intelligenti non hanno lo stesso appeal sul pubblico dei veicoli a guida automatizzata, sui quali si fantastica già dagli anni '30 del Novecento e che ancora tengono banco sui giornali, ma le Smart Road giocano un ruolo decisamente più rilevante nel futuro della mobilità sostenibile: attraverso la connessione dell'infrastruttura con i veicoli o con un centro di controllo, ma anche tra veicoli che circolano su una stessa strada, le informazioni e i dati che potremo trasmettere faranno la differenza in termini di sicurezza, di efficienza e risparmio energetico e di qualità della vita. Secondo la visione di Anas una strada Smart è una strada capace di "parlare agli utenti e ad essa stessa". Essa permette, per mezzo dei sistemi di connettività in movimento, di annullare le distanze ed estendere gli spazi ed è tale da includere e riconoscere automaticamente gli utenti.

Si cercherà di inquadrare cosa si intende per Smart Road, dandone una definizione, e di evidenziare quali vantaggi può portare alla mobilità e alle comunità in generale, non tacendo comunque gli svantaggi che la costruzione di queste infrastrutture può comportare.

Inoltre, al fine di esporre nel modo migliore i risultati concreti che una Smart Road può offrire, si farà riferimento a casi reali di implementazione di queste infrastrutture, realizzati sia in Italia che all'estero, traendo infine delle conclusioni riguardo il loro utilizzo.



Figura 137 - Smart road: punti di connessione

#### 4.1 Aspetti futuri dell'infrastruttura

Per capire come all'aumentare della tecnologia a disposizione nel veicolo debba far da contro altare l'aumentare della tecnologia sull'infrastruttura, spostiamoci nell'ambito aeronautico. Gli aerei sono passati dal biplano Fokker di Manfred Von Richthofen al Me-262 (primo caccia a reazione, Luftwaffe 44') fino agli attuali aerei gestiti completamente dal pilota automatico. L'infrastruttura si è dovuta adeguare passando dai campi in terra battuta alle piste attrezzate con AiutiVisiviLuminosi (AVL) ed InstruemntLandingSystem (ILS).

Gli operatori telefonici hanno l'infrastruttura su cui passano i dati scambiati attraverso la rete cellulare, rete che potrebbe molto probabilmente sostenere i servizi non legati alla sicurezza. Una volta a regime vi saranno migliaia di km di infrastruttura coperti da sistemi C-ITS con milioni di veicoli che la percorrono, questo significa una moltitudine di scambi dati che passano dalla rete cellulare. Infine, per una prima fase, il proprio smartphone potrebbe funzionare come HMI, e gli operatori telefonici essere i distributori di app apposite così come di mappe aggiornate in tempo reale sulla condizione: del traffico, dei lavori in corso, della chiusura di corsie e dei fenomeni atmosferici. Nel caso della tecnologia 5G potrebbe la tecnologia di comunicazione cellulare riuscire ad avere una bassa latenza e permettere di conseguenza anche i servizi concernenti la sicurezza. Questo però non è scontato dato che i days 1 stanno entrando in servizio con l'ETSI ITS 5G e quindi è più probabile che i loro aggiornamenti siano ancora con la stessa tecnica di comunicazione. Per quanto riguarda l'interoperabilità i test pilota lungo i corridoi tra stati (nella stragrande maggioranza dei casi) non si sono effettuati con il 3G, 4G quindi anche in questo ambito la comunicazione cellulare è più indietro rispetto a quella ETSI ITS 5G. Ovviamente la strada verso il livello 5 di guida autonoma è ancora molto lungo e quindi vi è il tempo per recuperare il distacco. Da quando la e-call è richiesta in ogni nuovo veicolo, una scheda SIM è inclusa, perché necessaria ad espletare le funzioni della chiamata d'emergenza.

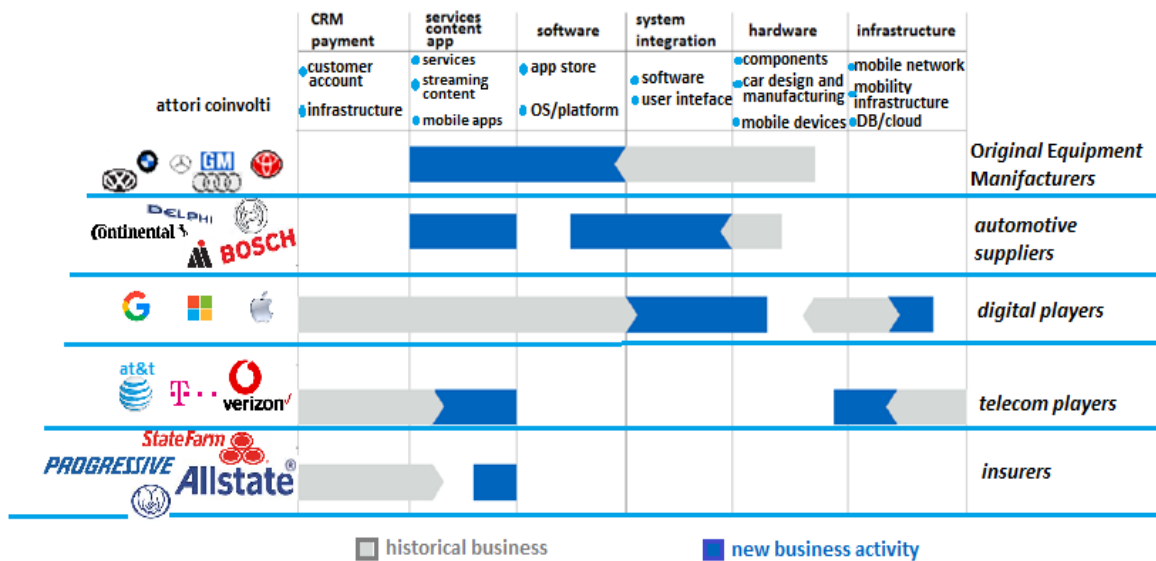


Figura 138 - Attori in gioco estendono le loro attività fonte : Mckinsey in "Automotive value chain unbound" (modificata)

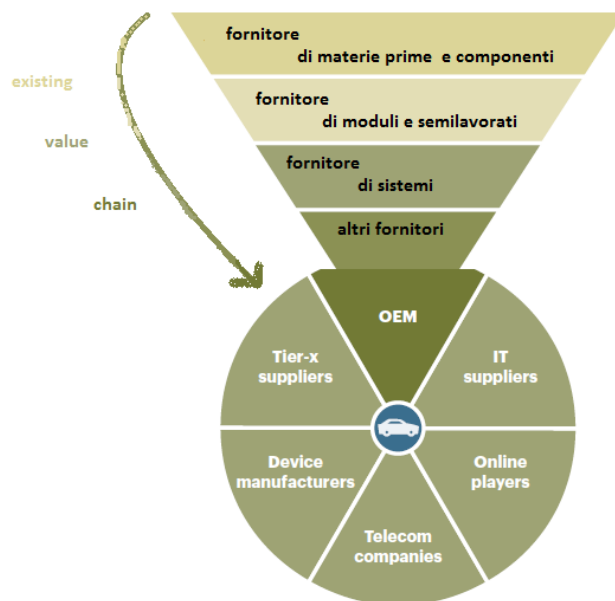


Figura 139 - Value chain dal tipo piramidale di oggi a quella a ruota del 2030 fonte: *how automakers can survive the self-driving era*, AT Kearney (modificata)

Nella struttura a ruota prevista dal AT Kearney in caso “uno spicchio” sia lento comporta un rallentamento dell’intera organizzazione industriale che si occupa della produzione del veicolo (al centro della ruota). Il produttore completa il veicolo come farebbe attualmente, ma successivamente necessita della collaborazione di operatori di altri settori, affinché il veicolo possa giungere all’apice del suo potenziale. Ad esempio sempre [93] sostiene che la parte hardware dei veicoli, ad oggi 90% del prodotto scivolerà ad un 40 % (da qui si comprende l’importanza degli altri attori in gioco). Così alcuni fornitori dovranno scegliere se iniziare una lotta con gli altri loro concorrenti per riuscire a restare nel mercato (cioè non essere quel 50% di fornitori di hardware che non servirà) oppure se diversificare la produzione passando ad altri settori come la progettazione di applicazioni o di servizi al guidatore. In [93] è stimato che dal 2030, il mercato degli equipaggiamenti tecnologici dei veicoli avrà il valore di 103 miliardi, mentre quello delle applicazioni che favoriranno la comunicazione tra veicoli e tra il veicolo ed i passeggeri varrà 86 miliardi.

I produttori di veicoli di alta gamma, ad oggi stipulano contratti con fornitori di elevata qualità, ad esempio: interni in pelle naturale, freni dalle alte prestazioni, pneumatici appositamente progettati per resistere meglio alle alte velocità o per durare più a lungo. Nel futuro dovranno mantenere queste tipologie di contratti, ma aggiungervi dei contratti con società di servizi, ad esempio per le telecomunicazioni o per l’informatica (programmazione delle ECU, infotainment di bordo ed altro). Come si è visto in principio, alcune case automobilistiche hanno iniziato delle collaborazioni con società legate alla tecnologia, tra le altre: BMW con Vodafone e Daimler con Nokia. Negli USA la GM collabora con IBM per sviluppare le future infrastrutture connesse nelle città statunitensi. Le autorità dovranno prestare molta attenzione affinché siano rispettate le regole sulla protezione della privacy, dato che per le società come Google, Facebook, IBM i dati contenuti nei veicoli tecnologici varranno l’equivalente di un tesoro. La protezione garantita dalla infrastruttura PKI vale per i C-ITS, non per forza è prevista anche per i veicoli a guida autonoma ed automatizzata. Altri produttori (di livello modesto) potrebbero attendere che la tecnologia sia stata sviluppata dai brand migliori, e sfruttare le conoscenze acquisite, per riuscire a posizionare sul mercato veicoli a guida autonoma con prezzi contenuti (ovviamente con limitazioni sulla tecnologia di bordo e le applicazioni di svago e di assistenza al guidatore).

NVIDIA ha stimato che la domanda di elaborazione dei veicoli a guida autonoma potrà essere tra le 50 e le 100 volte più intensa di quella delle auto ad oggi più avanzate (Boucherat, 2018).

In [93] è riportato, come Google ha svelato una seconda generazione di prototipi inerente le driverless car, chiamato Chauffeur. Ha acquisito una impresa che realizza robotica militare, ha sviluppato Google Nest per la smart home integration (interazione tra i servizi intelligenti della casa ed il veicolo) e sta sviluppando delle applicazioni touch per l'interazione con le superfici del veicolo.

Non solo i produttori ma anche i gestori dell'infrastruttura dovranno collaborare con società competenti nel campo della gestione-analisi dati e nelle telecomunicazioni perché, almeno inizialmente, non disporranno di queste conoscenze venendo da un ambito finalizzato alla costruzione ed al mantenimento dell'infrastruttura. Un esempio pratico di anello di congiunzione tra gestori dell'infrastruttura e costruttori è la HMI. In cui le informazioni provengono anche dalle R-ITS stations e serve che l'interfaccia riesca a comprenderle, per poi mostrarle al guidatore. Il lato auto ed il lato strada devono "parlarsi nella stessa lingua".

L'infrastruttura fisica avrebbe bisogno di investimenti sia per i veicoli autonomi ed automatizzati (linee di demarcazione ben curate, segnali ripristinati, pulizia della banchina, ripristino del manto stradale e messa in opera dove necessario di sistemi per drenare l'acqua accumulata a bordo strada) sia per i veicoli connessi (installazione di messaggi variabili lungo la carreggiata e installazione, mantenimento delle RSUs lungo l'infrastruttura e delle centraline sui semafori; con la relativa posa dei cavi dove la tecnologia non è wireless). Sono riportati esempi negli U.S.A. in cui il veicolo si è arrestato per mancato riconoscimento delle linee di demarcazione (Louw, 2016). Una manutenzione inadeguata e un'ampia differenziazione della segnaletica (orizzontale e verticale) tra gli stati, saranno di ostacolo all'utilizzo efficace della tecnologia (EuroRAP (road assesment programme) & Euro NCAP (new car assesment programme), 2011).

"Le strade locali nel Regno Unito si stanno deteriorando più velocemente di quanto riusciamo a ripararle. Il costo per riportare il sistema stradale dell'Inghilterra e del Galles, ad un livello accettabile è di £ 11.8 miliardi" (Asphalt Industry Alliance, 2016). "... molte delle strade britanniche sono vicine alla loro capacità, così non c'è spazio da dedicare ad una corsia separata per i veicoli autonomi" (Houses of Parliament POST, 2013).

Sempre parlando di infrastruttura, aumentando il traffico sarà necessario aumentare l'offerta di strade e la capacità di quelle esistenti. Nel caso però che questo aumento del traffico sia compensato dall'ottimizzazione del trasporto stradale dato dai livelli più alti di automatizzazione questa necessità di nuove strade potrebbe venire meno. L'ottimizzazione del traffico può essere dovuta alla minore distanza tra veicoli, alla riduzione degli incidenti e quindi dei ritardi dovuti all'attesa che le pubbliche autorità rendano di nuovo agibile la strada, al minor tempo speso in coda davanti ai semafori rossi (si veda l'introduzione del GLOSA o dell'ISS). Una valutazione a parte va effettuata sui parcheggi, mentre per quanto riguarda: segnaletica orizzontale e verticale, guardrails e semafori, la completa percentuale di veicoli di LV 4, 5 porterà ad una loro drastica diminuzione. Con risparmio da parte dei gestori dell'infrastruttura sia in fase di acquisto che di manutenzione e riparazione. Vi saranno nuovi costi per quanto riguarda l'introduzione di collegamenti tra le RSUs ed i centri locali e centrali del traffico, oltre che l'installazione di sensori, telecamere, e appunto le RSUs.

Tenendo conto di un conto generale senza introdurre problematiche geotecniche, amministrative (permessi, ritardi) o urbanistiche (piccolo centro con pochi sottoservizi può costare anche la metà, di una grande città) il costo per miglio (1,6 km) della fibra ottica può oscillare tra i \$18.000 e i \$22.000 (<https://www.otelco.com/fiber-infrastructure/>).

Per quanto riguarda l'Italia, le mappe dovranno essere aggiornate all'oggi, in tutte le realtà e non solo nelle 14 città metropolitane identificate dal decreto legge n°56 del 2014. Altrimenti il non poter usare il veicolo tecnologicamente avanzato nella maggioranza delle aree del paese, sarebbe un malus molto pesante. Nella parte ovest della Australia le autorità proprietarie delle strade stanno considerando l'idea di installare le centrali di comunicazione solamente nei punti critici, così da ridurre i costi (Weeratunga e Somers, 2015). I due autori sottolineano come l'installazione delle 550 unità nelle intersezioni chiave costerà tra i 10 e i 14 milioni di \$ circa, a cui si aggiungeranno quasi 1 milione di \$ all'anno in manutenzione. Mappe aggiornate e



dettagliate serviranno ai veicoli di LV 5, per la ricerca in autonomia del parcheggio una volta depositati i passeggeri.

Parlando di infrastruttura, nel 2015 Lamb indicò come i veicoli a guida autonoma passerebbero sempre nella stessa traccia stradale (al centro della corsia). Essendo simile la distanza tra gli pneumatici dei vari veicoli servirebbe una classe di resistenza della pavimentazione maggiore, per evitare maggiori costi in riparazioni del manto stradale. (Rodoulis, 2014) ha indicato come quando i veicoli saranno di Lv 4, 5 le strade potranno essere più strette (minor costi di costruzione) e lasciare spazio alle piste ciclabili.

#### 4.2 Cos'è una Smar Road e quali vantaggi offre

La Smart Road è un'infrastruttura per il trasporto su gomma potenziata grazie all'integrazione delle nuove tecnologie, a partire dai sensori cat eye [22] fino alla rete 5G e l'utilizzo dell'IoT, per questo, infatti, viene definita strada intelligente, sulla quale i veicoli che la percorrono possono comunicare e connettersi tra loro e con l'infrastruttura stessa, trasmettendo informazioni utili allo scorrere del traffico, alle condizioni di sicurezza delle strade e, magari, anche scambiandosi energia.

ANAS le definisce così:

*“Smart Road è un progetto ad alto contenuto innovativo che prevede l'integrazione di tecnologie per infrastrutture, avendo come focus l'automobilista e la sua tutela. L'obiettivo è di fornire a chi si mette in viaggio numerose informazioni sulle condizioni ambientali e di traffico, grazie a tecnologie avanzate che consentiranno una migliore connessione tra i clienti e l'infrastruttura stradale”.*

In questo contesto, allora, le società del settore IT (Information Technology) e delle telecomunicazioni diventano partner strategici delle aziende del settore dei trasporti, contribuendo a convertire le strade convenzionali in ecosistemi intelligenti, parte fondamentale della futura Smart City.

Il concetto di Smart City, infatti, è fortemente legato a quello di Smart Mobility. Alla base di questa centralità vi sono almeno due fattori [24].

Innanzitutto, la mobilità gioca un ruolo molto significativo nei consumi energetici, discorso spesso al centro nei discorsi sulla Smart City relativi alla dimensione ambientale. Nondimeno i dati sono significativi: limitandosi alla sola Italia, nel 2016 il settore dei trasporti ha contribuito per oltre il 33,7% ai consumi energetici totali, di cui il 92,1% deriva da fonti non rinnovabili [24]; i trasporti influiscono per il 24,5% nel 2015 sul totale delle emissioni di gas serra, di cui la CO2 costituisce il 98,9% [25].

In secondo luogo, da ormai trent'anni il settore dei trasporti è già ambito privilegiato di applicazione di innovazioni legate alle ICT (Information Communication Technology), con lo scopo di sviluppare i cosiddetti Intelligent Transportation Systems (ITS), e dunque la ricerca di tecnologie intelligenti per la mobilità, come si vedrà di seguito, è tutto meno che una novità.

Sempre Staricco [24], considera due principali accezioni che si trovano riferite all'espressione Smart Mobility:

- un sistema di mobilità efficace ed efficiente;
- un sistema di mobilità caratterizzato da un consistente e sistematico utilizzo di innovazioni tecnologiche, sia in termini di ICT (impiegate per fornire informazioni a chi si sposta, per fluidificare il traffico, per gestire le flotte del trasporto pubblico, per migliorare la logistica del trasporto merci ecc.), sia in termini di mezzi di spostamento (auto elettriche, bus on demand, bike e car sharing ecc.);

ma di cui solo la seconda rappresenta ciò che veramente è inteso nel linguaggio comune per mobilità intelligente.

Certo, smart non significa necessariamente sostenibile, né attuare un processo sostenibile implica che questo sia intelligente, ma ancora una volta, è ormai comunemente inteso che questo nuovo tipo di mobilità debba puntare a migliorare l'esperienza del viaggiatore riducendo al contempo le emissioni di Co2 e, nel futuro, puntando a ridurre o addirittura eliminare gli incidenti stradali.

Direttamente da questo nucleo generale deriva il concetto di Smart Road, riferito alla mobilità su gomma: al centro troviamo la trasmissione dei dati in tempo reale e di energia, legati sempre all'obiettivo del benessere ambientale. Questa combinazione investe numerosi aspetti dell'esperienza che abbiamo delle strade nella nostra quotidianità, da cui discendono gli obiettivi dell'introduzione delle Smart Road:

- a. La sicurezza
- b. L'efficienza della gestione dei flussi di traffico
- c. L'efficienza del trasporto merci
- d. Risparmio energetico
- e. Rispetto dell'ambiente
- f. Qualità della vita

Questi aspetti sono volutamente numerati con lettere dell'alfabeto e non con una numerazione progressiva per evidenziarne l'interconnessione: la sicurezza, certo, è il primo obiettivo a cui si pensa, ma i dati raccolti per implementarla sono utili anche per regolare al meglio i flussi di traffico, che portano con sé una minor probabilità di incidenti; insomma, si creerebbe un circolo virtuoso dove sicurezza, efficienza e rispetto dell'ambiente siano tre aspetti di uno stesso triangolo.

Nel futuro, insomma, le strade saranno ben più di una pavimentazione comoda per raggiungere una certa destinazione: le strade intelligenti porteranno a una maggiore automazione, a una maggiore efficienza energetica, a costi inferiori, a un miglioramento della sicurezza pubblica, a un approccio all'ambiente più ecologico, alla riduzione delle congestioni del traffico, degli incidenti e di vittime, migliorando così la qualità generale della vita dei cittadini.

I cittadini delle Smart City, inoltre, saranno in grado di interagire con veicoli e infrastrutture di trasporto intelligente attraverso i loro telefoni cellulari (per conoscere il flusso di traffico in tempo reale, ad esempio, o le condizioni delle strade), mentre gli operatori della città saranno in grado di monitorare il traffico a distanza, rispondendo tempestivamente se necessario.

Ecco che si torna al concetto futuro di Smart City, in cui ci sarà la sovrapposizione di tre grandi categorie: quella dell'informazione, la rete elettrica, e la rete dei trasporti.

I vantaggi fin qui elencati sembrano promettere un futuro dove tecnologie ICT e trasporti garantiranno una miglior qualità di vita: sembra basti aspettare l'evolversi delle tecnologie, sempre più rapida grazie all'introduzione della rete 5G, per arrivare a un futuro relativamente prossimo in cui i trasporti smettano di essere un problema. Naturalmente, però, bisogna considerare anche l'altro verso della medaglia, in cui i costi e i tempi di implementazione delle tecnologie hanno un peso non di poco conto: per dare un ordine di grandezza rispetto i costi da sostenere ci possiamo riferire all'esempio di ANAS, che per il progetto della Smart Road per il porto di Trieste (di cui si parla nel capitolo 3.3) ha investito 2,7 mln di euro per un progetto della durata di 10 mesi che prevede l'installazione di 24 telecamere per il rilevamento delle targhe e il riconoscimento dei veicoli, 33 telecamere di contesto, sensori per rilevare il peso dei tir e oltre 27 chilometri di fibra ottica [27].



Se la questione dei finanziamenti, nonostante tutto, potrebbe essere superata grazie alle istituzioni e al coinvolgimento di aziende con capacità di investimento a lunghissimo termine, rimane comunque aperta la questione della realizzazione dei progetti, che richiedono tempi lunghi e, in molti casi, un'interruzione del traffico nelle zone di posa, generando nel frattempo congestioni del traffico e maggior inquinamento nelle aree in cui il traffico è deviato, incrementando almeno per un certo periodo proprio quelle problematiche che si vogliono risolvere.



Figura 140 - Smart Road Anas

### 4.3 Componenti tecniche della Smart Road

I progetti che si sono susseguiti dalla metà degli anni '90 fino ad oggi, con sempre maggior densità, riguardano tecnologie che risolvono singole problematiche del mondo dei trasporti: si va dalle comunicazioni tra veicoli alle strade capaci di determinare il peso dei veicoli, fino ai semafori intelligenti e i segnali stradali con connessione wireless [28]. Punto centrale della Vision è la connettività con gli utenti, con i veicoli e con le merci. Tutto ciò è possibile grazie ai sistemi di connettività con l'utente della strada e fra veicoli ed infrastruttura infatti sono previsti due sistemi wireless, che permetteranno la connessione in movimento degli utenti sui veicoli e dei veicoli con i sistemi lungo l'infrastruttura. Il primo si baserà sui "personal mobile device" per il loro largo impiego, questo strumento permetterà di fornire i servizi di info mobilità e di sicurezza stradale; il secondo sistema wireless è riservato al V2I (Vehicle to Infrastructure) per i servizi di guida automatizzata e semiautomatizzata.

Per quanto riguarda il panorama italiano, Anas intende realizzare un'infrastruttura di monitoraggio costante in real time di tutte le opere d'arte e dello stato della strada stessa basata sulle reti IoT (Internet of Things), attraverso sensori a bassissimo consumo elettrico (Low Power) di facile installazione, di connettività diversa e di lungo raggio (Long Range e reti WAN - Wide Area Network).

Dieci step, quelli individuati in una ricerca del 2019 della Royal Society condotta sugli avanzamenti della Smart Road, sono più significativi di altri perché, anche se si tratta di misure che riguardano uno specifico problema, presi insieme costituiscono gli elementi della Smart Road del prossimo futuro.

#### 4.3.1 Strade che immagazzinano energia

Energia solare, vibrazioni meccaniche ed effetto piezoelettrico: numerose proposte si sono succedute negli ultimi anni per catturare l'energia che raggiunge le strade, ma lo scopo è sempre uno solo cioè riutilizzare l'energia immagazzinata.

Il beneficio potrà essere diretto sia verso la rete energetica stradale in maniera immediata, fornendo l'energia ad esempio per la segnaletica stradale, sia verso una smart grid che immagazzini l'energia in eccesso per poi

utilizzarla ai fini della rete stradale, ad esempio per sciogliere il ghiaccio depositato sul manto stradale nei mesi invernali.

Raccogliere energia tramite effetto piezoelettrico [29], in particolare, avrebbe un vantaggio rispetto la fonte solare, per quanto siano comunque fonti di energia pulita, perché questo metodo non è soggetto alle condizioni climatiche: quando un veicolo passa sulla strada, questa deflette in verticale generando energia termica; interrando un generatore piezoelettrico nel conglomerato bituminoso sarà possibile allora recuperare parte di questo calore altrimenti disperso, trasformandolo in energia elettrica.



Figura 141 - Prototipo LYBRA dosso artificiale per immagazzinamento energia

Ritornando al 2009 la società Underground Power, tutta italiana, aveva presentato la sua idea di dosso intelligente chiamato LYBRA, un esempio è mostrato in figura 19. LYBRA, infatti, è un dissuasore di velocità preposto per immagazzinare e rilasciare, in un secondo tempo, l'energia altrimenti destinata a disperdersi nell'ambiente. Dunque, un meccanismo conosciuto e già utilizzato per rallentare il traffico e tutelare la vita dei cittadini, è stato studiato e rielaborato in una nuova chiave "verde". Va aggiunto, inoltre, che un'invenzione del genere consente di introdurre nel quotidiano una tecnologia ecofriendly senza stravolgere le abitudini delle persone e senza doverle educare al corretto uso della stessa. Esso è realizzato in acciaio, una scelta dettata dalla necessità di difenderlo da atti vandalici e di renderlo in grado di reggere il peso delle vetture. È ricoperto da uno strato di gomma riciclata, ovvero derivante dagli pneumatici fuori uso, peculiarità che conferisce al sistema un carattere ancora più ecologico. Questo tipo di rivestimento garantisce anche la sicurezza per il passaggio di motorini, carrozzine e pedoni. Le dimensioni, 1 metro di larghezza e 10 cm di altezza, fanno sì che il dosso occupi più o meno tutta la corsia. La forma ricorda quella di un parallelepipedo. Essendo una tecnologia a carattere meccanico richiede una manutenzione ordinaria. Di conseguenza, le spese per questo genere d'interventi risultano minime. Nello specifico, si procede semplicemente sostituendo i moduli fallati o rotti con operazioni rapide ed efficaci. Anche l'installazione non richiede azioni complesse. Grazie alla limitata altezza del dispositivo, l'utente può decidere se installarlo mediante scavo, allo scopo di inserirlo in perfetta corrispondenza al manto stradale, evitando che vi siano dislivelli nel terreno o se optare per il montaggio proprio dei dossi tradizionali, imbullonati alla via.

#### 4.3.2 Strade come strumenti musicali

Si tratta di strade che producono una melodia grazie alle rumble strips posizionate ai margini della carreggiata: alternandole con specifici intervalli, potranno produrre note più alte o basse a seconda della velocità con cui le si calpesta. Lo scopo è richiamare l'attenzione degli automobilisti, aumentando la sicurezza sulle strade ad alto scorrimento. Un' esperimento è stato condotto negli Stati Uniti per poi diventare realtà

in Giappone e anche Danimarca e Corea del Sud. Si chiamano Musical Roads, sulla pavimentazione della strada vengono praticate delle incisioni che, se calpestate dai pneumatici, riproducono un brano musicale. Esso potrà essere ascoltato al giusto ritmo solo se si percorre la strada alla velocità imposta dal codice della strada.

#### 4.3.3 Strade capaci di pesare i veicoli automaticamente

Il trasporto su strada è una parte essenziale per il trasporto merci in molti paesi, ma gli autocarri rappresentano anche un potenziale pericolo sulle strade perché spesso sovraccarichi o condotti ad alta velocità, manovrati bruscamente nelle curve e nelle frenate.

Di conseguenza, i camion vengono spesso pesati e sono controllati i loro dispositivi di sicurezza; ancora, sono tassati rispetto al peso del carico che trasportano. Per cercare di snellire la procedura di controllo, che implica fermare il viaggio del camion, generando code e ritardi nei periodi di traffico intenso, la procedura di pesatura si è evoluta da statica alla pesatura in movimento (WIM – Weigh-in-motion). Alcuni camion devono comunque ancora fermarsi per essere pesati, ma molti altri possono essere pesati automaticamente anche durante il passaggio.

La tecnologia WIM prevede l'installazione di sensori in una o più corsie dedicate al traffico dei mezzi pesanti: attraverso i sensori avviene la misurazione degli assi e del carico del veicolo in tempo reale, in movimento.

Possiamo distinguere tra:

HS-WIM - pesatura dinamica ad alta velocità: la pesatura del veicolo viene effettuata nella corsia di traffico alla velocità cui procede solitamente (circa 100kmh, con velocità massimo 129 kmh), senza la necessità di rallentare o fermarsi. Il sistema HS-WIM è costituito da strisce graduate posizionate in scanalature della pavimentazione a meno di 75mm di profondità: queste strisce sono estensimetri ad alte prestazioni, in grado di funzionare su un'ampia gamma di parametri ambientali. Grazie a questa tecnologia, è possibile registrare automaticamente numerosi parametri, come i pesi di carico sulle ruote, i pesi per asse, i pesi lordi dei veicoli ecc., diventando un sistema utile non solo per il controllo del peso, ma anche per il monitoraggio dei carichi dei ponti, per le strade a pedaggio e per la raccolta di dati sul traffico.

Tecnologie WIM Virtuali: applicando le stesse tecnologie di HS-WIM, ma aggiungendo all'infrastruttura un server a bordo strada, questo invia i dati raccolti ad un cloud, consentendo un accesso web da remoto e smaterializzando la stazione di pesatura, che diventa virtuale e non richiede personale in loco. La tecnologia V-WIM è in grado così di determinare peso del veicolo commerciale ad un alto livello di precisione e fornire l'identificazione del veicolo e peso dei dati al personale addetto all'applicazione in tempo reale.

Si vedrà nel capitolo 3.3, dedicato agli esempi di realizzazione italiana, come questa innovazione riguardi il porto di Trieste, nodo fondamentale del traffico pesante.

#### 4.3.4 Strade elettrificate (per la ricarica del veicolo)



Figura 142 - Corsia per ricarica

Legata strettamente alla capacità di immagazzinare energia dalla strada è la possibilità di ricaricare i veicoli elettrici in movimento. Uno dei difetti maggiormente contestati ai veicoli elettrici infatti, è che devono essere spesso ricaricati a causa della bassa capacità della batteria.

Spesso, però, può essere difficile trovare stazioni di ricarica nelle vicinanze, soprattutto se si è in zone rurali; ancora, i mezzi per il trasporto merci coprono lunghe distanze e, quindi, devono essere ricaricati frequentemente, rendendo il mezzo elettrico poco appetibile.

Ecco allora che in molti si sono cimentati nello studiare soluzioni per trasferire l'energia dalla rete stradale che la raccoglie verso i veicoli: una soluzione molto quotata è quella di sfruttare l'induzione magnetica. L'idea è quella di avere cavi sepolti sotto la superficie della strada in modo che possano generare campi elettromagnetici abbastanza forti da essere ricevuti da un dispositivo ricevitore in auto, trasformandolo in energia elettrica.

#### 4.3.5 Strade con segnaletica intelligente

La segnaletica stradale è un'ossatura fondamentale della gestione del traffico sulle strade, ma vi sono comunque legati molti problemi, come la scarsa visibilità, la difficoltà dei gestori nel collocare i segnali, e la difficoltà da parte degli utenti a ricordare il codice della strada.

Per risolvere tutti questi problemi si è pensato di introdurre una segnaletica digitale wireless, incorporandovi un server. L'avvertimento specifico viene così trasmesso in modalità senza fili ai veicoli in arrivo, che potranno comunicarlo al conducente verbalmente o sul display. In questo modo l'auto a guida automatizzata potrà ricevere informazioni in modo sicuro (CAMs eDENMs) perché non deve più interpretare dei cartelli creati per l'automobilista ma si baserà su informazioni a lei dedicate e convalidate. Si elimina la necessità per il conducente di prestare attenzione ai segnali stradali, concentrare la sua attenzione su ciò che sta avvenendo davanti a lui.

Ci sono numerosi altri vantaggi [30] nell'utilizzare i segnali di traffico wireless:

- non è più necessario che la segnaletica sia visibile all'occhio umano;
- si elimina, l'impegno del conducente di osservare i cartelli;
- si rimuove l'onere per il conducente di ricordare il significato della segnaletica, o di conoscerla del tutto, specie per chi è straniero;
- i cartelli digitali non sono più soggetti alle condizioni atmosferiche e di illuminazione;
- il segno è programmabile e dunque riprogrammabile facilmente da remoto in caso di bisogno;
- è possibile sfruttare questo scambio V2I per calcolare anche il volume di traffico;
- il conducente, infine, non potrebbe più esimersi dal prendere atto delle limitazioni o indicazioni su quel tratto stradale. Si potrebbe pensare anche allora a combinare la comunicazione del messaggio dei segnali con il controllo del traffico e l'invio di contravvenzioni automatizzati.

Naturalmente sussiste la complicazione della coesistenza di più segnali digitali wireless sulle strade: di conseguenza dirigere il segnale nel modo corretto diventa fondamentale. L'idea è quella di dirigere il segnale verso i veicoli in arrivo con antenne direzionali, che possono così inviare il messaggio a più veicoli in arrivo, attraverso tutte le corsie nella stessa direzione di marcia.

#### 4.3.6 Monitoraggio intelligente del traffico

I metodi tradizionali per rilevare le infrazioni al codice della strada sono realizzati mediante telecamere preinstallate e rilevatori di velocità, ma questi metodi sono meno efficaci in condizioni di pioggia, neve o nebbia a causa della scarsa visibilità.

Le soluzioni recenti più interessanti per il rilevamento automatico delle violazioni del traffico sono: l'uso di segnaletica digitale wireless e l'uso di droni o di veicoli aerei senza equipaggio (UAV) [31].

- segnaletica digitale wireless: utilizzare dei segnali stradali wireless consente sì al conducente di non dover prestare attenzione a dei cartelli durante la guida, ma consente anche al gestore dell'infrastruttura di notificare al responsabile del controllo del traffico eventuali violazioni in tempo reale e, ugualmente, di notificarle al conducente. Da notare inoltre che le informazioni trasmesse wireless saranno registrate come prova di avvenuta notifica e il conducente non potrà così negare di averla ricevuta.
- droni: i droni, dotati di telecamere e comunicazioni wireless, sono efficaci e ampiamente impiegati nella registrazione video di violazioni del codice della strada, fornendo la targa dell'automobile e l'identità del conducente, notificando l'evento alla polizia.

Non solo, la connessione tra infrastruttura e veicolo permetterà di ottimizzare l'utilizzo delle risorse di rete utilizzando più percorsi diversi tra due punti. Il traffico può essere instradato utilizzando tutti i percorsi disponibili in modo da distribuire uniformemente il traffico sulle risorse di rete migliorandone le prestazioni.

#### 4.3.7 Smart Road che dialogano con gli oggetti – V2X

Come già trattato nei capitoli precedenti, le macchine del futuro saranno connesse; oltre alla connettività V2V e V2I le auto dovranno connettersi all'infrastruttura con quella che viene definita comunicazione V2X.

Oltre alle comunicazioni V2V e V2I già citate e descritte, è di recente sviluppo la possibilità di una comunicazione V2X, cioè dirette dal veicolo verso qualsiasi altro oggetto. Questo tipo di trasmissione V2X è importante perché permette alle automobili e agli oggetti di comunicare e scambiare informazioni cruciali soprattutto per la sicurezza come posizione, identità, stato di presenza fisica o velocità. Con tali dati, infatti, le automobili possono essere avvisati di potenziali pericoli per il traffico imminente ed evitare gli incidenti.

Queste informazioni poi possono essere propagate con le comunicazioni V2V alle altre auto vicine, consigliando ad esempio alle auto in arrivo a prendere l'uscita precedenti in una superstrada o comunque cercare un percorso alternativo. Viceversa, naturalmente, le informazioni ricevute da un altro veicolo tramite comunicazione V2V (ad es. presenza di conducenti pericolosi) possono essere propagate ai pedoni tramite gli oggetti intelligenti.

A conclusione dei capitoletti 4.2.5/6/7 vorremo sottolineare come l'infrastruttura, analizzando condizioni meteo e quantità di veicoli su un tratto viario, possa modificare in tempo reale i limiti di velocità. In condizioni favorevoli si potrebbero avere autostrade con limiti di velocità superiori ai limiti attuali, ipotizziamo 150 Km/h); qualora tali condizioni non sussistano i limiti potrebbero essere abbassati.

#### 4.3.8 Smart Road con incroci intelligenti

Gli incroci stradali sono un altro punto sensibile quando si parla di sicurezza stradale e gestione dei flussi di traffico, principalmente a causa degli angoli ciechi che non permettono di attraversarli avendo contezza di tutta la situazione. Ecco perché gli incroci risultano un banco di prova interessante per chi studia le tecnologie smart, evolvendosi nel corso degli anni.

Uno studio interessante a riguardo è INTERSAFE-2 [30], un progetto europeo del 2008 che prevede l'introduzione di ICT per sistemi cooperativi. La soluzione proposta è quella di utilizzare sensori per il rilevamento di veicoli e oggetti integrandoli con la trasmissione V2I e V2V al fine di ridurre le collisioni mortali e migliorare la sicurezza degli incroci stradali. In particolare, le tecnologie introdotte sono:

sensori di bordo avanzati e all'avanguardia per il riconoscimento degli oggetti e la relativa localizzazione (ricostruzione dell'intersezione);

una mappa di navigazione standard;

informazioni fornite tramite connessione V2V dagli altri veicoli (se la posseggono) oppure tramite V2I se l'infrastruttura è così attrezzata.

Il progetto, inoltre, fornisce un'analisi completa degli incidenti identificando gli scenari e i tipi comuni di incidenti in prossimità di un incrocio, evidenziando anche quali sono più prevalenti nei diversi paesi europei.

Un secondo progetto europeo VRUITS (ITS for Vulnerable Road Users) [33], iniziato nel 2013, ha implementato i risultati già raggiunti da INTERSAFE-2: sono state analizzate 10 tecnologie ITS innovative, individuando così gli elementi più efficaci al fine di aumentare la sicurezza, la mobilità e il comfort degli utenti della strada vulnerabili.

Un'ulteriore avanzamento negli studi riguardo la sicurezza degli incroci è quello portato avanti da Miovision [34], azienda tedesco-canadese dedicata allo sviluppo di queste tecnologie: nel 2018 hanno inaugurato una Smart Intersection a Detroit, negli Stati Uniti d'America, che comprende un sistema di sensori, rilevamento video, segnali stradali wireless e la capacità di monitoraggio da remoto, interessando un'area urbana formata da cinque incroci lungo un corridoio principale trafficato nel cuore di Detroit.

Queste Smart Intersection sono in grado di percepire e comprendere la situazione delle strade e innescare risposte in tempo reale, quali:

- estendere i periodi di semaforo verde per favorire i ciclisti o i pedoni, in modo che possano attraversare l'incrocio in modo sicuro;
- rilevare la presenza di pedoni e avvertire i conducenti delle auto collegate che si avvicinano all'incrocio;
- dare la priorità d'accesso agli incroci ai veicoli di emergenza tramite i semafori;
- ridurre i tempi di percorrenza mediante regolazione dinamica dei tempi dei semafori.

#### 4.3.9 Dialogo tra veicoli e infrastruttura per il soccorso d'emergenza

Gli incidenti stradali si verificano ancora quotidianamente, rappresentando un grave pericolo per gli utenti delle strade. Nei casi più gravi, con persone in condizioni di rischio della vita, le azioni di soccorso devono essere prese il più rapidamente possibile, si parla infatti di golden hour, un'ora tra l'avvenimento dell'incidente e l'arrivo in ospedale.



Lo scopo di implementare delle tecnologie ITS diventa in questo caso quello di ridurre il più possibile i tempi iniziali di segnalazione e, al contempo, di fornire il maggior numero di informazioni utili a chi opera il soccorso.

Il metodo eCall – quello corrente – consiste in un avviso automatico di arresto anomalo che viene inviato alla centrale di emergenza locale nel caso che un veicolo abbia subito un incidente. Sebbene efficace, questo metodo tuttavia è soggetta a ritardi e vi è una mancanza di informazioni preliminari sulla gravità dell'incidente e sulle condizioni delle persone ferite.

Un'evoluzione di questo sistema può essere quella rappresentata da VANETs [35]: l'allarme inviato dalle auto incidentate può essere propagato con comunicazione V2V per avvisare i veicoli nelle vicinanze, indicando di fermarsi o rallentare e, ancora, per chiedere di prestare aiuto quando possibile (per esempio, uno dei conducenti o dei passeggeri potrebbe essere un medico, infermiere o pompiere). La trasmissione wireless del messaggio di avviso tramite V2I, inoltre, fornisce la notifica più veloce dell'incidente al centro di controllo.

#### 4.3.10 Strade con illuminazione intelligente

Sempre la ricerca del 2019, nominata all'inizio del capitolo, condotta dalla Royal Society [28] traccia un quadro attento delle tecnologie già implementate in materia di Smart Lighting, che sono:

- lampioni connessi tra loro;
- lampioni ad energia solare;
- lampioni ad attivazione da movimento;
- lampioni come punti di accesso per Wi-Fi cittadino;
- lampioni abilitati per l'analisi dei dati;
- lampioni a regolazione ambientale.

La somma di tutte queste innovazioni ci porta a parlare di Smart Lighting, riconoscendo gran parte dell'importanza alla connettività wireless, che ha permesso di collegare i lampioni, abilitandoli a formare reti, e permettendo quindi di essere controllati a distanza. In questo modo i lampioni smart, dotati di sensori, possono essere utilizzati per una grande varietà di scopi, come:

- monitorare la qualità dell'aria;
- fungere da punti di ricarica per i veicoli elettrici;
- monitorare i flussi del traffico dei mezzi ma anche dei pedoni;
- monitorare la sicurezza pubblica;
- monitorare lo stato dei parcheggi su strada;
- monitorare lo stato dei rifiuti su strada.

In un periodo davvero ristretto, soltanto due decenni, abbiamo assistito al progresso e allo sviluppo di numerose tecnologie che, convergendo, sono l'ossatura che compone le strade intelligenti; certamente, però, ci aspettano nuovi progressi futuri, che contribuiranno ulteriormente a rimodellare le nostre Smart Road, rendendole sempre più intelligenti.

#### 4.3.11 Parcheggi

Lo sviluppo di car sharing, car pooling o di quella che è stata definita mobilità come servizio, avrà come effetto la riduzione del tempo in cui il veicolo non è utilizzato, con necessità di un parcheggio. Con la diffusione di queste tre modalità i parcheggi a pagamento dovranno abbassare il loro prezzo (legge della domanda e

dell'offerta: diminuendo la domanda di parcheggio, chi mette a disposizione posti per parcheggiare deve ridurne il prezzo per mantenere occupati la totalità o quasi). Per lo stesso motivo anche coloro che affittano-vendono box auto potrebbero abbassare le richieste economiche.

C'è chi è di parere opposto, se come si dice i veicoli in circolazione cresceranno ma i veicoli privati potrebbero diminuire grazie alle navette a guida autonoma e ai robotaxi, si avrebbe un problema di parcheggio. Le persone non avendo auto di proprietà non acquistano o non usano il posto privato. Se il numero di auto però è lo stesso o cresce, essendoci meno posti privati servono più posti pubblici". Anche se sono auto del car-sharing o robotaxi comunque non possono restare in movimento 24/24 h dovranno arrestarsi [94]. Va però sottolineato che non per forza i parcheggi dovranno essere nelle zone ad alta densità abitativa, potranno essere anche ai margini delle città grazie all'indipendenza del veicolo. In realtà noi riteniamo che usare una navetta da 10, posti come la Navya di Singapore, invece di 10 auto consente di ridurre i parcheggi perché una navetta non occupa lo spazio di 10 autovetture. Lo stesso per il car pooling. Inoltre sono veicoli di aziende e come tali avranno dei piazzali in cui sosterranno durante la notte, non dovrebbero utilizzare i posti parcheggio urbani.

A proposito di parcheggi un valet parking è un parcheggio che offre un servizio di ritiro e consegna del veicolo in un punto concordato. Questo significa che l'utente guida solo fino al punto di incontro, dove il personale prenderà in consegna l'auto, e la porterà al parcheggio prenotato. All'orario designato il veicolo verrà riconsegnato nello stesso punto.

Nel momento in cui un veicolo autonomo esce dallo stallo in cui è parcheggiato per andare a prendere la persona che lo ha richiamato, avrà i sensori e le telecamere attivate ed inoltre sarà progettato con una modalità di guida difensiva. Siamo così sicuri che non investirà un eventuale guidatore che ha parcheggiato e sta lasciando il veicolo, o uno che sta entrando nel veicolo per ripartire, sempre che nei parcheggi saranno ammesse ancora le persone.

I pagamenti dei parcheggi dovrebbero avvenire con la tecnologia del Telepass, ogni stallo avrà un transponder che una volta parcheggiato invierà al ricevitore sul veicolo il conto da pagare e sull'applicazione del proprietario sarà possibile scegliere il metodo di pagamento e l'orario in cui si permane. Però magari verranno escogitate alternative valide al fine di evitare l'installazione di un gran numero di trasponder.

*Answer27)* Nel caso il veicolo si auto-parcheggiasse in una zona vietata è premura dell'utente spostare il veicolo in una zona dove è consentita la sosta.

*Answer28)* Il sistema di guida automatizzata dovrà essere in grado di evitare le aree ad accesso limitato, nel caso non rientrasse nei requisiti per l'accesso. Così come dovrà evitare l'imbocco di sensi unici contromano e strade senza uscita. Deve perciò essere in grado di autolocalizzarsi ottimamente e non contare come concezione primaria il riconoscimento della segnaletica in loco. Dato che potrebbe essere rovinata, contraddittoria [84].

Attualmente, il regolamento 79 CEE-ONU del 2017 consente l'omologazione di veicoli in cui un sistema computerizzato gestisce i movimenti longitudinali e laterali autonomamente (quindi anche senza la presenza di un guidatore sempre vigile) ma solamente ad una velocità inferiore ai 10 km/h. Si è detto di come i governi di Giappone e Svezia volessero emendare questa regola.

Nel caso il veicolo ha portato due persone ed il proprietario lo richiama, ma la seconda persona è nel tragitto (dal veicolo parcheggiato al luogo in cui è il proprietario, figura 143) allora dovrebbe avere installato un programma che passi a recuperare prima l'altra persona e poi il proprietario, per evitare di ripercorrere la stessa strada. Questa tipologia di algoritmo, ottimizzante i punti in cui deve passare, lo avranno in dotazione i robo taxi (capitolo 1.5).

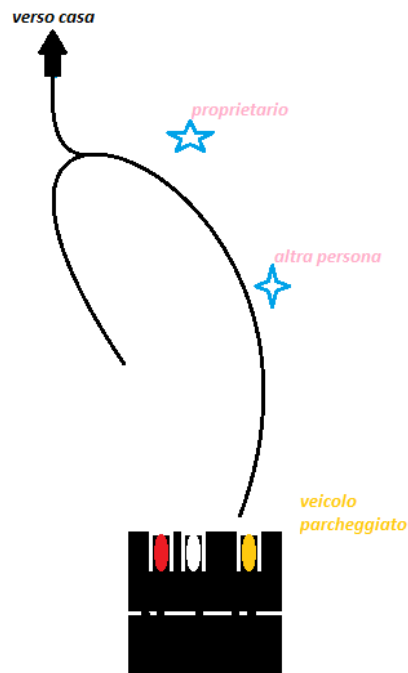


Figura 143 - Veicolo autonomo e due passeggeri da recuperare fonte: nostra rappresentazione

Il proprietario nel richiamare il veicolo dovrà avere un'applicazione sullo smartphone in cui indica la coordinata dell'altra persona. Il proprietario se si sposta nell'attesa del veicolo deve poter essere in grado di rinnovare la propria posizione di recupero (potrebbe essere attivata una posizione real-time, a durata limitata in cui il veicolo segue il proprietario, non ricercando una posizione ma un device. Soluzione che è già attuale per applicazioni di messaggistica).

Proponiamo ora un estratto dall'articolo di MOTORCUBE del 29 aprile 2020 inerente il sistema automatizzato di parcheggio di un veicolo BMW:

L'optional Parking Assistant offre una serie di funzioni che permettono di parcheggiare in modo confortevole, automatico, sia in parcheggi paralleli alla carreggiata che in parcheggi trasversali oppure a pettine rispetto alla strada. Per potere utilizzare degli spazi ancora più stretti di quelli finora accessibili, il sistema reagisce già in presenza di parcheggi che offrono solo 80 centimetri di spazio in più rispetto alla lunghezza della vettura. I sensori a ultrasuoni riconoscono i parcheggi adatti fino alla velocità di 35 km/h. Il sistema svolge l'intero processo di parcheggio, incluse tutte le necessarie manovre di sterzo, di cambio-marcia, di accelerazione e di frenata. Il Park Assistant è disponibile anche per modelli dotati di cambio manuale. Quando il parcheggio è in posizione trasversale rispetto alla strada o a pettine, è sufficiente uno spazio di solo 40 centimetri a ogni lato della vettura per consentire al sistema di avviare la manovra di parcheggio automatizzato. Anche l'assistente alla retromarcia è incluso nell'optional Parking Assistant.

Grazie al Surround View, incluso nell'optional Parking Assistant Plus, chi deve manovrare la propria vettura spesso nei centri urbani in presenza di situazioni di visibilità limitata, può essere certo di avere sempre sotto controllo la zona intorno alla propria BMW. Il sistema visualizza un'immagine della vettura nella prospettiva a volo d'uccello e una rappresentazione tridimensionale della situazione del traffico. Questo permette di riconoscere eventuali ostacoli o altri veicoli che appaiono improvvisamente. La tecnica Remote 3D View consente di trasmettere le immagini tridimensionali della zona che circonda la vettura attraverso BMW

Connected anche allo smartphone del proprietario. Questa fusione di sistemi di assistenza alla guida e di servizi di connettività permette di gettare uno sguardo di controllo alla vettura parcheggiata da qualsiasi distanza: i dati relativi all'immagine vengono trasmessi al dispositivo periferico mobile attraverso un collegamento di telefonia mobile.

Il BMW Intelligent Personal Assistant impara le routine e le abitudini del guidatore ed è successivamente in grado di aiutare il conducente ad esempio per il riscaldamento dei sedili o per i luoghi verso cui utilizzano frequentemente il sistema di navigazione ("Portami a casa"). Una caratteristica unica rispetto ad altri assistenti digitali è che i conducenti possono dargli un nome (ad esempio, "Ciao Charlie") per dare ancora più individualità e personalità. Conosce le funzioni del veicolo ed è in grado di gestirle come richiesto. Dire "Ciao BMW, ho freddo" spingerà il BMW Intelligent Personal Assistant a regolare di conseguenza la temperatura all'interno della vettura, è inoltre in grado fornire informazioni sullo stato corrente ("Il livello dell'olio è a posto?") e aiutare a rispondere alle domande ("Quali messaggi di avviso ho?"). Conosce le impostazioni preferite del conducente e può persino attivare una combinazione di esse per migliorare il benessere. Ad esempio, "Ciao BMW, sono stanco" avvia un programma di vitalità che regola i colori dell'illuminazione, la musica e la temperatura, tra le altre cose, al fine di rendere il guidatore più vigile.



Figura 144 - Parking assistant plus di BMW, nella modalità a volo d'uccello fonte: MOTORCUBE

#### 4.4 Panoramica sui sistemi di comunicazione a livello mondiale

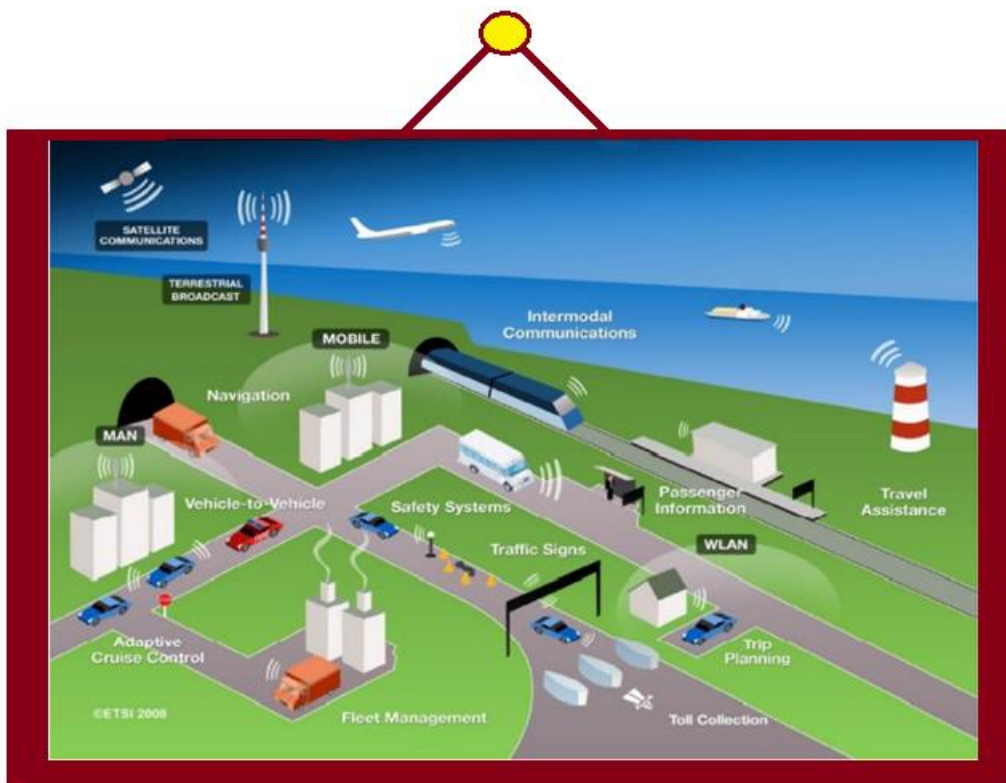


Figura 145 - Panoramica delle comunicazioni nel sistema trasporto fonte: ITU-R, M. 2018 (che abbiamo incorniciato)

Uno standard sovra nazionale è stato raggiunto nella comunicazione a corto raggio dove sia in Europa che negli Stati Uniti è in uso il modello IEEE 802.11p centrato sulla banda a frequenza 3.8 GHz. Negli US attraverso la tecnologia WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) in EU con l'ETSI ITS-G5 (Wi-fi). Ad occuparsi della standardizzazione dei sistemi C-ITS vi sono, la Crash Avoidance Metric Partnership negli US e la Car to Car Communication Consortium (C2C CC) per la Comunità europea. La C2C CC è una associazione no profit fondata nel 2002 da diversi costruttori di veicoli europei, da istituti di ricerca e rifornitori. Lo scopo è incrementare la sicurezza stradale, favorire la cooperazione tra veicoli (attraverso lo scambio di informazioni) e rendere il viaggio più confortevole ai guidatori-passeggeri [<https://www.car-2-car.org/>].

Il sistema per la comunicazione a corto raggio consta di una parte montata sul veicolo ed una sull'infrastruttura. Al passaggio del veicolo si scambiano i messaggi tramite segnali radio. Il sistema WAVE è una tipologia peer to peer, con condivisione dello stesso canale wireless, presenta un'accurata localizzazione ed un basso ritardo di trasmissione. Così come l'ITS-G3. In modo da garantire la trasmissione dei messaggi di sicurezza (a differenza, come è stato già detto, della rete cellulare che ha una latenza superiore).

La Cina ha formalizzato l'intenzione di far uso della banda 5905 – 5925 MHz per i veicoli denominati "intelligenti e connessi" (frequenza che [62] indica come future applicazioni ITS) con modello di comunicazione LTE V2X. Questo protocollo è quello alternativo proposto dai costruttori europei di automobili invece del ITS-G5. La Cina è dal 2011 il maggior produttore mondiale di auto e nel 2040 produrrà il doppio delle autovetture rispetto ai costruttori europei [75] ciò non è un elemento da sottovalutare. In Cina per la comunicazione a corto raggio, inerente i pagamenti elettronici dei veicoli, si utilizza la banda di frequenza 5725 – 5850 MHz. Mentre nella Sud Corea la banda prescelta è la 5795 - 5 815 MHz ed a Singapore dovrebbe

essere (nel senso che entrerà in servizio per sostituire il sistema di pagamento elettronico) la 5855 – 5925 MHz.

tecnologia	V2X (WAVE)	V2X (ETSI ITS-G5)	V2X (LTE based V2X)
protocollo	WAVE, IEEE 802.11p	ETSI ITS-G5, IEEE 802.11p	3GPP LTE
Radio performance	<p>copertura: fino a 1000 m, per la comunicazione I2V anche i 1200 m, sono stati raggiunti.</p> <p>27 Mbit/s</p> <p>ritardo (latenza): entro 100 ms</p>	<p>copertura: entro i 1000 m</p> <p>27 Mbit/s</p> <p>ritardo (latenza): entro 100 ms</p>	<p>copertura: entro i 1000 m</p> <p>27 Mbit/s</p> <p>ritardo (latenza): entro 100 ms, 1000 ms nel caso V2Network</p>

Figura 146 - Catteristiche delle tre tipologie di comunicazione a corto raggio, sopra accennate. Fonte: ITU-R, M. 2018

Dal 1996 in Giappone è in uso il Vehicle Information and Communication System (VICS), utilizzato nella gestione informatizzata del traffico. Il servizio cesserà nel 2022. Per i sistemi di pagamento elettronico e per la comunicazione di alcune informazioni ai veicoli è in uso la comunicazione a corto raggio. Dal 1997 (per il pagamento) e dal 2001 (per la comunicazione), sulla banda 5770 – 5850 MHz.

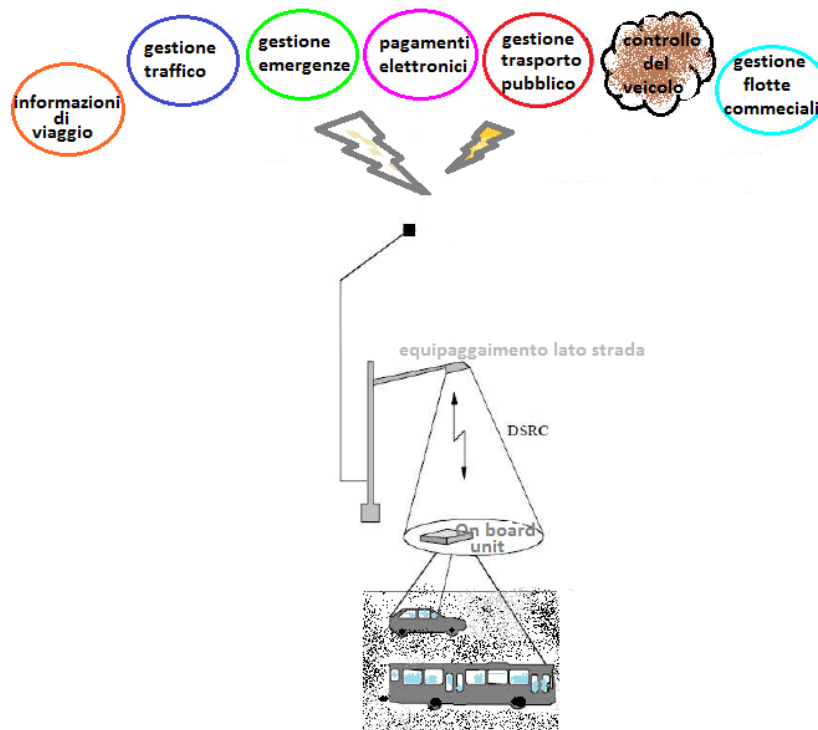


Figura 147 - Interazione tra i veicoli e i centri di gestione, fatta attraverso l'infrastruttura fonte: ITU-R, M. 2018 (modificata)

Il radar con cui sono equipaggiate i veicoli tecnologici, sono adatti all'individuazione di oggetti davanti, dietro e in fianco al veicolo. In modo tale che anche quando le condizioni ambientali non sono buone il sistema riesca ad indagare l'ambiente che lo circonda e a localizzare eventuali ostacoli nei punti ciechi, quando la guida è affidata al guidatore e non al sistema. In particolar modo quello per la rilevazione degli oggetti davanti



a sè, è utilizzato per garantire il mantenimento della distanza dal veicolo (ACC), ed è denominato radar a lungo raggio (300 m), rispetto a quelli a corto raggio utilizzati nell'anticollisione-investiemnto o individuazione dei bordi corsia (copertura di 100 m). La Commissione Europea ha deciso di standardizzare la banda di frequenza del radar installato sui veicoli. La ETSI EN 302 264 recependo questa indicazione ha indicato la frequenza centrale in 79 GHz e la banda di frequenza in 77 – 81 GHz. In Giappone la banda di frequenza scelta è 78 – 81 GHz, mentre in Russia è come per la Comunità europea tra 77 – 81 GHz. Nel 2016 anche la Cina si è uniformata a questa scelta di banda.



Figura 148 - Il radar di bordo evidenzia un pericolo nello svoltare a destra e avvisa il guidatore fonte: ITS radiocommunications standard and development in Japan



Figura 149 - Compiti del radar installato sul veicolo fonte: ITU-R, M. 2018

**【Radar Standards in Japan】**

Type of Radar	Frequency	Bandwidth (Max)	Output Power	Antenna Gain	Resolution	Measurement Distance	Operation Permitted
UWB	22–29 GHz	4750 MHz	-41.3 dBm/MHz	–	20cm	30 m	22 – 24.25 GHz: Until 2016
76 GHz	76–77 GHz	500 MHz	10 mW	40 dBi	1 – 2m	200 m	No time limit
79 GHz	[77–81] GHz	4 GHz	10mW	35dBi	20cm	70 m	No time limit

Figura 150 - Specifiche tecniche dei radar in uso in Giappone fonte: Japan Automobile Research Institute (JARI)

4.5 Aspetti tecnici del funzionamento di una Smart Road secondo Anas

Per poter definire una strada che sia smart è necessario che vengano implementati diversi aspetti, aggiungere dei sensori per il monitoraggio del traffico e dei dispositivi per renderla connessa non basta.

Il sistema di comunicazione viene realizzato attraverso reti di comunicazione “seamless” che consentono una connettività efficiente. A questo fine la Smart Road, secondo gli standard Anas, predispone le condizioni affinché sia garantita:

1. La connettività delle persone e degli strumenti informatici (a servizio sia dei viaggiatori che degli operatori stradali e di terzi) con tecnologia WI-FI in Motion a standard IEEE 802.11 a/b/g/n garantendo fast roaming in modo da avere continuità di servizio di comunicazione con l'utente;
2. La connettività dei veicoli di tipo V2I per la comunicazione tra veicoli e con l'infrastruttura, dotata di piattaforme integrate di comunicazione basate sugli standard ETSI G5 DSRC WAVE (Wireless Access Vehicle Environment) - IEEE 802.11p. Affiancate alle reti Wi-Fi un sistema a fibra ottica supporterà le telecomunicazioni attraverso una rete Wired di tipo IP-MPLS (Multi Protocol Switching Label);
3. Il sistema di monitoraggio basato sul concetto di “Wearable” ovvero di facile installazione, basso costo, connettività estesa e di dispositivi indirizzabili (internet nativi e quanto più “all in one” possibili).

Il sistema di energia, mostrato in figura seguente, si compone di moduli chiamati segmenti Green Island, indipendenti (in grado di funzionare separatamente dagli altri moduli quando richiesto) e interconnessi tra loro (in grado di comunicare con gli altri segmenti o con il centro di controllo). I moduli avranno un'estensione di 25/30 km pertanto i requisiti prestazionali dovranno garantire adeguati livelli di efficienza per il dimensionamento previsto.

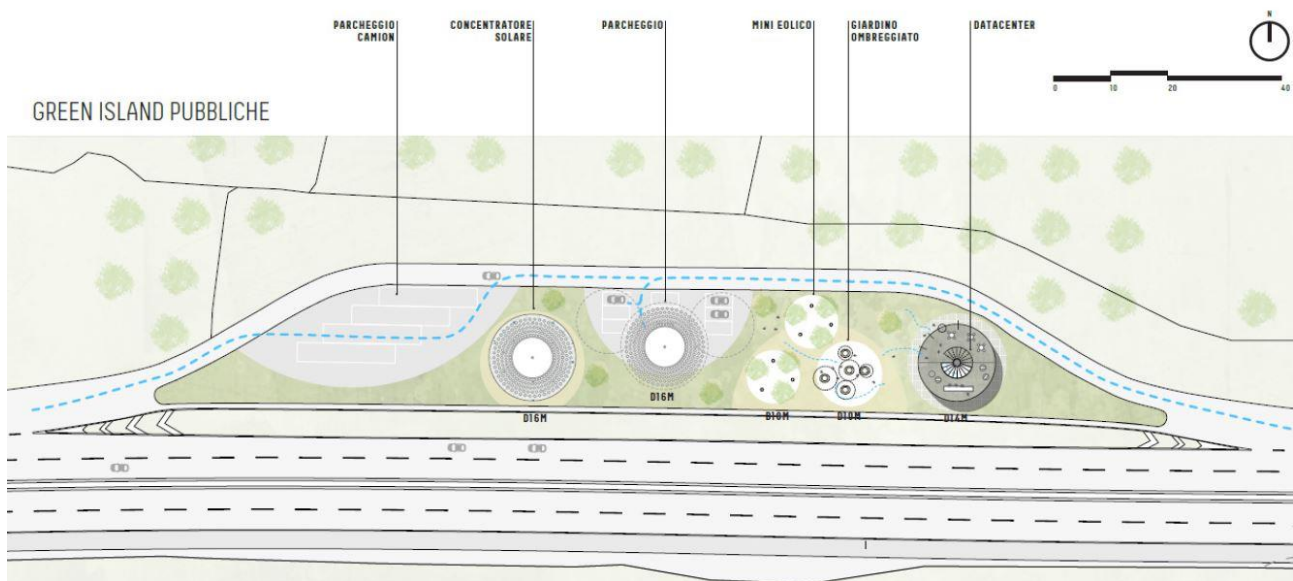


Figura 151 - Configurazione Green Island

Le Green Island prevedono impianti di generazione elettrica da fonti rinnovabili (con impianto fotovoltaico o eolico) accoppiato con un sistema di accumulo per sopperire alle ore di mancata produzione di energia o di maggiore richiesta, una connessione elettrica alla rete elettrica nazionale, un sistema di trasformazione ed un sistema di distribuzione dell'energia elettrica ospitate dalla centrale tecnologica.

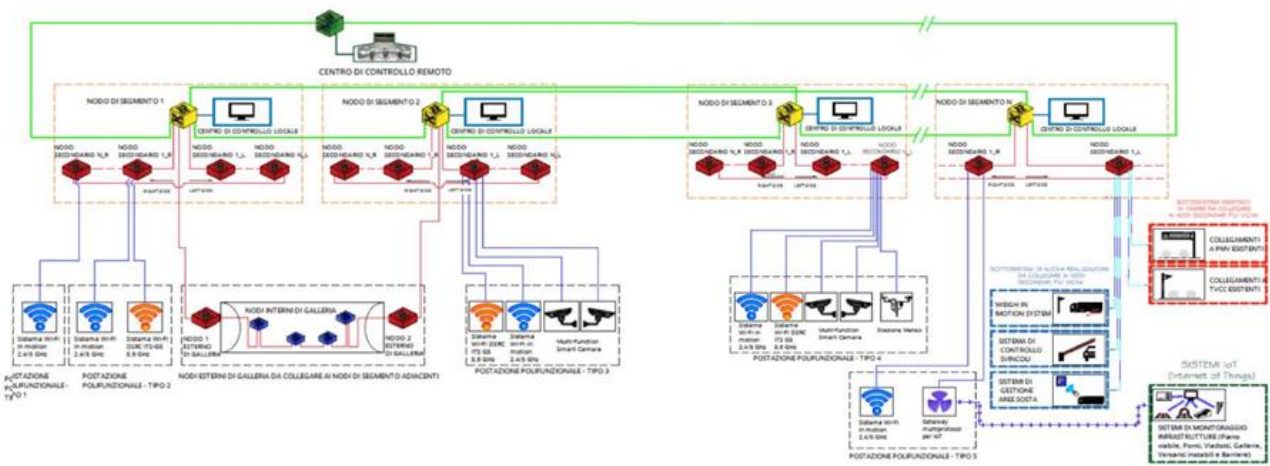
L'infrastruttura di rete richiede la realizzazione di due sistemi di elaborazione uno locale ed uno da centro di controllo. Il sistema locale è basato su un'infrastruttura server dedicata, tale infrastruttura dovrà essere distribuita in modo da realizzare un sistema “multicentrico”, resiliente ed in grado di funzionare indipendentemente dal sistema di controllo centrale. L'infrastruttura di centro, è adibita a raccogliere il traffico proveniente dalle arterie in gestione e di fornire un sistema centralizzato di controllo e di interconnessione con i Sistemi Informativi aziendali.

Ogni infrastruttura server dovrà garantire un Gateway IP-Controller di rete wireless che garantisce l'unione tra la rete esistente e la rete Wi-Fi, ed è il nodo con il quale si trasmetteranno regole di instradamento, sicurezza, ingaggio, mascheramento indirizzi (NAT) e raccoglierà le informazioni dei client sulla tratta di

competenza. Un server di localizzazione che raccoglie informazioni relative al segnale dei singoli client rispetto ai singoli nodi di rete e restituisce le informazioni di localizzazione dei client stessi rispetto al segmento di rete stradale servito. Un provisioning server è un sistema che fornisce dinamicamente le configurazioni ai nodi di rete wireless. E per ultimo un network management ovvero una piattaforma di monitoraggio, analisi diagnostica e reporting del sistema.

La visione complessiva dell'architettura del sistema di comunicazione si articola su diversi livelli di commutazione, instradamento, trasmissione, raccolta dati ed erogazione servizi. Un primo livello periferico di commutazione (livello di Centro) in corrispondenza dei rami delle strade ed autostrade, un secondo livello di instradamento atto a connettere i diversi livelli di commutazione di primo livello con la dorsale trasmissiva (Nodi di segmento Green Island) e un terzo livello di interconnessione dei nodi di secondo livello (Nodi secondari) che possa integrarsi con la dorsale trasmissiva di trasporto ed offrire servizi di nuova o prossima generazione.

TRASMISSIONE DATI - SCHEMA A BLOCCHI



LEGENDA	
	NODO DI CENTRO
	NODO DI SEGMENTO (GREEN ISLAND)
	NODO SECONDARIO IN ITINERE (POSTAZIONE POLIFUNZIONALE)
	NODO INTERNO
	CENTRO DI CONTROLLO LOCALE
	FIBRA OTTICA MONOMODALE (24-48 FIBRE)
	FIBRA OTTICA MONOMODALE (12 FIBRE)
	FIBRA OTTICA MONOMODALE (6 FIBRE)
	CAVO DI RETE UTP
	CAVO DI RETE UTP (entro i 100 m) FIBRA OTTICA MONOMODALE (6 FIBRE) oltre 100 m
	WI-FI: 2.4/5 & 5.9 GHZ
	SMART CAMERA

Figura 152 - Schema del sistema di comunicazione

La corsia dinamica, su arterie di grande traffico, costituisce un valido sistema di fluidificazione del traffico. Essa permette di sfruttare la corsia più a destra della carreggiata come corsia di marcia o come corsia di emergenza in base alle necessità. La corsia dinamica è già presente sulle strade italiane, il tratto di autostradale della A14 che costeggia bologna ne è un esempio così come la tangenziale di Mestre e la A22 tra Trento e Rovereto. Attraverso pannelli dinamici posti ad intervalli regolari sulla via, il gestore comunica

agli automobilisti lo stato della corsia. Di seguito si descrive la procedura di apertura e chiusura della corsia dinamica:

Fase 1: Una pattuglia della Polizia Stradale e/o una squadra di sorveglianza ANAS verifica le condizioni generali del traffico per l'apertura della corsia dinamica.



Figura 153 - Fase 1: controllo

Fase 2: Viene attuata una fase di armonizzazione delle velocità e di preavviso apertura corsia dinamica. In questa fase tutti i pannelli indicheranno il limite di velocità stabilito (es. 90 km/h):



Figura 154 - Fase 2: limite di velocità

Fase 3: L'operatore valuta che il flusso veicolare è crescente e procede all'apertura della corsia dinamica. In questa fase i pannelli presenteranno una configurazione come quella seguente:



Figura 155 Fase 3: valutazione e apertura corsia

Fase 4: inizio procedura per la chiusura della corsia al traffico



Figura 156 - Fase 4: indicazioni per chiudere la corsia dinamica

Fase 5: Quando il flusso veicolare torna scorrevole su tre corsie ed in diminuzione, i pannelli presenteranno nuovamente la seguente configurazione di partenza:



Figura 157 - Fase 5: corsia dinamica chiusa al traffico

La sicurezza nelle gallerie, lo smart tunnel è uno strumento atto a sviluppare ed implementare soluzioni che migliorino gli aspetti gestionali e di sicurezza ossia che consentano di prevenire e controllare le situazioni di pericolo, monitorare costantemente ed a distanza le condizioni operative, ottimizzare la manutenzione degli impianti e avere un sistema predittivo degli eventi pericolosi. La piattaforma SMART TUNNEL implementa l'analisi di rischio dinamica, una ottimizzazione dell'analisi di rischio già prevista dalla Direttiva 2004/54/CE e dal D.Lgs 264/06, per una risposta veloce e quantizzata del rischio in real time.

L'Internet of Things (IoT) riguarda tutta quella vasta gamma di sensori che possono essere installati sulla strada ad esempio sistemi di monitoraggio dello stress dei manufatti o sensori meteo o ancora sensori per il



monitoraggio dei ponti, barriere stradali o in qualsiasi punto in corrispondenza degli “oggetti” da monitorare. Essi dovranno avere dei requisiti fondamentali che vengono riassunti nella tabella seguente.

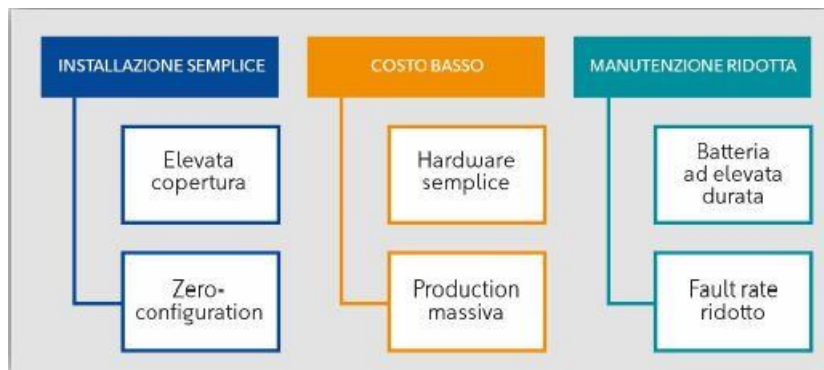


Figura 158 - Requisiti dei sensori nel sistema di monitoraggio IoT

Un sistema IoT si basa su tre componenti: sensori IoT, Gateway e/o concentratori e controller del sistema. I primi sono dispositivi intelligenti, generalmente denominati “client”, che rilevano le grandezze misurate e trasmettono/ricevono dati ed informazioni al/dal gateway e/o concentratore. Il gateway è un dispositivo di rete che ha lo scopo di veicolare i pacchetti di dati provenienti dal campo, rilevati dai sensori IoT anche di diverso tipo, e trasmetterli all'esterno della rete locale. Il concentratore o HUB è un dispositivo di rete che ha lo scopo di veicolare i pacchetti di dati provenienti dal campo, rilevati dai sensori IoT dello stesso tipo, e trasmetterli all'esterno della rete locale. In fine Il controller del sistema è un dispositivo che ha la capacità di raccogliere, immagazzinare e gestire i dati provenienti da ogni Gateway.

I collegamenti tra i sensori IoT e Gateway (o concentratori) possono essere di diverso tipo ed avere differenti tipologie di rete: Star o Mesh. La differenza tra le due reti è che nella prima i sensori IoT (client) sono connessi ad un nodo centrale (gateway) e generalmente non è consentita la connessione tra due sensori, viceversa nella rete mesh, o completamente magliata, ogni sensore nodo (client) sono connessi al gateway ma anche tra di loro.

Per il monitoraggio di infrastrutture a sviluppo longitudinale come quelle stradali, si prevede l'utilizzo di sensori ad alto contenuto tecnologico e basso costo, sia per la realizzazione di reti distribuite in itinere sia per un monitoraggio in locale. Si tratta dunque di dispositivi capaci di misurare grandezze di varia natura (elettriche, ottiche, biologiche, fisiche, chimiche e meccaniche) occupando spazi ridotti.

Dal punto di vista della connettività i sensori utilizzati potranno essere wired o wireless e dovranno essere compatibili con specifiche tecnologie di comunicazione (in costante evoluzione), per poter inviare dati a breve o a lunga distanza.

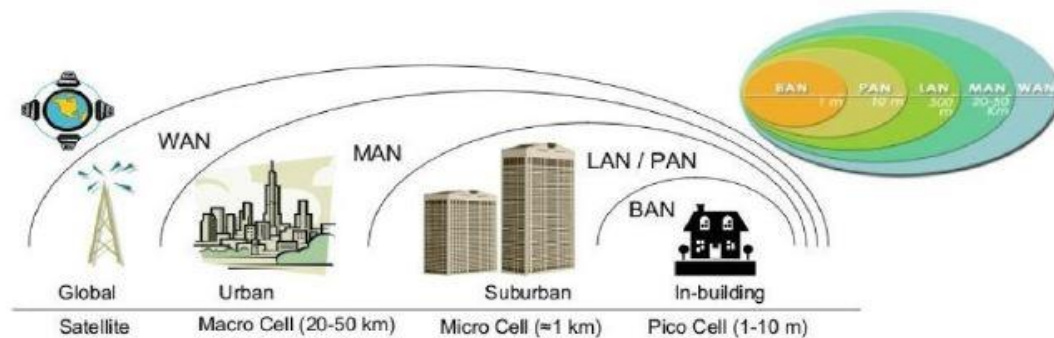


Figura 159 - Classificazione delle reti wireless in funzione della portata

Come mostrato in figura, una classificazione delle reti wireless può essere fatta in base all'estensione dell'area di copertura del segnale trasmesso. Oltre alle reti wireless si può disporre di una rete con cavo che a fronte di installazioni più onerose aumenta la portata. C'è da specificare che le reti wireless hanno differenti protocolli di comunicazione in funzione della velocità di trasmissione dei dati (Data Rate), in figura è riportata una classificazione.

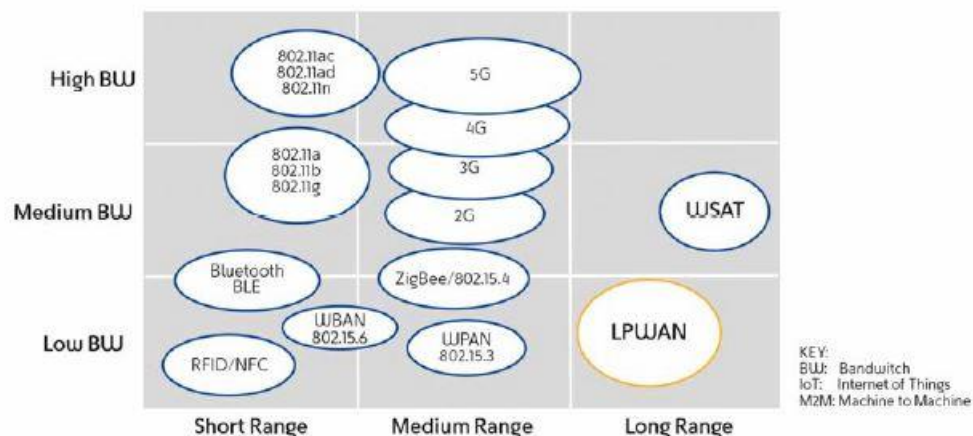


Figura 160 - Capacità di copertura in funzione della lunghezza di banda

Società ANAS prevede di utilizzare, per le proprie infrastrutture, protocolli di comunicazione con standard IEEE 802.15.4, oppure reti LPWAN, non è esclusa l'implementazione e l'integrazione di ulteriori reti locali che utilizzino altre tecnologie di comunicazione wireless, come il Wi-Fi (IEEE 802.11b/g/n) o il futuro 5G. Nella figura seguente viene mostrata una possibile configurazione di connettività tra client e gateway.

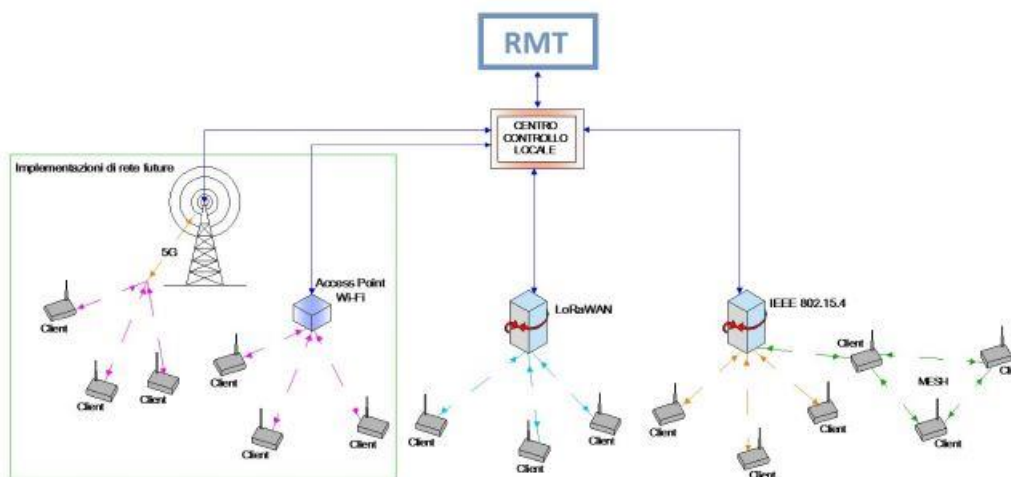


Figura 161 - Configurazione di connettività dei sensori

Mentre di seguito è riportata una tabella con diversi tipi di sensori (client), sono suddivisi per strutture da monitorare.



"Strutture" di monitoraggio	Variabili da misurare	Sensori	Frequenza della misura	Gestione emergenze	Tipologia di rete IoT	Protocollo di comunicazione
Piano viabile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura piano viabile</li> <li>• Asciutto</li> <li>• Umido</li> <li>• Bagnato</li> <li>• Neve</li> <li>• Ghiaccio</li> <li>• Sale residuo</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Umidità critica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SENSORE TEMPERATURA</li> <li>• SENSORE STATO ASFALTO</li> <li>• MICROFONO ASSOCIATO AD ACCELEROMETRO (per la rilevazione delle vibrazioni e lo spettro del rumore)</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LP-WAN / WIRED	LoRaWAN/CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Barriere stradali (Guard Rail, New Jersey e Barriere Mobili)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibrazioni</li> <li>• Distanza veicoli</li> <li>• Spostamenti generalizzati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACCELEROMETRO</li> <li>• SENSORE DI PROSSIMITÀ AD ULTRASUONI</li> <li>• MICROFONO ASSOCIATO AD ACCELEROMETRO (per rilevare le vibrazioni e lo spettro del rumore)</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LP-WAN / WIRED	LoRaWAN/CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Ponti / Viadotti: impalcati	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibrazioni</li> <li>• Inclinazione</li> <li>• Spostamenti generalizzati</li> <li>• Stati deformativi locali</li> <li>• Pressione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACCELEROMETRO</li> <li>• INCLINOMETRO</li> <li>• FESSURIMETRO</li> <li>• CELLA DI PRESSIONE</li> <li>• ESTENSIMETRO</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LR-PWAN / LP-WAN / WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN/CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Ponti / Viadotti: Pile e spalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spostamenti generalizzati</li> <li>• Stati deformativi locali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACCELEROMETRO</li> <li>• INCLINOMETRO</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LR-PWAN / LP-WAN / WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN/CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Gallerie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spostamento relativo tra due punti</li> <li>• Stati deformativi locali</li> <li>• Pressione</li> <li>• Spostamenti generalizzati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FESSURIMETRO ELETTRICO</li> <li>• INCLINOMETRO</li> <li>• ESTENSIMETRO</li> <li>• CELLA DI PRESSIONE</li> <li>• INTERFEROMETRO TERRESTRE</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LR-PWAN / LP-WAN / WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN//CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Versanti instabili	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimenti anomali</li> <li>• Cedimenti verticali</li> <li>• Livello di falda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INCLINOMETRO</li> <li>• ASSESTIMETRO MAGNETICO</li> <li>• PIEZOMETRO ELETTRICO</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LR-PWAN / LP-WAN/WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN//CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Livelli di rumore</li> <li>• CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub></li> <li>• ParticolatoTemperatura, umidità e pressione dell'aria</li> <li>• Luminosità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SENSORE PER CONTROLLO RUMORE</li> <li>• SENSORE PER LA MISURA QUALITÀ DELL'ARIA</li> <li>• STAZIONE METEO</li> <li>• SENSORE PER LA MISURA QUALITÀ DELL'ARIA</li> <li>• SENSORE DI LUMINOSITÀ</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità	LR-PWAN / LP-WAN/WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN
Aree di sosta	Presenza veicolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SENSORE SMART PARKING</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità;	LR-PWAN / LP-WAN/WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN
Cantieri	Geolocalizzazione dell'inizio, fine e lunghezza cantiere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMART TRACER ROAD WORK</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità;	LR-PWAN / LP-WAN /WLAN/WIRED	IEEE 802.15.4 / IEEE 802.11/LoRaWAN
Traffico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati di traffico</li> <li>• Eventi pericolosi</li> <li>• Situazioni critiche su strada</li> <li>• Lettura ed il riconoscimento di targhe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MULTI-FUNCTION SMART CAMERA</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità;	RETE WIRED IP/MPLS	
Muri di Sostegno	Spostamenti generalizzati	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INCLINOMETRO</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità;	LR-PWAN / LP-WAN /WLAN/WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN//CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT
Fondazioni in alveo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scalzamento con misura combinata di stati deformativi locali</li> <li>• Spostamenti generalizzati</li> <li>• Vibrazioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INCLINOMETRO</li> </ul>	Bigiornaliera. Continua in caso di raggiungimento della soglia di attenzione	Allarme automatico in caso di raggiungimento della soglia di criticità;	LR-PWAN / LP-WAN /WLAN/WIRED	IEEE 802.15.4 / LoRaWAN//CAN-bus/RS-485/RS-232/EtherCAT

Figura 162 - Dispositivi di monitoraggio per le infrastrutture

Oltre ai dispositivi dedicati al monitoraggio della stessa infrastruttura ci sono quelli dedicati al monitoraggio del traffico e del trasporto merci in tempo reale.

La multifunction smart camera svolge l'attività di videosorveglianza "intelligente", rilevando gli eventi pericolosi su strada, i dati di traffico, la funzione di lettura delle targhe o la decodifica dei codici Kemler e ONU per le merci pericolose (ADR), la presenza di nebbia, la distanza di visibilità.

Il sistema weigh in motion permette di monitorare costantemente il peso di ciascun veicolo che transita su strada per mezzo di sensori di pesatura installati nel manto stradale.

Il sistema di controllo svincoli consente da remoto e in automatico un'attività di controllo e gestione degli accessi agli svincoli lungo l'autostrada, tramite l'installazione di barriere automatiche veicolari.

Il sistema di Truck Parking nelle aree di sosta per mezzi pesanti consente di prenotare gli stalli di sosta attraverso un servizio dedicato, garantendo un monitoraggio continuo delle merci, per una sosta in piena sicurezza.

Lo Smart Tracer Road Work è un dispositivo che consente di segnalare e geolocalizzare la presenza di un cantiere stradale e che dispone di GPS, modem Wi-Fi e GSM, batteria e led per il segnalamento del punto di inizio e fine del cantiere.

I sensori per il monitoraggio ambientale sono utili per stimare in tempo reale variabili che possono aumentare il livello di rischio della circolazione stradale. I sensori saranno progettati per misurare direzione, velocità del vento e intensità delle precipitazioni, temperatura dell'aria, umidità dell'aria e della pressione atmosferica, inquinamento acustico, concentrazione di inquinamento atmosferico, luminosità e livello idrico dei corsi d'acqua.

Gli open data e i big data, la loro gestione sarà fondamentale. I vari dispositivi installati sulle strade genereranno una grande mole di dati che devono essere gestiti in modo da rendere più efficiente il trasporto e promuovere lo sviluppo dovranno essere "aperti" secondo modalità certe e note e "fruibili" a condizioni note.

Per garantire un equilibrio tra Big Data e Privacy, ANAS ritiene fondamentale l'applicazione del principio della privacy by design: un approccio trasparente che consenta agli utenti di comprendere con quale finalità sono raccolti i dati che li riguardano e con quali modalità verranno utilizzati, nonché di disporre di un elevato controllo dell'utente sui dati stessi. Esiste anche un rovescio della medaglia, il prezzo che dovremo pagare perché la tecnologia ci accompagni sulle strade è che verranno valutate la possibilità di cessione a terzi dei soli dati aggregati utilizzabili, in forma anonima, per fini statistici (dati di traffico, percorrenze, tempi, eventi, ecc) e la possibilità di concedere spazi pubblicitari (esclusivamente relativi a servizi a valore aggiunto per l'utente della Smart Road, quali ad esempio informazioni e offerte su aree di servizio lungo il percorso) e accesso a servizi specifici dedicati ad aziende terze, fa sapere Anas.

Nel paragrafo 3.2.7 e successivi si parla di V2I, sistemi che presentano avanzate tecnologie di informazione e di comunicazione al fine di migliorare la sicurezza della guida e l'incolumità delle persone, la sicurezza e protezione dei veicoli e delle merci, la qualità, nonché l'efficienza dei sistemi di trasporto per i passeggeri e le merci. Gli ITS seguono standard sia a livello internazionale che nazionale. Le tecnologie V2I hanno il principale obiettivo di prevenire gli incidenti stradali causati da errori e distrazioni del guidatore, grazie alla capacità di riconoscere le situazioni di possibile collisione e potenziali pericoli prima di quanto possa fare l'automobilista. Il V2I si basa sullo scambio di informazioni tra veicoli e infrastruttura, la comunicazione sfrutta la tecnologia DSRC (Dedicated Short Range Communications) per lo scambio di dati. I devices che permettono la comunicazione con l'utente stradale possono essere installati direttamente a bordo nel caso di veicoli di nuova produzione o possono essere oggetto di "aftermarket" nel caso di veicoli già esistenti o, ancora, possono essere utilizzati i dispositivi di comunicazione personali. La comunicazione wireless DSRC è bidirezionale e consente una messaggistica rapida, con bassa latenza e sicura per le applicazioni di safety stradale, in cui lo "short range" è dipendente dall'ambiente circostante, inoltre questo sistema garantisce sistemi di autenticazione e privacy fondamentali per la sicurezza.

Le comunicazioni ITS, sulla base di quanto stabilito dal Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze avvengono a banda dedicata che garantisce minime interferenze dato che non esistono operatori preesistenti che operano nell'introno di tale frequenza. L'ETSI ha pubblicato due standard relativi ai messaggi scambiati tra veicoli e infrastrutture o tra veicolo e veicolo:

	Range di frequenza (MHz)	Applicazioni
ITS-G5D	Da 5 905 a 5 925	Applicazione ITS future
ITS-G5A	Da 5 875 a 5 905	Applicazioni ITS relative alla sicurezza della strada
ITS-G5B	Da 5 855 a 5 875	Applicazioni ITS di non sicurezza
ITS-G5C	Da 5 470 a 5 725	RLAN (WLAN)
CEN DSRC	Da 5 795 a 5815	Riscossione del pedaggio elettronico

Figura 163 - Banda di frequenza per la comunicazione V2V e V2I

L'ITSC (Intelligent Transportation System Communication) è il sistema di comunicazione dedicato ai trasporti come mostrato nella seguente figura (cfr ETSI EN 302 665):

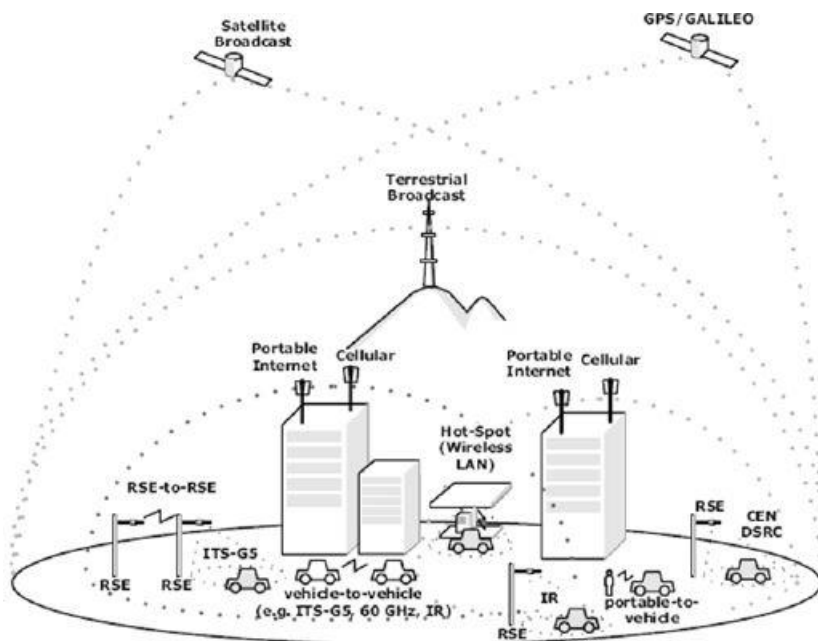


Figura 164 - Semplificazione dello scenario di comunicazione ITS

I sistemi principali coinvolti nell'ITCS sono, come mostrato in figura 24, i dispositivi mobili degli utenti che percorrono la strada e i veicoli stessi, le infrastrutture su strada (gallerie, portali, ecc) e il sistema centrale che monitora le infrastrutture su strada. A loro volta ogni sistema contiene una stazione ITS.

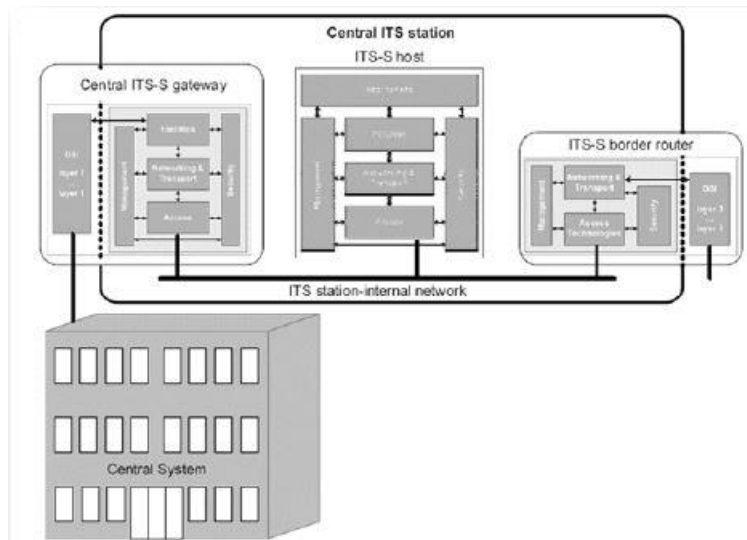


Figura 165 - ITS del sistema centrale

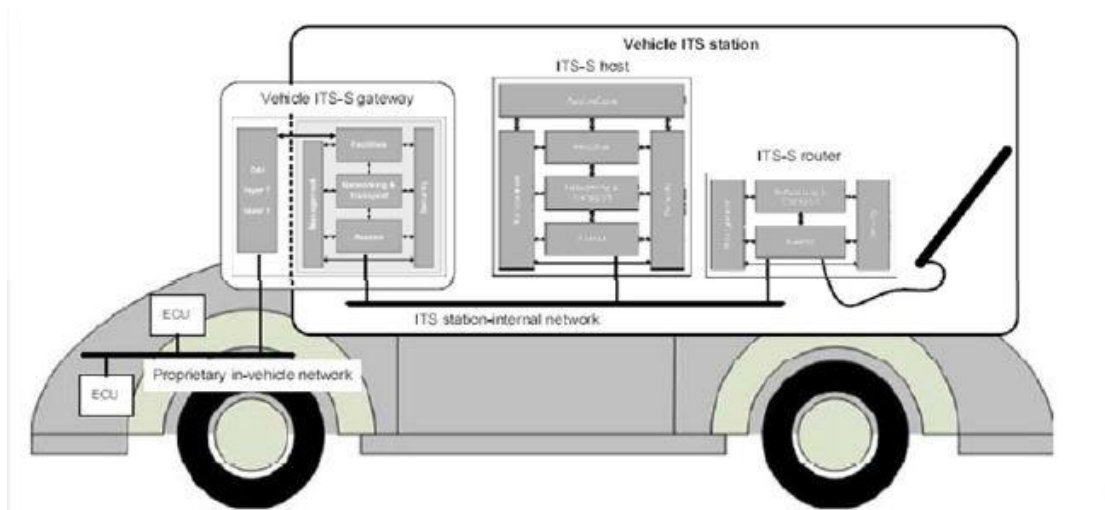


Figura 166 - ITS del veicolo

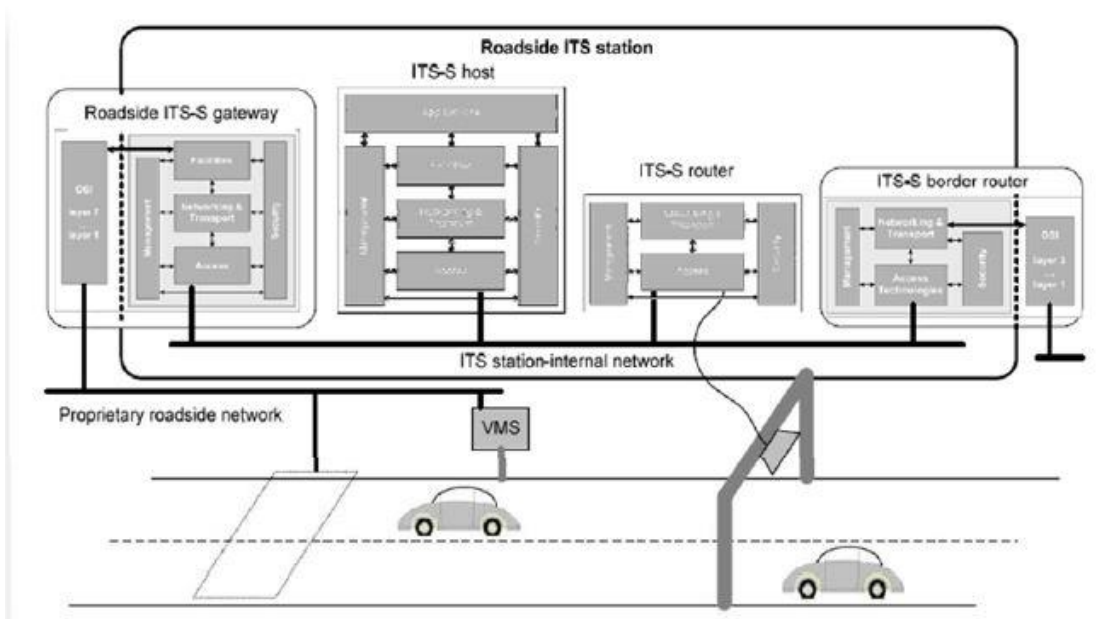


Figura 167 - ITS dell'infrastruttura

Le componenti basi di un ITS, a prescindere da dove esso sia installato, sono:

ITS-S host: contiene le applicazioni ITS e le funzionalità ad esse necessarie;

ITS-S gateway: connette il sotto-sistema (veicolo, infrastruttura, sistema centrale) al suo network ITS interno;

ITS-S router: connette due protocolli ITS ossia il network ITS interno della stazione ITS e un network esterno ITS;

ITS-S border router: serve per gestire e connettere tutti i sistemi e gli apparati presenti nel network del gestore dell'infrastruttura. In particolare il network del gestore potrebbe seguire standard di comunicazione differenti da quelli tipici dell'ITS, per esempio MPLS o internet. Il parco impiantistico appartenente al gestore delle infrastrutture include anche sotto-sistemi "Infrastrutture" coinvolti nell'ITSC.

## 4.6 Progetti di Smart Road in Italia

Le Smart Road sono ormai una realtà, magari non ancora intese come integrazione di tutte le tecnologie citate, ma come introduzione di qualcosa legata a un singolo obiettivo sì, anche perché le strade intelligenti sono parte dell'ecosistema più grande della smart city e, in generale, sono coinvolte nell'evoluzione della mobilità sostenibile.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nel febbraio 2018 ha dato il via ufficiale alla sperimentazione in Italia (anche riguardo i veicoli a guida automatizzata) con il Decreto Smart Road [36] che scandisce tipologie di intervento, tempi e tipi di strade interessate. Ancora, il decreto istituisce un Osservatorio tecnico di supporto che ha numerosi compiti, tra cui quello fondamentale di esprimere il proprio parere in merito alle richieste di autorizzazione per la sperimentazione, ma anche:

- monitorare gli impatti del processo di digitalizzazione delle infrastrutture viarie e della sperimentazione su strada di veicoli autonomi;
- verificare l'avanzamento del processo di trasformazione digitale verso le Smart Road, l'efficacia e l'adequazione della normativa, la rispondenza alle norme tecniche degli interventi sulle infrastrutture;
- favorire la discussione in merito ai temi etici e di gestione dei dati che saranno oggetto della normativa futura.

Tutto questo evidenzia come il passaggio verso la digitalizzazione stia trovando spazi anche nel nostro Paese, concretizzando quella collaborazione tra istituzioni, industria automobilistica, operatori mobili e produttori dell'indotto essenziale per far decollare il settore.

È da sottolineare come la partecipazione delle istituzioni sia fondamentale perché il loro ruolo rafforza l'attenzione verso le problematiche di tipo normativo e tecnico legate soprattutto alla tutela della privacy e alla sicurezza dei mezzi, delle persone e delle infrastrutture.

Molti progetti sono stati avviati già negli anni precedenti al decreto, ma l'affollarsi di continue nuove sperimentazioni è ancora più evidente in questi ultimi anni. Si vedranno ora i progetti più significativi nell'evoluzione della Smart Road in Italia, partendo dal progetto del Brennero, condiviso a livello europeo, per poi trattare quelli più recenti, ancora in fase di realizzazione, caratterizzati dall'uso delle tecnologie allo stato dell'arte.

### 4.6.1 L'autostrada del Brennero è il progetto pilota per la Smart Mobility europea

La sperimentazione per applicazioni di sistemi ITS sull'Autostrada del Brennero è iniziata già nel 2012, ma è stata rinnovata e potenziata come progetto pilota di C-Roads Italy [37] nel 2017 per il piano europeo C-ITS, cioè Cooperative Intelligent Transport System: si tratta di un progetto di Smart Mobility che ha l'obiettivo di



rendere le strade europee sempre più intelligenti per fare in modo che l'auto possa comunicare con le infrastrutture stesse, creando una rete unificata a disposizione di tutti i costruttori, in modo da non frammentare il mercato con standard differenti [38].

Nella pratica si tratta di applicare la tecnologia 5G sull'autostrada del Brennero creando un corridoio intelligente da Monaco a Modena, con l'obiettivo di implementare e testare sistemi cooperativi basati sulle tecnologie V2X in condizioni di traffico reale; in particolare la fattibilità di:

- Truck Platooning;
- Highway Chauffeur;
- scenari combinati di autocarri e veicoli per passeggeri.

#### 4.6.2 La Salerno-Reggio Calabria diventa intelligente con il progetto Smart Road di ANAS

Il progetto di ANAS, progettato già nel 2016 e avviato a fine 2018, trasformerà in Smart Road la Salerno-Reggio Calabria [39] (ma in futuro anche il Grande Raccordo Anulare di Roma l'autostrada A91 Roma-Fiumicino; l'itinerario Orte-Mestre della E45 ed E55, l'autostrada A19 Palermo-Catania e la Tangenziale di Catania) in Smart Road, nel senso più ampio del termine poiché prevede l'integrazione di numerose tecnologie.

Il progetto prevede infatti la realizzazione di sistemi di comunicazione a lunga distanza attraverso la posa di fibra ottica, grazie alla convenzione siglata con OpEnFiber. Verranno integrati:

- un sistema Wi-Fi in-motion che garantisce la continuità del segnale ai veicoli in movimento anche alle velocità massime consentite sulla arteria;
- un nuovo standard (DSRC - Dedicated Short Range Communications) che consentirà l'implementazione di servizi di infomobilità, sicurezza e connettività, nell'ottica della gestione intelligente di tutte le infrastrutture stradali;
- lo sviluppo di servizi orientati al dialogo V2I veicolo-infrastruttura e tra i veicoli stessi (V2V).

#### 4.6.3 Il porto di Trieste controlla i TIR grazie alla Smart Road

Nel luglio 2019 la collaborazione tra ANAS e l'autorità portuale di Trieste ha portato a creare un progetto per migliorare il controllo dei mezzi pesanti, agevolando e rendendo più veloce i tempi di imbarco dei TIR [27; 40].

Il progetto di Smart Road, che durerà 10 mesi per essere pronto nel 2020 e costerà circa 2,7 mln di euro, riguarda i raccordi autostradali RA14 e RA13 e la S.S. 202 «Triestina» per verificare che i mezzi pesanti che si muovono tra l'interporto di Ferneti e il porto di Trieste abbiano un peso congruo con quanto dichiarato, monitorando al tempo stesso lo scorrere del traffico, garantendone inoltre la sicurezza e la gestione ottimale del flusso.

La Smart Road prevede:

- l'installazione di 27km di fibra ottica;
- 24 telecamere intelligenti per la lettura delle targhe;
- sensori per la pesatura dinamica dei veicoli;
- un sistema di 33 telecamere di contesto a circuito chiuso;



- un algoritmo che prenda in considerazione le condizioni del flusso veicolare, le condizioni atmosferiche, incidenti o perdite di carico, eventuali lavori in corso.

Raccogliere queste informazioni permetterà di individuare i mezzi che possano aver effettuato una deviazione per eventuale carico/scarico non autorizzato di merci, attraverso il calcolo del tempo medio necessario a percorrere il tragitto in questione. Nel caso in cui la velocità media del veicolo non fosse in linea con il flusso o il suo peso finale fosse diverso da quello iniziale, potrà essere nuovamente sottoposto a controlli doganali.

In più, grazie alle telecamere, sarà possibile rilevare le code e monitorare la sicurezza del traffico, regolando di conseguenza il flusso verso il porto di Trieste.

#### 4.6.5 La BreBeMi nel 2021 apre un tratto elettrificato per i camion

Sull'esempio delle strade già elettrificate in Svezia nel 2016 (se ne parla nel prossimo capitolo) e poi in studio in Germania [41] nel 2019, BreBeMi [42] ha disegnato un progetto di Smart Road elettrificata che dovrebbe essere realizzato entro il 2021.

L'idea è quella di realizzare una corsia dedicata ai camion elettrici che si connettano alla rete della Smart Road grazie a un pantografo: in questo modo i camion a trazione elettrica (o ibridi) potranno usare solo energia elettrica per risparmiare e ridurre a zero l'impatto ambientale immediato.

Il progetto coinvolge Cal (Concessioni autostradali lombarde), Siemens, Scania (che si sono già occupati del progetto svedese e tedesco) e i ministeri dei Trasporti e dell'Ambiente; inizialmente si prevede inizialmente l'elettrificazione di un tratto di 6km, tra Calcio e Romano di Lombardia, per verificarne la sostenibilità e procedere poi all'elettrificazione dell'intera autostrada, attraverso l'impiego di pannelli fotovoltaici.

#### 4.6.6 Smart Mobility per i campionati del mondo di sci a Cortina

I Campionati del Mondo di Sci in programma a Cortina d'Ampezzo nel febbraio 2021 saranno il primo banco di prova per la Smart Mobility in Europa: ANAS ha sviluppato il piano di potenziamento e riqualificazione «Smart Mobility Cortina 2021» [33] ancora una volta nell'ambito C-Roads Italy ma cogliendo l'opportunità dell'occasione che si avvicina per un progetto che dia risultati in brevissimo tempo, appunto in vista di febbraio 2021.

Gli interventi progettati interessano l'itinerario E45-E55 Orte-Mestre e la statale 51 di Alemagna riguardano la fornitura e l'installazione di tecnologie Smart Road orientate a:

- informazione agli utenti;
- prevenzione dei comportamenti scorretti;
- sicurezza preventiva;
- gestione della mobilità;
- controllo del traffico, quindi rilevazione e previsione del traffico, prescrizioni sulla circolazione;
- gestione segnaletica dinamica;
- monitoraggio in tempo reale delle infrastrutture e della strada.

L'investimento complessivo è di circa 26 milioni di euro; i lavori, cominciati nel luglio 2019, dovrebbero terminare a settembre 2020.

Ancora, Anas ha avviato una valutazione per sviluppare una rete di postazioni di ricarica elettrica, integrando il trasporto e la distribuzione dell'energia di postazioni di ricarica per tutti i veicoli elettrici (già predisposte da Enel con la sua iniziativa di e-mobility [44] per Cortina 2021) con la rete energetica della Smart Road, creando così benefici operativi ed economici.

#### 4.7 Progetti di Smart Road nel mondo

I progetti di Smart Road non sono limitati certamente alla sola Italia né all'Europa, in cui la Svezia fa da apripista. In America, ad esempio, è stata realizzata la famosa Virginia Smart Road già all'inizio degli anni 2000, e in Sud Corea le innovazioni a tema Smart Road e guida automatizzata si susseguono in continuazione, tanto che il governo ha dato vita a un campo di prova dedicato, la Yeosu Smart Highway.

##### 4.7.1 Virginia Smart Road: un'area dedicata ai test allo stato dell'arte

Quando si parla di Smart Road, come accennato sopra, non si può non citare la Virginia Smart Road [45], un progetto nato nel 1999 e completato già nel 2002.

Questa Smart Road è una strada a 2 corsie lunga 9,5 km costruita nel 2002 vicino a Blacksburg, in Virginia appunto, per diventare struttura di ricerca unica, all'avanguardia e su larga scala per la ricerca relativa alla pavimentazione e la valutazione dei concetti e dei prodotti dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS). La sua progettazione infatti è stata un'opera congiunta di diverse organizzazioni federali e statali, tra cui il Virginia's Center for Innovative Technology (VDOT), il Virginia Transportation Research Council (VTRC), la Federal Highway Administration (FHWA) e Virginia Tech.

La Smart Road è nata nel 2000 come inizialmente come struttura dedicata ai test, una strada di 3,5 km a due corsie con una curva sopraelevata ad un'estremità e una curva a velocità più lenta all'altra estremità - , ma è stata completata nel 2002 fino a raggiungere i 9,5 km collegando così Blacksburg e la I-81 nel sud-ovest della Virginia, svolgendo un ruolo importante per i flussi di merci.

La Smart Road comprende anche un ponte di 667 metri (il secondo più alto in Virginia) e diverse centinaia di metri di pavimentazione in cemento; il tratto dedicato ai test è equipaggiato con:

- impianto di test per tutte le stagioni che produce pioggia, neve, ghiaccio e nebbia;
- sezione di illuminazione variabile che permette di creare una moltitudine di condizioni di visibilità;
- sistema di comunicazione avanzato che include una LAN wireless interfacciata con una spina dorsale in fibra ottica;
- sensori per pavimentazione che forniscono dati sulle prestazioni del suolo in condizioni reali di carico;
- marcatori e strisce di pavimentazione sensibili ai raggi UV;
- sezioni di prova di pavimentazione flessibili e pavimentazione rigida continuamente rinforzata.
-



Figura 168 - Strada per test in Virginia

Figura 169 - Dettaglio strada di test in condizioni avverse

#### 4.7.2 La Svezia fa da apripista per le strade elettrificate per i camion in tutta Europa

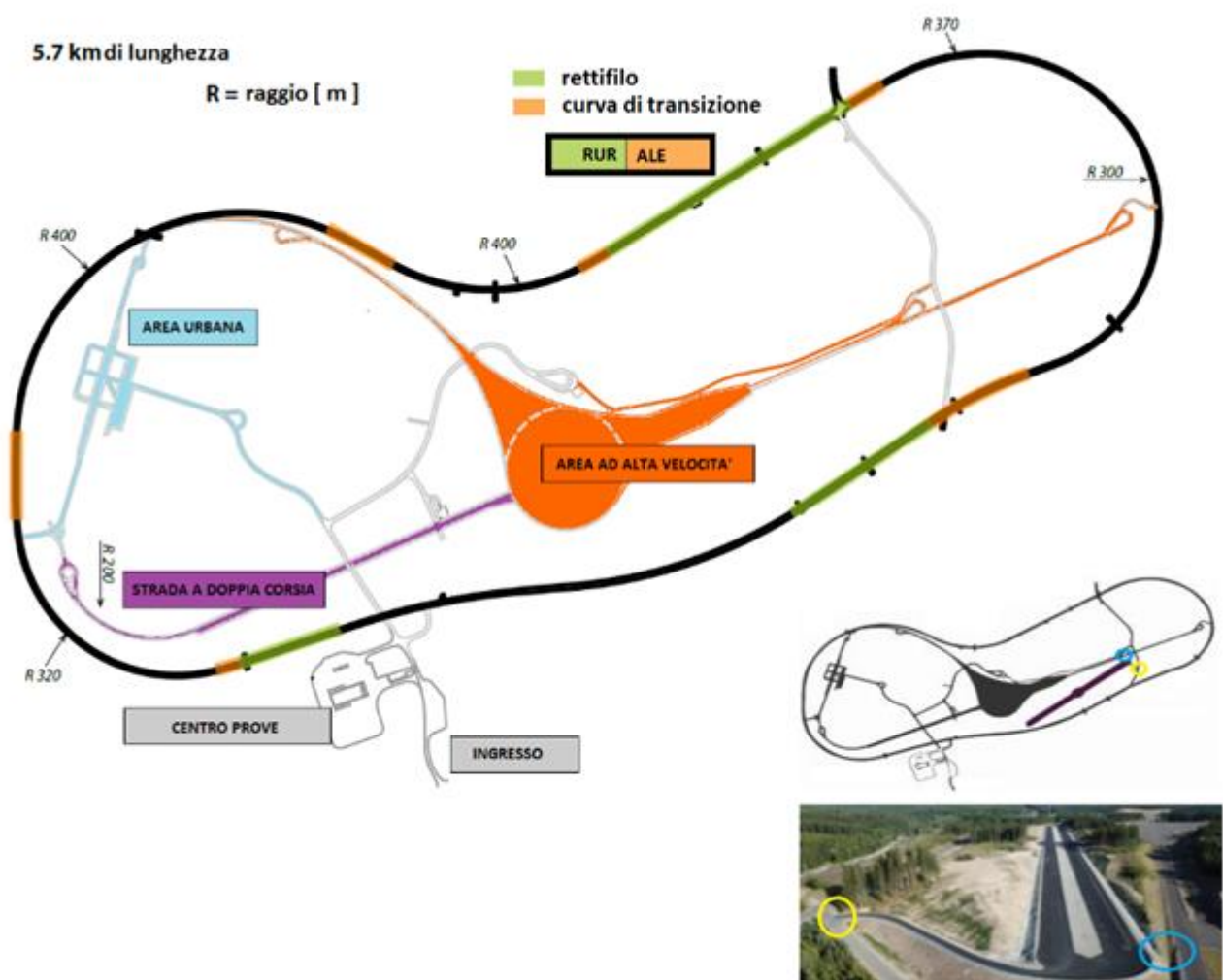


Figura 170 – Tracciato Astra Zero antecedente il 2018, e con successiva introduzione della super multilane (a destra) fonte: <https://www.astrazero.com/super-multilane/>

Introducendo la Svezia non si può che iniziare parlando della struttura AstaZero (Active Safety Test Area + Zero, riferendosi alla "Vision Zero" sulla sicurezza stradale svedese). È una struttura di proprietà delle RISE Research Institute of Sweden e Chalmers University of Technology istituita nell'agosto del 2014, quando fu aperta la pista di prova di 200 ettari. Situata vicino a Göteborg è stata pubblicizzata come la prima pista di prova per veicoli senza conducente al mondo. La struttura dispone di ambienti stradali, autostradali, rurali ed urbani, ed è recepita come un'area internazionale aperta ai: produttori di veicoli, fornitori, università e centri di ricerche di tutto il mondo. Dal 28 Gennaio 2019 è accreditato dall'EURO NCAP, per eseguire i test dei veicoli senza pilota delle case produttrici oltre che le prove dei sistemi attivi di sicurezza (<https://www.astazero.com/astazero-accredited-by-euro-ncap/>). Nella pagina seguente vi è lo schema dell'intero centro. A cui è però stata aggiunta, il 15 Agosto 2018 la Super Multi Lane track. Prima di questo sito, la Volvo aveva iniziato dei test con degli ingegneri come tester, denominato progetto Drive Me.

La corsa alla Smart Road e alla mobilità sostenibile in Svezia è iniziata nel 2016 con il progetto eRoad Arlanda [46], uno dei tanti studi che il Ministero dei Trasporti svedese (Trafikverket) ha promosso nell'ottica di eliminare del tutto i combustibili fossili dal settore dei trasporti entro il 2030.

Nel 2016 è stato sviluppato il progetto pilota – inaugurato nel 2018 – di dieci chilometri di strada per collegare l'aeroporto di Stoccolma Arlanda al centro logistico di Rosersberg di cui due chilometri elettrificati. Lo scopo era dimostrativo, di indagine: costruire un percorso di prova, sviluppare e valutare la tecnologia utilizzata e creare conoscenze fondamentali per l'implementazione di strade elettrificate nel sistema svedese di trasporto su strada.

Dopo questo primo successo, infatti, la Svezia nel 2019 ha dato il via al progetto Smart Road Gotland [47] che prevede la costruzione di una strada elettrificata di 4,1 km di lunghezza che collegherà l'aeroporto dell'isola con la parte centrale di Visby, città principale dell'isola nonché centro di origine medievale.

La realizzazione dell'opera è stata suddivisa in tre fasi, quanti i settori che la compongono, di cui la prima è in fase di completamento. il Ministero dei Trasporti svedese ancora una volta è l'ente propulsore, coadiuvato da una partnership di aziende private, con in prima fila l'azienda israeliana ElectReon, per un costo pari a poco più di 11 milioni di euro.

Le tecnologie impiegate in questo progetto sono:

- un sistema DWPT unico (Dynamic Wireless Power Transfer);
- infrastruttura smart posta sotto la strada al centro della corsia di traffico;
- un ricevitore situato sotto il telaio del veicolo;
- sistema di comunicazione V2I in tempo reale;
- sistema elettrico sotterraneo che trasmette l'energia all'infrastruttura stradale.

In questo modo potranno costruire una strada elettrica senza fili che utilizzi la tecnologia induttiva per la ricarica dinamica dei veicoli durante la guida. Una strada elettrica induttiva, infatti, riduce la necessità di combustibili fossili per i trasporti pesanti in modo sostenibile ed efficiente.

#### 4.7.3 Yeosu Smart Highway in Sud Corea: un'area di test smart

Yeosu Smart Highway [48] è una Smart Road in Sud Corea 7,7 km situata all'interno della superstrada della regione centrale, istituita dal governo coreano nel 2008 e realizzata nel 2011 per lo sviluppo della tecnologia di guida automatizzata. Si tratta infatti di area di test, popolata solamente da veicoli utilizzati per la ricerca sulla guida automatizzata: le condizioni sono comunque abbastanza simili a quelle reali di una vera autostrada, perché densamente trafficata dai veicoli di test.

È in questo contesto che a novembre 2019 è stato condotto con successo il primo esperimento di truck platooning [49], replicando le condizioni del traffico reale sulla Yeosu Smart Highway e utilizzando due camion Hyundai Xcient collegati ad altrettanti semirimorchi. Il progetto infatti ha coinvolto oltre governo e università coreane, anche il famoso colosso Hyundai Motor Company.

Il test ha dimostrato con successo la possibilità di gestire l'ingresso e l'uscita di altri veicoli fra i camion, la frenata di emergenza simultanea e la comunicazione V2V.

Dal punto di vista della Smart Road, le tecnologie che hanno permesso di attuare il platooning in sicurezza sono i sensori, radar e lidar (già citati nei capitoli precedenti): se un veicolo si inserisce tra i due mezzi, quello che segue aumenta automaticamente la distanza di minimo 25 metri. Analogamente nel caso in cui un camion effettui una frenata d'emergenza: attraverso la condivisione delle immagini di una telecamera frontale e alla comunicazione in tempo reale tra i veicoli, quelli in coda rallentano automaticamente fino a fermarsi.

La manovra di platooning inizia quando l'autista del camion che segue si avvicina al veicolo principale e attiva la modalità; a questo punto il camion mantiene una distanza di 16,7 m, gestendo automaticamente accelerazione e frenata. La modalità platooning attiva anche la tecnologia di mantenimento della corsia che consente agli autisti dei camion che seguono di staccare le mani dal volante.

Creando questi convogli sarà allora possibile ridurre la resistenza dell'aria per migliorare l'efficienza del carburante e ridurre le emissioni.

#### 4.8 Scenari futuri e considerazioni

Le strade del futuro saranno rese intelligenti, senza segni, più sicure e più comunicative. Non solo sosterranno la mobilità delle persone e delle cose, ma genereranno anche elettricità, riportando l'energia alla rete energetica. Ulteriori progressi continueranno ad evolversi con l'emergere di nuove tecnologie e applicazioni, tra cui l'applicazione dell'analisi dei dati, il deep learning e le tecnologie di intelligenza artificiale nel trasporto intelligente. In ultima analisi, le città intelligenti progrediranno verso l'obiettivo di raggiungere quasi zero fatalità e le emissioni di CO<sub>2</sub>, trasformando la nostra vita in meglio.

Tirando le somme di questa disamina da un punto di vista tecnologico, possiamo affermare che i veicoli sono oramai dotati di un'ampia gamma di dispositivi e sensori che raccolgono e trasmettono dati, videocamere, sistemi di comunicazione Wi-Fi, mobile e satellitare; sul piano delle architetture di rete, invece, oggi si confrontano due tecnologie, il 5G e l'ITS-G5 che usa le reti Wi-Fi. Le regole che l'Europa adotterà per le comunicazioni tra i veicoli sono cruciali perché tracciano la strada per la Smart Mobility e le auto a guida automatizzata: comprendere quali siano i limiti, le opportunità e soprattutto i margini di cooperazione delle due tecnologie sono il vero nodo da sciogliere nel breve periodo.

Donatella Proto, Dirigente della Divisione 1 del MISE "Reti e Servizi di comunicazione elettronica ad uso pubblico della Direzione Generale per i servizi di comunicazione elettronica, di radiodiffusione e postali", in un articolo pubblicato su Agenda Digitale offre la sua visione[50]: «[...] si potrebbe favorire l'installazione dei cd sistemi cooperativi, cioè le trasmissioni dati V2V e V2I che sfruttano le tecnologie DSRC (dedicated short-range communications), operanti nella banda di frequenze 5875-5905 Mhz, indicate nella direttiva ITS come dedicate (ma non esclusivamente) alla sicurezza di tutti gli utenti della strada ed alla qualità degli spostamenti [...] per arrivare poi alle comunicazioni V2P, in cui l'utente dotato di un smartphone o di uno smartwatch

riceve informazioni sulla mobilità e segnalazioni di pericolo direttamente dai veicoli che lo circondano, per poi sfruttare tutte le potenzialità offerte dal 5G e dallo standard C-V2X in grado di comunicare con ogni cosa».

Insomma, le istituzioni avranno un ruolo sempre più centrale in questo scenario di futuro prossimo, garantendo elevati standard di sicurezza e privacy, fattori fondamentali da affiancare allo sviluppo tecnologico, appannaggio invece dei player aziendali.

### Considerazioni conclusive

Le strade del futuro oltre ad ospitare i veicoli saranno anche delle vie di comunicazione per i messaggi che essi si scambiano. Sarà importante che le strade digitali contengano al loro interno dispositivi per partecipare in modo attivo alle comunicazioni in modo da arricchire le informazioni disponibili. Crediamo che se da un lato sia fondamentale questa evoluzione, dall'altro risulterà anche di lenta e difficile realizzazione. La spesa per il rinnovo dell'infrastruttura, infatti, sarà in prevalenza a carico statale e molto onerosa oltre che con un basso ritorno economico.

Anche la stessa infrastruttura come la intendiamo oggi sarà rivoluzionata, oltre a garantire il flusso veicolare, permetterà di monitorare la quantità ed il tipo di traffico in modo automatico e in alcuni casi di fornire l'energia necessaria a movimentare i veicoli. Quindi le strade non saranno più un elemento statico ma sapranno mutare in base alle esigenze degli automobilisti, attraverso le tecnologie citate all'interno del paragrafo.



# 5. VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA GUIDA AUTOMATIZZATA

Nonostante i buoni propositi dei veicoli a guida automatizzata, sarà possibile immaginare un contesto in cui questi veicoli sfrecceranno sulle nostre strade solo dopo aver risolto molte delle questioni che stanno dietro allo sviluppo di queste nuove tecnologie. Per godere a pieno dei vantaggi che un veicolo a guida automatizzata può offrire, sarà prima necessario disinnescarne i problemi messi in luce in questo capitolo ed analizzarne i futuri impatti.

## 5.1 Sicurezza

La sicurezza è una questione importante da affrontare dalla quale dipenderà il futuro della guida automatizzata. Fino al 1970 gli incidenti sulle strade sono sempre stati crescenti poi, grazie a misure atte ad affrontare la situazione, il trend è stato discendente. La comunità europea si è data come obiettivo zero vittime sulla strada entro il 2050 (Regulation EU 2019/0151 and Annex). I dati del 2019 per l'Italia evidenziano un calo, rispetto ai dati del 2018, sia di incidenti con lesioni (-1,3%) che di feriti (-2,9%) in media mentre aumentano le vittime (+1,3%). Dal primo gennaio 2018 al trenta giugno 2018, gli incidenti sono stati 82.048 vuol dire una media di 453 al giorno: 19 ogni ora e hanno causato 1.505 morti, 8 al giorno: 1 ogni 3 ore, e 113.765 feriti. È un andamento definito preoccupante, che allontana l'Italia dalla riduzione del 50% delle vittime della strada entro il 2020 (rispetto all'anno 1990), che risultano in calo del 23,6% rispetto al 2010 e del 54,2% rispetto al 2001. L'aumento si registra sulle autostrade con oltre il 25% e sulle strade extraurbane con un più 0,3%. Per le strade urbane si stima una diminuzione del 3%.

In termini di mortalità, invece, la stima mondiale era di circa 800.000 vittime per anno nel 1999 e di 1,24 milioni nel 2010, previsione che si ritiene crescerà ancora negli anni senza l'introduzione di adeguate misure di sicurezza. Per avere un'idea dell'entità del problema, è stato osservato che le automobili hanno ucciso più persone dalla loro invenzione che tutte le guerre combattute nello stesso periodo, includendo sia la Prima che la Seconda Guerra Mondiale [5].

Tra le cause di morte più frequenti a livello globale, gli incidenti stradali raggiungono la nona posizione (si parla del 2.2% dei decessi globali), e se non verrà presa alcuna contromisura a riguardo, è previsto che entro il 2030 raggiungano la quinta; tristemente degni di nota, si trovano invece al primo posto come causa di decesso più frequente per gli individui dai 15 ai 29 anni, e al secondo per quelli dai 5 ai 14. Nello specifico, ogni anno quasi 400000 persone sotto ai 25 anni muoiono per un incidente stradale, con una media di più di 1000 al giorno.

Ad oggi, si stima che in molti paesi dell'OCSE (nota: Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, costituita da 57 stati in Europa, Asia Centrale e Nord America) il costo degli incidenti di traffico ammonti a circa il 2% del loro PIL, mentre nei paesi in via di sviluppo tali perdite possono essere anche maggiori della quantità di denaro ricevuta come aiuti internazionali e prestiti, un fatto che ha indotto la Banca Mondiale e l'Asian Development Bank ad inserire gli interventi in questo campo tra le sue priorità.

I vizi più ricorrenti al volante sono l'eccesso di velocità, mancato utilizzo delle cinture di sicurezza, uso del cellulare e mancato rispetto delle distanze di sicurezza: l'errore umano è la principale causa di incidenti. È evidente come le cause automobilistiche ed esperti nel settore tecnologico siano fermamente convinti del fatto che i veicoli a guida automatizzata possano essere più sicuri di quelli guidati dagli esseri umani.

Anche la comunità europea sta percorrendo questa strada per raggiungere il suo obiettivo, per il prossimo decennio diverse tecnologie saranno rese obbligatorie sui veicoli. Saranno tutti sistemi che agiranno in automatico per prevenire gli incidenti, un passo questo verso la guida automatizzata. Le principali innovazioni che verranno introdotte (che sono state discusse nel capitolo Servizi ITS) sono:

- Frenata automatica di emergenza (AEB);
- Assistente di mantenimento di corsia (LKA LDW) ciò significa una migliore manutenzione delle strade;
- Avviso di superamento del limite di velocità (ISA);
- Sistemi di controllo dell'attenzione e della sonnolenza;

- Sistemi avanzati di controllo dell'attenzione, per assicurare che questa sia rivolta al traffico circostante;
- Sistemi di avviso di collisione con pedoni e ciclisti (PCW e CCW);
- Sistemi alcohol interlock, che impediscono ad una persona in stato di ebbrezza di mettersi alla guida;
- Telecamere posteriori unite a sistemi di rilevamento;
- Registratore di eventi, così da tenere traccia di dati rilevanti negli istanti antecedenti, durante ed immediatamente successivi ad un incidente stradale;
- Nuove cinture di sicurezza e sistemi di ritenuta più protettivi per bambini.

I veicoli a guida automatizzata potranno aiutare a ridurre gli incidenti del 90%, secondo lo studio condotto da McKinsey&Co nel 2015. La ricerca sostiene che ad oggi, gli incidenti stradali hanno un enorme impatto economico e sociale. Considerando che attualmente gli USA sostengono un costo annuo di 212 miliardi di dollari a causa degli incidenti stradali, qualora essi diminuissero del 90% il potenziale risparmio economico si aggirerebbe attorno ai 190 miliardi di dollari l'anno.

La realtà attuale dei fatti è che questi veicoli non sono ancora pronti per essere impiegati su strada soprattutto in condizioni di traffico con veicoli di ogni genere. Gli incidenti che si sono verificati negli anni ne sono la testimonianza. Tutti i più grandi competitors hanno dovuto scontrarsi con questa realtà: Uber, Google e Tesla hanno riportato incidenti, alcuni anche mortali.

Tra i più significativi si citano il caso di Uber: il 19 marzo 2018 un Suv, con modalità autopilota inserita, percorreva una strada a 65 Km/h quando ha tragicamente investito e ucciso una donna di 49 anni che attraversava lontana dal passaggio pedonale; testimonianze riportano che la donna è sbucata all'improvviso da una zona poco illuminata e che i sistemi di bordo non siano intervenuti sul sistema frenante. Brad Templeton, software architect che dal 2010 al 2013 ha lavorato in Google come self-driving car strategist, dichiara: "il lidar è in grado di rilevare la presenza di un ostacolo con un anticipo minimo, a quella velocità di marcia, di 3 o 4 secondi. [...] Ipotizzando che il lidar abbia individuato l'ostacolo a una distanza di 50 metri, i sistemi automatici avrebbero avuto sicuramente il tempo di intervenire in qualche modo, scongiurando il peggio, considerando che lo spazio di arresto di un'auto a quella velocità, su superficie asciutta, è di circa 24 metri, in caso di frenata di emergenza [...]".

Anche Tesla, società capitanata dal visionario Elon Musk, ha visto le proprie vetture coinvolte in diversi incidenti. Un incidente nel 2016 è costata la vita al proprietario del veicolo; il conducente, affidandosi al sistema autopilot che ricordiamo essere un dispositivo di aiuto alla guida contrariamente a quello che suggerisce il nome stesso, ha attraversato un incrocio nel mentre che sorraggiungeva un veicolo pesante nella direzione opposta. Il veicolo non è stato in grado di rilevare l'ostacolo per il particolare colore riflettente del rimorchio (<http://www.wired.com/2016/06/Teslas-autopilot-first-deadly-crash>). Stessa dinamica si è riproposta poi nel 2019 con le stesse gravose conseguenze. Un incidente analogo si è verificato nel 2018 quando un veicolo con autopilot inserito ha colpito uno spartitraffico causando la morte del conducente. Nello stesso anno sempre un veicolo Tesla in modalità autopilota ha urtato un camion dei vigili del fuoco in condizioni di scarsa visibilità; fortunatamente senza ripercussioni gravi per le persone.

Il primo incidente di Google risale al 2016 quando il veicolo, cercando di cambiare corsia, ha urtato un autobus che stava percorrendo tale corsia, per fortuna senza conseguenze dei passeggeri.

Tutte le norme attualmente in vigore stabiliscono che in caso di guida automatizzata il guidatore può distogliersi dalle consuete operazioni di guida ma deve comunque rimanere attento e pronto a riprendere il controllo sulla macchina in ogni momento perché è lui che continua ad aver la responsabilità di un conducente convenzionale ed è il destinatario di tutte le norme legali del codice della strada anche durante il viaggio in modalità automatizzato.

La sfida più grande al momento per gli sviluppatori di tali veicoli è quindi quella di mantenere e controllare permanentemente l'attenzione del conducente, poiché è ancora essenziale per il sistema come visto nei capitoli: Consapevolezza situazionale e Ripresa del controllo.

Legato al concetto di sicurezza è importante parlare della preparazione necessaria degli utenti per poter condurre in modo sicuro i mezzi di trasporto del futuro. Se nella sezione precedente è stata data attenzione alle case costruttrici, ai programmatori e ai veicoli stessi, qui si è dato spazio, in questo capitolo, a spiegare

ciò che verosimilmente sarà richiesto all'automobilista per poter guidare. Addestramento, ripresa del controllo e consapevolezza situazionale sono i tre concetti chiave che andremo a delineare.

### 5.1.1 Addestramento, ripresa del controllo e consapevolezza situazionale

Già sulla figura del tester nasce il problema della conoscenza della tecnologia del veicolo e delle sue potenzialità, i suoi limiti e funzionalità. Pensando ai futuri fruitori di veicoli tecnologici, non può che sorgere la domanda su come preparare in modo adeguato i guidatori.

È necessario che chi si appresti ad acquistare un veicolo automatizzato segua un corso di addestramento predisposto dal produttore del veicolo ed una parte suppletiva dell'esame per ottenere la certificazione di guida. Sia il corso che l'esame dovranno contenere un modulo inerente la richiesta di ripresa del controllo dell'utente, emessa dal sistema. Deve essere presente una procedura offer-and-confirm, ogni qualvolta l'utente vuole lasciare o assumere il controllo. Nel caso di fallimento nel dimostrare di essere preparato a riprendere il controllo, quest'ultimo rimane in gestione al sistema (se non in grado di proseguire, il sistema avvierà una Minimum.Risk.Manoeuvre).

Si raccomanda un addestramento all'uso della tecnologia atta a fornire automazione ai veicoli, questi corsi andrebbero congegnati dal produttore del veicolo perché conosce in maggior dettaglio sia le parti critiche emerse dalle simulazioni sia le applicazioni installate. Per il legislatore scendere nei dettagli di come questi corsi debbano essere fatti è complicato. Essendo il premio assicurativo dipendente dai costi dei sinistri, introdurre questi corsi porterebbe ad un miglior uso della tecnologia e quindi ad una riduzione degli incidenti e del premio da versare.

Una persona che sia al posto di guida di un veicolo non in grado di guidarsi autonomamente, deve possedere la licenza di guida per quella tipologia di veicolo, essere stata addestrata nel caso sia richiesto un periodo di training per quella categoria di veicolo, non avere disabilità, non aver assunto droghe e alcool (superiore al limite consentito), mantenere lo sguardo sulla strada e non intraprendere attività secondarie se il veicolo non è automatizzato e con sistema di guida in modalità on.

I tre paragrafi precedenti contengono le risposte date da un giudice britannico su vari temi dei veicoli a guida automatizzata e autonoma [84]. Si intuisce che al momento la strada per l'uso di questa tecnologia è tutt'altro che spianata, troppi vincoli ostacolano la diffusione di tali veicoli quando saranno pronti per il loro debutto sul mercato. Ciò testimonia che non c'è ancora piena fiducia da parte delle autorità in questa tecnologia ancora in fase di sperimentazione e riteniamo che le accortezze prese siano d'obbligo per incentivare una guida sicura; l'obiettivo primario restano le "zero vittime" nell'anno 2050. Se le tecnologie impiegate si dimostreranno solide, verrà il tempo in cui queste restrizioni verranno meno e la scelta di orientarsi su un veicolo autonomo dipenderà dall'acquirente a prescindere da prerequisiti necessari come ulteriori patenti di guida o corsi integrativi che fungono da vincolo e ostacolo economico.

Mentre nella relazione [60] la posizione francese sull'argomento è che ad eccezione della guida autonoma (LV 5) la patente di guida per chi si siede al volante del veicolo è un requisito imprescindibile. Così come lo sono il non essere sotto l'effetto di sostanze psicoattive ed essere in buono stato di salute. Come cambierà il corso per la patente di guida dipenderà dagli esiti dei test che si stanno svolgendo oltre a ciò che emergerà dai dibattiti in merito alla questione e dai risultati dei gruppi di studio internazionali.

L'importanza di standard tecnici omogenei lo si riscontra anche in questo ambito, infatti non è pensabile che un futuro guidatore impari a conoscere molti sistemi di guida automatizzati. Comporterebbe in esso il rischio di confondersi, e benché avesse compreso molto bene tutti i diversi sistemi di guida passando gli anni, tra quando li ha studiati e quando si troverà ad averci a che fare, avrebbe difficoltà a ricordarseli. Non è nemmeno ipotizzabile far studiare al neopatentato solamente il sistema di guida che possiederà la sua futura

autovettura, dato che potrebbe trovarsi ad utilizzare anche un'altra tipologia (di un familiare, di un amico, dell'autonoleggio, di cortesia ecc..). E' importante che studi il sistema di guida perché dovrà conoscere quali funzionalità sono accreditate al sistema automatizzato e quali al guidatore umano, in quale modo il sistema comunica la necessità di passare al controllo manuale, come è gestita la fase di transizione tra controllo umano e automatico. Conoscendo queste e altre cose sul sistema di guida sarà in grado di far fronte agli avvenimenti che avranno luogo durante l'esperienza di guida. La nostra idea è che tutte le vetture siano dotate di sistemi di assistenza alla guida che abbiano standard di funzionamento simile tra loro e che si comportino in modo analogo di fronte ad uno stesso evento in modo che durante il corso per l'esame della patente di guida, agli studenti possano essere spiegate le funzioni generali e le potenzialità dei sistemi di guida automatizzata e una volta a bordo di un veicolo con sistemi di assistenza alla guida dal LV 2 in su saranno in grado di utilizzarlo senza difficoltà. Come è stato codificato un modo univoco per utilizzare la leva delle frecce di direzione, il cambio dell'auto e i pedali di acceleratore, freno e frizione allo stesso modo dovranno essere codificati sistemi di ausilio alla guida che funzionino con una logica unica anche se il software di funzionamento può essere implementato in modo diverso per ogni veicolo. In questo modo si possono ridurre le barriere all'ingresso e si liberalizza il mercato, se in caso contrario, l'utente dovesse fare un corso apposito per ogni modello di veicolo perché dotato di sistemi che funzionano ognuno con la logica scelta dalla casa costruttrice si avrebbero ripercussioni sull'intero mercato delle auto, si legherebbe un utente ad una casa costruttrice molto di più di quanto già avviene ora per la scelta del sistema operativo del proprio smartphone. Inoltre si innescherebbe una vera e propria gara tra le case costruttrici per chi arriva prima in modo da accaparrarsi più utenti possibili, magari lasciando in secondo piano alcuni aspetti riguardanti la sicurezza.

Su questo punto la NHTSA nel 2013 ha dichiarato che per quanto riguarda la licenza di guida per veicoli a guida autonoma, devono essere preventivamente conseguite alcune certificazioni. L'agenzia ne ipotizza due, una certificazione rilasciata o dal produttore del veicolo a guida autonoma o da un suo delegato che possa attestare lo svolgimento di un determinato numero di ore alla guida di un veicolo automatizzato o lo svolgimento di un percorso addestrativo in carico all'azienda produttrice o ad un suo delegato. Un'altra certificazione invece che attesti il superamento di una prova pratica in cui il guidatore ha gestito alcune situazioni che possono accadere possedendo un veicolo a guida automatizzata.

Essendo delle ipotesi non si è scesi nei particolari di quali siano i criteri per definire superata la prova pratica o quali siano le mansioni che il guidatore è chiamato ad affrontare.

- se ogni azienda possa decidere autonomamente la tipologia del test a cui sottoporre gli esaminandi?
- se un'azienda possa certificare le ore di guida su veicoli da lei non prodotti?
- se possano essere fatti con un simulatore di guida?
- come si procede se un esaminando non supera una parte del test?
- che tipo di veicolo deve essere quello con cui si eseguono i test?
- nel settore automobilistico chi si occuperà di gestire i corsi, e chi li pagherà?
- forse le case automobilistiche forniranno i corsi clienti nell'ottica di tenerseli stretti?

Infatti se la patente verrà suddivisa in categorie, come lo è ad oggi in Italia per i motocicli in base alla cilindrata, il futuro guidatore dovrà sapere quale tipologia di veicolo è intenzionato ad acquistare e di conseguenza ottenere le certificazioni per quella determinata categoria. In questo caso il veicolo con cui viene eseguito il test sarà di quella categoria. Presumibilmente dovrà possedere tutte le applicazioni al momento disponibili sul mercato per quella determinata categoria dato che non è possibile, sapere quale veicolo e quindi con quali applicazioni di assistenza alla guida dovrà interagire il futuro guidatore.

In ambito aeronautico le abilità del pilota sono monitorate e vengono forniti periodici corsi di formazione personalizzati per garantire il mantenimento o il miglioramento delle abilità. Nel settore aeronautico i corsi sono a carico dell'azienda. Le aziende di trasporto collettivo potrebbero farlo pagare corsi per i loro guidatori

ma per quanto riguarda i veicoli personali non è dato sapere. Nel caso fosse a scapito del proprietario, sarebbe un ulteriore aggravio economico al già maggiore costo dei veicoli a guida automatizzata e autonoma.

Nell'ambito aeronautico dove vi è già la guida affidata al sistema, le scelte delle compagnie sono differenti. Ad esempio la Boeing lascia la decisione finale al primo ufficiale, mentre Airbus permette alla tecnologia di soprassedere ad una decisione presa dall'equipaggio in cabina di pilotaggio.

Harris (How Much Training Do You Need to Be a Robocar Test Driver?, 2015) sostenne che ad eccezione di Google (che ha un corso di alcune settimane), la maggioranza delle compagnie hanno corsi di un solo giorno, e alcune non eseguono corsi di addestramento. Ovviamente questo non è compatibile con i discorsi fino ad ora fatti sulla necessità di un training ben pensato e realizzato.

- ❖ Secondo noi il training potrebbe essere gestito o dal HMI o da un tablet o dal pc portatile in cui si è scaricata un'applicazione, chiamata magari TEST. Ed in base alla periodicità richiesta dalla casa produttrice del veicolo o dalla legge si attiva (come se fosse una notifica per smartphone) e si entra in modalità prova. Al termine si riceve un report e una copia inviata al produttore (oppure solo nel caso non siano stati raggiunti i risultati desiderati). Su spunto di quello che avviene con i piloti degli aeromobili, invece di essere generale per tutti i possessori di quel modello di veicolo potrebbe essere specifica per ogni guidatore in base alle carenze evidenziate nel periodo di guida, tra una prova e l'altra o nella prova precedente. Però ci rimane il dubbio di cosa succederà in caso di fallimento della prova, perché deve essere tenuto in conto che il veicolo è utilizzato per moltissime esigenze, di cui molte importanti. Anche perché come sostenuto da Bainbridge nel lontano 1983 l'automazione porterà un paradosso. L'utente verrà chiamato ad agire nel momento in cui il sistema non sarà in grado di continuare ad operare o sarà in corso un malfunzionamento, ovvero nel momento in cui sono richieste le maggiori abilità, di reazione ed azione.

L'attenzione umana non è una risorsa illimitata ed il cervello necessita di stimoli per mantenerla alta. Nell'ambito dei test su di veicoli "altamente" automatizzati si è notato come più la tecnologia rende il guidatore libero dai compiti di guida e più esso tende a distrarsi. Le possibilità, una volta che il sistema richieda al guidatore di effettuare una qualsivoglia operazione, sono che lui non riesca a far fronte alla necessità di un'elevata concentrazione oppure che essendosi rilassato durante la fase in cui le funzioni erano gestite dal sistema riesca a dispiegare l'attenzione richiesta dalla situazione. La prima tra le due ipotesi è confortata dagli studi sulla guida automatica in aviazione (Weiner 1989, Billings 1991). Ovviamente deve essere tenuto in conto la diversità di responsabilità e difficoltà, tra il pilotare un aeromobile ed un veicolo terrestre, e che entrambi gli studi sono stati svolti tre decenni orsono. Vale la pena però ricordare che numerosi incidenti aerei sono avvenuti a causa di mode confusion con il pilota automatico che si è comportato in un modo inaspettato o perché alcune operazioni non hanno condotto alla condizione che si aspettava l'equipaggio ed essi hanno eseguito in risposta manovre non appropriate.

Un esperimento fatto da Johns e collaboratori nel 2015 mostrò come siano vere entrambe le possibilità (circa l'attenzione alla ripresa del controllo). 47 guidatori tra i 18 e i 24 anni su di veicoli a guida parzialmente automatizzata vennero richiamati alla guida a seguito di alcune situazioni, tra le quali: un veicolo fermo in mezzo alla corsia, un veicolo che taglia la strada, o un pedone che attraversa. Venne osservato che nel caso del mantenimento della corsia o in generale nell'utilizzo dello sterzo, a seguito della ripresa del controllo vi fu un peggioramento mentre nell'abilità di evitare gli ostacoli la capacità si mantenne inalterata anche dopo aver ripreso il controllo.

Poiché l'automazione viene gradualmente implementata, la formazione progressiva e continua potrebbe diventare più rilevante dell'attuale formazione iniziale una tantum (Spulber and Wallace, 2016). Sarà quindi necessario che i corsi di guida siano implementati e non ridotti a seguito di una maggior automatizzazione



dei veicoli, perché il guidatore guiderà meno e nei periodi più pericolosi, e dovrà essere un apprendimento progressivo che segua l'evoluzione tecnologica.

**CAPITAL Online Training Platform**  
Learn about ITS at your own pace with courses tailored to your needs and expertise.  
Improve your skills and advance your career - Gain access to the wider ITS community - Help shape and develop the future of ITS

search **SEARCH**

**The CAPITAL Project**  
CAPITAL is a project funded by the European Union to design and deliver a collaborative capacity-building programme, including training and further education, for public and private sector practitioners in the field of (cooperative) intelligent transport systems (C-ITS & ITS).

**Our Online Learning Platform**  
CAPITAL's open online training platform provides a training programme and educational resources to public and private stakeholders wishing to learn more about ITS & C-ITS deployment. It caters to audiences with beginner, intermediate and advanced levels of understanding of (C)-ITS.

**Our Experts**  
The CAPITAL consortium -- representing ITS organisations, academia, government and industry -- is well-equipped to provide hands-on training on the technologies, impacts, cost-benefit analyses, financial incentives, and implementation strategies of ITS & C-ITS.

**Our Learning Community**  
Our target students are people, particularly public authority representatives, interested in developing their knowledge, skills and abilities to enhance their technical, business and policymaking proficiency in ITS & C-ITS deployment while also furthering their careers.

**ITS1: Introduction to ITS and C-ITS**

**ITS2: ITS and C-ITS user services**

**ITS3: TMC and roadside technologies for ITS**

**ITS4: Standards, architectures and communication technologies for ITS and C-ITS**

**ITS5: Impact assessment of ITS and C-ITS systems**

**ITS6: Financial incentives and business and procurement models for C-ITS deployment**

**ITS7: Cost-benefit analyses of ITS services**

**ITS8: Guidance in deploying ITS and C-ITS**

**ITS9: Information security, data protection and privacy**

Figura 171 - Online training platform fonte: <https://www.its-elearning.eu/corse>

La pagina della piattaforma on line riportata in figura, mostra un corso in cui le persone interessate possono imparare a conoscere il mondo degli ITS. Il sito è suddiviso in nove corsi più uno bonus.

### 5.1.2 consapevolezza situazionale e Ripresa del controllo

Una definizione di consapevolezza situazionale viene fornita in [87], come l'abilità di scansionare lo spazio circostante avvertendo pericoli, opportunità e sfide mentre si mantiene la capacità di gestire le azioni normali.

Comprendere la situazione dipende da fattori intrinseci alla persona ma è influenzata positivamente dal numero di volte in cui si è utilizzato l'applicazione servizio e da un training iniziale, mentre un eccesso di fiducia (pensando di aver ormai dominato lo strumento) e la distrazione vanno a ridurre questa capacità, portando il guidatore ad essere impreparato quando si troverà ad intervenire.

Il Mode confusion è una particolare condizione dell'utente che avviene quando l'operatore non comprende lo stato del sistema o non conosce il suo comportamento. Ad esempio quando il veicolo è prossimo ad una collisione mentre è attivata la modalità automatica di guida, ed il guidatore preme il freno: in alcuni modelli è un'azione che comporta la ripresa del controllo da parte del guidatore mentre in altri no (restiamo fermamente convinti che servano degli standard unici e ci sentiamo di ripeterlo ancora una volta). È importante che il guidatore conosca come si comporta il sistema installato sul suo veicolo. Nel caso in cui



premendo il freno non venga ripreso il controllo, la situazione è di sicurezza perché sarà il veicolo autonomamente ad evitare l'incidente, ma nel caso l'azione comporta la ripresa del controllo è necessario che l'utente sia in grado di valutare la situazione circostante. Allo stesso modo deve essere a conoscenza del funzionamento nel caso in cui sia il sistema a richiedere al guidatore di riprendere il controllo. Pensare di aver effettuato un'azione che comporti la ripresa del controllo del veicolo ma continuare a vedere-sentire il segnale con cui si richiede la presa delle funzioni di guida può indurre panico nel guidatore.

Un caso di mode confusion è quello successo nel Maggio 2016 con una Tesla S. Il conducente era convinto che l'Autopilot fosse attivo e che dovesse agire in modo da evitare di colpire il posteriore del veicolo davanti. Dagli accertamenti emerse che il guidatore avesse premuto il freno (prima dell'impatto, come reazione naturale nel vedere il proprio veicolo andare in contro ad un altro). Premere il freno corrispose a disattivare l'autopilot, solamente che il guidatore non ne era a conoscenza (o se lo era scordato). Fatto sta che rimase confuso sia nel vedere il veicolo che non si fermava, nonostante avesse premuto il pedale del freno, sia su quali funzioni automatizzate erano ancora attive (<http://fortune.com/2016/05/14/tesla-autopilot-crashes/>).

caso opposto, in cui pigiando il pedale del freno si riprende il controllo, è il prototipo del laboratorio autoNOMOS. Testato nell'estate del 2011 nel land tedesco del Brandenburgo.



Figura 172 - Secondo noi le informazioni devono essere date in modo ridondante: visiva (pallino colorato) e scritta

Importante che l'operatore sia ben istruito sul funzionamento del sistema non solo per evitare usi sbagliati che potrebbero portare a conseguenze anche serie, ma anche perché utilizzarlo al meglio comporta i benefici per cui il sistema è progettato, e a far nascere nell'utilizzatore la fiducia nell'automatizzazione. La fiducia funziona come tramite propagandistico nei confronti di amici, colleghi e famigliari volto alla diffusione delle nuove tecnologie nell'ambito dell'automatizzazione stradale. Il rischio di un'eccessiva fiducia nei confronti delle "macchine" può far ricadere in quel mode confusion che proprio la conoscenza e la fiducia nel sistema automatizzato dovrebbero permettere di evitare. Come mostrato dai test effettuati da Meral e Jamson nel 2009 al simulatore di guida. In cui i candidati risposero alla situazione critica in un tempo maggiore quando richiamati a riprendere il controllo di un veicolo a guida automatizzata piuttosto che quando impiegati alla guida di un veicolo manuale. Una possibilità è che per l'appunto, riponendo grande fiducia nel sistema tendono a reagire solamente quando avvisati del pericolo, mentre nella guida manuale tendono a prestare maggiore attenzione e ad agire in anticipo.



Figura 173 - Esempio di grafica per la ripresa del controllo. fonte: Nissan leaf utilizzata dalla Oxford University (vista in figura 39)

Utile potrebbe essere che il sistema, con ampio margine, comunichi al guidatore di riprendere il controllo non solo tramite due tra le tipologie d'avvertimento: audio, visivo e tattile (come indicato nella regolamentazione [68]) ma che le modalità audio o visiva integrino un messaggio all'utente contenente le

indicazioni sul tipo di azione da compiere. Questo messaggio dovrà essere nella lingua del paese in cui il veicolo è immatricolato, né eccessivamente lungo né complesso. Sul fatto di poter essere disabilitato tramite modifica apportata dall'utente con credenziali da amministratore, le ipotesi potrebbero essere contrastanti. Potrebbero infatti esserci quelli che sostengono che una volta imparato a gestire la tecnologia non sia più necessario questo tipo di messaggio e quindi è giusto lasciare la facoltà di disabilitarlo ma potrebbe esserci chi sostiene che un momento di esitazione o un dubbio possa accadere anche al guidatore più esperto, e che quindi è utile che vi sia il messaggio. Anche perché potrebbe utilizzare il veicolo o un parente o un amico meno pratico di veicoli automatizzati. Infine alla presenza del solo avvertimento di pericolo, senza spiegazione correlata, l'utente tenderebbe a premere il freno. Cosa che è avvenuta nella maggior parte dei candidati ai test eseguiti da Meral e Jamson, con il simulatore.

È più efficiente fornire ai conducenti informazioni continue sullo stato del sistema, piuttosto che avvertire su imminenti rischi di incidente in caso di guasti dell'automazione (Seppelt and Lee, 2007).

Quando poc'anzi si è scritto di un ampio margine da lasciare tra l'avvertimento e il momento in cui il guidatore deve essere già rientrato in possesso delle funzioni di guida, lo si è fatto per una questione di sicurezza. Argomento che verrà affrontato nel successivo capitolo: ripresa del controllo. Nel caso del ACC (di cui si è già parlato esempio nel paragrafo 2.1.1), il sistema accelera-decelera per mantenere la distanza o la velocità, senza dare indicazioni al guidatore. Nel caso dell'applicazione Road Hazardous Warning, il tempo intercorso tra quando l'oggetto è segnalato e quando si attivano i freni o lo sterzo, potrebbe ad esempio essere fissato in base al guidatore. Nello studio di Jamson e altri del 2008, è stato visto come i guidatori cosiddetti aggressivi cioè che tendono a portarsi vicino al veicolo che li precede, preferiscano un segnale di avvertimento quando sono prossimi al veicolo, non troppo in anticipo.

In questo caso non è l'utente a doversi abituare al sistema automatizzato, ma gli viene lasciata la possibilità di settare il sistema con tempi e modi di risposta personalizzati. Questa possibilità che nasce dalla difficoltà di trovare una soluzione gradita alla maggior parte degli utilizzatori, non è sempre percorribile dato che alcuni servizi di aiuto alla guida saranno testate e brevettate per un determinato intervallo di sicurezza.

E' da tenere in conto come soprattutto nella fase iniziale di diffusione dei veicoli automatizzati, quando vi saranno ancora numerosi veicoli senza aiuti alla guida, lo stesso guidatore può trovarsi in un breve lasso di tempo a bordo di un veicolo con funzioni automatizzate di guida (reazioni più rapide) e di un veicolo tradizionale (percezione e reazione umane impiegano un tempo maggiore). Quando guida un veicolo tradizionale pensando di avere i tempi di reazione ad un imminente pericolo, del veicolo a guida automatizzata vi è il rischio di non agire in tempo per evitare un incidente. Nel caso più grave il guidatore potrebbe pensare di avere a bordo un servizio che identifichi gli oggetti pericolosi lungo il percorso, quando invece il veicolo su cui viaggia ne è sprovvisto.

L'eccessiva confidenza nell'apprestarsi all'utilizzo di un veicolo con grado d'automazione intermedia, favorito magari da un'eccessiva pubblicizzazione dell'automazione da parte degli organi di stampa o delle stesse case produttrici, potrebbe portare a una fiducia verso il sistema di guida autonoma tale da considerarlo infallibile e non essere pronti quando è richiesta la ripresa del controllo da parte del guidatore. Soprattutto agli albori di questi nuovi mezzi quando, come per tutte le tecnologie non ancora collaudate (collaudate nel senso di usate da moltissime persone nelle varie condizioni, non inteso come collaudo effettuato al termine della fase di realizzazione), presenteranno ancora imperfezioni e difetti che solo con l'utilizzo possono essere scoperti e corretti. Dicendo questo non confutiamo il nostro precedente commento, nei confronti dell'idea di "learning by doing" espressa dalla ministra Idrac (in 2.9.11 terminata la panoramica dei paesi orientali), perché ora si sta parlando dell'interazione tra un soggetto umano e un soggetto robotico in cui si può solo ipotizzare come avverrà. Il nostro dubbio era riferito ad una concezione di "trial and error" sui sistemi, cioè su come funziona il veicolo e su questo invece le prove sperimentali devono essere in grado di minimizzare fortemente le incognite. Altrimenti potrebbe essere utili dilatare i tempi di ingresso dei livelli più avanzati.

L'evoluzione dei veicoli secondo step successivi, permette ai produttori di avere prove nei vari contesti e di fare esperienza.

*“Se non ci saranno regole per testare adeguatamente la tecnologia di guida autonoma prima che diventi una realtà, gli automobilisti diventeranno inconsapevoli cavie dell'evoluzione (di questa tecnologia) attraverso una successione di tentativi ed errori”*

[<https://www.fairwarning.org/2016/09/miles-go-highway-safety/>].

E ancora secondo Jacqueline Gillian, Presidente degli avvocati della Highway and Auto Safety:

*“Politiche ed aspetti legali, mancanti possono condurre i consumatori a diventare manichini da crash test [..]”.*

[<https://saferoads.org/2016/09/20/statement-of-jackie-gillan-on-dotrelease-of-federal-av-policy/>]

Nell'articolo [88] sono elencate le abilità che subiscono un peggioramento a seguito dell'utilizzo sistematico di veicoli di LV 4, 5. Per quanto riguarda il LV 3 non vi è unanimità di veduta. A fronte di un pensiero maggioritario secondo cui questa perdita di capacità inerenti la guida, avrà luogo anche al LV 3. Queste abilità, di cui si accuserà una riduzione, sono il controllo dei movimenti trasversali (utilizzare il volante per sterzare) e longitudinali (utilizzo di acceleratore e freno), il rispetto dei segnali stradali, le manovre di parcheggio, la reazione ad un evento improvviso che accada sulla sede stradale, la guida nel traffico e la guida in particolari condizioni meteorologiche.

Le ultime due condizioni sono tra quelle per cui può essere richiamato alla guida, dando forza a quanto detto da Bainbridge sul fatto che verrà richiamato nel momento in cui sono richieste le maggiori abilità.

Nella figura seguente [105] sono mostrate le principali attitudini richieste al guidatore, nei vari Lv di automatizzazione. Il LV 5 non è presente perché il guidatore diventa passeggero. Nel LV 1 e 2 la figura indica come il guidatore debba possedere una discreta abilità nel gestire le attività secondarie, in realtà questo non dovrebbe essere concesso.

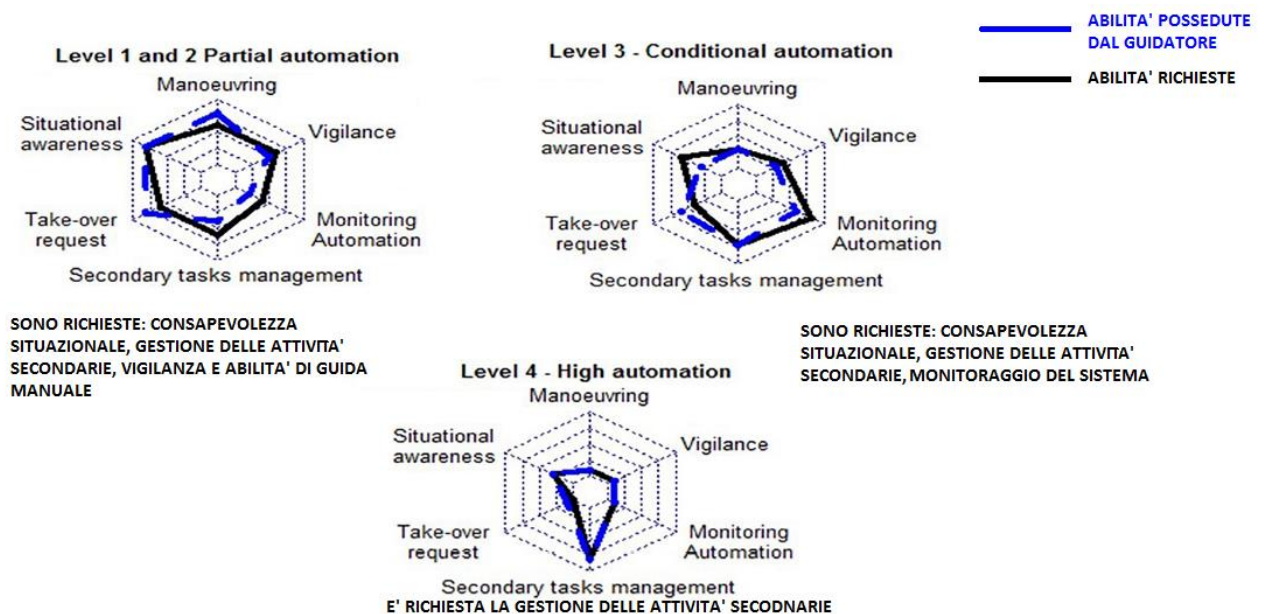


Figura 174 - Influenza di cinque abilità in base al livello di automazione fonte: C.Collet e O.Musicant, Aprile 2019

Un guidatore abituato a ricevere sul proprio display le informazioni circa i segnali stradali (in-vehicle signage) perde l'abilità e la prontezza nella reazione agli stimoli. Il tempo in cui lo sguardo è impegnato a riconoscere i segnali stradali a bordo carreggiata è sottratto a quello in cui viene tenuta sott'occhio la carreggiata.

Nel caso del parcheggio, si assiste ad un incremento dei tempi per compiere l'operazione se il guidatore si è oramai abituato all'applicazione con cui il veicolo si auto parcheggia (il paragrafo 4.2.11, sarà dedicato al parcheggio).

Infine la comprensione di un evento improvviso e la successiva fase di azione, dipendono dai km percorsi. Maggiori sono stati i km percorsi e più spesso ci si è trovati in situazioni inusuali, migliore sarà la reazione posta dal guidatore. Delle situazioni improvvise in cui abbiamo reagito in modo vincente, teniamo memoria grazie ai neuroni specchio, e riusciremo ad affrontare nello stesso modo vincente la prossima volta che si ripresenteranno. Nel caso l'esperienza sia stata negativa, la affronteremo in modo migliore tenendo a mente come era stata affrontata. Guidando in automatico non presteremo attenzione a come il veicolo si comporta perché impegnati in azioni secondarie e di conseguenza non accumuleremo un bagaglio di situazioni pregresse.

Il guidatore che si sostituisce al sistema nella conduzione del veicolo in situazioni ordinarie ha un turbamento minore rispetto a quello che si accinge a ritornare in controllo del mezzo a seguito di un segnale di pericolo imminente. Un guidatore calmo e sereno incorrerà in una minore quantità di errori e prenderà il controllo in un tempo minore, purtroppo per propria natura gli eventi improvvisi non sono prestabiliti. Si potrà invece agire sulla guida ordinaria dove, le condizioni in cui il sistema richiede la presa di funzioni da parte del guidatore sono note. La ripresa del controllo avviene per determinate condizioni ambientali, di traffico o dell'infrastruttura. Di conseguenza dai dati meteorologici, del traffico e delle condizioni della strada (provenienti in tempo reale sia dall'infrastruttura che dagli altri veicoli connessi, oppure da applicazioni installate sul veicolo se non di tipo connesso) si potrà conoscere se e quando si verranno a creare le condizioni per cui il sistema non sarà più in grado di agire autonomamente, fornendo in anticipo all'utente il tratto in cui sarà richiamato alla guida. Un esempio di ripresa del controllo predeterminata per i sistemi di LV 2, avviene quando dopo aver percorso un tratto in autostrada si deve uscire ed immettersi in una strada di categoria inferiore. L'utente dalla mappa digitale conosce il punto del tragitto prefissato in cui questo avverrà, e si prepara mentalmente.

- ❖ Se i veicoli sono connessi tra loro allora aumenterebbero le possibilità di far conoscere all'utente quando un evento improvviso sta per accadere, ad esempio una strada con grado di prestazione tale da non supportare la guida tecnologica e fornirgli perciò un range di tempo in cui assumere il controllo del veicolo.

Con lo sviluppo delle tecnologie sarà possibile vedere nel display della HMI una rappresentazione animata della situazione di pericolo. Secondo uno studio condotto nel 2014 da Merat e altri, un guidatore impiega tra i 10 e i 15 secondi a riprendere il controllo ma sono necessari ulteriori 40 secondi prima di raggiungere un adeguato standard di sicurezza, ad esempio lo sguardo fisso lungo la direzione di marcia. Sono valori molto discordanti in base al test che si prende in esame; secondo un test dell'anno successivo di Mok ed altri, i secondi per riassumere il controllo sono di meno tra 8 e 5 secondi. Damböck, Bengler, Farid, and Tönert, nel 2012 indicarono che con un tempo di 8 secondi, la guida (una volta ripresa) non differiva significativamente da quella in conduzione manuale. infine ancora Damböck e Bengler ma stavolta con Gold e Lorenz, in (Take over! How long does it take to get the driver back into the loop?, 2013) riferiscono che i conducenti devono essere avvisati almeno 7 secondi in anticipo rispetto alla ripresa del controllo, affinché avvenga in sicurezza. Riportiamo a tal proposito la dichiarazione di un responsabile Google (progetto Waymo) rilasciata al New York Times, il 4 Luglio 2016: “[...] non è possibile poter avere un guidatore che velocemente rientra entro la consapevolezza situazionale, la risposta riflessiva richiede alla persona di gestire la crisi in una frazione di secondo”. Dal problema di avere un guidatore umano non recettivo degli input in modo adeguatamente

celere, è seguita la decisione di orientare il progetto Waymo su di una guida autonoma (provando il salto da un LV 3 “non ancora sviluppato completamente da nessun produttore” direttamente al LV 5).

E’importante che sia consapevole della situazione, anche in situazioni ordinarie di funzionamento dato che il sistema potrebbe avere problemi con dei falsi negativi o dei falsi positivi. Dicasi falso negativo la situazione in cui il sistema dovrebbe operare un’azione ma per vari problemi non la esegue. Può essere l’evidenza di un errore di progettazione, l’errore di elaborazione dei segnali in ingresso o un problema nei sensori che li acquisiscono [90]. In [87] si afferma come vi siano almeno tre casi pubblici in cui un falso negativo abbia portato al decesso del conducente del veicolo. Si è in presenza di falso positivo nel caso opposto, il sistema reagisce anche se non dovrebbe. Ad esempio diminuisce la velocità anche se il veicolo si trova in rettilineo senza ostacoli nel suo raggio di rilevazione.

Diversi autori tra i quali (De Winter e altri, 2014. Varotto, 2018) indicano come la consapevolezza situazionale (per il LV 2) e quella dell’automazione (per il LV 4) insieme all’attenzione rivolta alle attività secondarie durante la guida da parte del sistema, sono gli elementi derivanti dalla guida automatizzata che influenzeranno maggiormente il rischio di incidente.

Answer6) Durante l’assunzione della funzione di guida del veicolo, il sistema continua a monitorare l’utente in modo da riconoscere in quali attività secondarie è impegnato e dunque in quanto tempo possa riassumere il controllo. Diverso è riacquistare la consapevolezza ambientale quando si sta osservando il paesaggio (impiegherà poco tempo) rispetto a quando si sta guardando un film o leggendo un libro. Non è ancora dimostrato che pc portatili, tablet o libri non interferiscano con l’espansione dell’airbag [84].

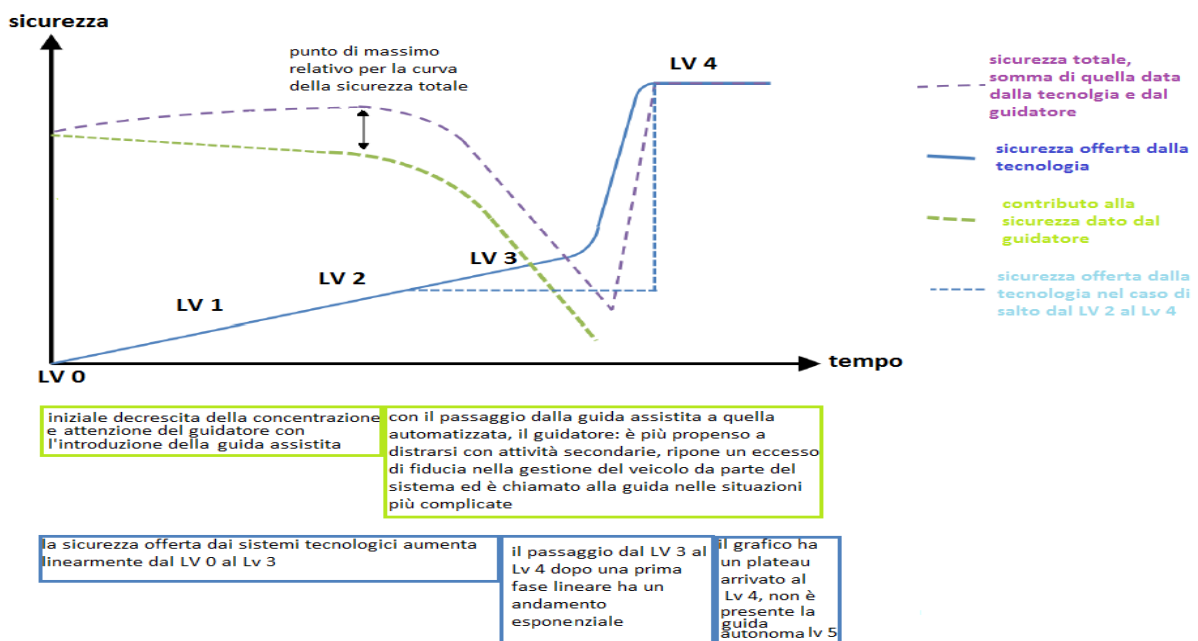


Figura 175 - Sicurezza dovuta alla tecnologia e al guidatore, all’evolvere del livello di automatizzazione fonte: ABI and thatcham, Febbraio, 2019

In realtà nel testo non è data una spiegazione del grafico e quindi supponiamo che la sicurezza totale non sia data da una somma aritmetica delle due componenti, altrimenti non sarebbe possibile (come invece avviene) che la sicurezza totale è inferiore della sicurezza data dalla tecnologia. Anche se la sicurezza data dal guidatore potesse divenire negativa comunque vi è una parte di grafico in cui essa è positiva ma la sicurezza totale è inferiore a quella della tecnologia. Il punto spigoloso della curva totale (viola) è in prossimità del passaggio da lineare a esponenziale della curva inerente la sicurezza apportata dalla tecnologia, quindi è inerente ad essa. Il colore tratteggiato potrebbe trarre in inganno e far pensare sia inerente a quella col salto tecnologico dal LV 2 al LV 4. Questo salto tecnologico è ipotizzato da alcuni autori (anche da Google con il progetto Waymo, come detto nella pagina precedente, e Tesla) perché ritengono che nel LV 3 il guidatore

possa ritenere (a torto) così avanzato il sistema di guida automatizzato da essere in grado di svolgere interi tragitti da solo, come se fossimo già al LV 4. Dal punto di vista delle responsabilità il LV 3 è quello che può creare la zona grigia, dato che fino al LV 2 la responsabilità è del guidatore umano, al LV 5 la responsabilità è del sistema e di conseguenza di uno tra produttore, riparatore, centro di assistenza (in base alla causa dell'incidente), al LV 4 la responsabilità è di chi è alla guida in quel momento. Al LV 3 la responsabilità può essere definita allo stesso modo del LV 4 solo se la tecnologia raggiunge un certo standard (ad esempio essere in grado di eseguire una M.R.M), altrimenti la responsabilità è dell'utente come per i LV tra 0 e 2.

Il Transport Statistics table del 2017 evidenzia come la disattenzione sia presente nel 26 % degli incidenti mortali. In Italia l'Istat nel 2018 rileva come la distrazione alla guida (sulla totalità degli incidenti) è causa del 16.3 % dei casi.

La possibilità di risolvere il problema dell'attenzione con dei controlli sullo sterzo, che nel caso riscontrino la mancanza di azione su di esso disattivino la modalità di assistenza automatizzata lasciando tutte le funzioni al guidatore, rischierebbe di incorrere in troppe disconnessioni e quindi l'utilizzo ridotto della tecnologia. L'ampliamento dell'utilizzo è necessario per farla accettare e comprendere dagli utenti, oltre che a far emergere possibili falle di progettazione. Nel [87] si esprime la posizione di come un sistema che necessita di fermarsi nella banchina o nella corsia di emergenza quando il guidatore è distratto, non riuscendo a proseguire, non possa essere definito come automatizzato. Consigliandone l'implementazione di procedure di minimo rischio, o di metodi affidabili per richiamare celermente il guidatore alla funzione primaria.

Il solo monitorare la presenza di entrambe le mani del guidatore sul volante non è sufficiente a garantire l'attenzione nel momento in cui venga richiamato a prendere il controllo del veicolo (Wiggerich, 2019). Sono necessarie quindi applicazioni ad esempio che tracciano gli occhi dell'utente (verificando che stia vigilando la strada dinanzi a sé). Nel caso il guidatore non è considerato approvato per riprendere la guida ed il sistema è in una per cui non può farsene carico allora si attiva la procedura di minimo rischio.

Una funzione di monitoraggio del conducente è attiva per valutare se il conducente è concentrato sulla strada, durante l'utilizzo della funzionalità: Super Cruise (figura 176). Disponibile dal 2018.

Quando le linee di demarcazione della corsia sono riconoscibili dal sistema, il segnale del GNSS è ricevuto senza disturbi e non vi sono malfunzionamenti insiti nel veicolo, allora la spia sul cruscotto diventa verde e il guidatore può premere il bottone sulla parte sinistra del volante per attivare il Super Cruise. Per disattivarlo può o ripremere il tasto di attivazione o premere il freno. Il Super Cruise permette al guidatore di non avere le mani sul volante. Siamo al LV 3 dell'automazione però il suo utilizzo è limitato alle highway.

- ❖ Un'idea per coinvolgere i conducenti è l'automazione adattiva, in cui il sistema fornisce strategicamente un certo controllo del veicolo al conducente ad intervalli regolari. Un diverso approccio all'automazione è monitorare le prestazioni di un conducente ed intervenire solo quando alcuni parametri scendono sotto una certa soglia. In ambito ferroviario si utilizza la metodologia dell'uomo morto. Ad intervalli regolari viene inviato un segnale al macchinista, che per dimostrare di essere vigile deve compire un'azione. Per esempio premere un bottone.





Figura 176 -Sul cruscotto di questa Cadillac si nota il simbolo che testimonia lo stato del Super Cruise, mentre sul volante è cerchiato il tasto per attivarlo-disattivarlo fonte: <https://www.cadillac.com/ownership/vehicle-technology/super-cruise>

### 5.1.3 Ripresa del controllo

Il veicolo deve consentire l'attivazione del controllo automatico da parte del sistema, solo quando un controllo interno ha confermato che le condizioni di sicurezza sono garantite. Prima che il sistema acquisti la funzione di guida è necessario che l'utente confermi la sua identità e accetti le condizioni inerenti la parte automatizzata del veicolo. Questo per conseguire due finalità, la prima è quella di evitare che una persona non abilitata alla guida possa guidare in una configurazione diversa da quella manuale, mentre la seconda è che l'utente sappia le caratteristiche del suo ruolo e dei compiti a lui spettanti, in entrambe le fasi di guida. Significa che deve confermare di aver compreso i campi di applicabilità delle applicazioni installate, quale tipologia di monitoraggio è richiesta da parte sua e come avviene la ripresa del controllo, come interagire con l'HMI, come riprendere il controllo anche nell'eventualità non programmata, ad attivare-disattivare il sistema, come installare gli aggiornamenti. Oltre a tutte le richieste che faranno parte delle prove teoriche e pratiche per l'abilitazione (alla guida in partecipazione al sistema), una volta che queste saranno definite da norme specifiche.

- ❖ Per evitare che comprensibilmente l'utente all'ennesima volta decida di non rileggersi le condizioni e passare direttamente alla conferma è consigliabile che il contenuto sia trasmesso in modalità sonora e che la conferma sia esclusivamente finalizzata ad identificare l'utente e ad evitare che l'attivazione possa avvenire in modo accidentale. Nel caso la conferma fallisse il sistema continuerà a procedere in modalità di guida automatizzata e se questo non fosse possibile inizierebbe una manovra a minimo rischio, che si concluda con l'arresto del veicolo in una posizione sicura. In ogni momento un indicatore deve segnalare quali applicazioni di assistenza alla guida sono in quel momento funzionanti, al momento le informazioni sono racchiuse nel cruscotto solitamente.

Nel [87] vengono illustrate le reazioni ad una ripresa del controllo da parte dell'utente su richiesta del sistema, nei casi pianificati e non (figura 177), e successivamente nel caso in cui non riprenda il controllo a seguito di un richiamo da parte del sistema (figure 178).

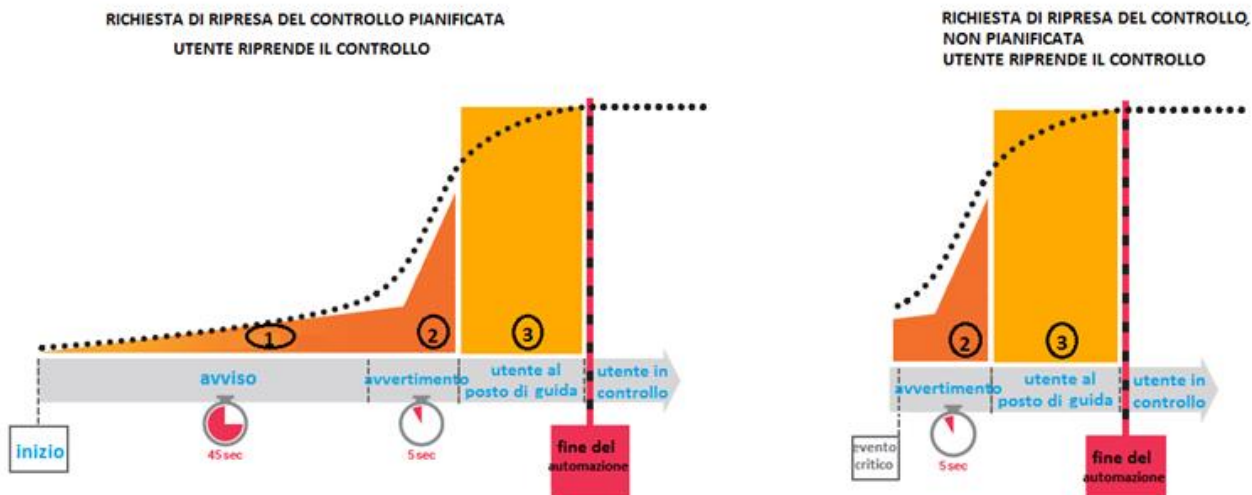


Figura 177 - Fasi tra la richiesta di riprendere il controllo e l'effettiva ripresa del controllo: nel caso pianificato e non pianificato  
 fonte: Thatcham Research and ABI, 2019

Nell'eventualità in cui la ripresa del controllo da parte dell'utente è programmata (1) il sistema inizia con un anticipo a fornire segnali acustici e visivi. Il volante ad esempio può avere dei led che si accendono oppure se è notte possono essere led disposti lungo tutto il cruscotto ad attivarsi. In una seconda fase di avvertimento (2) il segnale acustico cresce di intensità o di frequenza o aumentano entrambe, mentre l'intensità luminosa dei led può aumentare oppure possono attivarsi ulteriori led che nella prima fase fossero rimasti spenti. A questo punto essendo il caso di utente che effettivamente riprende il controllo del veicolo si ha una terza fase (3) in cui egli è al posto di guida con i piedi posizionati sui pedali e le mani sul volante. È una fase in cui il sistema continua ad assisterlo attendendo che egli divenga completamente consapevole della situazione, giunti a quel punto la transizione è completa e l'utente è "funzionalmente" in controllo. Nel caso in cui la ripresa del controllo non sia pianificata ma avvenga per una delle cause citate precedentemente, non vi è la parte inerente l'informazione che sta per avvenire la sostituzione alla guida del veicolo, ma vi è subito la seconda fase (2) di avvertimento.

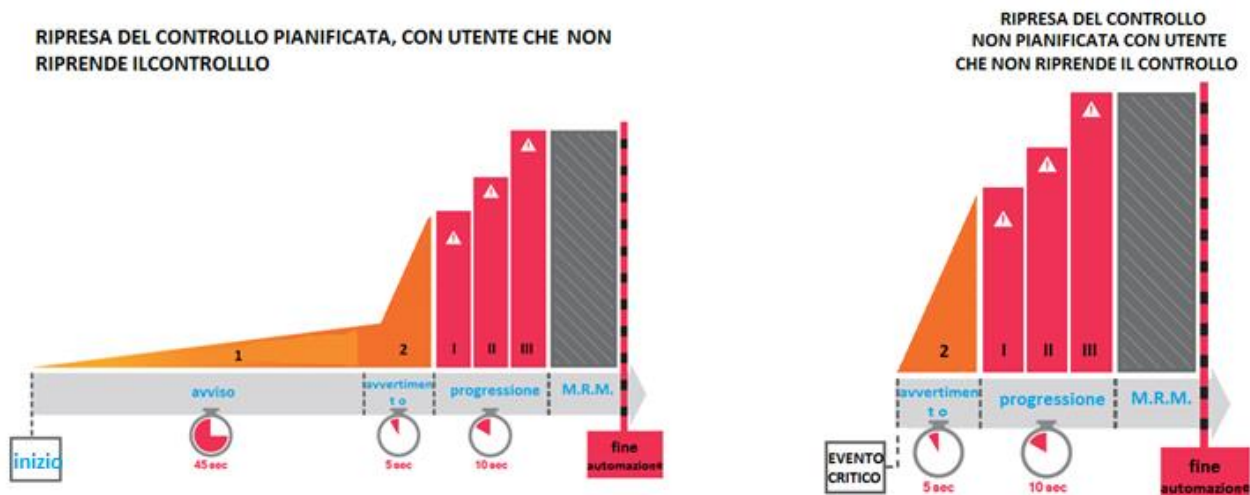


Figura 178 - Fasi tra la richiesta di ripresa del controllo: programmata (a sinistra) e non programmata (a destra) e la verifica che il guidatore non ha ripreso la funzione di guida fonte: Thatcham Research and ABI, 2019

Come per i casi di utente che riprende il controllo, vi è una fase di avviso seguita da una di avvertimento nel caso l'evento che porta il cambio alla guida del veicolo sia programmato, mentre vi è la sola fase di avvertimento nel caso di improvvisa richiesta di riassumere il controllo da parte dell'utente. Quello che varia sono le parti in cui l'utente è al posto di guida, con i piedi sui pedali e le mani sul volante e quella in cui è totalmente in controllo, che vengono sostituite dalla progressione (I, II, III) e dalla Manovra a rischio minimo (M.R.M.). La progressione indica l'aumento dello sforzo da parte del sistema di richiamare l'utente ed è

suddivisa in tre fasi. Nella I, vi sono come per la (1) dell'avviso, luci e suoni. Nella II, omologa alla (2) di avvertimento, in cui l'intensità luminosa e del suono s'incrementa così come la frequenza del suono oppure il numero delle luci. Nella III, siamo al culmine dell'aumento sia della frequenza del suono sia dell'intensità delle luci e quindi vengono attivati i freni. In letteratura queste sequenze (inizio-fine) sono definite, InformationWarningIntervention (IWI).

- ❖ Rimane l'incertezza inerente un ultimo (e molto raro) scenario in cui, l'utente non riprende il controllo anche dopo la progressione ma il sistema per un avaria non riesce a portarsi ad una condizione di minimo rischio (ad esempio perché l'evento critico è un problema del sistema stesso a causa di un attacco cibernetico).

Nel [87] viene fatta la distinzione tra attività secondarie intraprendibili dall'utente nel caso di sole riprese del controllo prevedibili, e di quelle nel caso di ripresa di controllo anche non pianificata. Nel primo caso si può utilizzare lo smartphone (tenendo conto che al momento questo è vietato, ad esempio in U.K. è il Road Traffic Act 1988 ad impedirlo, e servirà emanare degli emendamenti per consentirlo), tablet, leggere un libro e perfino riposare. Nel secondo caso si può solamente dialogare con gli strumenti presenti nel HMI (servizi detti di infotainment). Nel caso di attività secondarie non permesse, il sistema deve essere progettato per controllare che l'utente non stia infrangendo le regole. Ci rimane però un dubbio: se gli eventi prevedibili, in quanto tali, è possibile definire se durante il tragitto impostato se ne incontreranno, nel caso di quelli non programmati che avvengono all'improvviso come si può escluderne la presenza, e quindi dedicarsi alle attività permesse per il caso di eventi prevedibili? Per le altre condizioni, è possibile con le informazioni in arrivo dall'infrastruttura o da altri veicoli (guida cooperativa) ma non con la sola guida automatizzata. Sarà invece attuale per la guida autonoma dato che il veicolo potrà guidarsi attraverso tutte le situazioni geografiche, climatiche e di traffico. Non dovrebbe più esservi la possibilità di riprendere il controllo da parte dell'utente. Siamo ancora a minimo 10 anni di distanza da una fattibilità di questa tecnologia, quindi non è al momento dato sapere, anche se le classificazioni viste in questo elaborato perseguono la strada che gli occupanti siano solamente dei passeggeri con magari un pulsante di arresto di emergenza "il punto non è esplicitato in modo applicativo ma fornisce solo l'idea, infatti è scritto: "soient dotés de la capacité d'appliquer un ordre d'arrêt par les forces de l'ordre" p.44 [60], e che in caso di avaria o di malfunzionamenti nel sistema, eseguirà autonomamente una procedura di minimo rischio (M.R.M).

Answer7) Le attività secondarie dovrebbero essere permesse solamente se il veicolo è in grado di portare a termine una M.R.M. Quest'affermazione sta ad indicare che essendo impegnato in azioni secondarie e non potendo essere certi che non avvengano eventi non programmati per cui il guidatore ha a disposizione un tempo inferiore per rientrare in possesso della funzione di guida, non possiamo essere certi che riesca a rispondere in modo sicuro all'evento critico. Quando il veicolo è in grado di arrestarsi in sicurezza invece è possibile che l'utente sia distratto in azioni secondarie perché, anche se non riuscisse a rientrare in possesso delle funzioni del veicolo, la sicurezza sarebbe garantita. Se impegnato in azioni secondarie inerenti il sistema di infotainment del veicolo, esse devono cessare immediatamente, nel momento in cui una richiesta di riacquisizione del controllo abbia luogo [84].

Tutto quanto detto fino ad ora vale anche in caso di mancata ripresa del controllo in seguito ad un malore, è importante che il veicolo passa compiere una manovra di M.R.M. per mettere in sicurezza i passeggeri. Questo aspetto, fino ad ora poco trattato merita una piccola degressione.

Con l'evolvere della tecnologia è auspicabile che sistemi di assistenza alla guida siano rivolti non solo all'esterno del veicolo ma anche all'interno per monitorare gli occupanti. I dispositivi che vegliano sullo stato di stanchezza dell'automobilista o che si occupano di monitorare il tasso alcolemico già lo fanno. Sistemi che monitorano i parametri vitali degli occupanti potrebbero salvare molte vite. Le auto potrebbero utilizzare il servizio E-Call anche in questa situazione o trasformarsi loro stesse in veicoli di emergenza e portare all'ospedale più vicino l'occupante bisognoso.

#### 5.1.4 Manovre a rischio minimo M.R.M

La manovra a rischio minimo (MRM) è l'operazione per cui, un veicolo non più in grado di proseguire nella sua normale modalità di guida affidata al sistema si mette al sicuro. Può avvenire perché il veicolo non consente più ad un guidatore umano di accedere alla funzione di guida (LV 5) oppure perché il guidatore non ha risposto all'avviso di ripresa del comando (LV 4). La MRM si può svolgere in un unico passaggio oppure attraverso diversi stadi. In realtà nei casi meno gravi ad esempio quello in cui è colpito, ad esempio, un attuatore secondario o un sensore di cui ne è presente un altro facente funzione, invece dell'arresto in sicurezza del veicolo, può avvenire una limitazione delle funzioni (ad esempio la riduzione della velocità ma anche l'impossibilità di gestire la guida automatizzata in alcuni ambiti per cui prima del danno era possibile). In base alle capacità residuali ad un sabotaggio o ad un'anomalia, viene ritenuto accettabile un diverso tempo per il completamento della MRM.

Secondo [87] si stabilisce che:

- in autostrada il veicolo mette la freccia e si sposta fino a raggiungere la corsia d'emergenza dove si arresta, attivando le luci di emergenza per segnalare la propria presenza;
- in uno svincolo autostradale, se non vi è già, mette la freccia e si sposta nella corsia esterna poi attraversa l'intersezione e dopo di essa si arresta nella corsia di emergenza;
- in autostrada senza corsia di emergenza o di presenza di un'uscita, se non vi è già, mette la freccia e si sposta nella corsia esterna, poi imposta la modalità 30 km/h come velocità massima e si dirige verso la prima uscita disponibile (sempre in modalità automatica). Giunta nell'uscita la oltrepassa e si posiziona in una zona sicura. Nel caso non sia presente un'uscita o una zona ricovero entro 2.5 km (così definito perché nel Regno Unito le aree di rifugio sono posizionate a 1.5 miglia ovvero 2.41 km) allora si arresta lungo la carreggiata esterna ed invia una E-Call.

Il sistema deve essere in grado di evitare gli ostacoli. Principalmente il veicolo deve riuscire ad evitare (1) un veicolo davanti che procede lentamente o fermo, (2) un veicolo davanti che procede lentamente o fermo ma oscurato, (3) un pedone o velocipede che attraversa la strada. Per quello che riguarda oggetti che accidentalmente vengano a trovarsi nella carreggiata sono considerabili come veicoli fermi, però dato il volume meno ingombrante, più facilmente evitabili.

(1) Il veicolo deve riuscire ad evitarne uno fermo o in transito a velocità ridotta, trovandosi alla sua velocità massima. L'elaboratore verificherà se il veicolo è evitabile con una manovra di sterzata (contromano) o di sorpasso (stessa direzione) oppure se questo tipo di manovra non è di possibile esecuzione, in quel contesto viabilistico. Come contesto si sta ad intendere la presenza di veicoli che sorpassano nella direzione opposta e che verrebbero intercettati nel corso del sorpasso, ma anche la tipologia di zona: un'intersezione, una curva o una dove il sorpasso non è consentito. Nei precedenti casi il sistema non avvierà una manovra di sterzata ma opterà per una riduzione della velocità e se necessario l'attivazione dei freni.

(2) Quando il veicolo da evitare compare all'improvviso perché lasciato scoperto da un veicolo che lo seguiva e che ha iniziato il sorpasso, si parla di veicolo oscurato. Il sistema deve riuscire a evitare questo veicolo denominato oscurato, sempre considerando come se stesse sorpassando alla velocità massima.

(3) Nel calcolare lo scenario d'investimento, per il veicolo guidato dal sistema si utilizza la velocità massima mentre nel caso di un pedone si può prendere un valore doppio rispetto alla velocità che si trova in letteratura ( $V_{\text{pedi}} = 1 \text{ m/s} * 2 = 7.2 \text{ km/h}$ , nel testo [87] indica 8 km/h, dato che presumibilmente l'attraversamento avviene a velocità sostenuta), nel caso di una bicicletta (non è indicato) ma si potrebbe utilizzare una velocità di 12 km/h (Maja, analisi della domanda Milano-Mortara, 2008). La velocità massima di cui si fa riferimento

nei casi sopra citati non è quella dell'infrastruttura ma è quella indicata dal produttore del veicolo, perché il sistema deve riuscire ad evitare la situazione, con la velocità più alta maggiore velocità significa una maggior tempo di arresto (circa  $V^2$ , a parità di decelerazione).

Per quanto riguarda le M.R.M. andrebbe valutato se ad ognuna di esse deve corrispondere un'indagine svolta in un centro specializzato ed autorizzato per valutare l'integrità dell'intero sistema oppure che questo avvenga solamente nel caso in cui il veicolo non è più in grado di riprendere la marcia. La precisazione sta ad indicare che l'avvio della manovra, nei veicoli di LV 4 a differenza di quelli di LV 5, può avvenire perché l'utente non ha riacquisito il controllo o ha fallito nel tentativo a seguito di un richiamo da parte del sistema. Sistema che è perfettamente funzionante, solo che ha raggiunto una situazione stradale in cui non è progettato per continuare ad operare o sono sopraggiunte impervie condizioni meteorologiche o di condizione del manto stradale. Durante la fase di guida del sistema, il dover avviare una M.R.M. non è da considerare né una conseguenza ad un uso inappropriato (starebbe a significare un uso inappropriato del sistema da parte del sistema stesso) né un uso inappropriato (la manovra stessa). Perché sì, che la funzione del veicolo non è quella di arrestarsi in banchina o in un'area di servizio ma questa procedura avviene a seguito di una complicanza per cui il sistema non è più in grado di compiere la sua funzione, e quindi diviene appropriato arrestarsi in sicurezza. Per salvaguardare la salute dei passeggeri, degli altri utenti della strada, del mezzo medesimo.

- ❖ L'uso inappropriato della tecnologia come già detto deve essere prevenuto da parte del produttore in fase di progetto ad esempio facendo in modo che la riacquisizione del controllo da parte dell'utente possa avvenire solo in sicurezza ovvero quando egli è concentrato, con ambo le mani sul volante, lo sguardo rivolto alla strada, e dopo aver dato conferma tramite l'HMI. Ma anche procedendo con il controllo dell'identità del guidatore all'avvio del veicolo. In fase di vendita, obbligando il compratore a sottoporsi ad un corso con prova finale circa le capacità acquisite sull'interazione e gestione del veicolo automatizzato da lui acquistato. In fase di postvendita, con richiami teorici periodici e con informazioni audiovisive nel momento in cui un aggiornamento è scaricato o installato. In fase di guida, tramite suggerimenti ed indicazioni al guidatore.

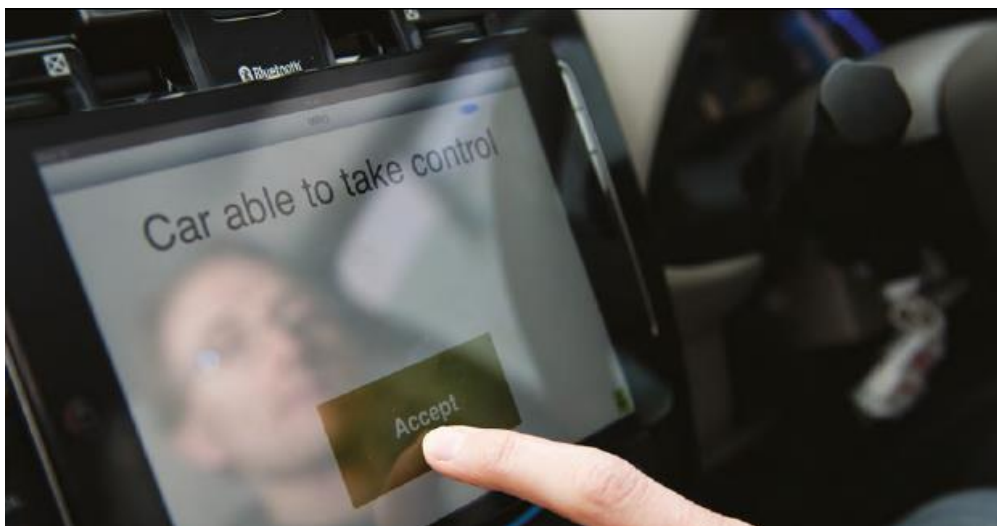


Figura 179 - HMI della Nissan Leaf (si può notare la guida a destra) Fonte : Oxford Mobile Robotics Group

Di seguito si riportano i rischi legati ai malfunzionamenti dei sistemi automatizzati:

- Nilsson e altri nel 2013 analizzarono i dati delle simulazioni di 48 candidati alle prese con i principali malfunzionamenti dell'adaptive cruise control (acc). Furono simulate la mancanza sia parziale che totale di decelerazione di fronte a un veicolo in moto davanti al veicolo (gestito col simulatore) ed il non rispetto dei limiti di velocità. Dall'analisi emerse che quando l'acc non manteneva il veicolo alla

distanza corretta dal mezzo che lo precedeva, i candidati tendevano in maggioranza a sterzare e che la mancanza parziale di decelerazione conduceva maggiormente (43 % delle volte) a collisione rispetto alla mancanza totale di decelerazione (14 %). In entrambi i casi gli autori fanno risalire la questione all'eccessiva fiducia nel sistema automatizzato. Credendo che sia infallibile, non contrastano con la decisione presa dall'acc perciò una volta notato che sta decelerando confidano che sia sufficiente a stare alla distanza di sicurezza, mentre nel caso non attui nessuna decelerazione allora i candidati capiscono che qualcosa non funziona e decidono di agire. Secondo gli autori agiscono sterzando e non decelerando-frenando perché credono che l'acc abbia "giurisdizione" sul moto longitudinale e a loro compete solo quello trasversale.

- Spiessl and Hussmann nel 2011 analizzarono i dati delle simulazioni di 28 candidati alle prese con i principali malfunzionamenti del Lane Change. Furono simulate l'errore nel cambio di corsia, un cambio di corsia quando non richiesto e un cambio non avvenuto quando invece la segnaletica lo obbligava. Quest'ultimo caso è stato riscontrato come quello a cui i candidati hanno avuto più difficoltà nel correggere. Dimostrarono che durante la guida del sistema automatico i candidati che erano impegnati in mansioni che richiedevano un impegno visivo, allora l'attività di monitoraggio del sistema veniva deteriorata maggiormente che non nel caso in cui ad essere impegnato era l'udito.
- Fricke ed altri nel 2015 analizzarono i dati delle simulazioni di 40 candidati alle prese con un errore del sistema di mitigazione dell'incidente. In pratica nella simulazione il sistema agiva sterzando il veicolo per limitare i danni derivanti da una collisione, con un veicolo che in realtà non c'era. I risultati sono stati incoraggianti con solo una deviazione media laterale del veicolo di 0.8 m. Pensiamo che molto probabilmente (il sistema di mitigazione) sia associato all'applicazione che mantiene il veicolo nel centro della corsia (lane centering), perciò considerando che la larghezza varia dal valore massimo della categoria A pari a 3.75 m a quella delle strade locali urbane di categoria F pari 2.75 m (Decreto 5 Novembre 2001, norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade), si può prendere il caso più sfavorevole:  $2.75/2 = 1.37$  m e sottraendovi gli 0.8 m di sbandamento laterale (risultato dal test di Fricke) si ottiene un margine di 0.57 m prima di invadere un'altra corsia.
- In [85] si dice come per sviluppare una vita utile del prodotto che sia sicura (secure development lifecycle) si debba incominciare dall'addestramento degli operatori, dallo sviluppo di guide linea, e dall'instaurazione di politiche di sicurezza inerenti l'intero processo, per poi proseguire con l'analisi di modelli statici e dinamici delle possibili minacce, oltre allo svolgimento di penetration test e l'aggiornamento-miglioramento delle procedure inerenti la sicurezza. Infine assicurare un'assistenza post vendita al prodotto. L'obiettivo da raggiungere è chiamato CIA (confidentiality integrity availability-authenticity). Ampliata in [76] con Accountability, Authorization e non-repudiation.
- In [104] gli autori simularono sette eventi in cui un veicolo si avvicinava alla sinistra del veicolo. In due casi, il tester richiamato dalla HMI, avrebbe dovuto riprendere il controllo ed evitare questo veicolo (frenando o sterzando), mentre nei rimanenti eventi il veicolo si allontanava (senza che si attivasse il Forward Collision Warning). Per simulare la distrazione del tester era presente un layer opaco che non mostrava lo schermo (come se il guidatore non stesse guardando la strada). Per simulare le azioni secondarie, al tester venivano generate delle richieste a cui doveva rispondere a voce (come se il guidatore stesse intrattenendosi in una conversazione). Ovviamente serve considerare, che anche con uno schermo opaco o essendo impegnati nel rispondere a delle domande, il tester sa che primo o poi qualcosa accade. Ha quindi un'attenzione maggiore rispetto ad un normale momento in cui la guida è affidata al sistema. Rilevarono che il 55 % ha sterzato, il 29 % ha frenato e il 16 % ha sia frenato che sterzato. Trova conferma la dichiarazione di Nillsen e altri, 2013.

Al primo evento in cui il tester avrebbe dovuto evitare il veicolo, quasi nessuno vi è riuscito mentre quasi nessuno ha fallito il secondo evento negativo. A sottolineare come l'esperienza insegna, cioè di come l'addestramento alla ripresa del controllo durante un evento critico sia necessaria.



Rimane da chiarire come reagiranno gli altri guidatori vedendo l'utente di una macchina a guida autonoma che durante la guida del sistema è occupato in altre mansioni. Potrebbero frenare o suonare il clacson ipotizzando una prossima perdita del controllo del veicolo. Potrebbero essere installati vetri schermati in modo da impedire la visione all'interno dell'abitacolo, se fosse dimostrato che vedere persone sedute al posto di guida ma impegnate in attività secondarie perché la funzione primaria è delegata al sistema oppure vedere i passeggeri sdraiarsi o leggere un libro lasciando vuota la postazione di guida (LV 5), possa creare scompensi d'attenzione e cali di concentrazione nei guidatori impegnati nel condurre i loro veicoli. La normativa ad esempio italiana impedisce di avere il vetro frontale oscurato (per una questione di vigilanza da parte della pubblica autorità) e quindi servirebbe un emendamento al codice della strada.

In [83] è scritto che gli altri utenti della strada devono comportarsi come se le nuove tipologie di veicoli fossero uguali agli attuali. Come fare perché avvenga messo in pratica non è ancora stato proposto. Però nel testo è suggerito di evitare segni o scritte che rendano distinguibile il veicolo autonomo dagli altri. Così da non preoccupare i guidatori sottoponendoli ad ansia e stress per essere per la prima volta che si trovano ad interagire con questi veicoli.

L'idea contenuta in [83] è che sia importante che gli altri utenti della strada non approfittino del fatto che i veicoli automatizzati ed autonomi saranno progettati con una logica "difensivista". Non devono attraversare in ogni momento sapendo che il veicolo si fermerà o che lo potranno fare molto più lentamente.

- ❖ Pensiamo che la guida difensiva può instaurare un circolo virtuoso negli altri guidatori, che vedendo attorno a sé veicoli procedenti a velocità moderate e che non tentano di compiere manovre di sorpasso azzardate, sono invogliati a seguirne l'esempio. Un po' come quando su un treno una persona inizia a fare un'attività e almeno un'altra inizia la medesima azione. Può essere la lettura di un libro o del giornale, il ripasso degli appunti presi a lezione. Per lo stesso discorso emulativo i sistemi che gestiscono i veicoli, non devono "comportarsi" in modo troppo dissimile da quello dei guidatori umani. Così da non favorire negli altri utenti, l'incertezza ed i comportamenti errati. Anche se permane il rischio che alcuni utenti della strada approfittino dello stile di guida difensivo dei veicoli tecnologici.

Il pensiero del giudice [84] sul tema è il seguente:

*Answer41*) Fino a che i veicoli non saranno tutti a guida automatizzata ed autonoma, i limiti di velocità non devono essere incrementati e i veicoli automatici devono rispettare questi limiti.

*Answer42*) Nel caso vi siano pedoni che attraversano la strada molto lentamente, il veicolo automatizzato con sistema in modalità attiva oppure autonomo, dovrà muoversi molto lentamente e attendere l'attraversamento dei pedoni. Un veicolo automatizzato che si fa strada tra i pedoni in modo aggressivo correrebbe il rischio di compromettere la sicurezza stradale.

*Answer44*) [...] I veicoli saranno programmati per guidare "defensively" ed evitare situazioni che possano condurre ad incidenti. Ci opponiamo all'introduzione di qualsiasi sistema di guida automatizzato che assegni valori diversi alla vita umana.

Una filosofia difensiva può essere programmare il sistema affinché rallenti quando i suoi sensori rilevano un cartello per l'attraversamento bambini (scuola in prossimità).

Uno studio condotto da (Theo, 2019) rileva l'importanza del nome dato alla tecnologia, circa la metà dei guidatori ha pensato che era sicuro togliere le mani dal volante di un sistema denominato Autopilot, mentre il 6 % ha pensato che non era un problema se si fossero fatti un pisolino. La percentuale si è dimezzata mantenendo le stesse funzionalità ma cambiando nome al sistema. Si ricordi ad esempio tra gli incidenti che abbiamo descritto, quello avvenuto ad una Tesla, nel 2016 (capitolo 5.1). Nello stesso studio del 2019 si è

trovata anche conferma di quanto già indicato da Euro NCAP l'anno prima, ossia che le capacità dei sistemi attualmente sul mercato sono sovrastimate da parte dei consumatori.

Queste considerazioni devono risultare in un sistema informativo, che sia comprensibile e chiaro per il futuro guidatore. Nel momento dell'acquisto o del noleggio, sia nel caso sia un classico manuale d'istruzione sia che avvenga in un modo più al passo coi tempi (simulatore di guida o altro).

Answer12) Fornire istruzione-formazione per sviluppare e mantenere la consapevolezza delle proprie responsabilità quando si utilizza un sistema di guida automatizzato. Il 71 % degli intervistati e il 53 % tra i soli intervistati del Regno Unito, è convinto che già oggi esistano vicoli che si guidano autonomamente. Un sondaggio di Axa UK, chiedendo a quale livello di automazione assocerebbe la definizione di auto senza pilota, ha ottenuto come risposte che un terzo lo associa al LV 5 e che il 10 % lo associa al LV 1. Il titolo del sondaggio è "tre persone su quattro non credono che le auto senza pilota ridurranno gli incidenti". Se si pensa che il 75 % non crede le auto altamente automatizzate e autonome in grado di ridurre gli incidenti allora è ancora più urgente una solida campagna di informazione e divulgazione delle ricerche effettuate in questi ultimi anni (a proposito di questa tipologia di veicoli) [84].

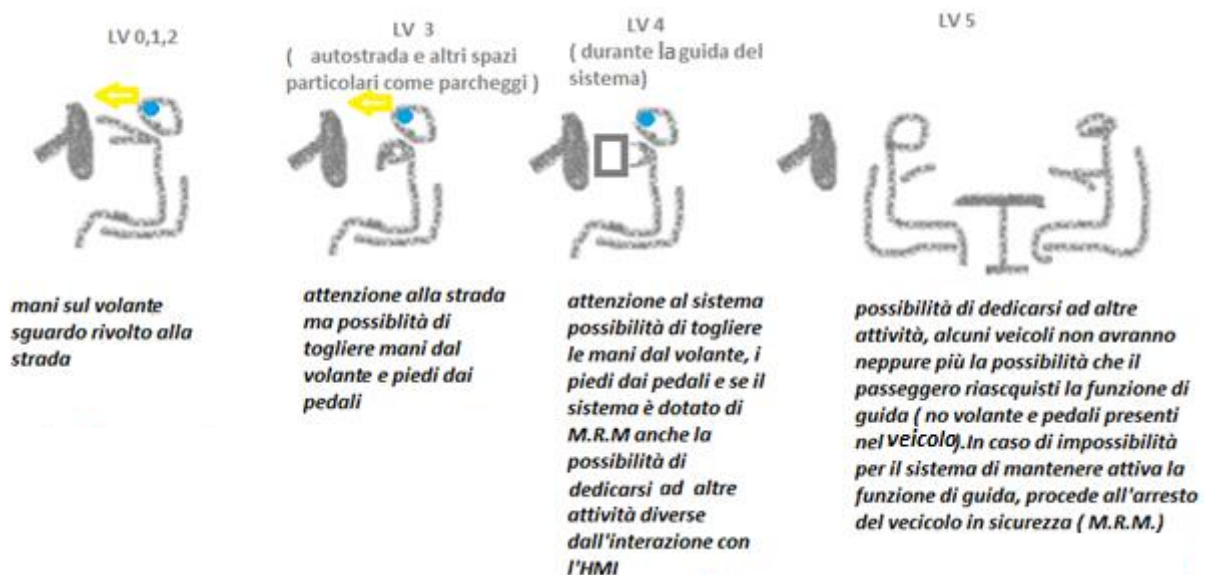


Figura 180 - Scenetta inerente i vari LV di automazione dei veicoli: per far comprendere in modo visivo le differenze e lo stato temporale, delle diverse tecnologie fonte: nostra rappresentazione

Bradley Stertz responsabile della comunicazione per Audi ha dichiarato che un veicolo autonomo non sarà disponibile prima di 30 anni (Hill,2016) mentre sempre nello stesso anno Gilbert Gagnaire, co fondatore della compagnia Easy Mile che si occupa di navette a guida autonoma, ha dichiarato che secondo lui le auto di LV 5 non diverranno mai realtà (Miller,2016).

Oltre all'eccessiva confidenza può presentarsi il problema di interfacciarsi con veicoli di case costruttrici differenti e quindi confondersi. Nella parte inerente i C-ITS si è detto come la HMI non è, al momento almeno, destinata a divenire una standard comune ai vari veicoli (paragrafo 3.2.5). Vi è la necessità di garantire la concorrenza tra i produttori, di non vincolare la possibilità di avanzamento tecnologico e la libera e creativa espressione del design di interni. Anche durante la fase transitoria quando vi saranno sia veicoli a guida automatizzata che veicoli di LV 0, 1 possono nascere disguidi, nel guidatore che passi da un tipo ad un altro. Pensiamo al caso italiano dove vi sono mediamente due auto per famiglia, è facile pensare che venga acquistata una sola auto automatizzata e non sostituite entrambe allo stesso momento. Sia per questioni economiche dell'investimento da effettuare sia per la prudenza di non trovarsi a proprio agio con una nuova tecnologia di cui non si conosce ancora (a fondo) pregi e difetti.

Per quanto riguarda i servizi di intrattenimento-svago che saranno opzionabili sulla HMI, il 75 % degli intervistati ha dichiarato di essere disposto a pagare anche tra i 150 e i 190 euro al mese. Valore medio che tiene conto della maggior disponibilità a pagare, per avere servizi non legati alla sicurezza, dei possessori di auto di dimensioni medie o grandi rispetto alle auto piccole. Disponibilità a pagare maggiore nei giovani rispetto agli anziani (Dungs e altri, The Value of Time, Potential for user-centered services offered by autonomous driving, 2016).


### Considerazioni conclusive

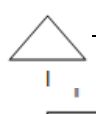

- Auspichiamo dei test con l'ausilio di persone non esperte (appena il grado di sicurezza dei veicoli sia adeguato a garantirne l'incolumità) affinché non ci si basi esclusivamente sulle simulazioni virtuali e sulle considerazioni di tester professionisti. Inoltre da questo capitolo è emerso come la patente di guida non solo dovrà permanere fino a quando non circoleranno esclusivamente veicoli di LV 5, ma servirà incrementare le dotazioni in seno alle scuole guide per addestrare i neo guidatori dei veicoli tecnologicamente avanzati.
- Siamo dello stesso parere dei giudici in merito alla concessione di intraprendere attività secondarie solamente su veicoli programmati per eseguire delle M.R.M.
- La comunicazione di ripresa del controllo deve essere oltre che anticipata ed espressa in più di una modalità (tra tattile, acustica e visiva), anche chiara e semplice in modo da rassicurare il guidatore. Ad esempio nel caso uditivo, una voce non metallica ma "accogliente".
- Infine riteniamo che l'addestramento del guidatore debba essere continuativo. Sia perché alcune situazione possono ripresentarsi molto raramente (cogliendo di sorpresa), sia perché alcuni aggiornamenti del sistema potranno richiedere l'acquisizione di nuove capacità-conoscenze.

#### 5.1.5 Indicatori visivi

E' importante al fine della sicurezza, interpretare correttamente ed in modo completo i messaggi visivi. Un'adeguata dimensione dei messaggi è un parametro da tenere in conto, infatti vi sono norme che tabellano, in base alla geometria del messaggio e alla distanza a cui è posto l'utente, quali dovranno essere le dimensioni.

Tabella 6 -Dimensioni minime di cartelli segnalatori, affinché siano letti correttamente fonte: E.Grassan, la sicurezza sulle macchine, 2008 p.222

	distanza	0.5 m	1 m	2 m
	$\phi$	2.5 cm	2.5 cm	5 cm

	distanza	0.5 m	1 m	2 m
	l	2.5 cm	5 cm	10 cm
	distanza	0.5 m	1 m	2 m
	l	5 cm		

	distanza	0.5 m	1 m	2 m
--	----------	-------	-----	-----

	a b	5 cm 10 cm
--	--------	---------------

La CEI EN 60073, per quanto riguarda la sicurezza delle persone e dell'ambiente indica il colore rosso per il pericolo, il colore blu per gli obblighi, il colore giallo per l'avvertimento e per indicare che si è in sicurezza il colore verde. La valenza di questi colori è mondiale, però è sempre importante tenere a mente che se fossimo in una stanza illuminata con tonalità rosse un cartello rosso verrebbe visto sul bianco [91]. Il messaggio può essere fisso per dare l'informazioni ordinarie e magari pulsante in caso di pericolo (però sempre badando bene che sia distinguibile, anche da chi non distingue bene i colori [daltonismo]).

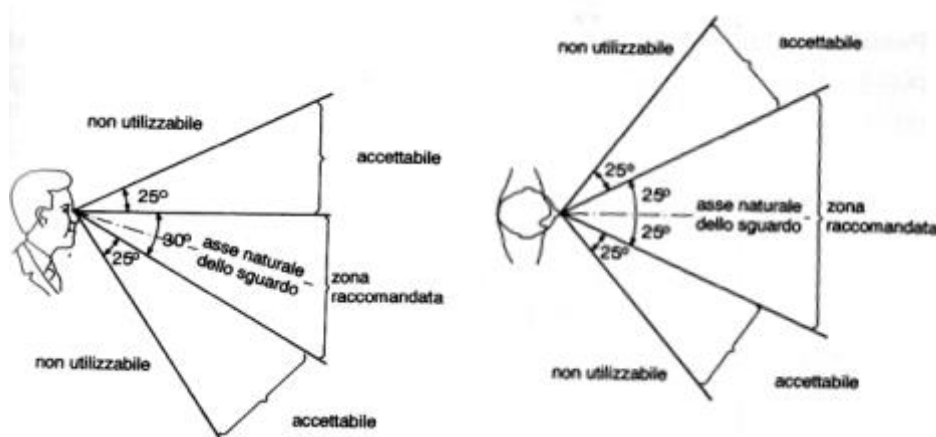


Figura 181 - Campo visivo (anche la direzione da cui si osserva gioca un ruolo, nella distinzione e comprensione dei messaggi) fonte: CEI EN 61310-1

Nel caso di veicoli a guida automatizzata i display potranno mostrare, oltre i messaggi provenienti dai servizi installati sul veicolo, gli output dei sistemi di diagnostica o delle ECU. Vi sarà l'esigenza di valutare per quanto tempo mostrare le informazioni, se eventualmente andranno mostrate sotto forma di grafici, se ha senso mostrare soglie-livelli critici o altro. Pensiamo che mentre un'informazione di pericolo andrà mostrata fino a che non è cessato il pericolo, le indicazioni avranno un valore prestabilito in base alla loro importanza (ad esempio si era parlato di una gerarchizzazione del contenuto dei messaggi) oppure potrebbero permanere fino a che un rilevatore non ha rilevato gli occhi del conducente sul punto in cui è visualizzato il messaggio-indicazione. Riteniamo che per quanto detto fino ad ora sui messaggi: facilmente comprensibili, chiari, limitati a quelli necessari, sarebbe poco consono inserire grafici. Mentre i valori limiti (ad esempio per l'autonomia o la velocità) e le soglie (ad esempio per la riorganizzazione del percorso a seguito di incidenti o congestione) potrebbero essere visualizzate sul HMI.

### 5.1.6 Dalla percezione all'attuazione

Sempre in tema di sicurezza rientra la percezione del veicolo del mondo esterno, termineremo il capitolo vedendo allora come o cosa deve valutare un sistema per agire in sicurezza.

L'immagine seguente spiega come un sistema di guida interpreta il mondo circostante e lo analizza per poterle trasformare in azioni.

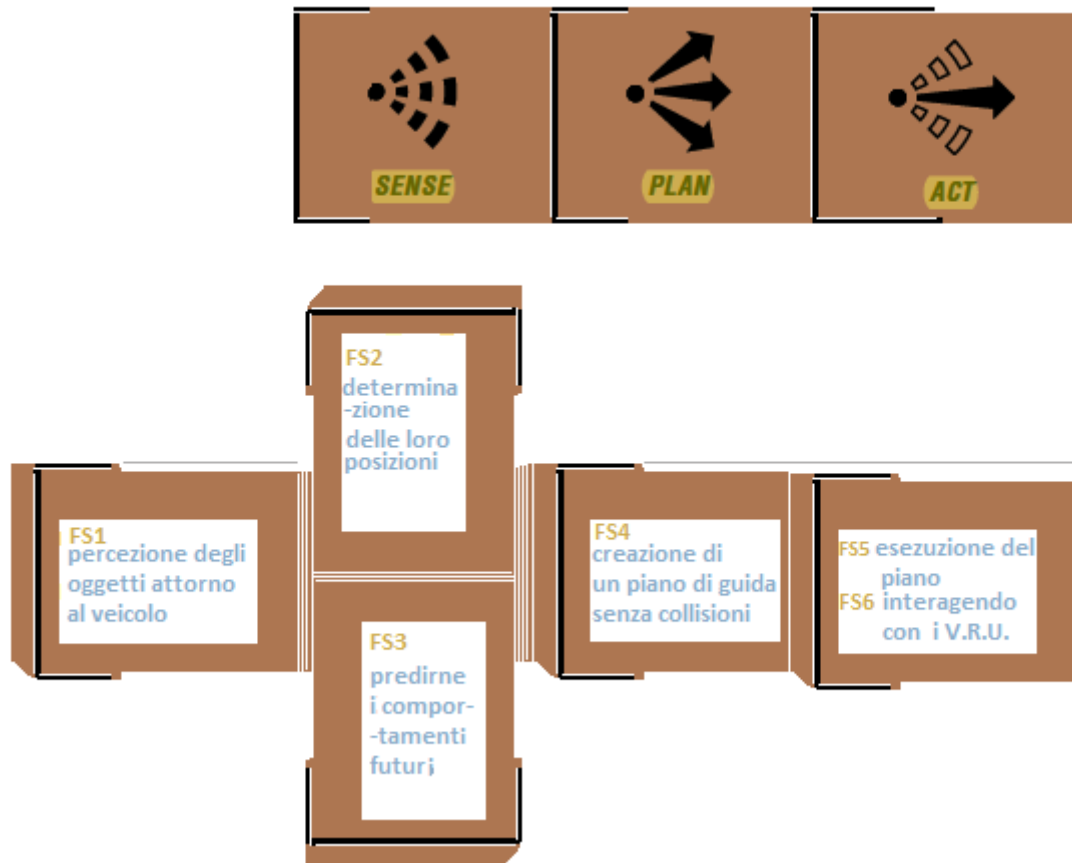


Figura 182 - Flusso operativo del veicolo dalla percezione alla esecuzione fonte: nostra rappresentazione

FS1 e FS2: grazie ai sensori vengono rilevati gli oggetti statici (guardrail, segnaletica verticale, dossi ed avvallamenti, oltre che eventuali oggetti lasciati lungo la carreggiata) e dinamici (V.R.U, mezzi di locomozione, ed animali). Se il veicolo è connesso oltre che dai sensori riceve le informazioni su altri veicoli (probe vehicle data), oggetti pericolosi (hazardous notifications) e segnaletica (in-vehicle signage) anche dai veicoli con cui è connesso, e se digitalizzata anche dall'infrastruttura. I segnali possono essere segnalati oltre che tramite V2V, I2V, sensori anche dalla mappa digitale (MAP ExtendedMessage).

FS3: unendo il monitoraggio degli oggetti individuati tramite i sensori ed eventualmente tramite CAM e DENM, con le regole del traffico implementate nel codice macchina, viene studiato il possibile movimento degli oggetti dinamici (quelli statici a priori non si sa che lo sono quindi si continua a tenerli presente, ma non ad ipotizzarne il diagramma di moto).

FS4: fase in cui il sistema utilizza la capacità di Fail Safe e imposta la convergenza dei possibili movimenti degli oggetti rilevati, con la dinamica del veicolo (angolo di imbardata, accelerazione, direzione) e con le sue caratteristiche (peso, lunghezza, larghezza, altezza). A questo punto il sistema redige un piano di

“movimento” coerente con il codice della strada (rispetto dei limiti dei velocità, della distanza di sicurezza ecc ...) che permetta di non incorrere in urti.

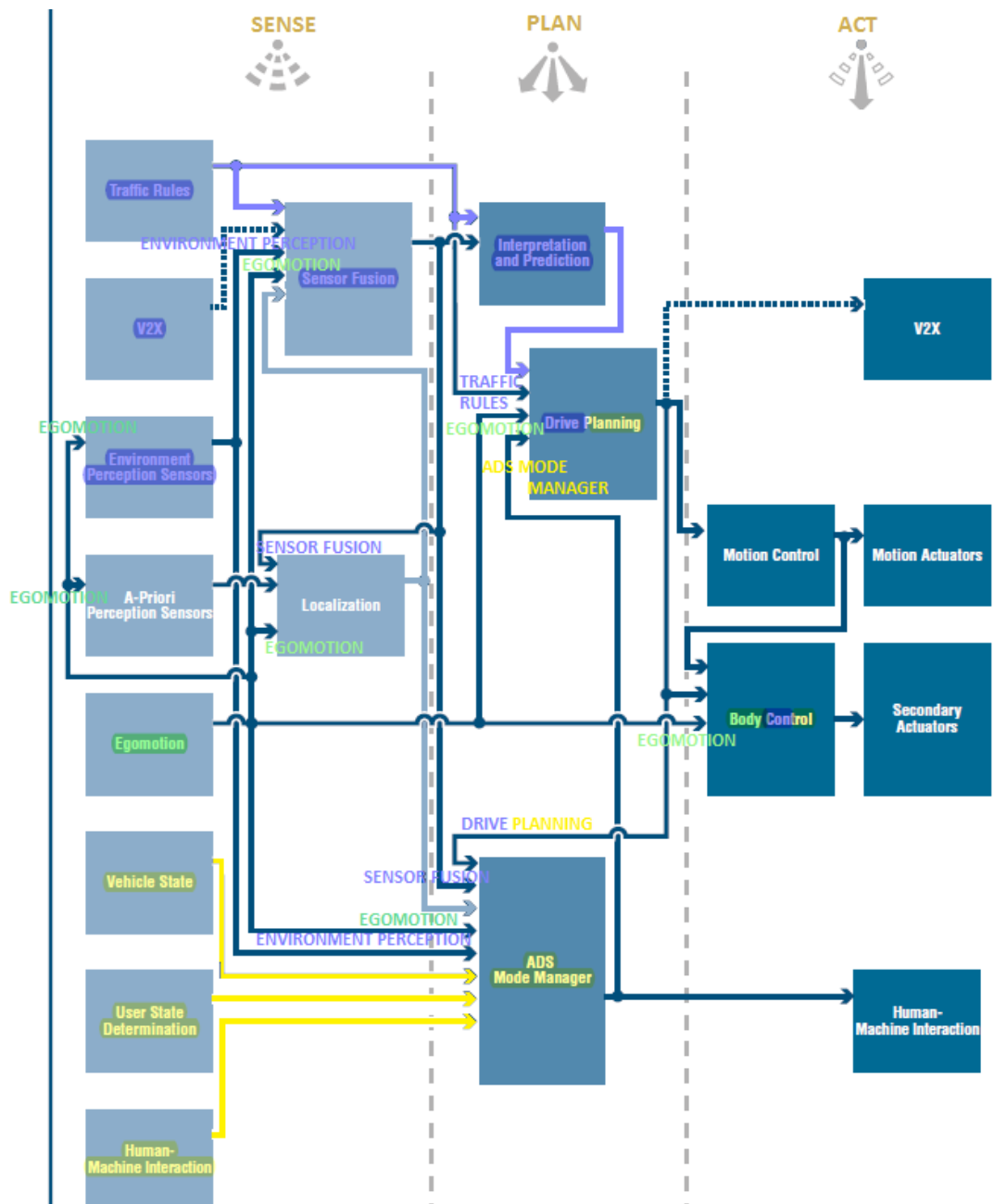


Figura 183 - Percorso funzionale delle FS1 →6 fonte: safety first for automated driving, 2019 (modificata)

E' definito ADS MODE MANAGER l'unità che elabora le informazioni e fa valutazioni sul passaggio tra la modalità di guida automatizzata e quella manuale, e viceversa. Valuta in base alla dotazione tecnologica del veicolo se i prerequisiti per il passaggio sono garantiti. Nel passaggio da guida automatizzata a manuale controlla che il guidatore abbia le mani sul volante, i piedi sui pedali e lo sguardo rivolto alla strada (potrebbero in un futuro prossimo esserci anche degli ulteriori controlli sulla rapidità del movimento degli occhi per verificare un'adeguata attenzione e concentrazione). Nel passaggio inverso l'ADS Mode Manager vigilerà prima di dare il consenso, che il campo d'applicazione della guida automatizzata sia rispettato (una combinazione di elementi tra la superficie della pavimentazione, l'illuminazione, la tipologia e condizione della strada, la presenza di V.R.U. ecc..). Sono definiti Motion Control e Body Control le unità che controllano rispettivamente gli attuatori primari e quelli secondari. Sono primari perché gestiscono le funzioni primarie



del movimento del veicolo: sterzare-curvare, accelerare-frenare. Quelli secondari sono di ausilio al movimento, lo sono le luci (necessarie anche in fase di guida automatizzata per permettere ai sensori di recepire gli oggetti) o i tergicristalli (non sapendo quando potrebbe essere richiamato il guidatore deve poter essere sempre in grado di vedere la strada).

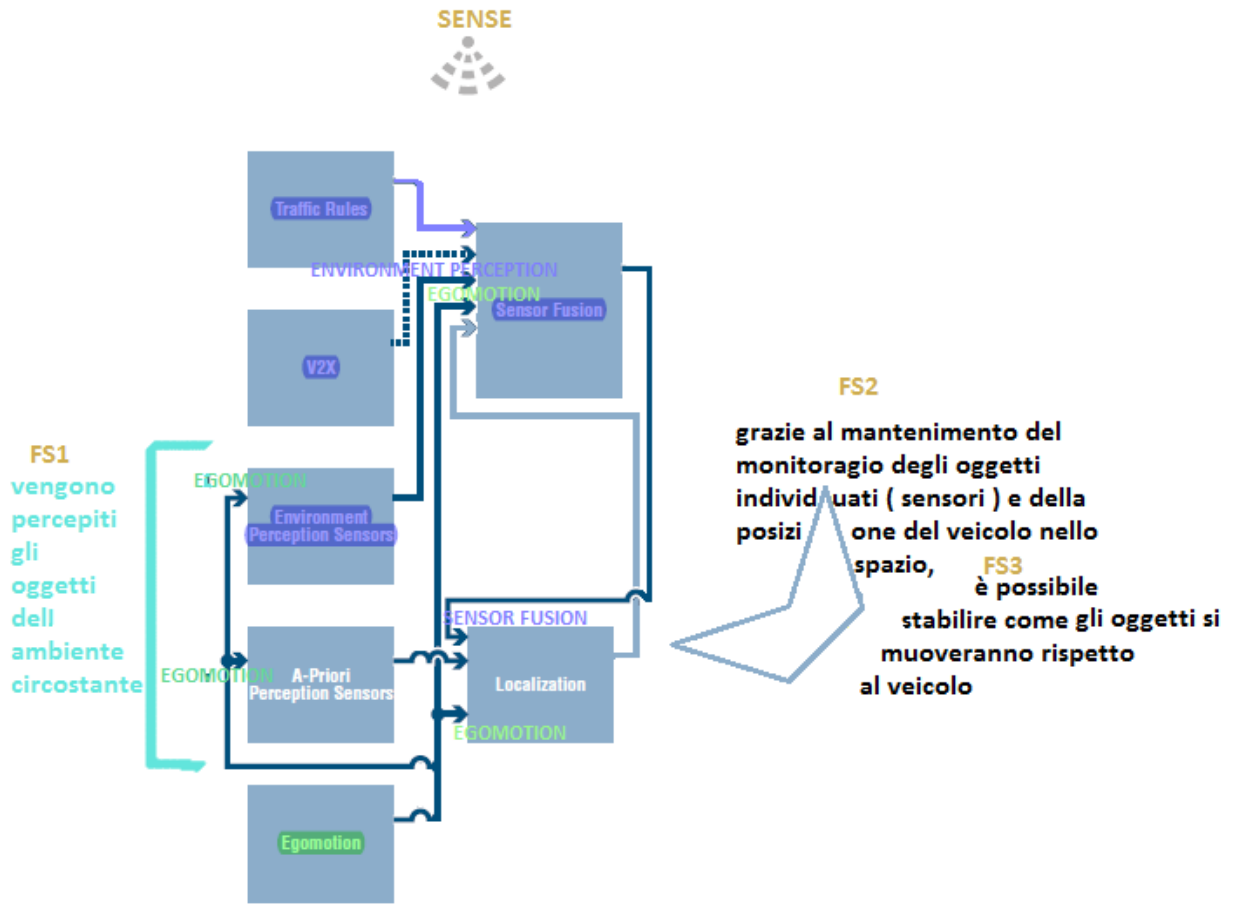


Figura 184 - FS1-3

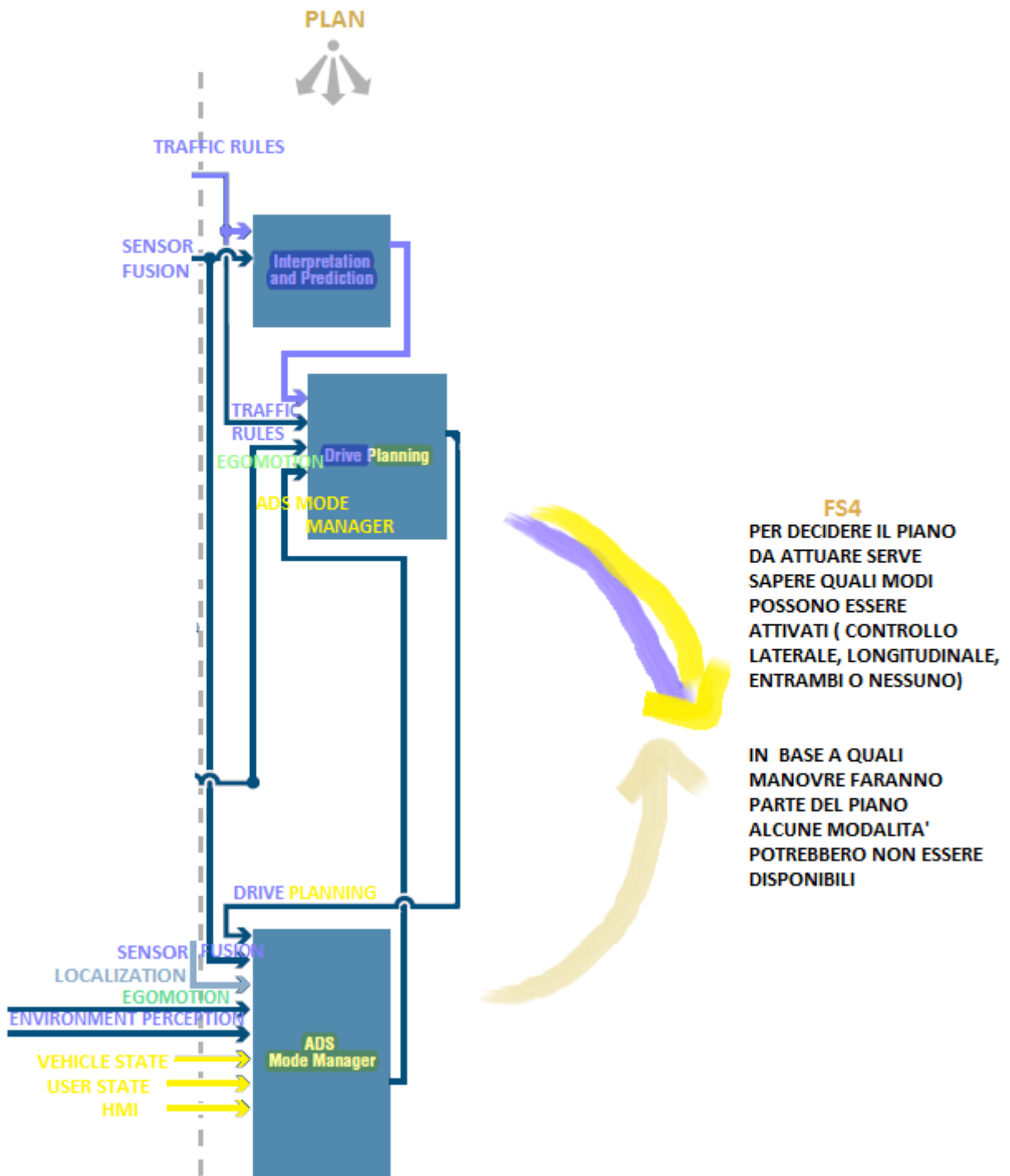


Figura 185 - Messa in rilievo della FS4

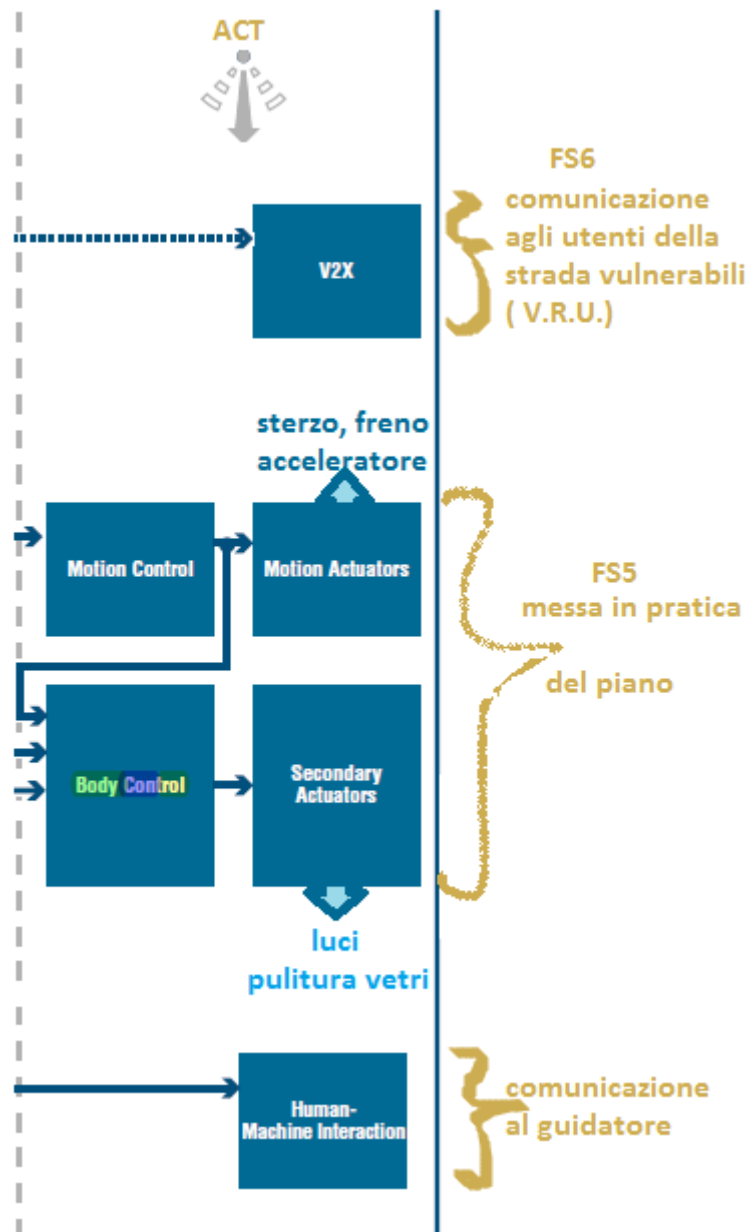


Figura 186 – Messa in evidenza delle FS5-6

### 5.1.7 Ridondanza

Anche la ridondanza delle informazioni o delle componenti rientra nel grande capitolo della sicurezza. Trattiamo questo capitolo in un capitolo dedicato perché, come detto nell'introduzione, sarà importante poter validare l'attendibilità di un messaggio con un doppio controllo. Lo stesso principio vale in caso di mal funzionamento o guasto di un componente o anche nel caso di attacco hacker.

La cartografia digitale di precisione è notoriamente identificata come una rappresentazione topologica dell'infrastruttura che comprende le corsie dei veicoli, le eventuali piste ciclabili, gli attraversamenti ed isole pedonali, le fermate dei mezzi pubblici e le planimetrie delle intersezioni oltre alla segnaletica orizzontale; informazioni che vengono gestite (trasmesse e ricevute) attraverso il servizio RLT (road and lane topology, paragrafo 3.5.4). In realtà vi è una seconda parte dinamica della cartografia digitale, appunto denominata cartografia dinamica temporale la quale informa il guidatore-passeggero sulle condizioni del traffico, sulla presenza di lavori in corso, sulle condizioni meteorologiche, su di eventuali incidenti stradali (di quali funzioni disponga dipende dal tipo di automatizzazione del veicolo e soprattutto se il veicolo è connesso

all'infrastruttura (I2V) e ad altri veicoli (V2V)). Un elemento inerente la sicurezza è la ridondanza, usualmente necessario per non avere un malfunzionamento a causa di un primo guasto ma nel caso della cartografia digitale, la ridondanza data dai sensori del veicolo e dalla condivisione di informazioni con gli altri veicoli e in misura minore con l'infrastruttura serve per localizzare il veicolo nello spazio in cui si sta muovendo. Avendo una sola informazione sulla posizione la possibilità di errore di quella informazione è presente, mentre quando due sistemi di localizzazione indipendenti confermano la stessa posizione allora l'attendibilità sale. Nei treni ad esempio, per la localizzazione viene utilizzato il sistema GPS e l'odometro. Nel caso sia le informazioni provenienti dagli altri veicoli, sia le informazioni catturate dai sensori del veicolo, sia la posizione indicata dalla mappa digitale coincidono allora si può assumere quella posizione come certa. Avere ridondanza di informazioni circa la posizione in cui è il veicolo è importante, nel caso un sistema smetta di funzionare o nel caso della ricezione del segnale GPS si abbia un ritardo tale da non rendere l'informazione utile. La ridondanza è necessaria ad esempio quando non vi è un'adeguata manutenzione dei cartelli stradali, che potrebbero essere coperti o danneggiati risultando non riconoscibili univocamente dai sensori di bordo (se ne parlò nel paragrafo 3.3.4). E' importante saper riconoscere l'attendibilità delle informazioni ricevute (Come si vede nel capitolo sulla ciber sicurezza un'intrusione informatica come quella nota con la denominazione Uomo nel mezzo, porta alla ricezione di informazioni inviate dal hacker e non dal soggetto con cui pensiamo di essere in contatto).

(Ng e Lin, 2016) hanno verificato come i sensori che riconoscono visivamente i segnali vanno in sofferenza quando i raggi del sole sono a basso angolo (tramonto), rischiando che i veicoli necessitino di un doppio sistema di riconoscimento. E' necessario avere la ridondanza garantita dalla mappa digitale, dalle coordinate GNSS e dal sistema inerziale del veicolo.

In [86] è suggerito un esempio di ridondanza, avere oltre i freni azionati elettronicamente dal sistema automatizzato anche freni meccanici che possono essere azionati dal tester.

Quella della ridondanza è anche una delle possibilità per evitare che un intrusione informatica ai danni di un componente cruciale come lo sterzo o il freno abbia conseguenze su persone o cose.

Si potrebbe fare un parallelismo tra la ridondanza e la gestione in parallelo degli elementi di un sistema:

Il Mean Time To dangerous Failures (MTTF) di un sistema composto da N elementi in serie, si calcola con l'equazione:

$$1/\text{MTTF}_d = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\text{MTTF}_{di}}$$

mentre nel caso in cui gli elementi fossero in parallelo

$$\text{MTTF}_d = 2/3 \left( \text{MTTF}_{d1} + \text{MTTF}_{d2} + \dots + \text{MTTF}_{dN} - \frac{1}{\frac{1}{\text{MTTF}_{d1}} + \frac{1}{\text{MTTF}_{d2}} + \dots + \frac{1}{\text{MTTF}_{dN}}} \right) \text{ pagina 115 del [91].}$$

Nel caso fossimo in presenza di due elementi dello stesso tipo, ad esempio con  $\text{MTTF}_d = 2$  si avrebbero i valori di  $\text{MTTF}_{d \text{ serie}} = 1$  e  $\text{MTTF}_{d \text{ parallelo}} = 2/3 (4 - \frac{1}{1}) = 2$ , cioè in caso fossero in serie, il tempo tra un guasto e l'altro si dimezza mentre messi in parallelo rimane inalterato; questo perché se si rompe un elemento l'altro continua a far funzionare il sistema, e quell'elemento sano ha MTTF pari a 2. Se mettessimo due elementi con  $\text{MTTF}_d = 3$ , troveremmo  $\text{MTTF}_{d \text{ parallelo}} = 3$ .

Nel caso i due elementi avessero:  $\text{MTTF}_{d1} = 2$  e  $\text{MTTF}_{d2} = 4$ . I valori trovati diverrebbero  $\text{MTTF}_{d \text{ serie}} = 4/3 = 1.33$  e  $\text{MTTF}_{d \text{ parallelo}} = 2/3 (6 - \frac{4}{3}) = 28/9 = 3.11$ , quindi nel caso in serie si trova un valore inferiore ad entrambi gli elementi mentre in parallelo si trova un valore superiore alla media tra i due (che sarebbe 3).

Il Safety Integrity Level (SIL) indica il livello di integrità dei sistemi di sicurezza o di sicurezza di un dato processo. Offrono una possibile visione della misura e delle aspettative di funzionamento attese da parte di sistemi chiamati ad operare in condizioni di non conformità o emergenza (sicurezza del trasporto aereo, Cacciabue, 2010).

La norma IEC 61508 definisce quattro livelli di SIL, che hanno carattere generale applicabile come definizione dalle imprese di produzione all'aviazione. Un alto valore di SIL comporta l'impiego di componenti di alta affidabilità e qualità.


Tra i metodi per la valutazione del livello di SIL: Grafi di Rischio (metodo che esprime valori conservativi, è quello meno complesso), Alberi di Guasto, metodi semi quantitativi o analisi di Markov (metodo più preciso ma più complesso: ad esempio tiene conto dei tempi medi di riparazione).

Il Grafo di Rischio è stato proposto nella IEC 61508. Con questo metodo sono valutati qualitativamente quattro parametri: la severità delle conseguenze (S), l'esposizione ai pericoli (A), le protezioni dalle conseguenze e difese (G), e la probabilità di verificarsi dei pericoli (W). Noi analizziamo la CEI EN 62061, che ne attua un'applicazione in ambito industriale. Rispetto all'originale cambia come sono caratterizzati i quattro parametri.

La severità (Se) varia su quattro livelli: danni irreversibili, decessi (4), fratture gravi ma reversibili dopo molto tempo (3), reversibili con intervento medico (2) e reversibili con l'automedicazione (1).

La frequenza (Fr) la si ricava tramite la tabella seguente:

Tabella 7 - Tabella per calcolo della frequenza



LIVELLO DI ESPOSIZIONE		FREQUENZA DI ESPOSIZIONE	
<= 10 minuti	> 10 minuti	minima	massima
5	5	/	1 ora
4	5	1 ora	1 giorno
3	4	1 giorno	2 settimane
2	3	2 settimane	1 anno
1	2	> 1 anno	/

**Fr**

La probabilità (Pr) ch si verifichi un evento dannoso, varia su cinque livelli: molto alta (5), probabile (4), possibile (3), scarsa (2) e trascurabile (1).

La possibilità di sottrarsi al danno (Av) varia su tre livelli: impossibile (5), scarsa (3) e probabile (1).

A questo punto, noti i punteggi del caso che si starà esaminando, si calcolano la Classe di probabilità di danno (CI) e il Rischio (R):

$$CI = Fr + Av + Pr, R = Se * CI$$

Tabella 8 - Assegnazione del valore di SIL fonte: Sicurezza sulle macchine E.Grassani, 2008 p.148

Gravità (SE)	classe di probabilità del danno (CI)				
	3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
3	-	OM*	SIL1	SIL2	SIL3
2	-	-	OM*	SIL1	SIL2
1	-	-	-	OM*	SIL1

\* OM (Other Measures) ovvero situazioni in cui il rischio può essere abbattuto con misure alternative a quelle SIL1

$$SIL3 : 10^{-8} \leq PFH_d < 10^{-7}; SIL2 : 10^{-7} \leq PFH_d < 10^{-6}; SIL1 : 10^{-6} \leq PFH_d < 10^{-5}$$

Ricavato il SIL lo si correla al  $PFH_d$ , probabilità di guasto per ora di funzionamento.

Sempre sulla CEI EN 62061 si trova una correlazione tra il SIL e la frazione di guasto in sicurezza, con la tolleranza all'avaria dell'hardware.

Per frazione di guasto in sicurezza (SFF) [91, p.153], s'intende:

$$SFF = \frac{\lambda_{che\ non\ inficia\ la\ sicurezza} + \lambda_{pericoloso\ ma\ rilevato\ dalla\ diagnostica}}{\lambda_{totale}}$$

Con essa si tiene conto della capacità del componente di fallire in modo sicuro.  $\lambda$ , tasso di guasto.  $\lambda = 1 / MTBF_d$  (Mean Time Between Failure).

Tabella 9 – Tolleranza all'avaria fonte: la sicurezza sulle macchine E.Grassani, 2008

SFF	TOLLERANZA ALL'AVARIA		
	0	1	2
< 60 %	non consentito	SIL1	SIL2
60 – 90 %	SIL1	SIL2	SIL3
90 – 99 %	SIL2	SIL3	SIL3

Una tolleranza all'avaria X, indica che possono avvenire X avarie senza perdere la funzione di controllo relativa alla sicurezza. Quindi nel caso di una tolleranza 0, alla prima avaria si ha la perdita della funzione inerente la sicurezza. Per anomalia s'intende una condizione anomala che potrebbe provocare una riduzione nella capacità di esecuzione, di una o più funzioni, fino al 100 %.

Componenti sempre più affidabili, ridondanza e protezioni permettono le funzionalità di sicurezza del sistema, anche in presenza di malfunzionamenti localizzati. A questo punto il comportamento umano diviene di grande importanza dato che le macchine sono divenute meno fallibili e l'errore umano è presente nella stragrande maggioranza degli incidenti.

L'automazione dei processi tende a ridurre la numerosità degli errori umani, però si riscontra un incremento della magnitudo quando gli errori di ragionamento, comprensione o decisione, riescono ad infrangere le protezioni e le barriere del sistema. Tali errori diventano difficili da gestire, controllare e contenere.

Sono stati sviluppati negli ultimi 40 anni diversi modelli di simulazione del comportamento umano. Tra questi vi sono il Reference Model Cognitions (RMC) e il modello SRK. Nelle quali la percezione legata ai cinque sensi, l'interpretazione, l'elaborazione delle informazioni percepite dall'ambiente grazie alle conoscenze ed



esperienze di base possedute, l'esecuzione e l'attivazione della decisione possono essere l'avvio di un nuovo processo cognitivo.

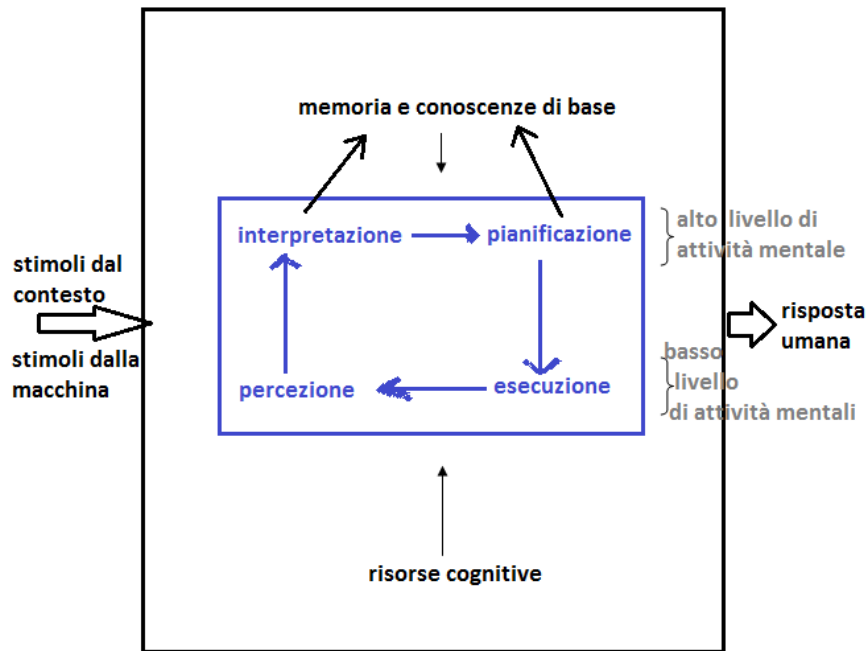


Figura 187 - Modello RMC fonte: sicurezza del trasporto aereo, Cacciabue, 2010

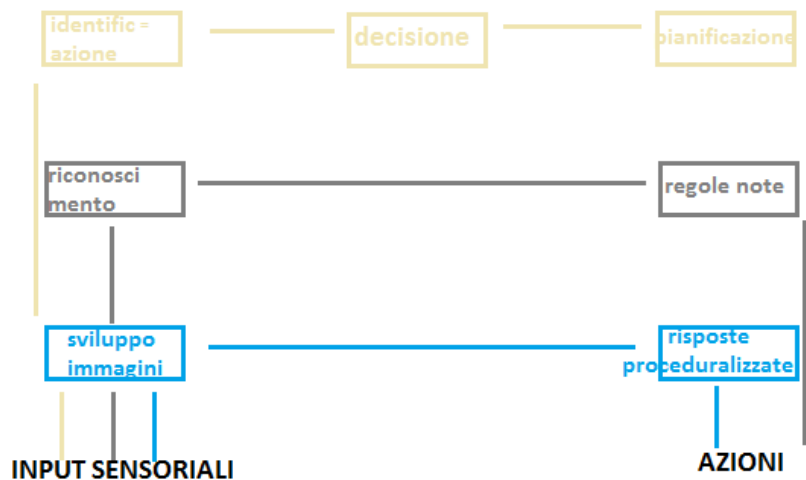


Figura 188 - Modello SRK fonte: Rasmussen 1986 (tradotto ed adattato)

Sense (S): la percezione sensoriale genera una sensazione ben conosciuta. La persona reagisce senza cercare le regole o procedure. È tipico delle persone molto qualificate ed esperte che riescono ad agire senza ricorrere a conoscenze ma agendo d'impulso.

Rule (R): dopo aver riconosciuto una situazione, la persona utilizza delle regole conosciute per compiere l'azione.

Knowledge (K): quando la situazione è sconosciuta serve ricorrere al ragionamento, oltre le regole imparate e le procedure conosciute. Processo analitico di risoluzione di un problema, che richiede un lavoro mentale complesso.

I metodi che introducono gli errori umani nelle analisi di sicurezza e di rischio, vengono chiamati Human Realibility Analysis (HRA). Tra i tanti il modello TESEO (proposto da Bello e Colombari nel 1980) è puramente teorico. Grazie alla sua semplicità è utilizzato in fase preliminare o nella scelta tra procedure alternative.

Il moodello TecnicaEmpiricaStimaErroriOperativi (TESEO), stima la probabilità d'errore dell'operatore attraverso la moltiplicazione di cinque parametri.

K1 che tiene in conto il tipo di attività, K2 dipende del tempo a disposizione per eseguire l'operazione, K3 dalle caratteristiche comportamentali dell'operatore, K4 è in funzione dello stato emozionale, e infine K5 tiene conto delle caratteristiche ergonomiche dell'ambiente di lavoro.

$$P_{operatore} = K1 * K2 * K3 * K4 * K5$$

valida fino a Poperatore < 1 (Sicurezza ed analisi di rischio prof.Mazzini a.a. 2000-2001).

Table 1 - Fattori del modello TESEO fonte: appunti del corso Sicurezza ed analisi di rischio a.a. 2000-2001

Fattore	Aspetto considerato	Caratteristica	Valore numerico
K1	Tipo d'attività	Routine semplice	0,001
		Routine complessa	0,01
		Non di routine	0,1
K2	Tempo a disposizione	Routine > 20 s	0,5
		10 s	1
		2 s	10
		Non di routine > 60 s	0,1
		45 s	0,3
		30 s	1
K3	Caratteristiche operatore	Molto esperto	0,5
		Mediamente esperto	1
		Poco esperto	3
K4	Situazione operativa	Normale	1
		Potenzialmente di emergenza	2
		Di emergenza	3
K5	Condizioni ambientali	Ottime	0,7
		Buone	1
		Discrete	3
		Cattive	7
		Pessime	11

Tabella 10 - Probabilità dell'errore umano per alcune operazioni fonte: Sicurezza e analisi di rischio prof. Mazzini a.a. 2000-2001

DESCRIZIONE EVENTO	I
OPERATORE NON SEGUE LE ISTRUZIONI RICEVUTE	5E-2
ERRORE DI LETTURA STRUMENTO	5E-3
OMISSIONE DI AZIONE PREVISTA DALLE PROCEDURE	2E-3
OMISSIONE DI AZIONE NON PREVISTA ESPLICITAMENTE DALLE PROCEDURE	1E-2
ERRORE DI CONNESSIONE PARTI MOBILI	3E-3
ERRORE DI CALCOLO ARITMETICO	3E-2
ERRORE IN AZIONE MANUALE	5E-3
ALLARME ACUSTICO E VISIVO IGNORATO	3E-4
INTERVENTO MANUALE OPERATORE, SENZA INDICAZIONI, ALLARMI E TELECOMANDI	1E-1
INTERVENTO MANUALE OPERATORE, CON INDICAZIONI, SENZA ALLARMI E TELECOMANDI	5E-2
INTERVENTO MANUALE OPERATORE, CON INDICAZIONI E ALLARMI, SENZA TELECOMANDI	1E-2
INTERVENTO MANUALE OPERATORE, CON INDICAZIONI, ALLARMI E TELECOMANDI	1E-3

Si è messa in evidenza la progressiva diminuzione della probabilità che l'esecutore commetta un errore. Ottenuta tramite le informazioni (indicazioni) e l'impiego di strumenti elettronici (telecomandi).

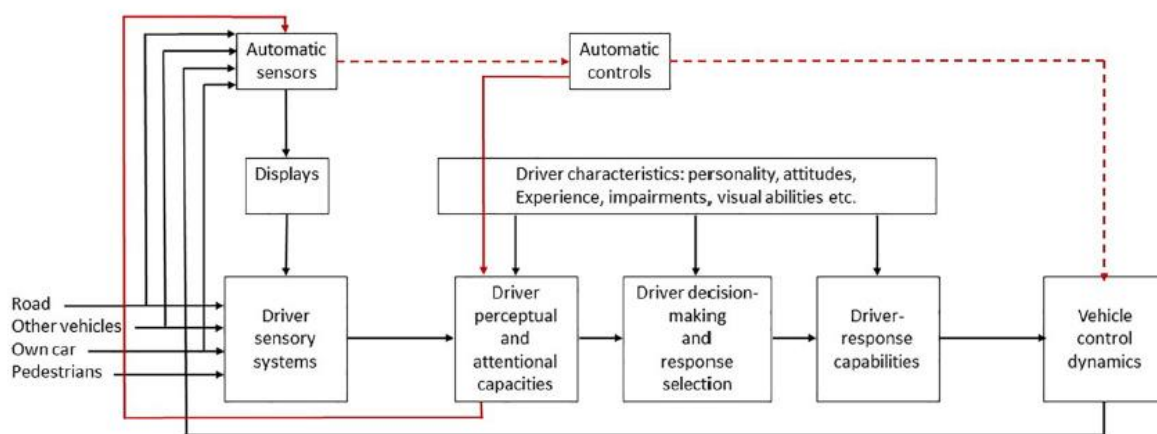


Figura 189 - Diagramma a blocchi delle funzioni di guida fonte: Shinar, 1979

Concludiamo il discorso dicendo che tra i vari competitors potrebbe risultare un'immissione sul mercato di veicoli con la metodologia "trial and error" con cui gli errori vengano evidenziati dai chilometri percorsi dai guidatori. Questo risultato molto pericoloso sia perché le case automobilistiche non sono ancora attrezzate per fornire protezioni adeguate in caso di attacchi malevoli sia perché sono componenti nuovi di cui non si hanno in letteratura valori del tasso di guasto del M.T.B.P. (Medium Time Between Payload) di cui le analisi impiantistiche di processo, analizzate nel capitolo, necessitano.

## 5.2 Responsabilità

Ricordando che i vari LV di automazione sono differenziati (tra le altre) dalle possibilità lasciate al conducente (figura 181 ad esempio), se ne deduce come la distribuzione di responsabilità tra le parti in causa, dipenda anche dall'aver rispettato o no le regole da parte del guidatore. In caso il fallimento nel compiere i propri compiti da parte del sistema abbia comportato un incidente, parte della responsabilità ricade sul guidatore se ad esempio durante il tragitto su di un'autostrada, lasciati i controlli dei movimenti longitudinali e trasversali ad un sistema di LV 3, si fosse slacciato la cintura di sicurezza e avesse iniziato a fotografare il paesaggio dal finestrino. Perché in questo modo ha violato i suoi doveri di indossare la cintura e di non distrarsi alla guida. Questo anche se con la cintura di sicurezza allacciata ed il guidatore concentrato, l'incidente comunque non fosse evitabile.

Un Cambiamento delle leggi dovrà essere attuato dato che alcune distinzioni vengono fatte sulla base della tipologia di attività svolte nel veicolo: primarie (o di sicurezza) e secondarie, ma i codici che regolamentano attualmente la circolazione vietando l'abbandono del posto di guida o il distacco delle mani dal volante, rendono impossibile applicare certe distinzioni. Con il LV 4 al guidatore deve essere consentita la possibilità di svolgere attività secondarie, e nel LV 5 di non prestare attenzione alla strada. E'altrettanto importante stabilire per legge quali azioni sono considerate secondarie e quali legate alla sicurezza. Per la Association of British Insurers (ABI) solamente quando l'utente non dovrà svolgere azioni legate alla sicurezza non sarà più responsabile dal punto di vista del risarcimento dell'eventuale danno, e della risposta in sede civile e penale. Ovviamente ogni categoria tende a far prevalere il proprio interesse, spetta agli organi legislativi a livello comunitario o internazionale trovare una equa sintesi.

Sul tema della responsabilità in Francia, la necessità di una modifica o di un ampliamento degli articoli di legge attuali riguarda la responsabilità penale. Per la responsabilità civile, sia in caso di veicoli a guida parzialmente autonoma sia per quelli a guida completamente autonoma è il proprietario del veicolo tramite la sua assicurazione ad indennizzare le vittime, obbligato per legge ad averne una (codice delle assicurazioni articolo 211.1). In questo modo è assicurato il diritto delle vittime ad ottenere un risarcimento. Come indicato nella direttiva 85/374 ECC sulla responsabilità per prodotti difettosi, una volta che la propria assicurazione ha risarcito le vittime il titolare può indire una causa di risarcimento nei confronti del produttore del veicolo se reputa che vi sia stato un difetto di funzionamento o di progettazione. Inseguito il produttore, chiamato in causa dal titolare della autovettura a cui è accorso l'incidente, può rivalersi nei confronti del produttore del sistema informatico o software.

In Germania il proprietario del veicolo è ritenuto responsabile per due casi: StVG,2017 §1B(2)

1. "se non riprende il controllo quando il sistema gli richiede di farlo"
2. "se riconosce, o se basato su ovvie circostanze avrebbe dovuto riconoscere che i prerequisiti per l'uso del sistema automatizzato o autonomo non sussistevano più".

Nell'articolo di legge non vi è una spiegazione di cosa si intenda o di come valutare le "ovvie circostanze".

Per quanto riguarda la responsabilità, riassumiamo anche quello che era stato detto precedentemente sui veicoli connessi. Come già ribadito parlando dei sistemi days 1, così come essi sono progettati al momento, lasciano tutto inalterato da questo punto di vista, essendo il guidatore sempre in controllo del veicolo (ha lui la decisione, su come e se intervenire sul volante, sull'acceleratore e sul freno. Nel momento in cui la RSU diviene in grado di intervenire sul veicolo le cose cambiano. Ad esempio nell'applicazione days 1.5, Vulnerable road user protection oppure nelle applicazioni days 1 Signal violation ed Intersection Safety, con un maggior grado di automatizzazione LV 3, 4 vi potrà essere un intervento esterno sul veicolo affinché si eviti una situazione di rischio per quanto riguarda il LV5 la responsabilità non potrà più essere del guidatore che è un passeggero. In pratica attualmente la traiettoria di un veicolo che si sta approssimando ad un semaforo su

cui è installata una centralina locale viene controllata. Nel senso che la centralina riceve frequenti CAM dal veicolo e quindi è in possesso dei dati nel tempo su posizione e velocità, elabora in base a questi dati e al ciclo semaforico che possiede in memoria; se il veicolo arriverà al semaforo con il rosso, ed in tal caso invierà un messaggio al veicolo. Nel caso in cui il veicolo prossimo al semaforo rosso non ha diminuito la propria velocità allora la centralina invierà un DENM per avvertirlo del superamento di segnale con rosso. Questa è la situazione attuale (nei test) in cui l'infrastruttura può solo avvertire e allertare il veicolo ma prossimamente sarà in grado di intervenire inviando all'unità centrale un segnale di frenata, movimento dello sterzo o diminuzione della velocità. Nel caso del superamento del segnale di rosso imporrà una riduzione della velocità e se questo non bastasse perché troppo elevata, imporrà anche una frenatura. Nel caso di sicurezza nell'intersezione potrebbe intervenire frenando un veicolo oppure non facendolo svoltare così da evitare la collisione con un altro veicolo (esempio abbiamo visto la figura 105).

Nel caso di un utente debole potrebbe la RSU imporre la riduzione della velocità al veicolo. Questo perché i sensori di prossimità del veicolo hanno un range limitato e quindi vedrebbero l'utente debole in ritardo e sarebbe dunque necessaria una, più o meno intensa frenata. Al contrario della RSU che grazie al supporto di diverse telecamere, dei messaggi CA dei veicoli cooperativi, e nel futuro anche dai messaggi provenienti dall'utenza debole, possiede una visione globale della situazione.

Quando vi sarà questa possibilità di intervento esterno, direttamente sulla conduzione del veicolo, affinché siano rispettate le regole sulla circolazione stradale o venga evitato un incidente, sarà necessario valutare chi ha la responsabilità di un eventuale accadimento negativo. Ad esempio può essere responsabile l'infrastruttura che ha sbagliato nel valutare la posizione nel tempo del veicolo e quindi non ha fermato un veicolo che è così passato col rosso, oppure può essere responsabile il produttore del veicolo nel caso in cui le informazioni dall'infrastruttura sono state corrette ma il software o gli attuatori installati sul veicolo non hanno funzionato nel modo corretto. Potrebbe rimanere responsabile il guidatore essendo sua la responsabilità della funzione di guida sul veicolo.

Nell'ottobre 2015, Volvo, Mercedes e Google hanno annunciato la piena responsabilità in caso di incidenti che coinvolgono un loro veicolo autonomo, durante la modalità di guida del sistema.

Utilizziamo ancora una volta il parere del giudice scozzese (con inerenti commenti) per concludere la parte sulla responsabilità:

*Answer1.3) E' responsabile il guidatore anche se riprende il controllo, per evitare una possibile situazione di rischio ma non riesce ad evitarla. E' fondamentale per la sicurezza che il sistema di guida automatizzato restituisca il controllo solo quando è sicuro farlo, in quanto il conducente umano una volta riacquisito il controllo potrebbe causare un incidente che non si sarebbe verificato se non fosse intervenuto (nel riprendere il controllo) [84].*

- ❖ *E' importante aggiungere, che si presti attenzione alle specifiche del sistema su questo aspetto. Dato che i produttori per evitare che gli sia attribuita la responsabilità potrebbero impostare il sistema affinché consenta di riassumere il controllo da parte dell'utente, anche quando la sicurezza a seguito di quest'operazione non è pienamente garantita. Il caso speculare, di utente che rifiuta la ripresa del controllo così da non avere problemi legali è meno probabile dato che il sistema attua le azioni con più rapidità dell'essere umano ed essendo in controllo sta già gestendo le azioni e monitorando l'ambiente circostante (mentre il guidatore umano potrebbe essere in quel momento disattento), ed è quindi probabile che non sia valutato (dal sistema) lasciare il controllo all'utente, come più sicuro.*

*Answer23) Essendo responsabilità dell'utente la ripresa del controllo quando il sistema lo richiama, è una sua colpa fallire nel tentativo di ritornare in possesso della funzione di guida. Quando questo fallimento è a seguito di una decisione dell'utente in autonomia (senza essere stato richiamato dal sistema), allora non vi è*

un trasferimento di responsabilità dal sistema all'utente. Nel caso in cui il veicolo è dotato di M.R.M. anche fallendo nella riacquisizione del controllo, il veicolo può portarsi ad una condizione di sicurezza e quindi non vi è colpa da parte dell'utente. L'utente non deve attivare il sistema automatizzato in posti dove questo non è destinato ad operare (in base ai domini di applicazione, definiti dal produttore o fornitore), perché non sarebbero garantite le condizioni di sicurezza [84].

Pensiamo dovrebbe essere impossibile riattivare la guida automatizzata successivamente a quando il sistema ha richiesto la riacquisizione del controllo da parte dell'utente. Vi sarà poi una spia che si illuminerà (sulla falsa riga di quanto visto per la figura con il cruscotto della Cadillac, figura176) quando tornerà disponibile trasferire la responsabilità di guida al sistema, perché la situazione che rendeva impraticabile l'uso della tecnologia è mutata o cessata.

*Answer30*) [...] Quando vi saranno i veicoli autonomi i legislatori in sede internazionale definiranno, tra le altre, chi è responsabile nel caso dei minori siano soli su di un veicolo di LV 5. Se acquisiscono loro la responsabilità per loro stessi, se il produttore di questi veicoli deve predisporre telecamere e sensori per vedere che siano adeguatamente seduti con cinture allacciate (nel caso le cinture siano ancora obbligatorie) [84].

Aggiungiamo che nella sede opportuna si è anche definita la gestione di un post incidente, accorso ad un veicolo LV 5, con solo dei passeggeri minorenni a bordo.

Passiamo ora al confronto anticipato nella Overview globale, tra le norme sui veicoli autonomi in:

Germania [Strassenverkehrsgesetz, StVG, 2017],

Regno Unito [Code of Practice: Automated vehicle trialling]

e California.

Il Pflichtversicherungsgesetz alla sezione 1 obbliga tutti i proprietari di veicolo ad avere un'assicurazione. Nel California Vehicle Code vengono indicati i minimi valori per cui essere assicurati: 5.000\$ per danni alle cose, 15.000\$ per aver ferito o ucciso una persona e 30.000 \$ per la morte o il ferimento di almeno due persone. Lo stanziamento di 5 milioni di dollari che il produttore deve effettuare per svolgere un test in California, viene ripetuto anche all'entrata in commercio dei veicoli a guida autonoma per eventuali risarcimenti a seguito di un fallimento della tecnologia.

Nel Regno Unito il massimale è fissato a 1.2 milioni di sterline per i danni alle cose materiali e non ha soglia per le ferite o la morte delle persone. In Germania è fissata a 10 milioni di euro per il ferimento o la morte di persone, e a 2 milioni di euro per il danneggiamento alla proprietà altrui (StVG,2017. §12.1.2).

In tutti e tre questi stati è necessario un registratore, però mentre in California ed U.K. (al momento) è utilizzato per tenere memoria degli incidenti occorsi al veicolo (30 secondi prima dell'incidente in California, prima e dopo l'incidente in U.K.) in Germania è una vera e propria scatola nera che memorizza differenti informazioni [92]. Gli autori aggiungono che nonostante dica che venga memorizzato solo 30 secondi prima dell'incidente, vi sono due punti meno chiari: il primo è che la registrazione avviene solo quando a guidare è il sistema e non quando a farlo è il guidatore, il secondo è che definisce la memoria come, read only memory (ROM)" (dal California Vehicle Code, Title 13, Section 228.06(a)(6)). La memoria ROM a differenza della RAM (rapid access memory) non è volatile, non si cancella dunque allo spegnimento del sistema". Rimane memoria dei dati personali, però ricordiamo che il regolamento per la protezione dei dati personali [55] è valido nella EU, Infatti quando abbiamo descritto la e-call [68] si era detto di come i dati dovevano essere memorizzati



per solo le ultime tre localizzazioni GNSS (paragrafo 3.6.2). Ma in California è negli U.S. sono meno rigide le norme sulla protezione dei dati.

In Francia nel report [60] raccomandata l'installazione di un EDRA (enregistreur de données relatives à un accident), mentre la Commissione Europea nel 2019, con la proposta di emendamento al [58], ha espresso la necessità di un Event Data Recorder di serie sui veicoli.

Aggiungiamo che a differenza di Regno Unito e Germania, in California è necessario un apposito permesso per poter circolare su strada con un veicolo automatizzato. E'anche possibile effettuare dei test con veicoli senza pilota a bordo (anche se si è detto, nel paragrafo 2.9.7.1, come solo il veicolo autonomo di Google ha ottenuto quest'autorizzazione), ma non è possibile circolare su strada senza che vi sia una persona a bordo.

In Germania aree pubbliche per il test di veicoli connessi sono sorte a: Berlino, Francoforte ed Amburgo. Se è stato deciso (col Strassenverkehrsgesetz, StVG, 2017) che questi veicoli devono avere una scatola nera che registra le informazioni, non è ancora stato chiarito per quanto tempo questi dati devono essere conservati e se il fatto di conservare i dati da parte del produttore del veicolo, fa di quest'ultimo il proprietario e quindi autorizzato a farne l'uso che ritiene opportuno, tra cui la cessione a operatori terzi; oppure se esso è il possessore ma proprietario dei dati è colui che ha comprato il veicolo.

Non è l'unico modello possibile, vi è la possibilità che i dati generati dal veicolo siano trasferiti su un server gestito da una società terza. In questo modo il produttore del veicolo non assume una posizione di vantaggio nel campo della manutenzione-riparazione, ma rimane il problema che la società terza in possesso dei dati possa comunque cederli o gestirli essa stessa per indagini di mercato, pubblicità mirata. Se non potesse avere accesso a questi dati, non avrebbe interesse finanziario a sostenere i costi di gestione di questi dati. Il produttore vuole i dati del veicolo anche per utilizzare quelli inerenti il traffico in quel momento ed il meteo nella zona del veicolo, così da rivenderli a produttori di app per il meteo e situazione traffico in tempo reale.

In Germania è richiesta la registrazione e conservazione nel veicolo dei dati inerenti tempo e luogo in cui è stato effettuato un cambio da manuale ad automatico o viceversa o nel caso avvenga un'anomalia nel sistema. Questi dati possono essere richiesti dall'autorità di polizia per punire i trasgressori delle norme del codice stradale (Strassenverkehrsgesetz, 2017).

### 5.3 Privacy

"I produttori stanno già cercando come monetizzare tutti i nuovi dati che loro stessi stanno raccogliendo da sensori sempre più potenziati e con maggiore connettività ", abbiamo voluto iniziare il capitolo con questa affermazione da parte di Bryson Bort, CEO di Scythe, per far capire l'importanza e la gravità della questione. I veicoli aumenteranno inevitabilmente i dispositivi tecnologici a bordo per poter garantire una guida sicura ma tutti questi dispositivi portano con sé una gran quantità di dati che non riguarderanno solo le abitudini degli occupanti ma anche l'ambiente circostante. Coloro che sono mossi da interessi commerciali, inclusi i produttori di automobili, stanno pianificando in modo proattivo modi per rivendere blocchi di dati sulla posizione e dati raccolti da telecamere, microfoni e altri sensori di bordo. Secondo un rapporto della CBS News del 2018, le case automobilistiche stanno cercando di vendere dati alle società di mappatura e agli sviluppatori di app che monitorano le condizioni del traffico. Il Regolamento Generale sulla protezione dei Dati EU 2016/679 [55] traccia le linee regolatorie in tutela dei cittadini, approvato nel 2016 ed entrato in vigore nel 2018. Il testo in esame riconosce, un livello elevato e uniforme di tutela dei dati ed è finalizzato a dare un maggiore controllo ai cittadini sull'utilizzo dei loro dati.[6] I cittadini hanno il diritto di essere avvertiti dalle pubbliche amministrazioni e dalle imprese delle violazioni dei loro dati personali (data breach notification) entro le 72 ore, nonché il diritto di ottenere il risarcimento dei danni causato dalla violazione del regolamento. Anche il Canada ha introdotto delle normative in tutela della privacy mentre gli Stati Uniti no. Nel frattempo, la National Highway Traffic Safety Administration nel dicembre 2016 ha proposto di

regolamentare le comunicazioni veicolo-veicolo (V2V), in particolare la raccolta di dati sulla velocità e sulla posizione, nonché qualsiasi informazione sul numero di occupanti. In seguito, a metà del 2017, l'NHTSA ha tenuto un seminario con la Federal Trade Commission per iniziare la discussione delle questioni di privacy e sicurezza relative alle auto senza conducente.

I ricercatori del Dipartimento di Computer Science della North Carolina A&T State University (Greensboro, USA), hanno proposto una possibile soluzione dal punto di vista tecnologico per rendere sicuri tali dati, criptandoli, decriptandoli e riporli in un cloud, utilizzando la tecnica RSA, l'algoritmo più utilizzato per criptare chiavi pubbliche (Ron Rivest, Adi Shamir e Leonard Adleman, 1977). Tale metodo ha infatti mostrato ottimi risultati per cloud utilizzati per gli acquisti online e i sistemi digitali bancari e potrebbe per questo essere esteso al mondo dei veicoli a guida automatizzata. Inoltre le informazioni raccolte dai veicoli e memorizzate nel cloud potrebbero essere scaricate in caso di necessità, per esempio in caso di guasto o di incidente.

In ultimo una riflessione per il lettore: oggi siamo tenuti a fidarci di quello che i dispositivi connessi ci promettono, società come Google e Apple hanno ad esempio comunicano attraverso un contratto quali termini devono sottoscrivere gli utenti per poter utilizzare i propri servizi, anche ammesso che questi termini vengano rispettati, quale figura ha il potere di verificare il rispetto delle norme e dei contratti? Soprattutto se si tratta di un controllo da parte di un ente Europeo dove le norme in ambito di privacy sono diverse rispetto al continente americano. Questa è forse una delle tematiche più importanti che riguarderanno il nostro avvenire, e non è una questione da sottovalutare. Ecco cosa afferma Edward Snowden, uno tra gli attivisti più conosciuti a livello mondiale:

*“Affermare che non si è interessati al diritto alla privacy perché non si ha nulla da nascondere è come dire che non si è interessati alla libertà di parola perché non si ha nulla da dire”.*

### 5.3.1 Privacy nell'Unione Europea

Entriamo ora nel dettaglio di quanto previsto dalle norme comunitarie che sono quelle che ci riguardano più da vicino.

L'articolo 8.1 della Carta dei diritti fondamentali della EU e l'articolo 16.1 del Trattato del funzionamento della EU, prevedono che ciascuno ha il diritto alla protezione dei propri dati personali. Nell'Unione Europea (EU) è in vigore per regolare questo tema la già citata regolamentazione 2016/679 EU. Sostituisce la 95/46 EU che non è stata in grado di evitare la frammentazione normativa circa la protezione dei dati personali tra gli stati europei e di prevenire un'opinione diffusa, circa la presenza di molti rischi inerente la protezione dei dati personali; soprattutto circa le attività on-line.

Si nota come il tema della omogeneizzazione delle pratiche ritorna spesso. Lo abbiamo già incontrato parlando del C-ITS Platform: “avere in tutta Europa una standardizzazione comune di questi servizi (day 1 e day 1.5) ed una unica certificazione valida in tutti gli stati membri basata sulla PKI” e della Dichiarazione di Amsterdam “g) definizioni comuni tra gli stati”. I principi su cui si basa la [55] sono definiti nell'articolo 5: i dati personali devono essere (a) processati legalmente, in modo equo e trasparente (b) raccolti per uno scopo specifico (c) limitati per lo scopo per cui sono raccolti (data minimisation) (d) accurati (e) tenuti in modo che l'identificazione del soggetto proprietario, dei dati personali, sia possibile per il solo tempo necessario allo scopo, per cui i dati sono raccolti (f) protetti contro processamenti non autorizzati o illegali e contro la loro perdita, danneggiamento e distruzione. Ritoveremo la condizione (f), nell'articolo 51.b della [64], che analizzeremo nel capitolo sulla ciber sicurezza.

Nel documento [56] preparato dal Data Protection and Privacy Working Group, si confuta (di fatto) la nostra proposta di far valere l'installazione ed i successivi aggiornamenti come contratto in essere col produttore e/o fornitore. Viene detto che questo non è possibile per la presenza di diversi attori, tra tutti i produttori del veicolo, produttore dei servizi, riparatore-manutentore, autorità stradali ed altri guidatori. La specifica di confuta nei fatti, è relativa alla questione che l'idea è applicabile e legalmente inappuntabile, però la difficoltà

di applicarla la rende non servibile. In realtà risolverebbe la parte di problema inerente il produttore del veicolo, il fornitore di servizi e anche quella con il riparatore-manutentore nel caso in cui ad occuparsene è la casa automobilistica stessa. Rimanendo esclusi solo l'autorità stradale, che nel caso fosse pubblica potrebbe sfruttare la causa di pubblico interesse o salute pubblica (parlando di evitare gli incidenti), e gli altri guidatori. Questi sono la "spina nel fianco" per il discorso così impostato, dato che stipulare un contratto tra contraenti che non si non è possibile. Dovrebbe valere la possibilità che accettando di essere parte della rete cooperativa si stia contemporaneamente accettando il processamento dei propri dati personali, e rimanga per chi non è favorevole la scelta di spegnere la ricezione-trasmissione. Non ad ogni messaggio come paventato dal WP.4 e che abbiamo detto essere impossibile per i CAM e controproducente per i DENM, ma in toto. Nel [56] con la tesi: "... è una motivazione legale che può essere utilizzata solamente in una situazione di emergenza attuale e non in una probabile emergenza futura..." si confuta la frase scritta poc'anzi della possibilità di additare la sicurezza pubblica come causale al trattamento dati personali senza consenso del proprietario. Per quanto concerne invece la motivazione di interesse pubblico, viene sostenuto: "... è particolarmente adatto in caso di sicurezza stradale e gestione efficace del traffico ... l'interesse pubblico può essere evocato da un organismo pubblico ...". Quindi servirebbe emendare nel caso dei sistemi C-ITS anche per le strade private, altrimenti dovrebbe essere notificato al guidatore di spegnere la connessione quando percorre una strada privata o chiedergli di rilasciare il consenso al trattamento dei dati per il periodo di transito in quella zona. Situazione che appare sempre più improbabile perché il guidatore sarà sempre più sollevato dai compiti di guida ma diventerà sempre più passeggero intento in altre attività. Il sistema di coordinate satellitare o ancor meglio la mappa digitale saranno in grado di conoscere quando si percorre una strada privata. Le autostrade essendo date in gestione a società private non dovrebbero poter sfruttare l'interesse pubblico, piuttosto al momento dell'accesso al casello serve definire una procedura di trasmissione-trattamento-conservazione, dei dati personali trasmessi dal veicolo durante la permanenza in autostrada.

Se si era detto che i messaggi non vengono conservati nelle V C-ITS station, questo non è vero per le R C-ITS, dove possono permanere per diverso tempo (ad esempio nel decreto Smart road 2018 [36] le serie storiche dovranno essere conservate per una decade, oppure un altro caso riguarda i codici di prenotazione nei viaggi aerei dove: i dati trasmessi dal vettore aereo alla Unità d'Informazione sui Passeggeri devono essere conservati per cinque anni (articolo 12.1 della direttiva EU 2016/81), anche se dopo sei mesi devono essere resi anonimi, mediante schermatura dei dati che potrebbero identificare l'individuo (articolo 12.2)). Il possessore di questi dati dovrà assicurarsi che da essi non si possa risalire all'identità del proprietario, e comunque come è già stato detto il consenso informato viene rilasciato per uno scopo quindi la durata dell'immagazzinamento non può essere illimitata. La richiesta ad acconsentire al trattamento dei propri dati personali (articolo 7 della [55] deve essere presentata in una forma semplice, usando un linguaggio chiaro, in una forma chiaramente distinguibile dalle altre parti del contratto o dell'informativa.

Il problema emerso con la nostra proposta di risolvere la questione, è riscontrato anche dal privacy working group che infatti giunge alla stessa conclusione: "... il mittente non ha possibilità di stabilire un contatto con la stazione (C) ITS che ha ricevuto la trasmissione ..." ed aggiungono "... il possessore dei dati dovrebbe avere informazioni ulteriori per identificare il soggetto (proprietario) dei dati, cosa che violerebbe la minimizzazione dei dati, principio per processare la minima quantità di dati necessari per completare lo scopo"(che noi sappiamo essere l'articolo 23.1 della [55]).

E' diritto del proprietario dei dati: richiedere la cancellazione (articolo 17 della [55]), la modifica (articolo 16 della [55]) e la conoscenza se i dati sono stati processati oppure no (articolo 15), per fare questo dovrebbe sapere chi ha ricevuto i suoi dati, e la cosa non è possibile. Basti ripensare ai 1000 messaggi al secondo minimi che una C-ITS station deve riuscire a processare (dal paragrafo 3.3.1), significherebbe dover rintracciare una mole di individui abissale. Importanti per la privacy sono la minimizzazione, la decriptazione (articolo 23.1) ed anonimato, dei dati.

La situazione attuale, post Covid 19, ha tracciato una nuova rotta in merito a privacy e trasparenza nel trattamento dei dati infatti con l'applicazione "Immuni", disponibile per Android e Apple, il sistema garantisce anonimato nello scambio dei dati e la tutela della privacy degli utenti nonostante si scambino dati tra essi. Inoltre la possibilità di analizzare le linee di programmazione da parte di esperti ha reso il servizio sicuro e garantito. Ricordiamo che l'applicazione funziona attraverso il Bluetooth del telefono, esso permette di scambiare informazioni con gli altri telefoni con il quale entra in contatto nel corso della giornata e salva una lista anonima di essi in locale. Se uno di questi telefoni è dichiarato positivo al virus, l'applicazione avvisa il proprietario del telefono che ha avuto un'interazione con un soggetto positivo. Analogamente si potrebbe utilizzare tale sistema per scambiare informazioni utili alla mobilità ma senza dover cedere a compromessi con dati personali sensibili.

Dal [56] scopriamo un altro vantaggio dei C-ITS, monitorare la circolazione tramite CAM è meno costoso che tramite l'uso congiunto di: radar, infrarossi ed ultrasuoni. Sempre nel [56] si dice che una CAM è inviata quando la curvatura del veicolo si è modificata più di 4°, la distanza rispetto a quella in cui è stata inviata la CAM precedente è variata di 4 m oppure la velocità è variata di 0.5 m/s. Ci sono casi in cui queste tre condizioni potrebbero non essere verificate infatti se il veicolo si sta fermando, o è già fermo e continua ad esserlo. In questi casi si invierebbe un DENM "Slow or stationary vehicle" ogni secondo. Si specifica come: "...non c'è la necessità per una stazione ITS di mantenere traccia dei CAM che ha inviato." Il discorso era inerente i veicoli quindi dovrebbe essere una V C-ITS station.

- ❖ Noi pensiamo che trasmettendo dei messaggi CA, il proprietario del veicolo (avendo fatto un training prima di acquistarlo) conosce quali informazioni sta inviando (le abbiamo incontrate al paragrafo 3.5.1) e di conseguenza quali informazioni ottiene il ricevente. Così come sa lo scopo per il quale i dati sono stati trasmessi prima e processati poi. Ovvero l'ottimizzazione della circolazione stradale, la riduzione degli incidenti e la riduzione delle emissioni in atmosfera (articolo 13.1.c [55]: il soggetto (data subject) deve conoscere lo scopo per il quale i dati sono stati raccolti). Essendo dati tecnici ed oggettivi quelli trasmessi, secondo noi dovrebbe venir meno il diritto del soggetto di effettuare una rettifica dei dati (articolo 16 del regolamento EU [55]: il soggetto deve avere il diritto senza ritardo da parte del controllore dei dati, di poter rendere completi i dati personali incompleti, e di rettificare dati personali non accurati). Il tempo per i quali i dati sono trattenuti è quello necessario ad elaborarli da parte del ricevente più il tempo di volo, dunque si può definire un valore ed essere così conformi anche all'articolo 13.2.a del EU [55]: per un equo e trasparente processamento dei dati personali il controllore deve indicare, il periodo per il quale i dati personali saranno immagazzinati o se questo non fosse possibile, il criterio usato per determinare questo periodo. Il diritto del soggetto alla cancellazione dei propri dati personali (articolo 17 della [55]: il soggetto ha il diritto di richiedere la cancellazione dei propri dati personali al controllore ed il controllore ha l'obbligo di cancellarli se una di queste condizioni: (a) non sono più necessari in relazione allo scopo per cui sono stati raccolti (b) il soggetto ritira il suo consenso se i dati personali sono stati raccolti attraverso questo metodo "articolo 6.1.a" (c) il soggetto obietta al controllore il pubblico interesse o il legittimo interesse, con il quale ha ottenuto i dati personali "articoli 6.1.e/6.1.f"(d) i dati sono stati illegalmente processati (e) una legge dell'Unione Europea obbliga il controllore a cancellarli) essendo il tempo, in cui questi dati sono trasmessi e vengono processati dai riceventi, breve ed al termine (di questo breve tempo) vengono cancellati; pensiamo sia dato per assoluto. L'articolo 24 della [55]: il controllore dei dati personali deve implementare misure tecniche ed organizzative per garantire ed essere in grado di dimostrare il rispetto della regolamentazione stessa. Queste misure devono essere riviste ed aggiornate dove necessario. Le misure sono comuni a tutta le reti PKI (per informazioni capitolo 3.4). L'articolo 13.1.a della [55] è il vero ostacolo, perché impone di fornire al proprietario dei dati personali il contatto del controllore. E' impossibile per come è fatta la PKI identificare i suoi utenti, e dunque è impossibile fornire l'informazione al soggetto, su chi ha ricevuto i suoi dati ma l'articolo 23

della [55] potrebbe proprio fare al caso nostro, infatti per le condizioni elencate al paragrafo 1 vengono derogati alcuni obblighi del controllore dei dati nei confronti del proprietario dei dati per gli articoli dal 12 al 22. Tra queste condizioni, ve ne sono due che potrebbero essere sfruttate: d) prevenzione di reati, e) salute pubblica e sicurezza sociale. Infatti alcune violazioni del codice stradale sono considerati dei reati, e grazie ai C-ITS possono essere prevenuti (ad esempio l'omicidio stradale), così come evitare: degli incidenti, degli investimenti e dei veicoli che sfrecciano ad alta velocità possono essere ascritti alla salute dei cittadini e alla loro incolumità. Ritenuto possibile sfruttare l'articolo 13.1, vediamo quali benefici se ne traggono. L'articolo 13.2, recita che nel caso si rientri tra le condizioni del paragrafo 1 allora sono richieste meno informazioni, da trasmettere al soggetto proprietario dei dati personali. Queste informazioni (da trasmettere) sono lo scopo della processazione, i dati processati, lo scopo delle restrizioni, le salvaguardie per evitare l'illegittimo accesso ai dati o loro trasferimento, le specifiche del controllore o le categorie di controllori, il periodo di immagazzinamento dei dati e le misure intraprese per proteggerli ed i rischi per il proprietario dei dati. Sono tutte informazioni note che il proprietario dei dati può conoscere. Anche se con l'informazione "le specifiche del controllore o le categorie di controllori" sembrerebbe di essere punto e a capo, la situazione è ben diversa dall'articolo 13.1.a "the identity and the contact details of the controller and, where applicable, of the controller's representative".

- ❖ A maggior ragione l'impiego dell'articolo 13 è sfruttabile per i DENM. Essi sono trasmessi solo nelle situazioni di urgenza, e quindi si potrebbe evitare da principio il problema indicando l'articolo 6 della [55]. Articolo che afferma come il processamento dei dati è legale se: (d) protegge gli interessi vitali di una persona naturale. Passando dalla (d) non è necessario il consenso del proprietario, punto (a).
- ❖ Gli altri messaggi trasmessi nei sistemi C-ITS: SPATEM, MAPEM, IVI e SSEM sono inviati dall'infrastruttura ai veicoli (I2V) e quindi non richiedono protezioni dei dati personali, dato che l'infrastruttura non è una persona fisica (al massimo può esserlo giuridica). Rimangono i messaggi SREM. Essi sono trasmessi dai veicoli, del trasporto collettivo o da quelli speciali, all'infrastruttura per richiedere la priorità di passaggio attraverso uno o più semafori. In entrambi i casi è un pubblico servizio (la cui interruzione è anche un reato) e per alcuni dei veicoli speciali è anche svolgimento di pubblica autorità.

Dunque alla fine del discorso:

riteniamo che il rispetto dei diritti fondamentali dell'individuo non è violato così come il diritto alla sicurezza dei dati propri dati personali. Principi garantiti dal Trattato di funzionamento dell'unione Europea. Questo per le comunicazioni (V2I, I2V, V2V) ma permane il caso di caricamento dati dal veicolo al cloud. Un caso per cui, né la prevenzione di reati, né la salute pubblica e sicurezza sociale, punti per cui si riusciva ad evitare il consenso del proprietario dei dati personali, possono essere chiamati in causa. Rimane dunque che al momento del caricamento di dati sul cloud del veicolo o esterno, il guidatore acconsenta tramite autenticazione al trattamento dei suoi dati personali. Per quanto riguarda l'informazione di chi riceva questi dati invece il problema non è irrisolvibile, come lo era nella comunicazione V2V, perché il cloud ha un gestore. Gestore che indicherà come contattarlo, come verranno trattati i dati, con quali misure saranno protetti da accessi illegittimi, per quale periodo verranno trattenuti, se verranno ceduti a parti terze (articolo 13.1.f) e se esiste un "decision-making" automatico (articolo 13.2.f, articolo 22). L'articolo 22 citato sopra, indica al paragrafo 1: "il soggetto ha il diritto a non essere soggetto a decisioni basate su di un processo solamente automatico il quale provochi effetti significativi su di lui/lei". Al paragrafo 2 si specifica che il paragrafo 1 non si applica se (a) la decisione è necessaria per un contratto in essere tra il soggetto e il controllore (b) è autorizzato dall'Unione Europea o dallo stato membro a cui è giuridicamente soggetto il controllore dei dati personali (c) il soggetto ha fornito il consenso. Riteniamo che anche se la comunicazione (V2V e V2I) è gestita ordinariamente senza interventi umani, il fatto di essere istituita e regolata da norme tecniche della Comunità Europea faccia attivare la condizione all'articolo 22.2.b.

Tutto questo discorso può sembrare paradossale ... se si pensa che grazie alla semplice vista, si possono ottenere informazioni su: tipo di veicolo, modello, marca, colore e anche sesso e forse etnia del guidatore.

#### 5.4 Attacchi hacker

Le auto ben presto si collegheranno a Internet per la navigazione, intrattenimento e comunicazione, quello che sembrava una visione irrealizzabile sta diventando realtà. Queste vetture dovranno in primis anticipare eventuali attacchi, sapersi difendere da malevoli, che non solo potranno impossessarsi del mezzo, ma di tutti i dati contenenti, e trasformare quella che dovrebbe diventare una nuova era fatta di comodità e automazione, in un vero e proprio attacco informatico su vasta scala. Se si analizza da un punto di vista pratico, questa nuova tecnologia andrà trattata come un "comunissimo" smartphone o computer connesso a Internet, i cui punti deboli nel sistema e software creeranno un accesso per il controllo dell'hardware. Le auto di più recente fabbricazione utilizzano più di 125 diverse unità elettroniche, ciascuna controllata da uno specifico software: secondo alcuni specialisti del settore, per fare funzionare una connected car occorrono più di 100 milioni di righe di codice. Ora si immagini una simile mole di istruzioni e dati, quale opportunità darebbe ad un hacker esperto, contro eventuali distrazioni e quindi brecce nel sistema. Non dimentichiamoci che la maggior parte degli attacchi informatici sono stati causati da errori umani. Ci si dovrà concentrare fin da subito, e prevenire eventuali attacchi, nessuna distrazione, affinché attacchi come WannaCry restino solo un ricordo. Questo specifico attacco è rivolto ai computer, il malware limita l'accesso del dispositivo che infetta, richiedendo nella maggior parte dei casi un riscatto.

Le case automobiliste inoltre, dovranno procedere in modo analogo, e prevedere eventuali attacchi prima dell'attacco stesso, considerando che non solo le nuove vetture si affideranno a complessi algoritmi per riconoscere segnali, ma che saranno dotate di apprendimento automatico (Machine Learning) e che tali software andranno aggiornati costantemente. Una delle soluzioni adottate dalle molte case automobilistiche sarà un rilascio periodico di aggiornamenti software delle auto, magari da remoto, come già stanno integrando, con OTA (acronimo di Over The Air), che consente ai produttori di rilasciare l'aggiornamento sulla totalità delle vetture in circolazione e, potendo essere effettuato da remoto, non richiede di portare la vettura in officina. I pionieri in questo campo sono sicuramente gli ingegneri di Tesla, che hanno rilasciato su alcuni modelli la funzionalità autopilot.

Ogni tecnologia nasce con l'intento di agevolare la vita degli utenti o per risolvere delle vulnerabilità, come nel caso delle automobili l'elemento umano. Non si conoscono i rischi futuri delle auto a guida automatizzata ma di certo se ne inseriranno di nuovi. I terroristi potrebbero ad esempio utilizzare veicoli autonomi per progettare attentati, senza neppure sacrificare i conducenti. A tal proposito si sta pensando di introdurre una tecnologia kill-switch o di controllo remoto che tracci e localizzi il veicolo in ogni momento, che disabiliti il veicolo a distanza o che venga controllato dalle forze dell'ordine e che lo renda inattivo o ne limiti l'utilizzo se la connessione viene interrotta per un periodo di tempo significativo. Tutto questo poi dovrà confrontarsi con il tema del trattamento dei dati personali.

Come purtroppo è risaputo, tutto ciò che è informatico è anche vulnerabile, soggetto a manomissione, da un comune smartphone a un'auto a guida automatizzata. Si parla infatti di vetture connesse costantemente a internet, che senza un'adeguata barriera potrebbero finire nelle mani dei malintenzionati. Il problema è stato portato sotto i riflettori dall'Istituto di Tecnologia della Georgia: gli studiosi hanno svolto una simulazione applicata alla città di New York, dove un attacco su piccola scala in grado di coinvolgere appena il 10% dei veicoli congestionerebbe la metropoli in maniera disastrosa - cosa che potrebbe anche peggiorare con attacchi più massicci. Non è difficile immaginarlo: si provi a pensare a un'auto che non rispetti le regole basilari del traffico, creando ingorghi, incidenti e quant'altro. Certo per il momento siamo solo nella sfera delle ipotesi, ma potrebbe trasformarsi in realtà nel prossimo futuro. Una possibile soluzione a tale problema arriva da Boston: attaccare ogni auto singolarmente è praticamente impossibile, o comunque sarebbe poco efficace in termini di tempo, costi, impegno, ogni attacco sarebbe rivolto a un'intera rete con all'interno i veicoli. Basterebbe dunque creare diverse reti con non più del 5% dei veicoli totali connessi, in modo da scongiurare attacchi di massa. È già difficile hackerare una rete singola, figuriamoci diverse infrastrutture contemporaneamente. In pratica, meglio evitare che il 100% dei veicoli sia connesso a una singola rete informatica, questo potrebbe essere un buon punto di partenza. Altre soluzioni potrebbero venire da altri



settori in cui gli ingegneri possiedono già un significativo grado di conoscenza nella protezione dei veicoli da attacchi dannosi. Un esempio è GuardKnox, un'azienda in grado di proteggere intere flotte di automobili, autobus e altri veicoli implementando una tecnologia di sicurezza che è stata impiegata per proteggere i caccia israeliani. Questa soluzione di protezione proposta dalla società GuardKnox è stata utilizzata per alcuni altri sistemi di sicurezza di alto livello come Iron Dome e Arrow III per i sistemi di difesa antimissile. Il sistema applica una configurazione di verifica formalmente verificata e deterministica tra le varie reti del veicolo che blocca qualsiasi comunicazione non verificata. Qualsiasi comunicazione esterna che tenti di accedere all'ECU (Electronic Control Unit) del gateway centrale del veicolo deve essere verificata, bloccando efficacemente l'intero sistema, indipendentemente dal numero di punti di accesso vulnerabili presenti. La centralizzazione è fondamentale per impedire agli hacker di accedere al sistema centrale dell'auto automatizzata o ai suoi sistemi, come i freni o le ruote, dalla sua rete di comunicazione (Buttice, Febbraio 2019). A dovere di cronaca riportiamo quello che è successo nel 2015, quando due hacker hanno preso il controllo di una Jeep Cherokee (freni, acceleratore e chiusura delle porte) allo scopo di dimostrare la vulnerabilità dei sistemi informatici installati sulle auto, questo è un precedente che testimonia l'inaffidabilità delle protezioni attuali.

#### 5.4.1 Ciber sicurezza

Mary Barra Chief Executive Officer della General Motors nel luglio 2016 ha commentato che la sicurezza dell'auto diverrà un problema di pubblica sicurezza: "un incidente informatico non è un problema solo per la casa automobilistica coinvolta. È un problema per ogni casa automobilistica del mondo". Avendo ribadito sia per i veicoli connessi che per quelli a guida autonoma o automatizzata, l'importanza della fiducia dei consumatori in questi mezzi, comprendiamo la perdita indotta da un attacco (riuscito) ad uno di essi. Non sarebbe per l'appunto un colpo a quel distinto veicolo sarebbe una cicatrice per l'intera categoria di veicoli. Soprattutto dopo l'impaziente attesa di veicoli tecnologici, una loro debacle avrebbe risonanza su tutti i tipi di media.



Figura 190 - fonte: Unece recommendation cybersecurity, 2019

L'Unece individua le possibili direzioni dell'attacco informatico. Indirizzato al server, con l'obiettivo di rubare le informazioni personali ivi contenute oppure manometterle o distruggerle (data breach); indirizzate al canale comunicativo per immettere virus che possano infettare parti del sistema del veicolo, per ottenere un accesso a parti protette da un accesso di tipo privilegiato (amministratore), per rubare o danneggiare dati memorizzati, per trasmettere dei messaggi non autorizzati; alla piattaforma virtuale da cui si scaricano gli aggiornamenti, per inserire all'interno di essi dei componenti dannosi o per sostituire-aggiungere ad un aggiornamento consono ed autorizzato, uno illegale; alle connessioni esterne del veicolo, attraverso wireless a corto raggio oppure attraverso un tipo di controllo da remoto, sfruttando un servizio necessario effettuato da terzi (riparazioni, servizio d'assistenza ecc ...). Oppure attraverso le porte esterne (USB, OBD II). È importante evitare un sistema segregato solamente "in orizzontale", serve aggiungere a questa

configurazione un multi stato “verticale”. In modo che una breccia non comporti la caduta in mano nemica di tutte le informazioni contenute nel livello sottostante, ma solo di quelle compartimentate nel settore in cui vi è stata la penetrazione.

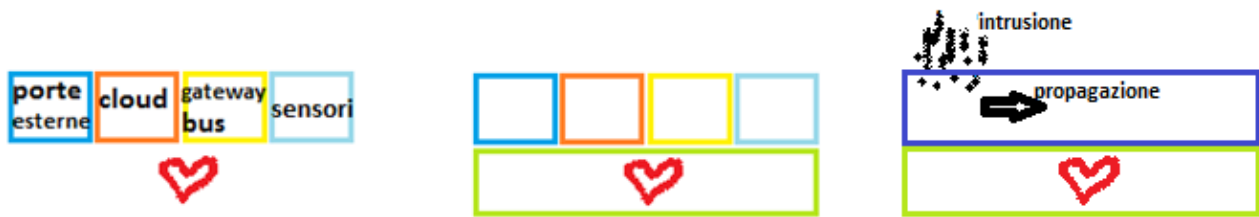


Figura 191 - Sinistra la segregazione solo in orizzontale, al centro la doppia segregazione, a destra la segregazione solo verticale

Nell’immagine di sinistra, una volta che l’attacco è andato a buon fine, è possibile penetrare ad uno strato superiore più facilmente mentre la protezione a compartimenti resta valida per i compartimenti posti sullo stesso livello; nell’immagine centrale invece, portato a buon fine un primo attacco, per intaccare altri sistemi bisogna riuscire a superare le protezioni in ambo le direzioni. Nell’immagine di destra la protezione è solo in verticale allora, con una prima intrusione, si avrebbe il collasso dell’intero sistema perché più servizi in contemporanea cadrebbero nelle mani degli hacker.

Nella protezione dei sistemi elettrici vi sono delle protezioni indirette e dirette. Quelle dirette volte ad evitare i contatti diretti delle persone-animali con una parte sotto tensione sono prevalentemente dei rinforzi. Vi sono rinforzi detti rinforzati che hanno un doppio rivestimento (primario + secondario), ma ve ne è anche un tipo detto rinforzo speciale che ha un solo strato con caratteristiche di protezione equivalenti a quelle dei rinforzi: primario + secondario [appunti del corso Sicurezza Elettrica, Federica Foadelli]. Questo farebbe pensare di fare una segregazione orizzontale e verticale, eseguo una difesa doppia ma di un solo strato, così da risparmiare, in realtà non è così perché nella situazione elettrica si sta proteggendo un oggetto e quindi proteggerlo con:  $A+B$  (rinforzato) oppure con  $C=A+B$  (speciale), ottengo una protezione equivalente, mentre nel caso del veicolo devo proteggere un insieme di funzioni connesse tra loro, e quindi se cede quel unico strato “doppio”, vengono infettati tutti gli elementi. Se ho due strati “singoli”, superato il primo abbiamo sì la perdita delle funzioni di quel settore (non di tutte) ma l’unità di monitoraggio ha il tempo necessario per rilevare l’intrusione e comunicare con l’unità di elaborazione centrale. E’ poi fondamentale la protezione su ogni strato e ogni compartimento perché non si può prevedere da che parte arriverà l’attacco. In seguito all’intrusione, l’unità centrale può degradare il sistema attraverso una manovra a minimo rischio (M.R.M, paragrafo 5.1.4) ed avvisare il guidatore.

In [76] dopo aver evidenziato le possibili direzioni di attacco (1. ... 4.), fornisce qualche indicazione aggiuntiva: l’attacco potrebbe essere condotto attraverso una falla nel software, un operatore che abusa delle sue credenziali di accesso privilegiato al veicolo (ad esempio per rubare e rivendere segreti industriali); potrebbe essere perpetrato da un ID non autorizzato o riconosciuto (questa possibilità non sussiste nel caso dei C-ITS, dove nel sottocapitolo P.K.I. si sono viste le protezioni in atto), attraverso la tipologia dell’Uomo nel mezzo, inviando numerosissimi messaggi fasulli così che il canale di comunicazione è come se fosse “intasato” e diventa inservibile per le altre comunicazioni, con un Black hole attack: alcuni messaggi vengono bloccati, senza informare il sistema dei messaggi mancanti (Bergin, 2015), con virus contenuti nei messaggi provenienti dalla diagnostica, dal fornitore di servizi, dal produttore del veicolo, dall’officina di riparazione ed eventualmente trasmessi via X2V, grazie ad una carenza nelle protezioni. Nel caso degli aggiornamenti l’attacco può avverarsi attraverso il servizio “over the air” con cui si mantiene aggiornato il veicolo, attraverso una “backdoor” lasciata intenzionalmente disponibile durante la fase di progettazione, per una carenza di protezioni o una non considerazione di tutte le possibili minacce.

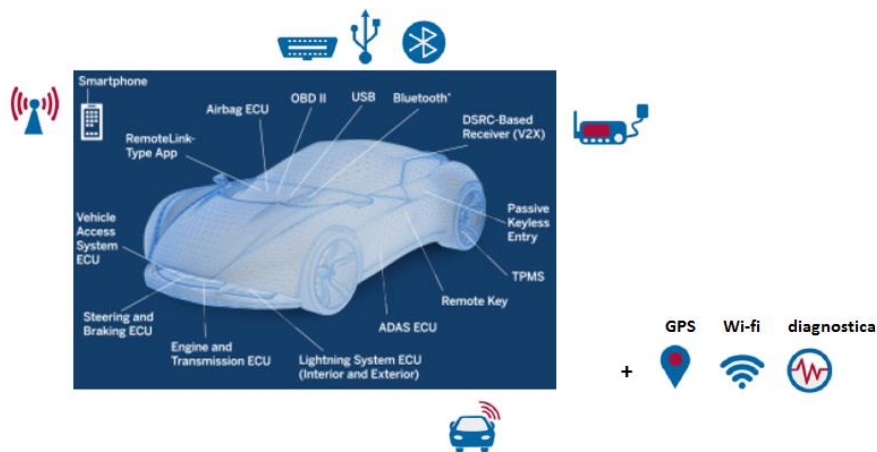


Figura 192 - Potenziali superfici di attacco informatico fonte: *car of the future, trends in next generation auto motive, Intel*

La parte software può essere manipolata-infettata senza che vi siano ricadute sulle prestazioni offerte dal veicolo. Come nel caso di inserimento all'interno di un aggiornamento verificato, di una parte di codice malevolo che possa, ad esempio servire alla trasmissione di dati verso l'esterno. Non si deve dunque, pensare solamente al danneggiamento materiale del mezzo o al degradamento delle sue funzioni. Così come non si deve pensare solamente ad hackeraggi rivolti al veicolo da terzi, infatti può essere il proprietario stesso a falsificare i suoi dati. Per segnalare ad esempio una velocità inferiore ai limiti mentre in realtà si sta muovendo al di sopra di essi, oppure l'utilizzo di un ID differente in modo da impersonare il beneficiario di alcuni pass (zona a traffico limitato, corsia preferenziale) o anche per far pagare il pedaggio ad un altro veicolo.

Alcune delle considerazioni proposte per queste problematiche verranno spiegate nel discorso inerente l'ENISA (5.4.3), altre le citiamo ora. Per verificare l'integrità del messaggio trasmesso, tra le altre, è possibile ricorrere al hashing. Una tecnica che si basa sulla funzione di Hash per criptare il messaggio e per riconoscerlo. Dato un messaggio la funzione di Hash vi associa una stringa di codice -criptaggio-. La stringa assegnatogli è un riconoscimento univoco di quel messaggio, viene infatti chiamata impronta digitale. Impronta con la quale si va a controllare l'autenticità della trasmissione; se è presente avvio la trasmissione altrimenti no) [<https://it.wikipedia.org/>].

Una tecnica più basilare che va bene come primo livello di firewall, è il packet filtering. Consente di far procedere solo le trasmissioni dati che contengono alcune caratteristiche, e di rimandare indietro quelle che non ne sono dotate. Non sono in grado, in alcuni casi, di verificare che l'ID è trasmittente è falso ed inoltre il numero di caratteristiche che controllano sono ridotte, per questo va bene come scrematura iniziale [<https://www.codexsprawl.com/>]. Imporre l'utilizzo del metodo HTTP "POST" per il collegamento con il server, e non attraverso il metodo HTTP "GET" (comunemente usato per richiedere dati). A proposito della sessione http, il tempo di inattività, tempo per cui la sessione rimane aperta non essendo utilizzata, e senza aver fatto il logout da parte dell'utente. Ad esempio per una dimenticanza o c'è stato il passaggio ad un'altra attività, lasciando quella precedente aperta. Questa durata entro cui resta inattiva senza che il server la disconnetta andrebbe impostata su un valore non eccessivo, ad esempio SESSION\_TIMEOUT = 3600 "significa 60 minuti perché viene espressa in secondi" così da evitare un possibile proseguimento da parte di un estraneo. A questo proposito si vedrà come l'ENISA auspichi una nuova reautenticazione ogni volta che si riprende l'attività precedentemente interrotta per le funzioni inerenti la sicurezza.

---

# 504 Gateway Time-out

---

openresty

Figura 193 - Messaggio di errore 504

Due tecniche per la protezione dai così chiamati replay attacks (persona terza che invia messaggio con IP di un'altra) sono il timestamping con cui chi invia mette l'orario così chi riceve controlla che sia compatibile con i tempi di risposta degli altri messaggi, e il freshness value "[...] aggiornare le chiavi condivise ad ogni avvio ed utilizzare un valore di aggiornamento ripristinato. Tuttavia dato il conteggio imprevedibile, asincrono e diseguale dei cicli di riavvio della ECU dopo l'accensione; il protocollo di accordo tra trasmittente e ricevente è complesso e richiede tempo" [<https://www.eenewsautomotive.com/news/securing-can-communication-efficiently-minimal-system-impact/page/0/4>].

Nella sicurezza informatica, un Sandbox è un meccanismo per eseguire applicazioni in uno spazio limitato. Solitamente fornisce un ristretto e controllato set di risorse al programma che deve essere testato. Di norma l'accesso alla rete, la possibilità di ispezionare il sistema ospitante e la lettura dei dispositivi di input sono disabilitati o altamente ristretti e vi è un'area ristretta di memoria a disposizione. Data la capacità di fornire un ambiente estremamente controllato, le Sandbox sono solitamente utilizzate per eseguire programmi non testati, non attendibili, non verificati o provenienti da parti non riconosciute (come utenti o siti web), senza rischiare di infettare il dispositivo ospitante [[https://it.wikipedia.org/wiki/Sandbox\\_\(sicurezza\\_informatica\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Sandbox_(sicurezza_informatica))]. Può essere sfruttato sia in fase di test dai produttori di servizi sia dagli utenti finali nel momento del update, anche se andrebbero scaricati solo le applicazioni con alto grado di affidabilità, dunque servirebbe un apposito ente certificatore.

L'organizzazione delle Nazioni Unite attraverso il WP.29, indica come Il produttore del veicolo deve garantire per tutta la "vita" del veicolo l'aderenza al protocollo sulla ciber sicurezza e mettere in atto fin dalla fase di progetto tutte le disposizioni disponibili per proteggere in modo adeguato il veicolo. Questa buona pratica evita per esempio che un servizio aggiunto in una fase finale del processo d'implementazione, si ritrovi al di fuori del "perimetro" di difesa. E' un processo che ovviamente non si esaurisce con la vendita del veicolo. Fornire una garanzia del prodotto per tutta la sua durata significa che il produttore dovrà rimanere impegnato, nella valutazione del rischio apportato da nuove minacce informatiche rispetto alle contro misure adottate nel momento della fabbricazione. "Risk management è un'attività che include la valutazione e la comparazione del rischio e lo sviluppo, selezione e implementazione delle misure di controllo atte a variare il risultato" (Some Thoughts on Real Risk Management di Gordon Graham, 2016). Non solo se compare una nuova minaccia non preventivata, ma anche se è stata ideata una contro misura più efficace il produttore dovrebbe mettere a disposizione una risposta adeguata. Tramite un richiamo in azienda oppure con un aggiornamento. Notiamo come nasca un problema centrato sulla questione economica: il produttore se dovesse a sue spese riaggiornare tutti i veicoli avrebbe un costo troppo elevato. Se lasciata in capo al proprietario diverrebbe un onere aggiuntivo al maggior costo di listino di un veicolo a guida automatizzata o autonoma, che porterebbe meno vendite e dunque un minor impatto positivo di questo tipo di tecnologia. Come si è già ribadito, così come per i C-ITS, annovera i maggiori vantaggi (personali e collettivi) con il crescere della percentuale di questi veicoli in circolazione. In alternativa il proprietario potrebbe non farsi carico di queste spese di aggiornamento e lasciare così spazio ad una decrescita della sicurezza del veicolo, che si ripercuoterebbe sulla sicurezza della circolazione. Al momento non è conoscibile se l'aggiornamento o l'adeguamento del veicolo sarà vincolo ad esempio per rinnovare l'assicurazione. Potrebbe essere una possibilità per alcune compagnie, fornire il servizio aggiornamento gratuito come forte indicazione di

marketing verso la scelta dei propri veicoli oppure da parte di compagnie assicurative che stipulano contratti di assistenza con le case costruttrici sul tema dell'aggiornamento e mantenimento in sicurezza dei veicoli. Dato l'aspetto sociale potrebbero essere anche gli stati a farsene carico, almeno in parte.

Nel documento dell'Unece si introduce il certificato di conformità per la Cyber Security Management System (CSMS). In essa convergeranno la valutazione dei rischi connessi alla ciber sicurezza e le misure di mitigazione e protezione messe in atto. L'Approval Authority del servizio tecnico, deve garantire che il produttore abbia implementato i processi necessari per conformarsi a tutti i requisiti legali, da esso rilevanti per la sicurezza informatica. Il certificato di conformità per la CSMA ha validità per tre anni poi l'Approval Authority deve rivalutarlo. Durante questi tre anni comunque la Approval Authority, notata un'eventuale inadempienza del costruttore può ritirare la certificazione. Quando il produttore avvisa l'Approval authority che vi sono in atto dei cambiamenti inerenti la protezione informatica, essa potrebbe richiedere dei controlli o nuove misure di mitigazione-difesa.

Il CSMS comprende i processi utilizzati per l'identificazione e il trattamento dei rischi, i processi utilizzati per testare la sicurezza del sistema e quelli per rilevare e rispondere agli attacchi informatici, le strategie progettate per reagire in modo appropriato alle nuove (e costantemente in evoluzione) minacce informatiche. I fornitori e i fornitori dei servizi dovrebbero fornire prove sull'attuazione del loro sistema di gestione della ciber sicurezza (CSMS) al costruttore dei veicoli (con cui stringono rapporti commerciali), come indicato nel regolamento UNECE. Ai fini della trasparenza, gli OEM dovrebbero fornire simili prove ai propri fornitori di beni e servizi.

#### 5.4.2 Attacchi terroristici con veicoli

L'attacco informatico non è l'unico a cui possono essere collegati i veicoli a guida automatizzata ed autonoma, vi è anche la tipologia di attacco fisico rappresentato dal veicolo equipaggiato con del materiale esplosivo, infiammabile, radioattivo. Mario Buda è stato un anarchico italiano, considerato l'inventore dell'autobomba. Il verbo considerare è dovuto all'attribuzione dell'attentato di Wall Street del 1920 (primo nel suo genere), di cui però non sono mai state raccolte prove, a suo carico, complete. [[https://it.wikipedia.org/wiki/Mario\\_Buda](https://it.wikipedia.org/wiki/Mario_Buda)].

James Niles, presidente del Orbit City Labs commentò: "Potresti avere il veicolo più sicuro, la massima sicurezza informatica ed il più stretto controllo dei dati sulla privacy ma essere ancora spalancato ai cattivi che possono: caricare il veicolo con esplosivi, immettere le coordinate, chiudere la porta ed inviare il veicolo a destinazione". In questa affermazione ritroviamo due delle tre caratteristiche che stiamo analizzando in questa tesi: ciber sicurezza e salvaguardia della privacy.

Le autobombe, "...compensano con l'efficacia quello che manca nella sofisticazione del materiale ..." [The Human Use of Human Beings, Lewis]

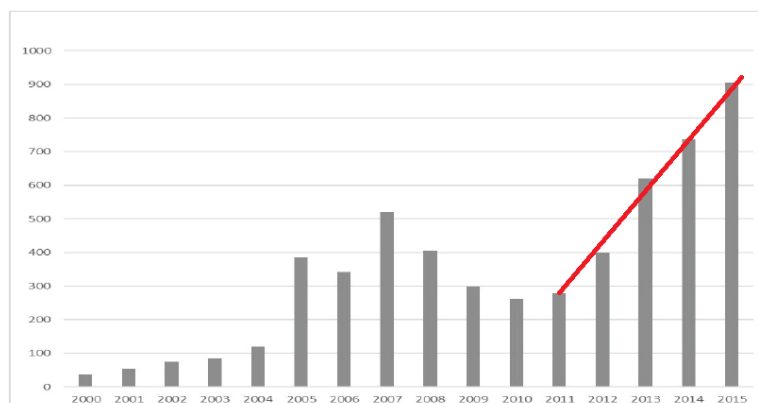




Figura 194 - Attacchi con autobomba nel mondo dal 2000 al 2015 fonte: *the human use of human beings*, Lewis

Notiamo il trend in crescita e il valore massimo raggiunto nell'ultimo anno della rilevazione.

Attualmente l'uso di veicoli per fare azioni terroristiche è favorito dall'agile reperimento del veicolo. Con i veicoli a guida autonoma la disponibilità sarà minore e maggiore sarà la difficoltà nel rubarli o il prezzo nell'acquistarli. D'altro canto i vantaggi saranno la miglior precisione nel colpire il bersaglio (il sistema computerizzato è migliore di una conduzione umana), nessun ripensamento da parte del terrorista, la possibilità di fare fuoco dal veicolo mentre esso si sposta in autonomia [Harris, FBI Warns Driverless Cars Could Be Used as Lethal Weapons], l'azzeramento della possibilità che il conducente-terrorista venga intercettato prima dell'azione, l'azzeramento del rischio che parli dell'azione da compiere con amici-famigliari o sui social media, una ridotta quantità di evidenze scientifiche (ovvero l'esplosione sciogliendo i circuiti del veicolo potrebbe cancellare le prove). Va aggiunto che a fronte di una spesa bassa per confezionare un veicolo-bomba le tecnologie per riuscire a rintracciarlo sono onerosissime (un continuo lavoro di intelligence atto a prevenire l'azione).

"[...] se si vuole creare una strategia della tensione o demoralizzare una società, le autobombe sono l'ideale" [Davis, "Poor Man's Air Force], inoltre va aggiunto che già i primi veicoli senza pilota disponibili al pubblico (i droni) sono stati utilizzati per provare a compiere un attentato. Quindi è necessario prevedere le azioni di mitigazioni a fronte di veicoli carichi di materiale dinamitardo, guidati in remoto.

Threat Description	Explosives Capacity	Mandatory Evacuation Distance	Shelter-in-Place Zone	Preferred Evacuation Distance
Pipe Bomb	5 lbs	70 ft	71-1199 ft	+1200 ft
Suicide Bomber	20 lbs	110 ft	111-1699 ft	+1700 ft
Briefcase/Suitcase	50 lbs	150 ft	151-1849 ft	+1850 ft
Car	500 lbs	320 ft	321-1899 ft	+1900 ft
SUV/Van	1,000 lbs	400 ft	401-2399 ft	+2400 ft
Small Delivery Truck	4,000 lbs	640 ft	641-3799 ft	+3800 ft
Container/Water Truck	10,000 lbs	860 ft	861-5099 ft	+5100 ft
Semi-Trailer	60,000 lbs	1570 ft	1571-9299 ft	+9300 ft

Figura 195 - Caratteristiche delle tipologie di attacco esplosivo fonte: US department of homeland security, 2019

Notiamo che la distanza minima per salvarsi dall'esplosione di una macchina imbottita di esplosivo sono quasi 100 m (320 ft) ma che la "zona verde" è posta a 579 m (1900 ft), che si estende ai 1158 m (3800 ft) per un camioncino.

Di seguito è riportato lo schema usato da alcuni ricercatori per hackerare un veicolo. Inviando messaggi SMS accuratamente realizzati, ad un dongle (figura 195) collegato al cruscotto di una Corvette, sono stati in grado



di trasmettere comandi al BUS-CAN dell'auto (rete interna che controlla i componenti fisici di guida), accendendone i tergicristalli ed abilitando-disabilitandone i freni [<https://www.wired.com/2015/08/hackers-cut-corvettes-brakes-via-common-car-gadget/>].



Figura 196 Dongle fonte: wikipedia

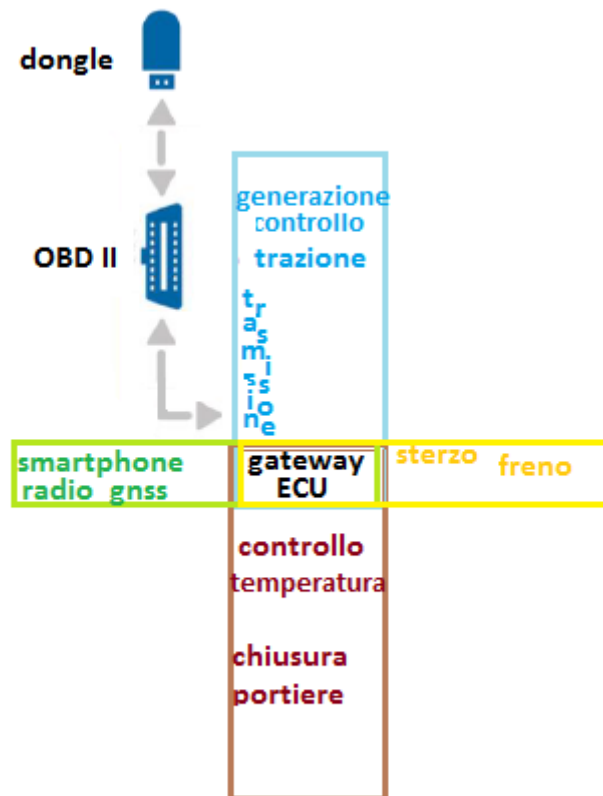


Figura 197 Per mostrare come violando la protezione del Gateway, il dongle si troverebbe in contatto con diversi sottosistemi (tra cui i freni come da esempio della Corvette)

Esempi come questo appena descritto, hanno fatto immaginare ad alcuni autori la possibilità di vedersi richiedere un riscatto per “liberare” il proprio veicolo da un controllo in remoto. Queste idee fanno pensare a come, l’immaginazione dei cattivi non ha eguali nella parte di campo opposto, e che quindi i tutori della legge ed i costruttori di veicoli siano sempre un passo indietro. In realtà nel passato più volte il settore dell’automotive ha atteso che emergesse il problema per poi cercarne la soluzione. Su di un campo scivoloso come quello della sicurezza informatica dei veicoli, attendere l’attacco per poi intraprendere una strategia di difesa potrebbe rivelarsi un sacrificio evitabile:



Figura 198 Differenza tra sacrificio evitato e sacrificio evitabile fonte: thesun.com.uk (Dunkirk, foto sinistra), www.improntalaquila.com (Pearl Harbor, foto a destra).

Siamo dell'idea che non si possa utilizzare una tecnica di attesa ovvero che un'organizzazione di malintenzionati effettui la strategia di attacco dei "computer zombie" applicata alle macchine. Quando essi riescono a prelevare il controllo dal legittimo proprietario ed indirizzare i veicoli verso un solo obiettivo è troppo tardi. Sia per i pc che per i veicoli, indirizzare numerosi oggetti contro una singola difesa aumenta la possibilità di farla collassare. Non è da pensare solo come attacco fisico, può benissimo essere l'invio di centinaia di messaggi da parte dei veicoli "zombie" contro un veicolo.

Il passeggero nel caso di sabotaggio del veicolo potrebbe chiamare il 112, però è difficile che le forze dell'ordine giungono sul posto in tempo per evitare uno schianto. Serve dunque rendere il veicolo in grado di reagire ad un'intrusione, nel caso non sia riuscito ad evitare la penetrazione all'interno del proprio sistema. Nel caso dei veicoli connessi, quando ve ne saranno molti in circolazione, magari potrebbe inviare un apposito DENM ed il mezzo ricevente si porterebbe davanti al veicolo (sotto controllo da parte dell'intruso) mantenendolo così rallentato fino all'arrivo della polizia.

Ci pare irrisolvibile il problema di evitare che vengano caricati su di un veicolo di LV 5 uno o più ordigni e che siano inviati ad una determinata coordinata. Irrisolvibile perché non è possibile agire preventivamente: acquistare un veicolo di LV 5 non ha correlazioni con il volerlo far esplodere, il veicolo non può avere un'unità centrale di elaborazione tale per cui; riesca a verificare che il proprietario non ha nessun interesse ad inviare il proprio veicolo a quella coordinata, non esiste uno scanner installabile nel veicolo che rilevi tutti i possibili dispositivi; più o meno rudimentali. Allo stesso modo durante il viaggio non è possibile capire che il veicolo sia diretto verso il compimento di un attentato.

L'unica soluzione secondo noi è post deflagrazione, rendendo il veicolo in grado di non esplodere per limitate quantità di esplosivo, cioè che sia progettato per fare da scudo tra la bomba e l'obiettivo. Auspicando un circolo vizioso positivo tra le case automobilistiche, che vedano la progettazione degli interni anche per minimizzare gli effetti di un'esplosione, ed inizino una gara su chi progetto l'abitacolo più sicuro. Puntiamo maggiormente sulla spinta impressa dalla libera concorrenza piuttosto che attendere misure politiche. Si è già detto, a proposito delle barriere all'introduzione dei veicoli connessi, che le intenzioni dei politici si orientino alle opere realizzabili in poco tempo così da averne un ritorno elettorale. L'eventuale vantaggio di poter risalire al proprietario tramite la scatola nera (se non divenuta illeggibile a seguito dell'esplosione) non serve ad evitare i danni dell'attacco. Come si è detto elencandone i vantaggi, principalmente verrebbe sfruttata l'assenza di una persona a bordo quindi questo sarà possibile solo con i veicoli di LV 5 che non saranno immessi sul mercato nel breve periodo perciò auspichiamo che con il tempo la tecnologia possa venirci in aiuto ancora una volta.

Nella tesi [82], l'autore parla di possibile previsione degli attacchi, analizzando i percorsi. Ad esempio i veicoli che sono stati inviati in zone in cui non sono mai stati prima di allora e dove si trova qualcosa di particolare (nell'esempio era uno stadio, ma pensiamo anche a tribunali, scuole, stazioni di polizia) se vengono rinviati una seconda volta deve scattare un allarme. Il fatto è che la libertà dell'individuo può portarlo da un giorno all'altro ad effettuare una azione che non aveva mai compiuto prima (senza avere interessi criminali) e comunque servirebbe la memorizzazione permanente e completa di tutti gli spostamenti del veicolo dalla sua immatricolazione. Quest'ultima cosa è assolutamente illegale. Si è parlato della scatola nera che memorizza i 20 secondi precedenti l'impatto e della e-call che mantiene traccia delle sole ultime tre posizioni. Essendo dispositivi inerenti le indagini sull'accaduto e di sicurezza (la e-call) viene concessa loro una memorizzazione, seppur breve. Nel proseguo della [82] l'autore ripete più volte la necessità di sensori biometrici nel veicolo per riconoscere gli occupanti, fino ad indicare alla pagina 101 di 123: "User-authentication for the purposes of eliminating anonymity will be crucial for mitigating the threat". Noi sguainiamo la spada della libertà di fronte alla condizione di farci intimidire, fino a limitare i nostri diritti, dinanzi ai terroristi. A parte ciò vi è anche una motivazione materiale, questo tipo di "grande fratello a quattro ruote" ridurrà il numero di persone disponibili ad acquistarlo (effetto negativo) oltre a non evitare la possibilità di commettere un'azione terroristica. Ci troviamo invece d'accordo con K. S. Knopf quando dice, che dei sensori dovranno essere installati sui veicoli di consegna in modo che se un pacco eccede il range di peso indicato non venga caricato sul veicolo. Se un pacco che, da bolla di carico, dovrebbe essere scaricato ad una destinazione, viene rilevato dai sensori ancora presente sul mezzo oltre quella destinazione, potrebbe scattare una segnalazione. Ad esempio il video della videocamera potrebbe essere inviato al centro spedizioni dell'azienda, ed essa rilevato il mittente del pacco lo contatta telefonicamente.

Finiamo con l'indicare che servizi C-ITS come il Wrong way warning o il Reservation lane favoriscono i veicoli tecnologici nella prevenzione di atti criminali rispetto a quelli definiti normali. La possibilità di avvertire che un veicolo sta percorrendo una strada in verso opposto permetterà ai veicoli che lo incrociano di essere più reattivi. La segnalazione di aver varcato una linea di delimitazione, con i veicoli di LV 4 può trasformarsi in un'azione automatizzata del veicolo, che si riporta in carreggiata. Si evita così che un terrorista porti il veicolo all'interno di una pista ciclabile o di un marciapiede e inizi ad investire pedoni o ciclisti, come purtroppo è già avvenuto in passato, anche in Europa (Francia e Germania) e negli USA (New York). Se vi è una folla (come può accadere su un lungomare), anche avendo entro 1 secondo dalla collisione l'avvio della procedura automatizzata per evitare una collisione (si veda la parte dove abbiamo analizzato la [72]), potrebbe essere impossibile evitare tutti i VRU.

"[...] Stiamo vedendo l'ascesa di un terrorismo Lowtech, come lo speronamento con i veicolo in spazi pubblici, spesso ispirati alla propaganda online." Parole della commissaria alla sicurezza dell'Unione europea, Julian King, febbraio 2018. L'immagine seguente è la riprova di quanto detto, rappresenta il numero di attacchi terroristici compiuti con autovetture all'interno dei confini europei.

dal 2014 gli attacchi terroristici eseguiti con veicoli sono il 7% del totale. A fronte di questo valore basso ve ne sono due preoccupantemente alti: 45% i feriti e 37% di morti, rispetto a tutti gli attacchi che hanno avuto luogo in Europa.

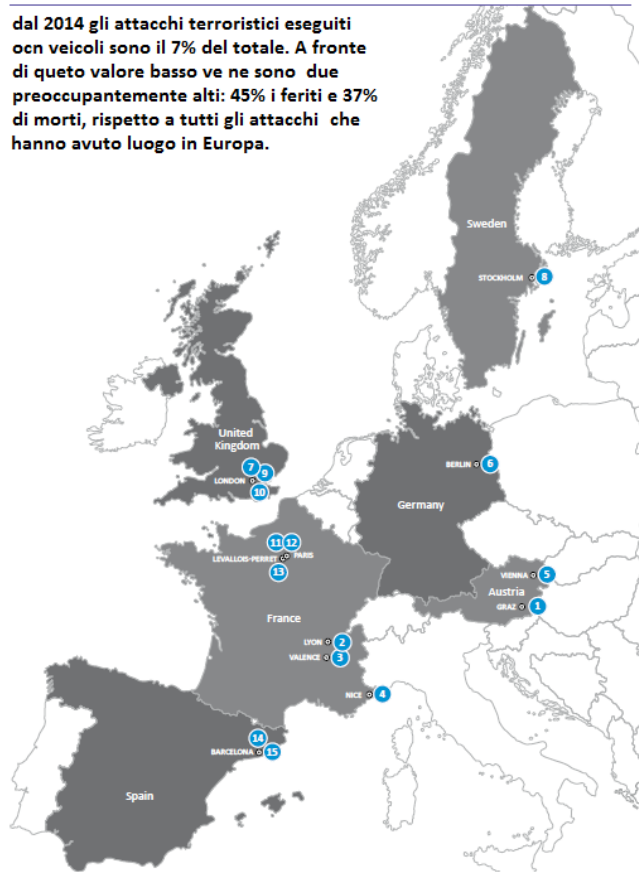


Figura 199 - Distribuzione del numero di vittime a seguito di attacchi con veicoli in Europa, dal 2014 fonte: British Vehicle Rental & Leasing Association (BVRLA), *Vehicles as weapons: a threat and policy assessment for the UK vehicle rental sector*, Marzo 2018

Una nota non classificata del maggio 2017, emessa dalla TSA afferma: "è probabile che i gruppi terroristici continueranno ad incoraggiare gli aspiranti attaccanti, ad impiegare tattiche non sofisticate del genere: speronamento con veicolo. Poiché questi tipi di attacchi minimizzano il potenziale per una loro rilevazione prematura, e possono infliggere danni mortali in caso di successo." [<https://info.publicintelligence.net/TSA-VehicleRamming.Pdf>].

### 5.4.3 ENISA

L'ENISA è l'agenzia europea per la difesa delle reti informatiche e delle informazioni comunicate attraverso di esse. È stata istituita nel 2004 attraverso la regolamentazione EU 460/2004. La sede è sull'isola di Creta mentre la parte operativa è gestita dalla sede di Atene.



Figura 200 - Obiettivi della ENISA [articolo 5 della UE 2019/881] fonte: ramboll management consulting, basato sul sito dell'agenzia stessa (modificato)

NIS Network Information Security, direttiva [81] identificare le principali minacce informatiche, i rischi e gli scenari di attacco rivolti alle auto tecnologiche. In seguito studiare le misure di sicurezza in base alle minacce e ai rischi rilevati e sostenere gli stati membri nell'attuazione delle pratiche per la protezione dei dati e della vita privata dei cittadini, sono i compiti che le spettano. Per quanto concerne la protezione dei dati, all'articolo 51 della [80] si dice che i dati vanno salvaguardati dall'accesso, dall'archiviazione, dal trattamento e dalla divulgazione non autorizzati (punto A). Dall'alterazione e dalla perdita (al punto B). Al punto (C) del medesimo articolo si indica come le persone, le macchine ed i programmi autorizzati devono poter accedere esclusivamente ai dati, ai servizi e alle funzioni, per i quali dispongono del diritto d'accesso. Al punto (E) si impone la registrazione dei dati, dei servizi e delle funzioni che sono stati utilizzati, trattati, consultati. Oltre che della registrazione di chi ed in quale momento li ha utilizzati, trattati o consultati. "Ricalca molto le prescrizioni già trattate in precedenza per quanto riguardava la protezione della PKI [62]. Infatti gli anni delle due pubblicazioni sono ravvicinati: 2018 per il certificato dei C-ITS e 2019 per quello della cyber security. "

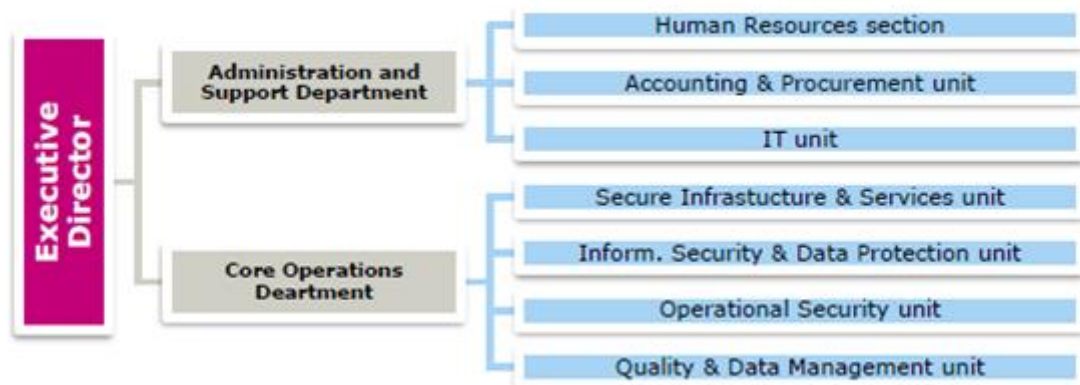


Figura 201 - Struttura dell'agenzia fonte: sito web dell'ENISA

Dall'articolo 13 della [80] si legge la struttura dell'agenzia, che è così composta: il consiglio di amministrazione, composto da un membro per ciascuno stato partecipante, con mandato di quattro anni (rinnovabile), più due membri nominati dalla Commissione Europea; il comitato esecutivo che assiste il consiglio di amministrazione, ed è composto da cinque membri (con mandato rinnovabile di quattro anni), si riunisce almeno ogni tre mesi; il direttore esecutivo attua le decisioni del consiglio, prepara il documento unico di programmazione, elabora la relazione annuale sulle attività svolte, redige lo stato di previsione entrate e spese, scambia informazioni ed opinioni con le istituzioni europee in materia di ciber sicurezza, infine può istituire dei gruppi di lavoro; il gruppo consultivo, i cui membri hanno mandato di due anni e mezzo, e da ultimo vi è una rete di funzionari nazionali di collegamento. Questi ultimi, oltre a sostenere l'agenzia nella diffusione dei risultati ottenuti, delle attività svolte e delle raccomandazioni raccolte, svolgono una funzione di collegamento tra l'ENISA ed i vari esperti nazionali. Ogni stato membro della UE designa un funzionario.

Nella [80] all'articolo 52 paragrafo 1 sono definiti tre diversi livelli di affidabilità: base, sostanziale, elevato. In base al livello cambia la protezione nei confronti degli attacchi, e dal punto di vista burocratico, l'ente che certifica. Il certificato di livello elevato ad esempio è inteso come in grado di ridurre al minimo il rischio di attacchi informatici avanzati (commessi da persone con capacità e risorse significative). Al paragrafo 7 (sempre art.52) si dice come debbano essere intraprese, per il livello di affidabilità elevato, un riesame per dimostrare l'assenza di vulnerabilità note, un test per dimostrare che sono attuate correttamente le necessarie funzionalità di sicurezza, un test di penetrazione per valutare la resistenza.

Per il solo livello base potrebbe bastare l'autocertificazione del produttore o del fornitore (art.53). La certificazione europea per i livelli base e sostanziale è rilasciata dagli Organismi di valutazione della conformità (art.56 paragrafo 4). Però derogando al paragrafo 4 può essere, in alcuni casi debitamente giustificati, o un organismo pubblico accreditato come Organismo di valutazione della conformità o un'Autorità nazionale di certificazione a rilasciare il certificato europeo (art.56 paragrafo 5). Il livello elevato deve essere rilasciato da un'Autorità nazionale di certificazione. Anche se, l'Autorità può autorizzare (per quel caso in esame) oppure derogare (in forma continuativa) un Organismo di valutazione della conformità, a rilasciare il certificato di livello elevato (art.56 paragrafo 6). I certificati rilasciati sono validi in tutti gli stati membri della UE (art.56 paragrafo 10).

L'Autorità nazionale di certificazione è designata dal proprio stato membro (anche se non è vincolante che ne sia istituita una sola), collaborano tra loro e con la Commissione Europea. L'articolo 58 al paragrafo 7 ne definisce le funzioni, tra cui il controllo della conformità agli obblighi del fabbricante e dei fornitori e l'autorizzazione (per cinque anni, rinnovabile), la limitazione, la sospensione o la revoca dell'autorizzazione agli Organismi di valutazione della conformità. Le autorità nazionali degli stati membri compongono il gruppo europeo per la certificazione della ciber sicurezza (ECGG). L'ECGG ha i seguenti compiti (art.62 paragrafo 4): a) consigliare e coadiuvare la Commissione Europea per quanto riguarda, la certificazione della ciber sicurezza ed il programma di lavoro progressivo dell'Unione Europea. b) collaborare e consigliare l'ENISA. g) agevolare la cooperazione tra le Autorità nazionali di certificazione della ciber sicurezza tramite lo scambio di informazioni e la definizione di metodi per rendere più efficacemente questo scambio.

Riportiamo l'articolo 57, per sottolineare come la necessità di standardizzare le procedure ed i sistemi sia trasversale ai vari ambiti (uno degli obiettivi del C-ITS Platform è quello di avere un'omogeneizzazione tecnica, tra più stati possibili): "al fine di evitare la frammentazione gli stati membri non devono introdurre nuovi sistemi di certificazione sulla ciber sicurezza, per quei prodotti, processi e servizi che sono già coperti da un sistema di certificazione EU".

Per quanto riguarda gli Stati Uniti circa il problema della sicurezza informatica dei veicoli, sono state redatte delle pratiche di progettazione e di uso dei veicoli. Da parte, della NHTSA: Cybeseurity best practices for modern vehicles e della Auto-ISAC: Automotive Cybersecurity Best Practices. A fare da "capostipite" è stato



lo standard J306135, della Society of Automotive Engineers, SAE (la stessa responsabile del tipo di classificazione dei veicoli, utilizzata in questa tesi). Pubblicato ufficialmente a gennaio del 2016, è considerato il primo standard per la sicurezza informatica automobilistica. Fornisce una serie di principi e linee guida sulla sicurezza informatica per i sistemi dei veicoli, considerando l'interazione tra la parte meccanica e quella elettronica-informatica (interazione cyber-fisica).

Secondo l'ENISA [77] vanno raccomandati test di penetrazione nel sistema per valutare la capacità di superare la difesa attuale e correggere eventuali mancanze; percorsi di continuo aggiornamento e consapevolezza circa l'uso della nuova tecnologia ai proprietari, training continuo da parte degli operatori dei servizi al veicolo, e delle linee di produzione (in modo da utilizzare le tecniche progettuali all'avanguardia e riconoscere le nuove minacce), il ricorso alla crittografia (importante che non sia "improvvisata", ma già collaudata e certificata da un ente di comprovata affidabilità ed esperienza) di cui viene suggerita quella con generazione pseudo casuale, l'utilizzo di duplici sistemi di riconoscimento-validazione, la scelta di un numero di fallimenti consentiti nel tentativo di autenticarsi (oltre i quali sia impossibile procedere), l'utilizzo di password che siano complicate, non dei doppioni di altre, e non trascritte in qualche documento di testo, antivirus e firewall sul veicolo che permettano l'individuazione di programmi falsificati o pericolosi, la segregazione degli accessi remoti per evitare un'intrusione proveniente da essi e diretta al veicolo, l'uso dell'Inertial Navigation System (INS) in caso il segnale GNSS collassasse o non fosse disponibile (una versione più semplice è presente anche negli smartphone e si basa su degli accelerometri), il ricorso alla ridondanza nel caso dei sensori per non prendere delle decisioni sulla base di una sola fonte di dati (che potrebbe essere inesatta o essere stata hackerata) ma anche nel caso del software per garantire il continuo delle operazioni, magari in modalità ridotta o solamente per il compimento di una MRM, che le informazioni trasmesse all'utente siano comprensibili e l'utilizzo di cloud privati. Nel caso siano pubblici è vitale una risk analysis, prima di far iniziare il caricamento di dati su di esso. In caso di intrusione informatica (riuscita oppure no) consiglia all'azienda produttrice di stilare un rapporto circa l'incidente, comprendente il riconoscimento della tipologia d'attacco ed eventualmente dell'autore, le parti colpite, le misure che hanno funzionato e quelle che invece devono essere implementate ulteriormente. Essendo un reato, in caso di denuncia vi sarebbero comunque delle indagini da parte della pubblica autorità, però questo non deve significare la non compilazione di un rapporto interno all'azienda. Anche perché l'esito delle indagini è secretato fino all'inizio dell'eventuale processo.

L'utilizzo di password, complicate e non condivise con altri dispositivi, è importante per evitare che venga indovinata da chi prova ad introdursi nel sistema. I tentativi di scoprire la password vengono definiti, di tipo orizzontale e di tipo verticale. Nella tipologia orizzontale un algoritmo immette su tantissimi dispositivi una stessa password comune (che in base a qualche ricerca è stata individuata come molto utilizzata), in quella verticale invece l'obiettivo è uno e dunque si sperimentano moltissime password su di esso (provando ad indovinare quella corretta).

#### 5.4.4 Zone del veicolo minacciate e tipi di minacce

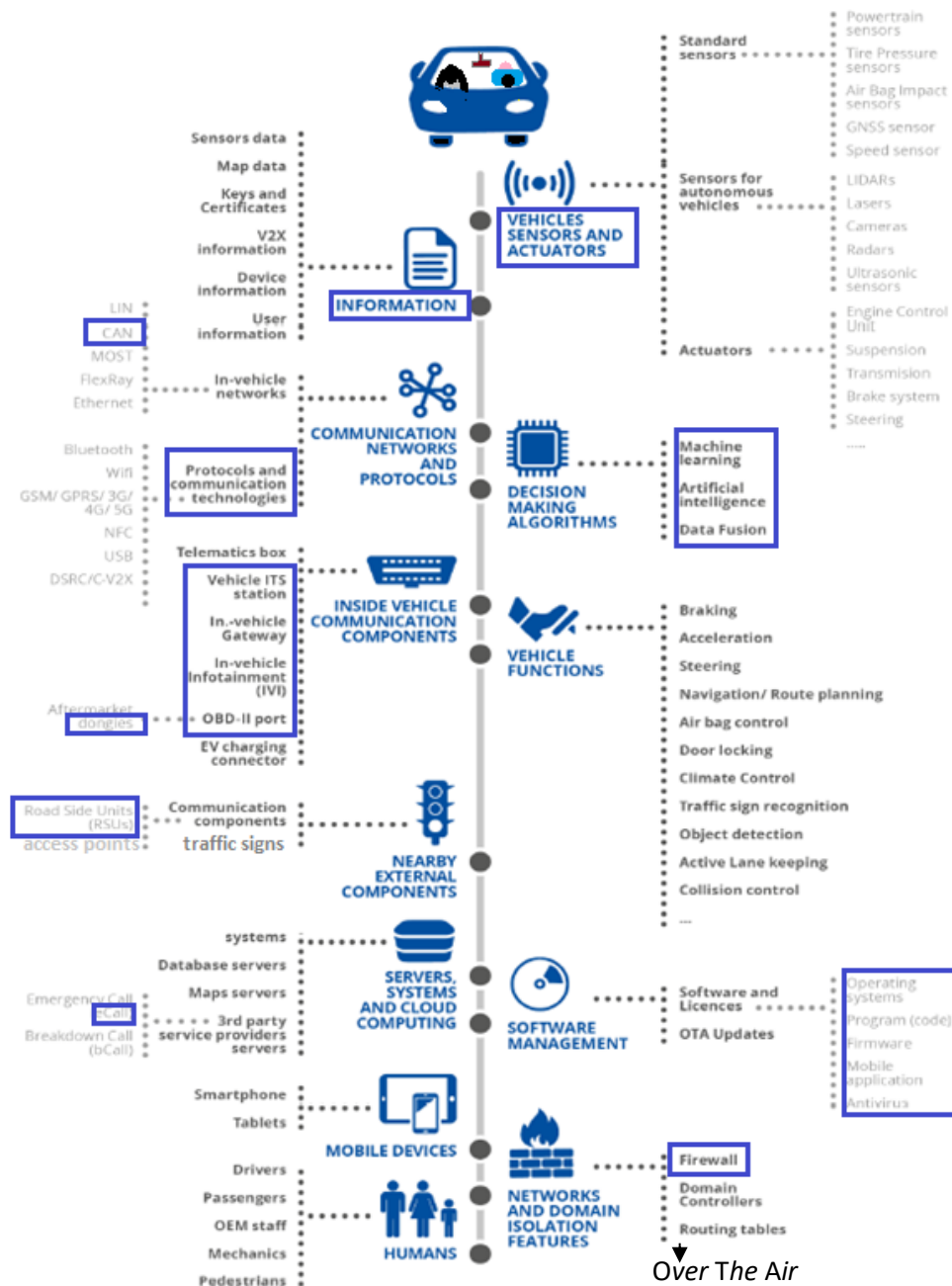


Figura 202 - Scomposizione delle attività ed interazione del veicolo fonte: ENISA practices for security of smart cars, 2019

In figura è mostrato il veicolo scomposto nelle sue varie parti, divise per attività. Ne seguito verranno analizzate singolarmente.



Comprendenti il sistema operativo installato nel veicolo, vari programmi (necessari per svolgere alcune funzionalità del mezzo), ma anche le app installate su smartphones e tablets con cui il veicolo tecnologico interagisce, l'antivirus e i vari firmware (così chiamata una parte di codice).



Quelli che nello schema precedente sono definiti come sensori standard, servono a captare e misurare alcuni eventi (ad esempio se la cintura di sicurezza è allacciata). Gli attuatori interagiscono con il sistema convertendo un segnale di tipo elettrico ricevuto dall'ECU in un'azione (ad esempio l'ECU ricevuto l'input del sensore che monitora la distanza dal veicolo davanti e valutato che è necessaria una EEB, invia il segnale alla pompa del freno per aumentare velocemente la pressione ed attivare il sottosistema frenante).



Machine Learning e l'Intelligenza Artificiale, insieme servono a far reagire in tempo reale il veicolo quando è governato dal sistema. Grazie alla Machine Learning il sistema potrà essere in grado di rispondere a situazioni nuove (cioè per cui non è progettato) grazie ai dati che ha collezionato nelle sue memorie. Il Data fusion algorithms combina i dati acquisiti da diversi sensori e dalla comunicazione con veicoli e infrastruttura (se disponibili), la sua "fusione" servirà all'intelligenza artificiale per elaborare le istruzioni da inviare agli attuatori.



La Telematics box è la componente a cui spetta la funzione della comunicazione, a corto e lungo raggio. La ITS station è la V C-ITS station che è già stata sufficientemente sviscerata nel capitolo sui sistemi C-ITS. L'In-Vehicle Gateway è il canale che mette in comunicazione la ITS station e la Telematic box, con i vari In-vehicle networks. Tra i quali: il Controller Area Network (CAN), il Local Interconnect Network (LIN) ed il Media Oriented Systems Transport (MOST).

L'In-Vehicle Infotainment è una funzione di svago per i passeggeri del veicolo. In quanto essi possono, tramite uno schermo touch, scegliere la playlist, fare minigiochi, vedere immagini e variare le impostazioni del veicolo, per quanto riguarda ad esempio l'aspetto grafico delle interfacce.

La porta OBD II serve ad inserire tramite la modalità plug 'n play, vari dispositivi ad esempio quelli per la diagnostica.

Infine l'EV Charging Connector serve a collegare il veicolo elettrico all'alimentazione.



Il Routing Table contiene le regole per la gestione dei pacchetti di dati ricevuti. Si era già parlato della tecnica del Packet Filtering (5.4.1). I sistemi di rilevamento delle intrusioni (IDS) consentono il monitoraggio automatico degli eventi in corso e li analizzano per rilevare eventuali segni di intrusione. I sistemi di prevenzione delle intrusioni (IPS) ogni volta che si verificano degli eventi possono, non solo segnalare ma anche eseguire determinate azioni specifiche nel tentativo di arrestare l'attacco.



Rileva non solo le persone presenti a bordo ed in particolare la situazione del guidatore (ad esempio se ha allacciato le cinture ed è concentrato) ma anche quali persone hanno accessi privilegiati da remoto tra i fornitori ed i tecnici della casa produttrice. Utile ad esempio in caso di irregolarità a trovare il responsabile.

Lo schema successivo rappresenta invece le possibili minacce.

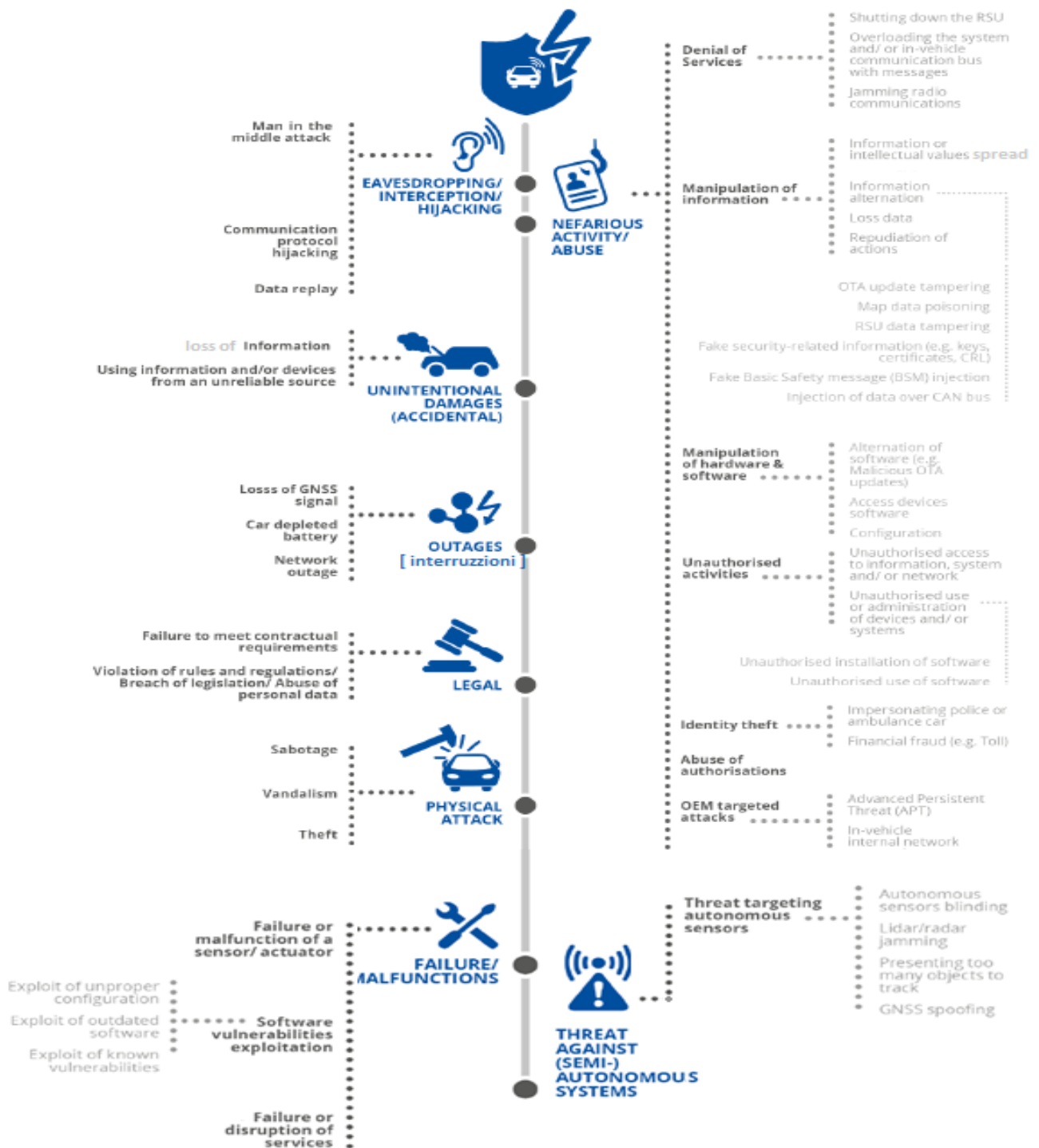


Figura 203 -Tipologia di minacce per le smart cars fonte: ENISA practices for security of smart cars, 2019



Denial of Service (DoS) sono attacchi volti a colpire il canale di comunicazione interno al veicolo (CAN bus) o le comunicazioni con le R C-ITS stations. Attacchi che avvengono attraverso l'invio di un'estrema quantità di messaggi o con la "jam radio" un rumore di sottofondo radio blocca la frequenza utilizzata per la comunicazione (Parkinson et al., 2017). Nel caso l'attacco provenga da più fonti vengono definiti DDoS (*Distributed Denial Of Service*).

I Malwares invece agiscono inibendo alcune funzioni oppure provocando comportamenti non voluti da parte del sistema. Fanno parte della categoria (tra gli altri) gli Spyware e i Trojans.

La manipolazione è atta (tra le altre direttive di attacco) a cambiare il firmware o ad alterare i dati presenti nelle memorie interne. Oltre che ai software, la manipolazione può essere indirizzata all'hardware oppure alle informazioni registrate. Dato che le decisioni prese dall'Intelligenza artificiale dipendono dalle informazioni in suo possesso, modificandole si riesce ad influenzare la decisione presa.

Le attività non autorizzate possono essere l'esecuzione di un compito di cui si è in possesso delle specifiche necessarie ad eseguirlo (generalmente) ma non in quella circostanza, l'esecuzione di un'attività o compito per cui non si è abilitati, l'uso di strumenti informatici per aggirare una barriera, normalmente da parte di un intruso nel sistema; ma può esserlo (come abbiamo già scritto) anche il proprietario, la copia del firmware di uno o più programmi per poterli rivendere, l'installazione di un software non lecito o altro ancora.

Il furto d'identità è sfruttato per impersonare un veicolo speciale e avere dunque campo libero nel traffico, per usufruire dei servizi a pagamento di assistenza al cliente che possiede l'utente a cui si ruba l'identità, effettuare una frode nel momento del pagamento elettronico o per fingere di essere qualcun altro nella comunicazione tra veicoli al fine di inserire dei Malware nella trasmissione.

Tramite la reverse engineering è più probabile riuscire, da parte di chi attacca, scoprire lo schema con cui vengono generate le password e quindi ottenere un accesso garantito.



THREAT  
AGAINST  
(SEMI-)  
AUTONOMOUS  
SYSTEMS

Nascondere oggetti, creare falsi ritorni d'onda così che i radar "credano" vi sia un oggetto, DoS nei confronti del segnale GNSS in modo da riceverne uno con scarsa potenza o non riceverlo affatto, far ascoltare ai microfoni una falsa registrazione di un incidente, oppure un attacco con onde magnetiche per instabilizzare l'odometro sono tutti esempi di quello che è contenuto in questa tipologia di attacco. In caso l'attaccante prendesse il controllo della telecamera interna al veicolo spierebbe i passeggeri (senza il loro consenso), in un ambiente privato e ritenuto sicuro, violando la privacy delle persone.



PHYSICAL  
ATTACK

Sabotaggio del veicolo che può essere effettuato con l'intrusione nei sottosistemi di sterzata o di frenatura, oppure in quello della generazione della trazione, ma anche installando software malevoli che inducono il veicolo a comportarsi in modo improprio ed avverso agli interessi del guidatore, infine potrebbero essere sabotati (cambiandoli o bloccandoli) i messaggi trasmessi dalle RSUs o/e dagli altri veicoli.

Fault injection invece sono attacchi che servono a violare le difese prestabilite, ad esempio aggirare un controllo delle credenziali.



EAVESDROPPING/  
INTERCEPTION/  
HIJACKING

Possibile creazione di un veicolo che non esiste tramite un ripetitore che genera un segnale per i ricevitori del veicolo (sotto attacco), possibile attacco al protocollo di trasmissione per la mancanza di adeguate difese: autenticazione da riproporre dopo un certo tempo di inattività, assenza del timestamp.

Man in the middle: attacco con obiettivo le comunicazioni del veicolo, per renderle inservibili o per fornire false informazioni. L'attaccante si intromette tra due attori in comunicazione tra loro, e inizia a trasmettere i suoi messaggi, mentre i due pensano di parlare ancora tra loro. L'Uomo nel mezzo può fingersi un fornitore di servizi oppure il servizio aggiornamento della casa produttrice ma anche un altro veicolo ed interagire in una comunicazione V2V. Nel caso di mutua riconoscenza ("a pair of keys generation") si può controllare che

effettivamente la comunicazione stia avvenendo con chi si pensa. Il timestamp (5.4.1) è anch'essa una tecnica utile a fronteggiare questa minaccia.



Causato involontariamente da uno o più tecnici, a causa di una mancanza di sufficiente capacità o addestramento o esperienza. La causa potrebbe essere, nel caso di violazione dei dati, una protezione non sufficiente da parte del responsabile nella gestione della tutela e conservazione dei dati. Mentre un esempio di mancanza potrebbe essere, non aver informato lo sviluppatore che i dati sono sensibili, e dunque andavano protetti secondo regolamento. Infine potrebbero essere generati da errori durante le fasi di manutenzione e diagnostica del veicolo.



Manomissione del segnale GNSS o della comunicazione V2X a seguito di un attacco di tipo DDoS. Il prosciugamento della batteria, tramite ad esempio un virus che infettato il veicolo procede a far consumare (ad esso) una quantità notevolmente superiore di energia. A questo proposito si suggerisce che i sistemi di protezione abbiano una riserva ausiliaria di energia per continuare a funzionare.

Per quanto riguarda un'impreparazione dei tecnici (possibile causa di incidenti-danneggiamenti involontari), L'ENISA raccomanda corsi sulla cyber sicurezza per tutti gli operatori che cambiano ruolo o che vengano assunti. Corsi che devono essere regolari, e frequentemente. L'affiancamento con del personale anziano per i lavoratori addetti per la prima volta ad una nuova mansione, dovrebbe essere la norma.

Per quanto riguarda gli attacchi (D)DoS, l'agenzia raccomanda l'implementazione di un Intrusion Detection System (IDS). Un IDS è un dispositivo o un'applicazione software progettata per rilevare automaticamente le attività dannose e le violazioni del protocollo. In grado di rilevare vari tipi di attacchi informatici (tra cui dovrebbero esserci anche i DDoS). Per farcela, l'IDS deve avere la capacità di acquisire e di fare un esame approfondito, di ogni pacchetto che è stato ricevuto o trasferito tra i veicoli, tra il veicolo e l'infrastruttura e tra il BUS del veicolo che collega i vari sottosistemi (governati ognuno da una ECU). Tali sistemi possono fare affidamento su reti neurali artificiali, per classificare i veicoli e i sensori pericolosi e di conseguenza escluderli dalla comunicazione con il sistema del veicolo (su cui è installato l'IDS).

Un'altra possibilità per diminuire l'efficacia di un attacco (D)DoS è quella di ridurre la frequenza di trasmissione, in modo da ricevere meno messaggi e dunque non intasare il canale di comunicazione.

E' molto più difficile intercettare una trasmissione in cui la frequenza radio cambia frequentemente all'interno della sua banda definita. Se i cambiamenti di frequenza e gli intervalli entro cui variano, fossero entrambi determinati su base pseudo-casuale, diventerebbe ancora più difficile intercettare il segnale da parte di chi prova ad intromettersi nella comunicazione. Affinché questo avvenga è necessario che trasmettitore e ricevitore sfruttino gli stessi algoritmi per determinare i cambi di frequenza e gli intervalli tra i cambiamenti. La banda (cioè gli estremi in cui varia la frequenza) è la stessa.

L'autenticazione come abbiamo indicato nel capitolo sull'architettura delle C-ITS stations è necessaria per verificare la stazione e consentire la trasmissione (da essa), però l'ENISA indica la necessità dell'autenticazione anche per evitare lo Spoofing ("imbroglio" perché l'attaccante utilizza dei dati falsi e/o una identità fasulla) e i replay attacks (in cui una fonte trasmette utilizzando l'indirizzo IP di un'altra). Il replay attacks è un tipo di "man in the middle". Una riautenticazione è necessaria per le funzioni inerenti la sicurezza, imporla per tutte le funzioni rallenterebbe l'operabilità tra il guidatore e il sistema. Non dovrebbe essere possibile una connessione passiva, dunque l'utente deve sapere in qualsiasi momento, se e perché ha effettuato l'accesso a un determinato servizio. L'autenticazione (meglio se duplice) è raccomandata anche



prima di accedere al download degli aggiornamenti, dal produttore del servizio attraverso un On The Air update.

Un'altra misura di prevenzione è la rimozione di strumenti, servizi e librerie inutilizzati, sul dispositivo non dovrebbero essere presenti servizi non necessari. Non devono esservi nemmeno porte lasciate aperte, in particolare le porte che potrebbero essere esposte tramite plug-n-play ad intrusioni esterne. Tra l'altro il numero di queste porte dovrebbe essere il minimo indispensabile (la cosiddetta security by design). E' sempre consigliabile che gli utenti siano avvisati se stanno impostando dei parametri o delle configurazioni meno sicuri. Un po' come quando si era detto di avvisare il guidatore dei rischi che sarebbero comportati dal disattivare la trasmissione e ricezione dei messaggi CA e DEN. Anche l'ENISA raccomanda la separazione dei sistemi di bordo, sia fisica che funzionale così come era stato espresso dall'UNECE (paragrafo 5.4.1, figura 193).

In [77] viene anche pensato al caso in cui le difese non siano riuscite ad impedire la minaccia esterna, per esempio nel caso di una manipolazione del codice sorgente. I meccanismi di avvio sicuro consistono essenzialmente nella firma del software con una chiave privata di proprietà del produttore, firma che deve essere verificata durante ogni procedura di avvio, con l'aiuto del certificato corrispondente. Se la verifica fallisce perché il software è stato alterato, il processo di avvio deve reagire di conseguenza come può esserlo l'esecuzione di un programma di emergenza, per garantire la sicurezza funzionale del veicolo.

In un report precedente [78] l'ENISA ha dichiarato come la scoperta di una falla in un sistema di protezione, da parte di un hacker molto bravo, quello che per il livello elevato veniva definito persone con capacità e disponibilità significative, comporta oltre al rischio di questa prima incursione un pericolo ancora maggiore. Tanti cyber criminali con minor capacità e strumenti a disposizione possono sfruttare la via "tracciata" dalla prima incursione per vanificare le difese di molti altri sistemi.

Aggiungiamo come questo rischio implichi un effetto negativo ancora maggiore, dato che si tende a standardizzare in alcuni settori le difese. Quindi scoperta una falla in un sistema significa averla scoperta in tutti. La necessità di uno studio continuo da parte degli sviluppatori di sistemi di protezione per far fronte alle nuove minacce. Un training da parte degli operatori una volta sviluppate (le nuove contro misure).

Riteniamo sia necessario che il sistema interno responsabile di scansionare le componenti hardware e software, attui in caso di collisione una valutazione completa ed approfondita del sistema, al fine di verificare le conseguenze dell'incidente. E che nel caso rilevasse una perdita di dati o funzionalità lo debba comunicare tempestivamente nel display del HMI. In questo modo l'utente può andare al centro autorizzato più vicino, per far ripristinare l'operabilità dei sottosistemi e la sicurezza globale del mezzo.

Se questo avvenisse, vi è l'esposizione del veicolo al rischio di intrusione esterna nel caso i danni siano al sistema di protezione, di incidente se sono al sistema di guida. Potremmo immaginare un sistema, che in caso rilevasse non vi sia stato un inserimento della presa diagnostica entro 24 ore dall'incidente, allora invia una segnalazione alla pubblica autorità o al produttore.

È altrettanto importante avere la sicurezza, che dopo ogni passaggio di proprietà l'auto venga ripulita dai dati del precedente possessore. Operazione che come, il ripristino post incidente, gli aggiornamenti e le riparazioni e sostituzioni, vada eseguita solamente nei centri certificati e soggetti a controlli periodici. Centri autorizzati che dovrebbero avere chiavi numerate e con doppio codice (uno per indicare l'officina specializzata e una per indicare l'operatore dell'officina). Utile per effettuare il già descritto avvio sicuro "safe boot" (pagina precedente). In più nascendo una controversia, grazie alla possibilità di scaricare dalla memoria interna le operazioni eseguite dalla chiave, si riesce a dirimerla (oltre a quali operazioni, in base al secondo codice si sa anche quale operatore le ha svolte). Inoltre avendo un doppio codice è più complicato farne una copia digitale. Copia che potrebbe essere utilizzata per interagire illegalmente con i veicoli sfruttando le autorizzazioni in possesso dei centri di riparazione e manutenzione. Tendiamo ad indicare come questi centri

non siano al momento, né istituiti né normati. Però l'ENISA nel [78] sostenne come l'identificazione, l'autenticazione e l'autorizzazione devono essere richieste nel caso di accessi privilegiati.

Collegando smartphones o tablets non devono iniziare subito ad operare, il sistema deve richiederne l'autenticazione (ad esempio una password) oppure, tramite le impostazioni dell'auto, il proprietario indica i dispositivi mobili riconosciuti come validi ed è possibile collegare solo quelli. Nel caso si volesse aggiungerne altri alla lista, è necessario iscrivere passando dalle impostazioni del veicolo. Lì sarà richiesto al proprietario di dimostrare che è proprio lui, attraverso un'autenticazione. La possibilità che un malintenzionato rubi lo smartphone-tablet al proprietario del veicolo, lo colleghi al veicolo e sfrutti questo canale di comunicazione per infettare il sistema del mezzo è una bella operazione di fantasia anche perché dovrebbe rubare le chiavi o forzare il veicolo per entrare, dunque il proprietario rientrato in possesso del veicolo procederebbe facendo fare un'ispezione al veicolo da un centro specializzato prima di riutilizzarlo, rendendo vano il tentativo criminale.

In [78] è enunciato come i produttori di servizi o comunque parti terze, rispetto al proprietario e al produttore del veicolo non devono avere accesso a cloud e server, dove sono allocati dati personali non pseudo-anonimizzati per garantire la protezione dei dati sensibili. Un'altra buona pratica suggerita è quella di mantenere una copia del sistema operativo, in modo che se si avesse il dubbio di aver subito un'intrusione nel proprio sistema, si possa disinstallarlo ed installare la copia. Inoltre ammette la necessità di due sistemi operativi: uno che definisce normale, come quelli utilizzati nei personal computer, ed uno più sofisticato che si occupi esclusivamente delle funzioni legate alla sicurezza.

Per quello che riguarda gli aggiornamenti suggerisce che ove non si fosse dimostrata sicura la OTA update allora sarebbe necessario richiamare il veicolo ogni volta, e che non si debba interferire con la funzione di guida. Dunque se si riesce a scaricarli ed installarli sul veicolo, senza limitare la capacità del sistema di funzionare allora possono essere eseguiti durante il moto del veicolo altrimenti solo a destinazione. E da ultimo consiglia la conferma tramite telefonino, ovvero una volta eseguita l'autenticazione (digitando la password, o con l'impronta digitale, o con il timbro della voce o altro...) viene inviato un sms sul cellulare del proprietario contenente il link per completare l'installazione. Gli aggiornamenti OTA non sono possibili nel caso venga utilizzata la scelta progettuale del CAN bus isolato. Essendo isolato ("air grapped") non vi è connessione ad internet e serve collegarsi fisicamente ad esso direttamente dal veicolo. Raccomanda infine come il server con cui si trasmette, ed il sistema del veicolo siano in grado di riconoscersi a vicenda. Quello che nei sistemi C-ITS è garantito dal AuthorizationTicket e dal CertificateTrust List.

#### *5.4.4.2 attacco ai sensori e tracciabilità*

Per quanto riguarda la manipolazione del sensore LIDAR l'emissione dell'impulso di luce potrebbe essere fatta in modo imprevedibile (ad esempio pseudo-casualmente), in modo che sia più difficile per un attaccante iniettare un falso eco nella finestra temporale esatta. In questo modo il falso ritorno d'onda viene non considerato, perché giungerà in un momento inappropriato.

Altre contromisure [101]:

- utilizzare più laser, che non abbiano sovrapposizione tra le lunghezze d'onda. In questo modo se non rilevato da tutti significa che è un oggetto fasullo. L'attaccante nel caso dello spoofing dovrebbe inserire due segnali falsi in due treni d'onda a frequenza di generazione, differente. Deve però oscurare anche le telecamere oppure i sensori ad ultrasuoni altrimenti tramite la ridondanza, l'unità di elaborazione è in grado di verificare che non c'è l'oggetto (che invece il LIDAR rileva). Nel caso del blinding deve indirizzare più impulsi luminosi, uno per LIDAR;
- ridurre il periodo di impulso in cui il falso segnale può inserirsi. Per esempio il VLP-16 possedendo un range di 100 m, significa che tra andata e ritorno impiega:

$$\frac{100 \text{ m} * 2}{3 * 10^8 \text{ m/s}} = 667 \text{ ns.}$$

L'attacco deve rientrare in questi 667ns, dall'invio del segnale;

- il salto d'impulso, con cui si evita di inviare un segnale e se per quel segnale, il LIDAR riceve l'eco significa che è sotto attacco.



Figura 204 - Alcuni dispositivi Lidar: velodyne's VLP-16, HDL-32E, IBEO's LUX mini, Quanser's M8 fonte: Hocheol Shin, Dohyun Kim, Yujin Kwon, and Yongdae Kim

Il professor Wenyuan Xu ha guidato una ricerca simulando gli attacchi ai dispositivi con cui una Tesla osservava l'ambiente circostante (<https://www.wired.com/2016/08/hackers-fool-tesla-ss-autopilot-hide-spoof-obstacles/>).

"Lo scenario peggiore sarebbe che mentre l'auto è in modalità di guida autonoma e si affida al radar, quest'ultimo venga oscurato e non riesce a rilevare un ostacolo davanti a sé" (Wenyuan Xu, professore della University of South Carolina).

I ricercatori hanno scoperto che solo i loro attacchi nei confronti del radar potrebbero avere il potenziale di causare una collisione ad alta velocità. I ricercatori ammettono che l'attacco al radar dovrebbe anche essere puntato con l'angolazione corretta, per colpire il radar della Tesla in movimento.

Inoltre non hanno tentato una dimostrazione dell'hackeraggio ad alta velocità. "È possibile, ma ci vorrebbe qualche sforzo", disse Xu. Nel caso del LIDAR ottenendo una visione completa, servirebbe una luce inviata a 360°. Altrimenti si avrebbe solo una parte oscurata.

Inoltre le apparecchiature sono molto costose. Più facile ed economico ingannare i sensori ad ultrasuoni, che però non comporta gravi conseguenze.

Nel caso di fascio luminoso diretto contro una telecamera è stato rilevato dagli autori della pubblicazione [101] che lo strumento impiega 5 secondi a riacquisire gli input. 5 secondi in cui la camera è oscurata (blinding attack).

Nel caso del GPS, in [102] sono analizzate due possibili modalità di attacco. Nella prima il veicolo è deviato dal suo obiettivo (figura 207). Nel secondo il veicolo è deviato dalla sua destinazione, e ridiretto verso una nuova scelta dall'attaccante. In questa modalità può reinviare il veicolo verso una strada a senso unico, o una zona ad accesso limitato, in modo da far incorrere il guidatore in un'infrazione.



da B per arrivare in D devo proseguire, svoltare a sinistra, proseguire dritto ed infine svoltare a destra.

se però in realtà sono in A proseguendo e poi svoltando a sinistra mi trovo in A'. proseguendo dritto e infine svoltando a destra sarei arrivato in C invece che in D

Figura 205 - L'attaccante fa credere al GPS che il veicolo è in B invece che in A, così invece di raggiungere D arriverà in C fonte: all you GPS are belong to us, Usenix

Limitazioni di questo tipo di attacco:

- come nel caso del blinding e spoofing del LIDAR, il veicolo attaccante deve essere prossimo a quello attaccato. Gli autori [102] indicano non oltre i 40 – 50 m;
- il punto in cui si riposiziona la localizzazione GPS, non deve essere troppo distante dal punto in cui il veicolo si trova. Altrimenti viene caricata una parte di mappa differente e l'utente può accorgersi dell'attacco;
- la destinazione in cui si ridirige il veicolo non può essere troppo distante. Nell'esperimento [102] questa distanza è impostata al massimo in 400 m;
- richiesta di attrezzature onerose. Nell'esperimento è stato usato un server con 192 GB di RAM e dotato di 24 cores;
- il guidatore deve guidare in un luogo a lui poco familiare, altrimenti o non userebbe il GPS oppure si accorgerebbe di star seguendo un percorso differente.

Nel test svolto in [102] a 40 persone (tra cinesi e statunitensi) venne fatto provare un simulatore con l'obiettivo di raggiungere una destinazione, seguendo le indicazioni del GPS. Durante la simulazione il segnale subiva uno spoofing, in modo che al GPS veniva fatto credere che il veicolo fosse in una'altra posizione. Il percorso veniva ricalcolato e lo scopo era osservare se i tester si accorgevano di aver subito un attacco informatico. Solamente due si accorsero che mentre sul telefono cellulare la mappa visualizzava una strada locale, nella realtà simulata stavano viaggiando su di una extra urbana.

La soluzione è di potenziare la visione delle telecamere installate sui veicoli per controllare l'ambiente esterno e confrontarlo con quello che si sta attraversando sulla mappa di navigazione. Si parla dei veicoli autonomi o automatizzati perché nei veicoli connessi grazie alla ridondanza dei messaggi ricevuti (I2V e V2V) si riesce ad escludere un'informazione errata. Inoltre la mappa digitale sarà di ausilio a controllare in tempo reale la rispondenza tra informazioni del navigatore e quelle dell'ambiente esterno.

Mettendo delle antenne riceventi in 12 incroci nella medesima area e registrando l'identificativo dei messaggi inviati in [103] è indicato, come si riesce a tracciare quasi il 100% dei veicoli che in quell'area si spostano.

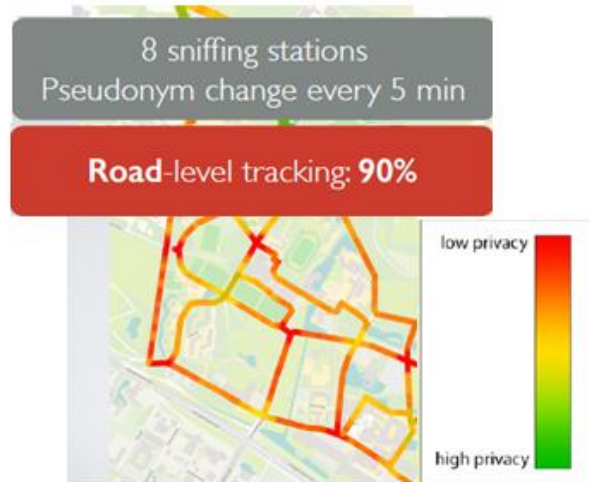
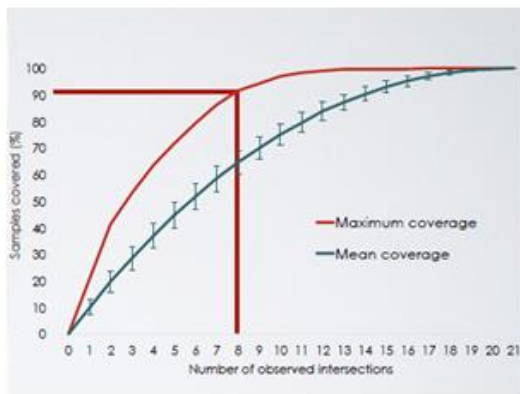


Figura 206 - Correlazione tra le intersezioni sotto osservazioni ed il tracciamento degli spostamenti in quell'area fonte: surveillance and torea and mitigations, J.Petit, D.Broekhuis, M.Feiri, F.Kargl

Gli autori indicano un costo di 6000 dollari/km<sup>2</sup> per monitorare i veicoli.



Figura 207 Esempio di tracciamento del percorso tramite tre rilevamenti fonte: surveillance and torea and mitigations, J.Petit, D.Broekhuis, M.Feiri, F.Kargl

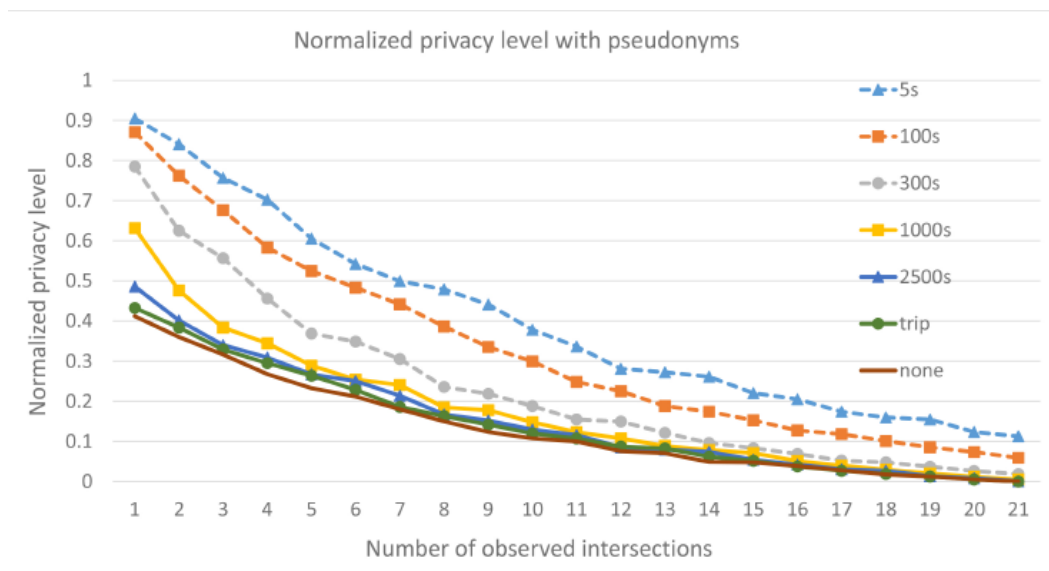


Sapendo dove era e dove ha svoltato si completa l'itinerario.



Figura 208 - Utilizzo del cambio di identità durante il tragitto fonte: surveillance and torea and mitigations, J.Petit, D.Broekhuis, M.Feiri, F.Kargl

Cambiando spesso la “maschera” (capitolo 3.4) l’intercettatore rileva tre differenti identità e non una. In questo modo non riesce a ricostruire il tragitto.



Equazione 5 - Livello di sicurezza della privacy dei guidatori, in funzione delle intersezioni sotto monitoraggio e la frequenza con cui la “maschera” è cambiata fonte: surveillance and torea and mitigations, J.Petit, D.Broekhuis, M.Feiri, F.Kargl

Sia il multitasking che la distrazione sono fattori che riducono la capacità di rilevare un intrusione informatica.

#### 5.4.5 norme inerenti la ciber sicurezza

Concludiamo il capitolo sulla sicurezza informatica, parlando delle direttive europee, sul livello comune di protezione delle reti e sistemi informativi con relativa attuazione italiana, e sugli attacchi ai sistemi d’informazione per vedere come l’Unione Europea si sta muovendo per venire incontro alle esigenze portate dai nuovi sistemi di telecomunicazione.



La direttiva EU [81] all'articolo 1 paragrafo 2 fa obbligo agli stati membri, di adottare una strategia nazionale in materia di sicurezza della rete e dei sistemi informativi e di istituire una rete di gruppi d'intervento in caso di incidente (rete CSIRT). All'articolo 5 paragrafo 3, fa obbligo agli stati membri di redigere l'elenco degli operatori di servizi essenziali. Essi devono mettere a disposizione delle autorità le informazioni circa la sicurezza delle loro reti e servizi informativi, la prova dell'effettivo impiego delle misure di prevenzione e protezione dichiarate. L'autorità competente definisce quali prove ed informazioni l'operatore deve fornirgli e in caso di mancanze, quali provvedimenti adottare (art.15, paragrafi 2 e 3). Quali siano questi operatori è elencato nell'allegato II, per quanto riguarda il settore energetico, i gestori del sistema di distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica, i gestori degli oleodotti, dei sistemi di produzione, raffinazione, trattamento, trasporto e stoccaggio di gas o petrolio. Per il settore dei trasporti, il vettore aereo, i controllori del traffico aereo e marittimo, gli aeroporti principali, le compagnie di navigazione, i porti, le imprese ferroviarie, i gestore dell'infrastruttura ferroviaria, i responsabili gestione e controllo del traffico stradale, i gestori dei sistemi di trasporto intelligenti (articolo 4 della direttiva 2010/40 UE: "sistemi in cui sono applicate tecnologie dell'informazione e della comunicazione, nel settore del trasporto stradale, infrastrutture, veicoli e utenti compresi, e nella gestione del traffico e della mobilità nonché per interfacce con altri metodi di trasporto;"). Per il settore dei servizi gli istituti sanitari, le sedi di negoziazione finanziaria e i fornitori ed i distributori di acqua potabile. Con l'articolo 7 viene definita la strategia nazionale, comprendente almeno i ruoli e le responsabilità degli organismi pubblici, le misure di preparazione, risposta e recupero, l'individuazione di piani di formazione, sensibilizzazione ed istruzione, gli attori coinvolti (pubblici e privati), un piano di valutazione dei rischi. Con l'articolo successivo, la direttiva definisce il punto di contatto nazionale con funzione di collegamento a garanzia della comunicazione transfrontaliera delle autorità degli stati membri e della rete CSIRT. Ogni stato membro ne designa uno. I CSIRT invece possono essere più di uno e hanno il compito di trattare gli incidenti e le loro conseguenze, seguendo una procedura (che deve essere) ben definita. Ad essi lo stato deve garantire un'infrastruttura che sia appropriata allo svolgimento delle loro funzioni, sicura e resiliente (art.9). La rete CSIRT è composta dai CSIRT nazionali, dal ComputerEmergencyResponseTeam-EU e ha l'ENISA a farne da segretariato. Attraverso la rete CSIRT vengono discussi ed esaminati, al fine di trarne delle linee guida future, gli incidenti che si sono verificati o che sono stati simulati nelle esercitazioni (art.12). Per quanto riguarda gli incidenti verificatisi, gli operatori dei servizi essenziali devono notificarli al CSIRT o all'autorità competente senza ritardo alcuno. L'autorità o il CSIRT potranno in base a loro valutazioni farne notizia al pubblico (art.14). Infine l'articolo 18 indica come un fornitore di servizi digitali con sede non nella Unione europea, deve designare un rappresentante in uno degli stati membri dell'Unione, tra quelli in cui distribuisce il servizio.

L'attuazione della direttiva in Italia è affidata al decreto legislativo [79]. In esso Sono designate le autorità competenti NIS (quelle indicate agli articoli 14 e 15 della [81]), distinte in base agli operatori dei servizi essenziali. Esse sono: il ministero dell'economia per il settore finanziario, il ministero dell'ambiente per la distribuzione ed il trattamento dell'acqua potabile, il ministero della salute per gli istituti sanitari, il ministero dei trasporti per il settore aereo, ferroviario, stradale e delle vie d'acqua, infine il ministero dello sviluppo economico per l'energia elettrica, il gas, il petrolio e i servizi digitali. A cui si aggiunge il Dipartimento delle Informazioni per la Sicurezza (DIS) che è stato designato come punto di contatto unico nazionale (indicato nell'articolo 8 della [81]). Il CSIRT italiano è istituito presso la presidenza del consiglio dei ministri e svolge i compiti e le funzioni del Computer Emergency Response Team (CERT). E'costituito da 30 membri di cui 15 parlamentari, e nei suoi compiti può avvalersi dell'agenzia per l'Italia digitale. Questi compiti (da allegato I) sono: il monitoraggio degli incidenti a livello nazionale, l'emissione di pre allarmi, segnalazioni, annunci ed informazioni inerente i rischi e gli incidenti accaduti, l'analisi dinamica dei rischi, l'intervento in caso vi sia un incidente ad una rete o sistema informativo. L'appartenenza alla rete CSIRT europea comporta la collaborazione con i CSIRT degli altri stati membri e con l'ENISA, la collaborazione deve riguardare anche il settore privato. Le attività ispettive sono svolte dalle autorità competenti NIS, al fine di accertare le violazioni ed erogare le sanzioni amministrative previste dal DL [79]. Le sanzioni previste sono per gli operatori e per i

fornitori, di servizi essenziali, che 1) non adottano le misure tecniche ed organizzative adeguate e proporzionate: alla gestione del rischio, alla prevenzione e minimizzazione dell'impatto degli incidenti. 2) non notificano al CSIRT gli incidenti avvenuti, non ottemperano agli obblighi o non osservano le istruzioni ricevute dall'autorità competente (o CSIRT nazionale).

La direttiva UE [86] sugli attacchi ai sistemi d'informazione (ovvero un'apparecchiatura o un gruppo di apparecchiature, interconnesse o collegate, di cui una o più svolge un trattamento automatico di dati informatici, attraverso un programma. Nonché i dati informatici immagazzinati da tale apparecchiatura o gruppo di esse, trattati, estratti, o trasmessi ai fini della loro gestione, uso, e protezione), va a definire le competenze e gli obblighi degli stati membri. Gli stati membri: 1- adottano le misure tali per cui l'atto di cancellare, alterare, danneggiare, deteriorare dati informatici di un sistema di informazione, o di rendere tali dati inaccessibili (compiuto senza averne diritto ed intenzionalmente) comporti un reato. Avente pena detentiva massima non inferiore a cinque anni, qualora: a) siano commessi nell'ambito di un'organizzazione criminale b) causino danni gravi o c) siano commessi ai danni di un sistema di informazione di un'infrastruttura critica. Negli altri casi non inferiore a due anni. Se il reato ha comportato l'abuso dei dati personali di una persona, allora comporta un'aggravante. 2- Adottano misure affinché l'intercettazione di trasmissioni (non pubbliche) di dati informatici (compiuto senza averne diritto ed intenzionalmente) sia reato. Con pena detentiva non inferiore a due anni. 3- Redigano misure tali per cui: la fabbricazione, l'importazione, la distribuzione, la vendita o la messa a disposizione (in altro modo) di un programma per computer, di una password di un computer o di un codice d'accesso, atto a commettere un reato, siano punibili come reato. Con pena detentiva non inferiore a due anni. 4- Garantiscono che l'istigazione, il favoreggiamento, il concorso nella commissione o il tentativo, di compiere un reato (tra quelli elencati fino ad ora) siano punibili come reato, attraverso sanzioni. Nel caso ad aver commesso i reati (per cui gli stati membri sono chiamati ad adottare misure perché lo siano o lo diventino), è una persona giuridica allora può esservi: l'esclusione dagli aiuti pubblici, l'interdizione dall'esercizio di attività commerciale, la sorveglianza giudiziaria, la chiusura dello/degli stabilimento/i usato/i per commettere il/i reato/i, lo scioglimento dell'attività. 5- Adottano le misure necessarie ad assicurare che le persone giuridiche possano essere ritenute responsabili e soggette a sanzioni, qualora la mancata sorveglianza o il mancato controllo di una persona sotto la loro autorità, abbia comportato uno dei reati fino ad ora indicati, che si sia rivolto a vantaggio della persona giuridica stessa. 6- Introducono procedure atte a consentire all'autorità competente, in caso di richieste urgenti di assistenza, di indicare entro otto ore dalla richiesta, se la richiesta sarà soddisfatta e la forma ed il tempo stimato per tale risposta. 7-adottano le misure necessarie ad assicurare che siano disponibili idonei canali di comunicazione per agevolare le comunicazioni alle autorità nazionali, senza indebito ritardo.

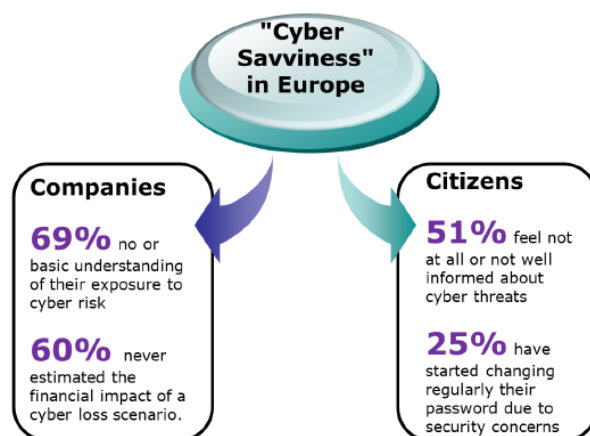


Figura 209 - Indagine sui rischi informatici nella EU fonte: special Eurobarometer 464, 2017

Per quanto concerne la cibersicurezza è importante che i produttori di veicoli, non forniscano un set base per poi lasciare delle misure opzionali che aumentino la sicurezza globale o specifica di alcuni elementi ritenuti più penetrabili da un'azione esterna (solo per incrementare i profitti). Serve che su questo punto fondamentale tutte le difese siano messe in campo ed estese su tutta la gamma, lasciando solo per le extra lusso misure aggiuntive (non disponibili per le altre categorie). Da quando nel 2014 fece la sua apparizione sul mercato il primo modello con sterzo controllato da impulsi elettrici e non più meccanicamente, si giunse a controllare le manovre possibili (sterzata[trasversale], accelerazione e frenatura [longitudinale]) con impulsi elettrici [83]. Diventando così più efficiente ma vulnerabile ad un'intrusione informatica. Vi si aggiungono quelle definite come "attack surface" (figura 191): Wi-fi a bordo, apertura-chiusura senza chiave, centralina per il monitoraggio della pressione degli pneumatici, possibili vie di accesso per le intrusioni [83]. Sempre nello stesso testo è riportato come la manutenzione e riparazione dei sistemi software e hardware spettano al proprietario. Allo stesso modo di una autovettura comune, dove si fa carico del corretto funzionamento degli apparati meccanici, del controllo della pressione degli pneumatici, del livello dell'olio ecc...

Passi importanti per la protezione da attacchi informatici, indicati in [60] sono: I) la sicurezza da progetto ovvero pensare sin da subito a come proteggere i vari componenti e nel caso non fosse possibile o non si riuscisse ad abbassare il rischio ad un livello accettabile, optare per un cambio di scelta. Ad esempio utilizzare un componente oleodinamico invece di uno ad azionamento elettronico e quindi vulnerabile, oppure creare una ridondanza inserendo entrambi gli elementi. Operazione che va eseguita solamente per i componenti cruciali al funzionamento, esempio i freni, non essendo possibile fare un duplicato per tutti i componenti. Altrimenti raddoppierebbero anche peso e prezzo. II) L'utilizzo di componenti la cui qualità è certificata da organismi internazionali o europei (sulla scia di quello che accade in aviazione, dopo alcuni disastri causati da pezzi non di qualità. Ad esempio il cedimento di un rivetto da pochi centesimi che fu concausa per lo spezzamento della coda del velivolo). III) Lo svolgimento di test anti-intrusione in cui si simula un attacco informatico ai danni del veicolo o dell'infrastruttura con cui il veicolo è in connessione. IV) Lo studio degli incidenti avvenuti in fase di sperimentazione per valutare le cause scatenanti e quindi porvi rimedio, ed anche di incidenti avvenuti ad altre case costruttrici che potrebbero condividere le informazioni sulla tipologia di attacco ricevuto (se per logiche di mercato non fossero disposti a comunicarlo ad altri costruttori, è da consigliare la cooperazione con l'agenzia europea ENISA). V) La certificazione europea in materia di ciber sicurezza [80]. VI) La comprensione da parte di tutta la filiera dell'importanza di proteggere i propri dati da intrusioni hacker.

Sono emerse in questo paragrafo inerente gli attacchi hacker numerosissime problematiche e sfide, che le aziende automobilistiche e i loro partners dovranno assolutamente affrontare. Noi riteniamo come quello delle intrusioni informatiche sia il vero problema da risolvere per poter sperare di vedere sfrecciare sulle nostre strade dei veicoli automatizzati e a guida autonoma. Soprattutto per la logica "trial and error" che accompagna l'automotive (impostando un veicolo base e svilupparlo con vari up-grade negli anni successivi) e per la mancanza di knowhow specifico nella ciber sicurezza da parte dei produttori di veicoli.

## 5.5 Norme di legge: modifiche ed aggiornamenti

Sulla base delle clausole di sperimentazione esistenti in Italia, Spagna e Francia, le autorità competenti sono state finora costrette ad appoggiarsi il più possibile alle attuali leggi di omologazione, stradali e di guida. Ciò significa che tutti gli standard del codice stradale convenzionale devono essere applicati ai veicoli a motore con funzioni di guida automatizzata e automatizzata. I veicoli devono quindi attuare tutte le disposizioni del codice stradale convenzionale come le avrebbe attuate un conducente umano. L'uomo e la macchina sono troppo diversi nella percezione e nell'analisi delle situazioni di traffico e nelle loro risposte perché

l'applicazione della stessa normativa su entrambi possa sembrare sensata in ogni caso. Le persone dispongono di un'intelligenza non simulabile da una macchina, unita a un eccellente riconoscimento delle immagini e alla capacità di analizzare le situazioni. L'intero diritto comportamentale per il conducente Deve poi essere trasferito alla macchina con un senso di proporzione e competenza tecnica in modo che possa partecipare in sicurezza al traffico misto. Ad esempio, anche i veicoli autonomi dovrebbero fermarsi a un semaforo rosso, anche se dispongono di informazioni affidabili sul fatto che nessun altro veicolo sta guidando verso l'incrocio. Altrimenti sarebbe un cattivo modello. Il problema più grande che si avrà in un mondo completamente autonomo relativo alla responsabilità civile è quello dell'attribuzione della colpa, non essendo più un conducente umano a guidare il veicolo. Un concetto fondamentale del nostro ordinamento giuridico è quello della responsabilità. Infatti, è molto importante capire quando si verifica un fatto a chi si può attribuire la responsabilità onde poter avere un soggetto a cui chiedere il risarcimento del danno. Un esempio può essere quello del veicolo autonomo che, a seguito di un difetto di produzione, causa un incidente provocando danni all'occupante e ad un passante. In questo caso il responsabile potrebbe essere ritenuto il produttore o il programmatore del veicolo stesso. Infatti, non potendo più attribuire la colpa al guidatore, non essendo più lui stesso a prendere una decisione sulle operazioni che il veicolo esegue, dovrà essere trovato un altro responsabile. La colpa passerebbe quindi ai soggetti che realizzano il veicolo e che ne producono le componenti. Questo però implica altre conseguenze; infatti, il produttore e il programmatore sono i soggetti principali che investono su queste nuove tecnologie e, facendo cadere le colpe su di essi, si provocherebbero degli effetti socioeconomici rilevanti, fino al rallentamento del progresso tecnologico e degli investimenti in questo campo. L'incidente potrebbe rientrare nella casistica di prodotti difettosi che causa un danno come ai sensi della Direttiva 85/374/CEE. Non solo, ipotizzando che le responsabilità per eventuali problemi ricadano su tali figure, incentiverebbe a una maggiore cura e un migliore sviluppo e investimenti per utilizzare tecnologie sempre più avanzate e più sicure.

Per la sperimentazione delle auto a guida automatizzata, la Germania, dal 2016 ha stabilito che la responsabilità è del conducente fino a quando sarà presente il volante; quando questo rientrerà nel cruscotto, il responsabile sarà il produttore. Altra novità è la presenza della scatola nera obbligatoria a bordo di questi veicoli, essa servirà per stabilire la dinamica in caso di incidente. In Francia sono state rilasciate autorizzazioni per adibire aree alla circolazione dei veicoli autonomi in prova, ed è stato redatto un report (Idrac A. M., 2018) [60] dalla Ministra Anne-Marie Idrac, incaricata dal Presidente della Repubblica Emmanuel Macron di sviluppare una strategia nazionale per la mobilità automatizzata. Nel testo sono riportati i passi che la Francia seguirà per raggiungere un "orizzonte 2030" in cui potranno circolare nelle strade francesi veicoli con un livello 5 di autonomia. Nel Regno Unito e negli Stati Uniti, due dei paesi più all'avanguardia in questo campo, i veicoli autonomi possono circolare in particolari aree già da alcuni anni e la loro libera circolazione si ipotizza possa essere realtà già nel 2021. Tutto questo è stato reso possibile da un interesse legato a possibili profitti futuri che hanno portato ad una sensibilizzazione statale che a sua volta, attraverso l'emanazione di leggi e deroghe alle stesse, ha permesso di testare i veicoli sulle strade aperte al traffico tradizionale e di implementare anche le prime forme di trasporto pubblico "senza conducente".

L'Italia non è rimasta a guardare e, con il decreto "Smart Road" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 18 Aprile 2018 (MIT, 2018) [36], è stata autorizzata la circolazione delle driverless car sul nostro territorio. Per la sperimentazione è però necessario che ci sia un conducente presente nel veicolo che ne è pieno responsabile e che è incaricato di intervenire per qualsiasi problema o circostanza dubbia si possa verificare.

In tutta Europa e nel mondo si stanno compiendo i primi passi nel settore giuridico per legalizzare la circolazione dei veicoli e per attribuire la responsabilità in caso di sinistro. Ma è comunque necessario compiere importanti passi avanti, poiché non si potrà discutere della responsabilità non avendo più direttamente una "persona umana" a cui attribuirla. È quindi ormai evidente come il processo di diffusione tecnologica debba essere accompagnato da uno di rinnovamento delle normative e delle leggi per non far diventare questo l'ostacolo al progresso tecnologico. Affacciandoci al mondo dell'aviazione, FAA (Federal Aviation Administration, l'agenzia del Dipartimento dei Trasporti statunitensi incaricata di regolare e sovrintendere a ogni aspetto riguardante l'aviazione civile) stabilisce che l'intelligenza artificiale non potrà prendere il controllo di un aeromobile fin quando non si potrà stabilire con

certezza in che modo prenda le decisioni. L'intelligenza artificiale infatti si basa su algoritmi di apprendimento che permetteranno poi di prendere delle decisioni in completa autonomia. Se ci si basasse su questo principio anche per le auto a guida automatizzata, una direzione potrebbe essere tracciata.

## 5.6 Evoluzione dei centri abitati

Nel capitolo dedicato alle Smart Road si è parlato in modo dettagliato di come il tessuto urbano cambierà per adattarsi a questi veicoli del futuro, come cambieranno le infrastrutture e le dinamiche degli spostamenti. Sicuramente la trasformazione dell'ambiente urbano potrà portare importanti benefici all'uomo, per questo che viene tratta anche in questo capitolo.

Nei paesi economicamente sviluppati, le congestioni e i tempi di percorrenza allungati incidono per il 2% del PIL di una nazione (World Bank). Inoltre, un veicolo in media trascorre il 95% della sua vita in sosta, rendendo necessarie aree molto estese da destinare a tale utilizzo, mentre un utente trascorre mediamente 20 minuti alla ricerca di un parcheggio. L'introduzione sul mercato dei veicoli a guida automatizzata comporterà sicuramente alcune modifiche alla mobilità come è intesa ad oggi, andando in primis ad impattare sul traffico urbano ed extraurbano ma anche sul fronte delle soste, rendendo necessario meno aree dedicate alla sosta e tempi minori se non addirittura nulli di ricerca della sosta. Infine, ci saranno delle ripercussioni anche sul trasporto pubblico, si verranno a creare nuovi scenari dove la mobilità sarà resa sempre più accessibile e le spese da parte dello Stato per mantenere il trasporto pubblico potrebbero ridursi. Inrix, agenzia americana che fornisce analisi sulla circolazione, ha di recente rilasciato i dati riguardanti l'anno 2018 della Global scorecard ovvero la lista delle città più congestionate al mondo, dove gli automobilisti trascorrono più tempo nel traffico. Sono analizzate più di 200 città in 38 Paesi. Roma risulta un'eccellenza in questa speciale classifica, è la seconda città più congestionata al mondo preceduta solo da Bogotá; Milano risulta settima, con 226 ore. Firenze si trova al quindicesimo posto mentre Napoli segue a due posti di distanza. I dati sulle ore perse nel traffico sono confluiti poi in un'altra classifica generale delle città più congestionate del mondo, che tiene conto degli ostacoli complessivi nell'attraversare una metropoli in auto. Roma resta nella top ten, al decimo posto. Milano è al ventisettesimo, Napoli al quarantacinquesimo e Firenze al novantaduesimo. La città più congestionata al mondo è Mosca seguita da Istanbul. Non c'è da meravigliarsi che le città italiane soffrono maggiormente rispetto alle città del resto d'Europa, in Italia vi è un gap infrastrutturale che riguarda tutti gli impianti a rete fissa come metropolitane, tranvie e linee ferroviarie suburbane; nella rete tranviaria, l'Italia presenta 5,3 chilometri per milione di abitanti di rete a fronte di 11,7 chilometri della Francia e 23,3 chilometri della Germania [12]. La distanza verso l'Europa è troppo ampia per non considerarla un problema: in Italia ci sono 234 chilometri di linee metropolitane, meno dei 290 chilometri della sola Madrid; in Germania 630 chilometri, in Gran Bretagna 680 chilometri. Dato aggravato anche dal tipo di mobilità italiana che è un fenomeno legato alla mobilità individuale (tipicamente auto e moto), con valori molto più elevati rispetto alle capitali estere che guardiamo come riferimento. Tutto questo mentre il tasso di mobilità della popolazione italiana, cioè le persone che si spostano giornalmente, è aumentato dal 75,1% all'83,6% nei soli ultimi cinque anni, dato Istat 2018.

Parlando di auto a guida automatizzata non bisogna però essere troppo ottimistici e fiduciosi, potrebbero non essere la soluzione a tutti i problemi, infatti esistono differenti correnti di pensiero: una ottimistica e una più pessimistica. Secondo la corrente più ottimistica, ulteriori possibili vantaggi potrebbero includere limiti di velocità più elevati, percorsi più fluidi e un aumento nella capacità della carreggiata, tutti fattori che concorrono alla riduzione della congestione del traffico, a causa della minore distanza di sicurezza da tenere tra veicoli e delle velocità più elevate. Attualmente, la capacità massima di un'autostrada a pedaggio, secondo l'Highway Capacity Manual statunitense del 2000, è di circa 2.200 veicoli passeggeri all'ora per corsia, con circa il 5% dello spazio stradale disponibile occupato dalle auto.

Uno studio dei ricercatori della Columbia University ha stimato che le auto automatizzate potrebbero aumentare la capacità del 273%, per un equivalente di circa 8.200 auto all'ora per corsia). Inoltre, lo studio ha anche stimato che con il 100% dei veicoli connessi che utilizzano la comunicazione veicolo-veicolo (V2V), la capacità potrebbe aumentare ancora fino a raggiungere i 12.000 veicoli all'ora (fino al 545% in più partendo da un valore di 2.200 veic/h per corsia) viaggiando in sicurezza a 120 km/h con una distanza di sicurezza di

circa 6 metri l'uno dall'altro. Ad oggi, infatti, alle velocità tipiche autostradali, i conducenti si tengono a una distanza compresa tra 40 e 50 metri dall'auto che precede (Tientrakool, Ho e Maxemchuk, Settembre 2011).

Dall'altra faccia della medaglia c'è una visione più pessimistica, nonostante i vantaggi illustrati precedentemente, c'è chi sostiene che i vantaggi possano essere minimi. In particolare, Carrie Cox di Here sostiene che l'impatto che si avrà varierà in funzione della progressiva introduzione dei veicoli a guida automatizzata sul mercato, andando da un primissimo miglioramento, ad un peggioramento intermedio, fino a notevoli vantaggi finalmente apprezzabili. Come mostrato nella figura sottostante livelli base di

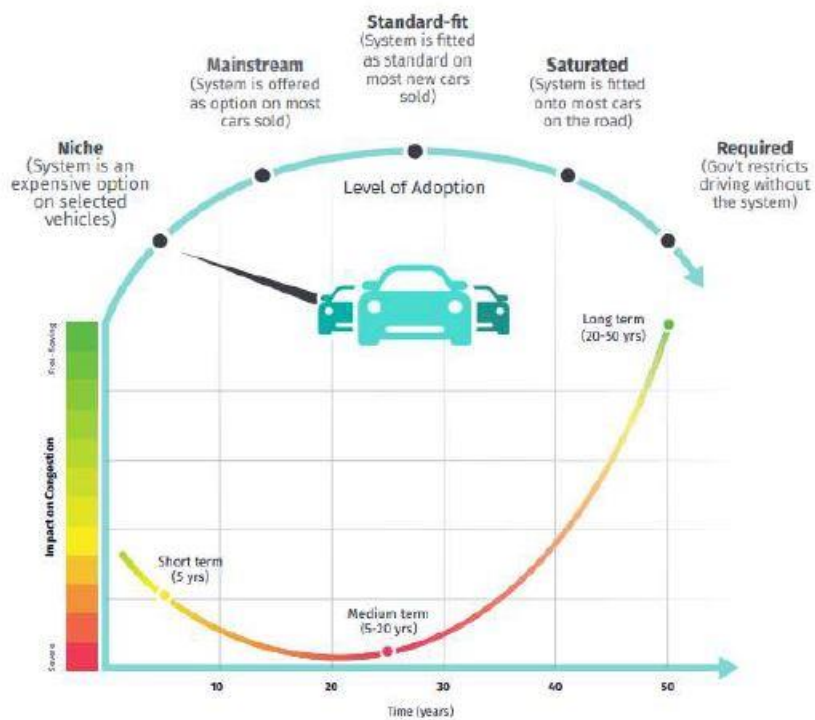


Figura 210 - Andamento congestione nel tempo in funzione di bassi livelli di automazione (assistenza alla guida)

automazione possono avere piccoli impatti positivi sulla congestione del traffico, mentre altri livelli di automazione possono in realtà avere un impatto gravoso sugli effetti della congestione, qualora la loro velocità di introduzione fosse bassa. Per questo motivo, i periodi più prossimi all'introduzione di alti livelli di automazione potranno manifestare rischi ed effetti controproducenti nei confronti degli sforzi che la società sta facendo per ridurre la congestione.

Considerando di introdurre nel mercato auto con tecnologia di livello 4 o 5 lo scenario sembrerebbe molto meno prevedibile; inizialmente l'improvvisa introduzione di un numero limitato di auto altamente autonome tra milioni di auto tradizionali porterà a conseguenze imprevedibili. Per esempio, gli altri guidatori potrebbero essere colti di sorpresa dal diverso comportamento delle auto autonome, portando ad un aumento del numero di incidenti. I proprietari delle auto autonome, invece, potrebbero diventare troppo dipendenti dall'autonomia della loro auto e non essere più in grado di intervenire quando necessario, con ancora un aumento nel numero di incidenti. Potrebbe anche essere necessario impostare valori di accelerazione e decelerazione più bassi nei diversi veicoli a guida autonoma, in modo tale da assicurare confort tra i passeggeri ma ciò porterebbe ad una diminuzione complessiva del flusso. C'è poi un'altra variabile da tenere in conto, una navetta autonoma può essere programmata per trattare tutte le persone allo stesso modo, indipendentemente da sesso, età, etnia, orientamento sessuale e caratteristiche o limitazioni fisiche. Ciò significa che persone anziane o giovani che non hanno la patente potrebbero decidere di spostarsi con mezzi propri anziché usare i mezzi pubblici; in questo modo gli spostamenti potrebbero aumentare, se poi il veicolo fosse di proprietà anche le strade diventerebbero più affollate. È evidente che aumentare il numero di strade o la capienza delle stesse aumentando corsie è praticamente



impossibile, soprattutto se si considerano le città affollate dove praticamente ogni angolo è costruito. Bisognerà intervenire in altro modo, aumentare la portata delle strade ma affidandosi ad altre strategie atte a migliorare la portata e a fluidificare il traffico.

A lungo termine invece lo scenario sarebbe più deterministico da immaginare infatti la quasi totalità dei veicoli autonomi permetterà l'eliminazione della maggior parte degli incidenti stradali arrivando molto vicini allo zero, i veicoli a guida manuale saranno in numero limitato o addirittura banditi dalle strade.

Altra evoluzione dell'ambiente urbano riguarderà le zone dedicate alla sosta. I parcheggi attuali potrebbero ospitare un numero maggiore di auto senza conducente rispetto a quante ne ospiterebbero se esse fossero guidate dall'uomo. Quando le persone parcheggiano la propria auto, hanno bisogno di spazio per aprire le portiere e allontanarsi, cosa non più necessaria per le auto senza conducente. Inoltre, i parcheggi dedicati ai veicoli autonomi non richiederebbero più la necessità di installare ascensori e scale, bensì i proprietari potrebbero semplicemente essere lasciati dalle macchine all'ingresso o in qualche altra destinazione, mentre i veicoli si parcheggiano da soli, permettendo così all'utente di risparmiare il tempo di solito speso nella ricerca del parcheggio, stimato mediamente intorno ai 20 minuti (Gallivan, Settembre 2011). I ricercatori dell'università di Toronto stanno studiando le dimensioni ideali per un'area dedicata al parcheggio infatti aree troppo estese pregiudicano i tempi di manovra e spostamento mentre aree troppo piccole annullano il guadagno di spazio rispetto ad un parcheggio convenzionale. Il guadagno di spazio si attesta ad un incremento dal 62% al 87% a seconda della configurazione, rispetto ad un parcheggio attuale. Lo scenario peggiore di un veicolo in attesa di compiere un trasporto è quello che lo stesso resti in circolazione sulle strade della città ma a velocità limitate; in questo modo il traffico ne risentirebbe e le città risulterebbero congestionate da veicoli senza passeggeri e in attesa. Questo scenario, se non normato, potrebbe essere davvero realizzabile infatti si stima che la spesa per circolare a bassa velocità è di 50 centesimi all'ora, molto meno del prezzo attuale per una sosta a pagamento. Una possibile soluzione è quella di dare un tempo limite entro il quale il veicolo può spostarsi in autonomia senza contenere passeggeri così da cercare parcheggio o disimpegnare vie troppo congestionate ma di prevenire il fenomeno sopra descritto.

## 5.7 Aspetti economici

La questione economica per l'acquisto e il mantenimento di un veicolo a guida automatizzata è molto delicato e con molte variabili in gioco, da un lato sistemi tecnologici sempre più evoluti si faranno sentire al momento dell'acquisto e durante le revisioni dei veicoli dall'altro lato questi dispositivi potranno evitare incidenti che si traducono in un risparmio notevole, nella possibilità di ridurre costi come le assicurazioni o ancora ammortizzare i costi mettendo a disposizione la vettura per altri utenti della strada o viceversa evitare l'acquisto del veicolo e noleggiarlo solo per lo spostamento necessario.

Dispositivi di assistenza alla guida come il controllo del mantenimento della corsia, l'ACC e le telecamere frontali possono far lievitare il prezzo oltre i 5.000 euro, finché tali dispositivi restano opzionali il cliente potrà scegliere se affrontare la spesa ma quando, a partire dal 2022, i veicoli nuovi dovranno essere equipaggiati di serie di tali tecnologie, la spesa diventerà obbligatoria. Il Consiglio Economia e Finanze dell'Unione Europea (Ecofin) ha infatti stabilito che gli Adas (Advance Driver Assistance System) saranno obbligatori per le auto e tutti i nuovi veicoli a motore, tra cui camion, autocarri, autobus e furgoni; l'obiettivo è quello di dimezzare morti e feriti gravi in incidenti stradali nel prossimo decennio. Tutti i veicoli che verranno messi sul mercato dell'Ue dal 2022 dovranno quindi essere equipaggiati con alcuni sistemi di sicurezza avanzati, come il Lane Departure Warning (il sistema di mantenimento della corsia di marcia), l'Automatic Emergency Brake (la frenata automatica di emergenza) e per i mezzi pesanti, i sistemi di rilevamento di pedoni e ciclisti. Sempre per i veicoli pesanti, tra cui anche autocarri e autobus, i costruttori dovranno rispettare nuovi requisiti di progettazione e costruzione dei mezzi in modo da ridurre "in modo significativo" la presenza di angoli ciechi. Più in generale, tutti i veicoli dovranno inoltre essere dotati del sistema di adattamento intelligente della velocità, la predisposizione per l'installazione di sistemi di rilevamento tipo alcol lock (o alcolock) e avviso avanzato della disattenzione e stanchezza del conducente, oltre alle segnalazioni di arresto di emergenza, rilevamento di retromarcia, registratori di dati di evento e sensori di monitoraggio della pressione degli pneumatici.

Importante insieme a questa iniziativa sarà quella di accelerare lo svecchiamento del parco auto circolante sulle strade. In un rapporto rilasciato da Lux Research, è stato stimato che il mercato delle self-driving cars potrebbe arrivare a contare fino a 87 miliardi di dollari entro il 2030; nello stesso anno, ci si aspetta inoltre che il 92% delle automobili in commercio raggiunga il livello 2 di automazione e il restante 8% il livello 3, mentre i veicoli di livello 4 o 5 non saranno ancora disponibili. Anche secondo BCG (Boston Consulting Group) il valore del mercato delle automobili autonome raggiungerà quote simili, pari a 42 miliardi di dollari entro il 2025, per poi arrivare a 77 miliardi entro il 2035; è inoltre previsto che entro quell'anno verranno vendute circa 12 milioni di driverless cars. L'avanzamento della tecnologia e la sua sempre più diffusa implementazione nei veicoli di nuova generazione, dovrebbe poi assicurare una diminuzione di spesa per le installazioni di tali dispositivi.

Altro aspetto che è stato preso in considerazione nelle previsioni è ciò che concerne i costi di gestione di una self-driving car. Oltre all'effettivo prezzo dei veicoli autonomi, scoglio tuttora difficilmente superabile per via del costo elevato dei singoli componenti, si prevede che la manutenzione di sensori e affini comporterà spese aggiuntive non indifferenti; l'importanza dell'aspetto sicurezza giocherà un ruolo determinante e comporterà la realizzazione di scocche più resistenti e la presenza di sensori ridondanti. T. Stephens nel 2016 ha previsto che a causa di questi motivi il costo di un veicolo autonomo oscillerà dagli 0.8 agli 1.2 dollari al miglio, più alto se paragonato alla media di dollari al miglio prevista dagli attuali veicoli, ossia dagli 0.40 agli 0.60. Sempre a questo proposito, nel 2017 la Johnson and Walker ha ribadito come secondo le sue anticipazioni i veicoli elettrici autonomi che verranno impiegati nei servizi di car-sharing costeranno 0.85 dollari al miglio durante il 2018, ma che saranno destinati a scendere drasticamente entro il 2035, raggiungendo una spesa di 0.35 dollari al miglio. Bosh, invece, per ciò che concerne i veicoli autonomi pubblici, prevede che raggiungeranno un costo di 0.20-0.40 \$ al miglio per persona, stimando una media di 3-6 passeggeri. Una conseguenza di quanto appena detto è relativa ai servizi di car-sharing. Assumendo che i costi e la manutenzione dei veicoli autonomi restino poco accessibili al grande pubblico, si ritiene che i servizi di car-sharing possano trovare terreno fertile per potersi espandere ulteriormente.

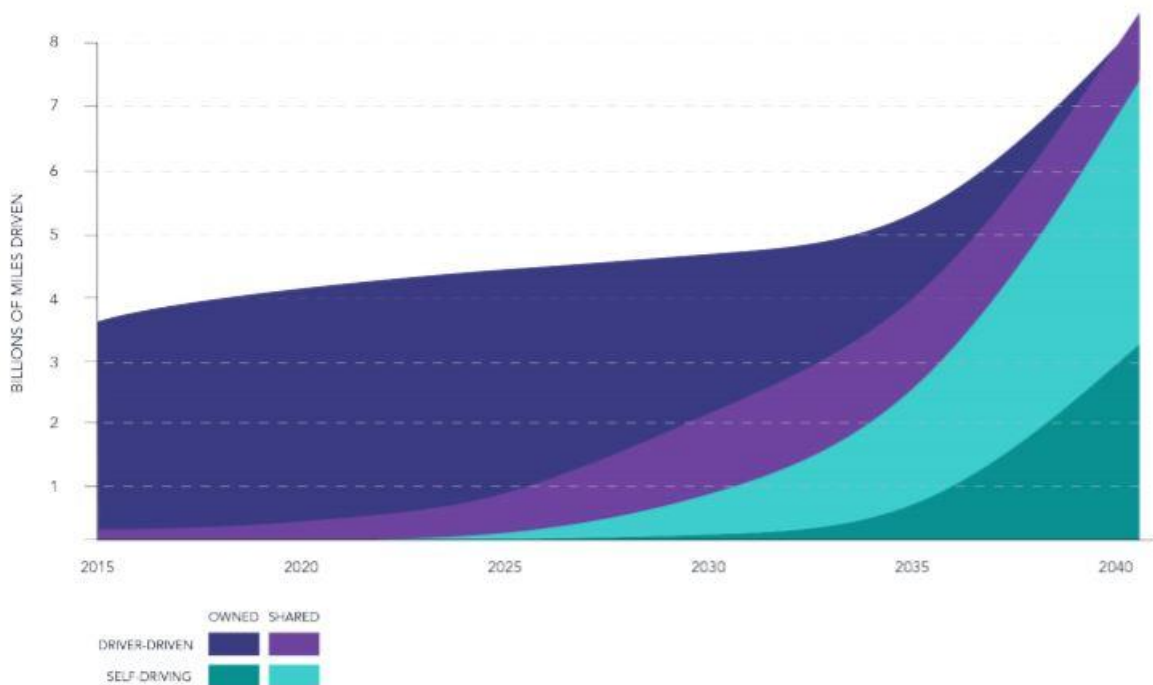


Figura 211 - Previsione veicoli autonomi e non, privati e non

## 5.8 Aspetto etico e morale

Tra gli argomenti più discussi delle auto a guida autonoma c'è il problema delle scelte che un'auto sarà costretta a fare, se è vero che questi veicoli ridurranno gli incidenti stradali sarà anche necessario capire

come si dovranno comportare in caso di evento inevitabile. Nasce quello che si chiama “trolley problem” ovvero il problema del carrello ferroviario, un esperimento formulato da Philippa Ruth Foot nel 1967 dove viene proposto per la prima volta un modello etico.

Lo spazio per frenare richiesto da un sistema autonomo è minore rispetto a quello di un conducente umano e il sistema si atterrà ai limiti di velocità quindi l’energia d’impatto, in caso di urto, sarà minore; inoltre il sistema orienta il veicolo per ridurre l’angolo d’impatto. Questi elementi serviranno a ridurre le conseguenze dell’impatto. Se vi si aggiungono, anche le RSU agli incroci e la cooperazione tra i veicoli e tra essi e l’infrastruttura digitale, le collisioni saranno ulteriormente meno probabili. Questo discorso è per dire come piuttosto di pensare alle conseguenze serve porre le attenzioni su come non arrivare a quel punto (in cui serve decidere). Il nostro intento in questa trattazione non è risolvere il “Trolley problem” o similari ma utilizzarli come segnale di avvertimento.

Sarà importante valutare chi avrà la responsabilità e il potere di scrivere le proposte di legge su come debba essere affrontato un incidente.

Questa la visione della corte scozzese a riguardo [84]:

*Answer 43)* Non ci aspettiamo che i sistemi di guida automatizzati esprimano giudizi etici. Questi sistemi dovrebbero essere abbastanza sicuri da evitare incidenti nella maggior parte dei casi, se si trovasse di fronte a una situazione in cui un incidente è inevitabile, non ci aspetteremmo che il sistema sia in grado di prendere tali decisioni in primo luogo;

*Answer 44)* Riteniamo che si debba evitare un'eccessiva attenzione agli ipotetici dilemmi etici, come il "trolley problem".

Ora partiamo da un esempio reale, in cui la scelta sembra semplice, e cercheremo di mostrare come nella pratica anche il caso più semplice implichi scelte morali-etiche troppo complicate.

Il caso di Gracie and Rosie Attard: gemelle siamesi unite all'addome. Le evidenze mediche indicarono che Gracie era la sorella più forte e che garantiva la vita di Rosie. Separandole chirurgicamente, Gracie avrebbe avuto un tasso di sopravvivenza del 94% mentre Rosie non sarebbe sopravvissuta. Nel caso i chirurghi non fossero intervenuti Rosie sarebbe comunque morta entro sei mesi, portando con sé anche Gracie. La corte d'appello ha autorizzato l'intervento chirurgico, e Lord Justice Brooke ha esplicitamente indicato la necessità di avviare un'azione legale per aver causato la morte di Rosie (Re A, conjoined twins, 2001). In circostanze molto specifiche, vale a dire: a) la persona uccisa impediva la sopravvivenza dell'altra b) la persona uccisa sarebbe comunque e sicuramente morta in breve tempo c) l'omicidio è stato commesso con il verdetto di una corte, dopo un'attenta valutazione dei fatti ed il parere di esperti, possono essere prese decisioni che condannano a morte una persona [97].

Torniamo ora all’esperimento di Philippa Ruth Foot che consiste nell’analizzare quale scelte morali fanno gli intervistati a seguito di scenari di incidente. I ricercatori del Massachusetts Institute of Technology, in collaborazione con università di altri paesi, che hanno realizzato un sondaggio online a larga scala per capire come vada impostata l’etica dei sistemi di intelligenza artificiale. Il sondaggio, the Moral Machine, che ha ottenuto oltre 40 milioni di risposte da diverse aree del mondo. È stato chiesto loro, ad esempio, di scegliere se salvare il guidatore o il passeggero o i pedoni tenendo conto di età, genere, numero di soggetti coinvolti e status sociale. Le tendenze generali sono state quelle di risparmiare il maggior numero di vite possibili, dare priorità agli esseri umani piuttosto che agli animali e salvaguardare i giovani.

Nelle auto a guida autonoma è evidente che l’imprevedibilità non può essere una variabile, le auto saranno programmate in anticipo per seguire un comportamento in base allo scenario in cui si trovano. La questione più rilevante è capire chi dovrà imporre le scelte da fare; sarà una decisione unica e uguale per tutte le auto, imposta dall’alto oppure esisteranno più comportamenti ed ogni casa automobilistica avrà un suo modello e sarà l’acquirente a scegliere il veicolo in base alle idee che condivide o ancora le auto saranno dotate di un dispositivo che regola il comportamento dell’auto in base alle impostazioni dell’utente. Quest’ultima ipotesi

è stata ipotizzata attraverso una manopola etica. La manopola offre all'occupante la possibilità di selezionare tre diverse impostazioni di reazione della macchina prima di mettersi in moto:

1. Preferenza modalità altruistica per terzi;
2. Modalità imparziale, pari importanza data ai passeggeri e ai terzi;
3. Preferenza della modalità egoistica per i passeggeri.

Nella prima modalità, altruistica, l'importanza della vita delle altre persone supera l'importanza della vita dei passeggeri. Pertanto, il veicolo autonomo dovrebbe sempre sacrificare i propri passeggeri per salvare altre persone, pedoni o passanti.

Nella seconda modalità, imparziale, le vite dei passeggeri dell'auto automatizzata sono sullo stesso piano delle vite di altre persone. Nella terza modalità, egoistica, l'importanza della vita dei passeggeri supera l'importanza della vita delle altre persone.

Un'affermazione che spopola su questo tema è la seguente: "minimizzare le perdite" ma è del tutto inefficace perché è difficile conoscere quali individui e di quale età sono all'interno dell'area di rischio, sia perché servirebbe porre in essere una scala gerarchica sul valore delle persone (di cui non mancano i tentativi, ad esempio W. K. Viscusi and J. E. Aldy, *The Value of a Statistical Life*. *Journal of Risk and Uncertainty*, 2003), dato che solamente come combinazione di numero ed età per noi non funzionerebbe. Infatti se a priori tra tre morti giovani ed uno di mezza età verrebbe da optare per i tre ma la risposta non cambierebbe forse sapendo che l'uomo di mezza età è vedovo con un figlio a carico (che resterebbe solo) mentre gli altri tre sono appena evasi dal carcere dove erano condannati per strage? Oppure nel caso fosse un chirurgo luminare che ogni giorno grazie ad un suo metodo salva persone destinate a morte certa?

Tra l'altro nel caso in cui la scelta su chi salvare sia eseguita in base al numero di persone, vi sarebbe un sicuro incentivo all'uso del trasporto collettivo con gli autobus che si trasformerebbero in assicurazioni per la vita.

La distruzione (o danneggiamento) della proprietà per salvare vite umane ed i grandi scenari di catastrofi, questi secondo [97] possono essere situazioni in cui i veicoli autonomi possono davvero essere programmati per seguire una scelta. Su questo possiamo ritenerci d'accordo. Anche se di esempi circa una catastrofe evitata grazie ai veicoli a guida autonoma ci sono venute in mente solamente rielaborazioni di scene cinematografiche.

Per ovviare a questi problemi esistenziali che potenzialmente potrebbero non avere mai una risposta certa, è stata anche avanzata la proposta di lasciare che sia il fato a decidere: in questo scenario, sarebbe di un generatore automatico di numeri randomici la responsabilità di giungere a un verdetto il più equo possibile. A prescindere da quale sia la strada da intraprendere le auto dovranno essere programmate in modo tale da ricevere moltissime informazioni dal mondo circostante per valutare quale sia la scelta migliore da intraprendere.

Parlare di accordi contrattuali tra il produttore dell'auto e i compratori, con i quali ad esempio si indica che il veicolo è impostato per dare la priorità ai propri clienti, essendo dei contratti tra le parti hanno una valenza civilista ma dal punto di vista del diritto penale non verranno mai tenuti in considerazione. E comunque anche nel solo diritto civile (veicolo a guida autonoma che ha creato un danno, non perseguibile penalmente) il giudice potrebbe definire nullo il contratto o nulle alcune sue clausole. Nel caso opposto, in cui il contratto col venditore del veicolo penalizzi i passeggeri a fronte di parti terze, il giudice potrebbe definire quella clausola come vessatoria (nei confronti del cliente) e dunque inapplicata.

Noi non condividiamo l'opinione espressa in [97] per la quale l'intelligenza artificiale indirizzi (in caso di impossibilità di superare la situazione di rischio evitando tutte le collisioni) il veicolo a guida autonoma verso il veicolo riconosciuto come più robusto perché questa pratica possa condurre ad un rifiuto dei consumatori ad acquistare veicoli sicuri. Non lo siamo per due motivi: il primo è che se la maggioranza non acquista veicoli tra quelli più sicuri, la questione scala verso il basso (non si elimina). Cioè hanno veicoli meno sicuri ma

saranno ritenuti (dal sistema) sempre più robusti che i velocipedi, le motociclette, i monopattini o i pedoni. Il secondo motivo è che la scelta di quale veicolo acquistare non dipende da un solo parametro, i veicoli più sicuri saranno anche quelli con migliori funzionalità e maggiore protezione dalle intrusioni informatiche.

In [98] è detto come allo stato attuale il livello di accettazione da parte dei cittadini: di un veicolo che vira schiantandosi contro un muro e provocando la morte dei suoi occupanti oppure che per salvare i suoi occupanti investe dei pedoni, è molto inferiore a quello di un guidatore che sotto gli effetti dell'alcol travolge dei pedoni. Quindi anche da parte della popolazione vige uno scetticismo generale nei confronti della tecnologia, si preferisce affidarsi ancora alle capacità umane.

Numerosi sono i test condotti in questo campo, tra tutti abbiamo citato quello dei ricercatori del Massachusetts Institute of Technology. Tra tutti, vogliamo riporre quelli che secondo noi risultano più significativi o che danno il là per spunti di riflessione. Non solo gli studiosi che si sono soffermati sulla tematica etica, ma anche gli intervistati tra i cittadini del Regno Unito sono combattuti sul fornire una risposta, a come dovrebbe comportarsi un veicolo nei confronti di un incidente inevitabile. Ad esempio si legge sul Journal of Science del Giugno 2016 che il 76% delle persone intervistate si è espressa, in merito ad uno scenario di incidente, dicendo come i programmatori avrebbero dovuto impostare il veicolo sulla traiettoria di minor danno ed in modo di avere il minor numero possibile di vittime anche, sacrificando i propri passeggeri. Un numero così alto non deve però sorprendere infatti quando gli è stato chiesto se acquisterebbero quella tipologia di veicolo, hanno ripensato alla risposta data in precedenza (Will your driverless car be willing to kill you to save the lives of others?).

Sulla base di quella idea di dare una scala gerarchica alle persone, in caso di collisione inevitabile, in [99] è proposto un esperimento con il simulatore virtuale in cui 189 soggetti d'età media 24 anni circa (62 femmine e 127 maschi) vedevano emergere due ostacoli (ognuno su una linea) e dovevano scegliere quale corsia percorrere. Cinque metri prima di ogni collisione proposta, lo schermo diventava nero, per evitare una visualizzazione della collisione. Lo schermo rimaneva nero per due secondi, per poi passare allo scenario successivo.

Il 95,4% dei partecipanti ha scelto di guidare sulla corsia dove il veicolo avrebbe colpito la singola persona, sia che servisse spostarsi dalla corsia percorsa sia che servisse rimanervi. Dunque la differenza legale tra inazione ed azione non è stata percepita come discriminante di scelta, dai tester.

Successivamente i soggetti (con la realtà virtuale) percorrevano una strada, delimitata da una parete rocciosa su di un lato ed un crepaccio dall'altro; improvvisamente appariva davanti a loro un gruppo di persone, hanno dovuto scegliere tra investirli o dirigersi verso il vuoto. Il risultato è dipeso dal numero di potenziali vittime: dal caso più basso (il 52 % salva due persone) a quello più alto (70 % che salva più di cinque persone). La Commissione etica tedesca definisce incompatibile la dignità umana con la prospettiva che sacrificino la loro vita, un veicolo a guida autonoma non può essere programmato per sacrificare i suoi passeggeri hanno dichiarato. L'aspettativa di vita rimanente si è dimostrata una caratteristica di scelta. Il 72% ha scelto di salvare una persona adulta piuttosto che una anziana. Il 90 % ha salvato un bambino, sacrificando una persona adulta. Percentuale scesa al 79 % se l'adulto è inginocchiato, ad esempio sta raccogliendo qualcosa, perché essendo abbassato la testa risulta più esposta e dunque la gravità del colpo più severa. La Commissione etica tedesca definisce come discriminatoria, l'eventuale scelta di programmare il sistema di guida autonoma tenendo conto dell'età dei soggetti coinvolti.

Ultimo caso: un gruppo di adulti (tra due e sette), potevano essere salvati solo guidando sul marciapiede, colpendo un'altra persona. Come per il primo esperimento le persone hanno effettuato una scelta basandosi sul numero di persone, non sulle regole, e scelsero di sterzare sul marciapiede (solo il 2.6 % in nessun caso ha scelto di rivolgere l'auto sul marciapiede).

L'ultimo test ci consente di ricordare quanto sia importante tenere in considerazione il rispetto del codice della strada all'interno dell'equazione di valutazione dei rischi. Salvare un utente che stia compiendo un'azione illegale è considerato eticamente giusto se si lede la salute di un altro individuo?

Con il progredire della tecnologia, un domani potremmo avere dispositivi installati sulle auto che potrebbero riconoscere le persone coinvolte, attraverso telecamere e software di riconoscimento facciale, e magari l'intelligenza artificiale potrebbe avere informazioni in merito alla salute di tali persone e decidere di compiere delle scelte considerando anche tali parametri insomma eseguire un'analisi in tempo reale dei vari scenari e calcolare una probabilità maggiore di sopravvivenza per intraprendere la scelta.

In Germania, un comitato etico istituito dal ministero federale dei Trasporti ha scritto 20 regole etiche per la circolazione stradale di veicoli automatizzati e connessi, che riguardano anche la guida automatizzata. Queste indicazioni sono completamente indipendenti dalla legge in vigore in Germania e possono servire da orientamento per la creazione di una linea guida per lo sviluppo di autoveicoli con funzioni di guida automatizzata anche in altri paesi. Riprendendo il testo, esso dice "sembra sensato trasferire scenari pertinenti in un catalogo di scenari centrale di un'istanza neutra, al fine di creare le disposizioni generali appropriate, comprese eventuali prove di collaudo."

Le venti regole saranno elencate in fondo al capitolo come conclusione.

## 5.9 Trasporto pubblico

Qualche accenno ai trasporti pubblici è già stato fatto nei paragrafi precedenti ma riteniamo di dover approfondire maggiormente la questione. Per poter concepire quella che è oggi la mole di questa realtà, si vuole prendere in considerazione il report "Urban Public Transport in the 21st Century" effettuato dalla UITP (Associazione Internazionale del Trasporto Pubblico) el 2015, che ha preso in analisi 39 Paesi da tutto il mondo (dei quali 27 europei), scegliendoli in base a densità di popolazione e lo stato di sviluppo dei trasporti pubblici. E' risultato che in quell'anno sono stati effettuati 243 miliardi di trasporti, che implica un aumento del 18% se paragonato ai dati raccolti nel 2000; di tutti questi viaggi, la Cina ha contribuito maggiormente, con i suoi 85 miliardi, seguita prima dal Giappone, poi dal Brasile. Il totale di individui considerati è di circa 2 miliardi (circa un terzo della popolazione mondiale), i quali in media effettuano 121 viaggi a testa su mezzi pubblici in un anno; questo dato tuttavia varia considerevolmente in base allo specifico Paese preso in esame, dando la possibilità di andare ad identificare tre fasce di Paesi i cui abitanti ne fanno più o meno affidamento. I Paesi ad alta richiesta di trasporti pubblici sono principalmente nazioni che appartengono a Europa ed Asia orientali; tra i Paesi a media richiesta si possono trovare Russia, Brasile, Italia e Belgio, mentre nel gruppo dei Paesi a bassa richiesta risultano Nord America, Australia e Nuova Zelanda. Lo studio in questione ha anche rivelato, in media, quale sia la percentuale dei trasporti totali considerati effettuati tramite un determinato mezzo di trasporto: in particolare, l'autobus risulta essere il più utilizzato con una percentuale del 63%. Seguono treno e metropolitana, entrambi a 16%, per concludere con il tram, che copre il 5% dei trasporti totali. È facile immaginare perché il trasporto pubblico nelle grandi città sia privilegiato rispetto al trasporto privato: esso è mediamente più veloce dei veicoli privati, comportando quindi un risparmio di tempo. Il risparmio appena considerato è anche economico se, avendo la necessità di raggiungere più volte un luogo (ad esempio per lavoro), si prenda in considerazione la possibilità di acquistare un abbonamento. I problemi però non mancano, puntualità e frequenza sono aspetti che condizionano le scelte di molte persone che dichiarano il sistema poco efficiente e troppo vincolante.

## 5.10 Mutamenti socioeconomici

I concetti dei quattro capitoli appena visti verranno richiamati all'interno di questo dove si darà una visione su quella che sarà la mutazione nell'ambito dell'intrattenimento a bordo dei veicoli del futuro, dei tempi di percorrenza ed in fine nell'ambito lavorativo legato ai trasporti. Per poter rendere il discorso completo e



fluido, senza il bisogno di dividerlo in varie parti è risultato opportuno dedicare un capitolo a parte anche se risulta ovvio che non può prescindere da aspetti economici, morali e di mobilità collettiva.

Parole espresse attraverso l'European Economic and Social Committee (EESC) sono state: “..tenendo conto dei cambiamenti strutturali inerenti l'automazione, è necessario preparare strategie che: rendano un equo e liscio cambiamento, diminuiscano gli impatti sociali negativi e rispondano al gap di capacità richieste, combinate con un appropriato monitoraggio del progresso”.

#### 5.10.1 Servizi d'intrattenimento

Per quanto si era già detto a riguardo dei 150/190 euro che il 75 % degli intervistati ha dichiarato di essere disposto a pagare al mese, per i servizi di intrattenimento-svago che saranno opzionabili sulla HMI, è un valore che non ci si aspetterebbe e che annualmente (considerando il numero di veicoli in circolazione) porterebbe introiti consistenti ai produttori di servizi. Potrebbe quindi generarsi una nuova branca delle società di informazioni specializzata nel fornire applicazioni per i veicoli automatizzati oppure l'avvio di start-ups mirate alla produzione di questo tipo di servizi. In entrambi i casi (se i valori trovati da Dungs ed i suoi colleghi fossero confermati) si avrebbero nuove opportunità di lavoro. Si evidenzia come a scapito di posti di lavoro non specializzati si creino posti di lavoro per figure professionali laureate (inoltre queste figure svolgono mansioni non pratiche e hanno il vantaggio di poter lavorare durante lo spostamento, offerto dai veicoli di LV 4, 5).

Il prezzo che l'utente è disponibile a versare per i servizi di intrattenimento è dipendente oltre che dalle già citate età e tipologia di veicolo (quindi situazione economica), anche dalla locazione geografica e dal tempo di viaggio. Maggiore è il tempo trascorso in auto giornalmente e maggiore sarà la spesa che il soggetto è disponibile a versare per questi servizi-applicazioni. Sempre secondo Dungs e collaboratori. Il

riferimento è per i veicoli di LV 4, 5 dove l'utente è per poco o per nulla guidatore. Nei livelli inferiori essendo impegnato nella guida il guidatore è poco (LV 3) o nulla interessato a servizi d'intrattenimento. Servizi che potrebbero interessare ad eventuali passeggeri se la durata del viaggio non è breve.

Essendo differente il valore che si dà al tempo, è valutato differentemente quanto si è disposti a pagare per i servizi extra. Il valore dato al tempo varia in base alla classe sociale, età, regione geografica, tipo di mansione svolta; un autotrasportatore o un corriere sono soggetti ad una notevole quantità di ore guidate (con relativa monotonia e solitudine) quindi nel loro caso i servizi di svago, durante il periodo di guida da parte del sistema, saranno molto apprezzati. In Europa il trasporto su gomma è il modo di spostarsi più utilizzato, seguito dal trasporto marittimo e al terzo posto vi è quello ferroviario.

#### 5.10.2 Minor costo del trasporto

L'Italia potrebbe sfruttare il minor costo del trasporto, avendo un'economia trainata dalle esportazioni (il maggior volume scambiato è con la Germania). Quello che si è detto sulla maggiore importanza di figure qualificate, in un prossimo futuro a seguito dell'ingresso dell'automazione in diversi settori, potrebbe rendere il costo della progettazione e dell'impiantistica, superiore a quella delle materie prime e degli aspetti fiscali, portando magari il rientro in Italia di alcuni impianti di produzione che ad oggi permangono nei paesi in via di sviluppo. Potrebbero però essere installati in Italia solo i laboratori in cui si realizzano le componenti elettroniche e sfruttare il minor costo di trasporto per mantenere la produzione in paesi dell'Europa dell'est (esempio Polonia oppure in Romania. Dove gli esperti del settore indicano un + 38 % di crescita del settore automobilistico entro il 2030) [95].

Nel caso dell'Italia dove vi sono più auto per famiglia, una strategia vincente per i produttori di servizi d'intrattenimento, potrebbe essere quella di pacchetti multi installazione. Nel senso che il primo pacchetto è a un prezzo pieno mentre un secondo è ad un prezzo ridotto con l'eventuale terza installazione magari gratuita. Un'altra strategia di marketing potrebbe essere quella di avere uno sconto oppure servizi plus nel caso di acquisto del prodotto anche da parte di un altro cliente, esempio un amico o un vicino di casa.

Per quanto riguarda il prezzo diversi autori individuano intorno a 10.000\$ il sovrapprezzo per l'implementazione dei LV 4, 5 di automazione (Asselin-Miller ed altri nel 2017, Burke nel 2016, Mosquet ed altri nel 2015). Un prezzo che non consentirà un successo commerciale (Wadud nel 2017) anche se lo stesso autore ammette che spalmato sulla vita utile del veicolo e, considerando un tasso di riduzione dei costi hardware e software inerenti l'automatizzazione del 5-10 % annuo, dopo l'entrata in commercio, non è un costo drammaticamente alto. Per i veicoli commerciali pesanti si ipotizza un sovrapprezzo inerente l'automatizzazione, mediamente doppio rispetto alle autovetture: 20.000\$. "I vari autori non fanno differenze tra il LV 4 e il 5 sostenendo che la parte hardware sarà la medesima, e che quella software avrà implementazioni non così considerevoli". La Commissione Europea senza fare distinzioni tra i tre diversi scenari dei grafici 2 e 3, indica in 8.091 euro ed in 16.870 euro i costi per i LV 4, 5 di automazione, rispettivamente di auto ed autoarticolati, nel periodo 2015-2025. Per il LV 1 indica un valore di 1.000 euro per le auto e 2.000 euro per i veicoli pesanti, per il LV 2 assume il prezzo dell'autopilota della Tesla, infine per il LV 3 indica la media tra i prezzi del LV 3 e dei LV 4, 5 [95].

La maggior parte dei fruitori di un dato servizio è disponibile a condividere i propri dati personali se vi è una convenienza economica o una maggior sicurezza correlata al servizio stesso. L'età dei soggetti interessati, così come per le scelte di utilizzare-comprare un veicolo di LV 4 o 5, oppure di quanto investire in servizi di intrattenimento e svago, influenza anche la scelta nel caso della privacy. Le persone giovani sono più disponibili ad usufruire di servizi che utilizzano i propri dati personali. Così come lo sono gli utenti che viaggiano spesso (più di 20 ore per settimana, indicato nel testo Monetizing car data, Bertonecello e altri 2016).

### 5.10.3 Ambito occupazionale

Analizziamo le varie categorie lavorative, influenzate dall'introduzione dei veicoli (automatizzati, connessi, autonomi). Dato che è stato citato diverse volte fino ad ora, possiamo fare un parallelismo con il caso ferroviario anche per la situazione occupazionale. Prima c'erano i casellanti alle intersezioni tra la via ferrata e la strada e c'erano gli operatori che manovravano sia gli scambi sia i segnali a vela. In seguito con lo sviluppo tecnologico questi operatori sono stati rimpiazzati dai sistemi di controllo elettronici ed informatici. Se da un lato vi sono state queste perdite occupazionali dall'altro si è avuta la possibilità di passare da alcuni convogli stradati al giorno alle diverse decine di convogli attuali. Avere decine di convogli giornalieri significa, dal punto di vista lavorativo, aver aumentato il personale viaggiante (conducente e capo treno), il personale per le pulizie e i manutentori in officina, quindi il bilancio occupazionale a seguito dello sviluppo tecnologico è positivo. Senza contare come un maggior numero di treni indica un maggior numero di persone sottratte all'uso del veicolo individuale a favore del mezzo collettivo, con conseguenti riduzioni della quantità di CO<sub>2</sub> emessa e del traffico.

Un altro esempio è quello proposto da T. Cohen e C. Cavoli nel 2017, inerente ad un banca statunitense che automatizzò diversi compiti prima eseguiti da impiegati attraverso 400.000 ATMs (automatic teller machines). Le prestazioni delle macchine permisero di ridurre i costi operativi e la banca impiegò questi utili per aprire nuove sedi in cui trovò lavoro del personale. Gli autori indicano come il numero di impiegati della banca sia rimasto inalterato però, rispetto all'esempio ferroviario questo secondo esempio ci lascia alcuni dubbi. In primo luogo le nuove sedi sono in posti differenti e sufficientemente lontane rispetto alle sedi già aperte, perciò gli impiegati che hanno perso il lavoro dovrebbero trasferirsi nel luogo in cui sono insediate le nuove sedi e questo potrebbe essere non possibile (casa di proprietà oppure mutuo sulla casa già in parte pagato). In secondo luogo la banca potrebbe installare le ATMs anche nelle nuove sedi (dato che hanno prodotto una riduzione dei costi rispetto al personale umano a parità di mansioni svolte). Terzo, una variazione delle condizioni del mercato potrebbe rendere non più necessarie le nuove sedi e in questo caso è più facile smontare delle macchine piuttosto che licenziare del personale o comunque un amministratore

delegato differente potrebbe scegliere di non reinvestire il surplus, generato dalle ATMs nelle sedi già aperte, nell'apertura di nuove sedi.

Portando il discorso sull'introduzione dei veicoli a guida autonoma, nel caso dei veicoli pesanti ad esempio si avrà una perdita di posti lavoro per i camionisti, in una prima fase. Successivamente i veicoli senza guidatore faranno registrare maggiori utili alle imprese di trasporto e distribuzione merci, che potranno abbassare i prezzi scaturendo nuova domanda. Questa nuova domanda verrà comunque soddisfatta con veicoli a guida autonoma ma più vi sono veicoli e più è ampliato l'indotto e quindi in questa seconda fase vi sarà creazione di posti di lavoro. L'indotto è quello dei magazzinieri che scaricheranno e caricheranno le merci, delle auto officine che si occuperanno della manutenzione e riparazione dei mezzi. In più vi saranno maggiori ricavi per i gestori della rete delle telecomunicazioni perché vi saranno più mezzi collegati che si scambiano dati, per i gestori dell'infrastruttura nelle zone a pedaggio, per i fornitori di energia o benzinai (nel caso non fossero ad alimentazione completamente elettrica), per i costruttori dei nuovi veicoli.

#### *5.10.3.1 Conducenti professionisti*

I veicoli autonomi saranno molto propensi in futuro ad essere scelte per i servizi di trasporto, è previsto anche come i trasporti pubblici adotteranno con buona probabilità veicoli autonomi come mezzi di servizio: la società svizzera UBS prevede che entro il 2035, nelle città in cui saranno disponibili, l'80% delle persone userà dei taxi a guida automatizzata per i propri spostamenti, e la possessione di veicoli privati crollerà del 70%. A distanza di altri 15 anni invece, nel 2050, è previsto che le self-driving cars private circoleranno in numero ormai pari a quello dei taxi autonomi in transito. Questo è solo un esempio di scenario che si potrà verificare. L'uso di veicoli autonomi potrebbe rendere possibile il trasporto di un maggior numero di passeggeri nei mezzi pubblici. I minibus autonomi potrebbero trasportare più passeggeri alle fermate centrali e rendere i trasporti pubblici più attraenti. Veicoli più piccoli rispetto agli autobus odierni garantiranno un accesso più capillare sul territorio inoltre un veicolo sarà sempre a disposizione nel giro di poco tempo grazie all'affiancamento di servizi privati con i mezzi pubblici. Anche gli orari non saranno più un problema, nel bel mezzo della notte piuttosto che in una fascia oraria di punta, attraverso la tecnologia sarà possibile prenotare il proprio spostamento e una rete sinergica di veicoli garantirà lo spostamento con la massima puntualità e velocità, riducendo i tempi di attesa tanto odiati dall'utenza.

Per la fase in cui saranno presenti veicoli pesanti di LV 4 serviranno camionisti con una preparazione superiore a quella attuale. Attualmente la mansione di guidatore è ripetitiva, con l'introduzione dei veicoli automatizzati potrebbe invece richiedere la presa di decisioni e la coordinazione con altri soggetti. A questo proposito il CEDEFOP si è espresso sostenendo che saranno cinque le abilità necessarie ai futuri guidatori professionali e agli operatori mobili d'impianto: capacità nel risolvere i problemi, capacità d'apprendimento, lavoro in team e comunicazione (CEDEFOP, European skills and jobs (ESJ)). Servirà quindi che le imprese inizino a formare i giovani camionisti quando si arriverà al LV 3 di automazione per evitare di trovarsi con una richiesta di camionisti qualificati non presenti sul mercato. Andrà pensato un reinserimento dei camionisti specializzati in guida di camion LV 4 quando con il passaggio al LV 5 non saranno più necessari. Sapendo che poi verrà lasciato a casa è complicato trovare chi scelga di formarsi per essere impiegato alla guida di veicoli pesanti di LV 4. Pensiamo potrebbero essere lavoratori che al momento dell'entrata in servizio dei veicoli di LV 5 siano giunti a maturare la pensione, anche se valutare quali siano questi periodi è complesso e quindi rischierrebbero di rimanere senza occupazione e senza aver acquisito il diritto alla pensione. L'impresa potrebbe però decidere di mantenere parte della flotta equipaggiata con LV 4 e mantenere quindi parte della manodopera che ha investito nel rendere competente in materia. Va puntualizzato che il ciclo di vita dei mezzi pesanti è decisamente più lungo rispetto a quello di un'automobile e che spesso le motrici sono di proprietà del camionista quindi sarà lo stesso a decidere su quale tecnologia investire per il suo futuro. Un autista per guidare il plotone di 5 camion (come proposto da Chan e altri nel 2012) è necessario. Non si potrà attuare una strategia "lavorare tutti ma lavorare meno" perché l'autotrasportatore che esegue le consegne è impegnato molte ore e quindi non si riesce a fare andata-ritorno in poche ore. Resterebbe l'opzione di

completare la settimana lavorativa facendo lavorare tre conducenti due giorni l'uno. In questo modo si limita la perdita occupazionale (che comunque ci sarebbe perché non è detto che si mantenga parte dei mezzi al LV 4 garantendo posti di lavoro) e considerando l'aumento euro/ora dovuto alle maggiori capacità richieste nella mansione di guida di un veicolo tecnologicamente avanzato (LV 4) si limita anche la perdita economica dovuta alla riduzione delle giornate lavorative.

Infine si sottolinea che nelle grandi consegne, dove più mezzi percorrono lo stesso percorso o buona parte di esso, ad esempio diramandosi chi su Padova chi su Venezia e chi su Verona dopo aver percorso insieme il tratto da Genova a Verona; è vantaggioso avere un autista così da formare e guidare un plotone di camion (massimo cinque\*). Nelle aziende piccole dove ogni mezzo ha una destinazione differente il guidatore non è necessario. Nel caso poi, tutto il plotone fosse diretto nella stessa località, si risolve il problema di "far capire" ai mezzi quando ripartire dopo essere stati scaricati e caricati.

\* l'international transport forum nel 2017 ipotizza che i 3,2 milioni di occupati nei trasporti di terra decrescano fino a 0,5 milioni, quasi un sesto, cioè quei cinque veicoli del plotone senza guidatore mentre il sesto (quei 0.5 milioni di guidatori rimanenti) sarà quello che conduce il plotone. Questo dal 2040, e secondo lo scenario peggiore, infatti è il caso in cui tutti diventino veicoli di LV 5 (completamente autonomi senza guidatore).

Plotoni di camion autonomi possono essere competitivi con la costruzione di una linea ferroviaria ad hoc, esempio nel caso minerario o di collegamento tra il porto ed i magazzini.

Una piccola parte dei guidatori verrà mantenuto con compiti di recupero mezzi autonomi in panne, danneggiati o comunque non più in grado di rientrare al deposito. Per le imprese che hanno solo alcuni mezzi è probabile che il mantenimento di questa forza lavoro, con compiti di recupero, sarà economicamente svantaggiosa.

La Casa Bianca nel 2016 ha indicato tra uno e due milioni il numero di camionisti statunitensi a rischio licenziamento a causa dell'automazione.

La compagnia londinese, Enders Analysis sull'argomento si esprime sostenendo che "l'automazione probabilmente condurrà ad una perdita di molti posti di lavoro nel settore dei trasporti, soprattutto tra le posizioni con i salari più bassi ad esempio i guidatori di autobus".

In Italia il 2.8 % dei lavoratori è impiegato come guidatore. Più del 50 % di essi ha la licenza di scuola media inferiore mentre la restante parte ha la licenza di scuola media superiore (persone diplomate) [Eurostat 2015]. Il trend italiano per quanto riguarda l'occupazione degli autisti nel periodo 2015-2025 è del -12.9 %, ed è il valore più negativo dell'eurozona (CEDEFOP employment trends, 2016). Chi lavora come guidatore in Europa ha un range di età principalmente compreso tra i 35 e i 55 anni (73 % del totale) mentre tra i 40 e i 55 anni vi è il 61 % del totale [95]. Questo ultimo dato indica come non è ingiustificata la preoccupazione di far ritrovare un impiego a questi lavoratori anziani, poco qualificati e che nella maggior parte dei casi hanno fatto principalmente (se non totalmente) il mestiere di guidatore.

- ❖ Concludiamo il discorso sui veicoli pesanti e commerciali, indicando come grazie ai sistemi connessi e cooperativi, diverrà possibile per quelli diretti ad un'area cargo oppure un centro intermodale ricevere informazioni sul numero di veicoli già presenti. Permettendo al guidatore in caso fossero molti di dirigersi verso una destinazione successiva (che al momento avesse pochi veicoli in coda), di percorrere il tragitto rimanente con più calma (evitando multe o incidenti) o di scegliere di fermarsi in una piazzola di sosta o un luogo di ristoro (in caso si sentisse stanco). Per il sistema di elaborazione dati di un centro logistico che comprende veicoli che effettuano consegne, sarebbe utile sapere le code presenti nelle zone di scarico delle destinazioni (in cui ognuno deve recarsi). Così può aggiornare la lista di consegne in base al traffico dei magazzini di destinazione, in caso vi fossero cambiamenti

rispetto alla condizione iniziale in cui sono state programmate le consegne. Una RSU all'ingresso potrebbe validare l'accesso dei veicoli in entrata ed uscita, evitando così la presenza di un operatore umano. Per i veicoli a guida autonoma occupati nella distribuzione delle merci, sarà istituita una centrale operativa. Da essa alcuni operatori controlleranno in remoto lo svolgimento delle mansioni assegnate a i veicoli. Situazione necessaria perché, anche conoscendo l'itinerario da percorrere e la posizione in cui fermarsi, il veicolo non riesce autonomamente a comprendere quando ripartire. Ad esempio una telecamera posizionata sul portellone in accoppiata con un pulsante di assenso da azionare da parte dell'operatore potrebbero avere il compito di verificare che non vi siano più operatori atti a scaricare la merce, ed a quel punto comunicare alla ECU della trazione di attivare il veicolo e proseguire alla destinazione successiva. Oppure dotare la merce di un microchip con la destinazione in cui verrà scaricata. Fino a quando tutti gli oggetti che devono essere consegnati in una destinazione risultano non più presenti sul veicolo, esso non riparte.

Dopo aver parlato degli autotrasportatori, guardiamo ora alle altre categorie di autisti.

- I guidatori dei veicoli di emergenza (protezione civile, camionetta dei pompieri, carro attrezzi, forse dell'ordine, ambulanza) rimarranno perché giunti sul posto, assumono l'incarico di operatore. In merito a questo tema diciamo che i veicoli autonomi dovranno avere microfoni sensibili, in grado di recepire le sirene dei mezzi di soccorso, d'emergenza, di sicurezza, e lasciargli lo spazio per il sorpasso. Nei veicoli fino al LV 2 il controllo è del guidatore umano che quindi procede di conseguenza. Nei LV 3, 4 in caso di sorpasso di un veicolo speciale mentre è in funzione la guida automatizzata è preferibile che il veicolo sia in grado di recepire l'informazione e fare largo al veicolo speciale, senza che l'utente debba riprendere il controllo del mezzo. Nei casi di ripresa del controllo di cui si è parlato fino ad ora, non si è mai inserito l'approssimarsi di un veicolo speciale come condizione vincolante al passaggio di guida, da automatica a manuale. Nel caso dei veicoli connessi il messaggio DEN avvertirà il sistema dell'avvicinarsi del veicolo a cui lasciare spazio, il guidatore o il sistema eseguiranno.
- I conducenti dei servizi di trasporto collettivo, con l'introduzione dei veicoli a guida autonoma saranno sostituiti, e a differenza delle auto, le navette per il trasporto pubblico (già attive in aree ristrette) diventeranno realtà prima del 2050. Riducendo il tempo entro cui trovare una riconversione per gli autisti, dato che solo una piccola parte rimarrà come funzionario nella centrale operativa (da cui si monitorano i veicoli autonomi).

Gli autobus a guida autonoma ce li immaginiamo con dei tablet in cui ogni viaggiatore potrà preselezionare la propria fermata oppure dei più semplici pulsanti da premere appena prima di giungere alla fermata desiderata. L'unità di elaborazione centrale sapendo il numero di viaggiatori che scenderanno alla fermata conteggerà il numero di individui passati attraverso il sensore della porta destinata alla discesa, e quando avrà raggiunto il numero, la porta si chiuderà e l'autobus ripartirà. Quelli meno avanzati in caso uno dei passeggeri che aveva preselezionato la fermata, si fosse addormentato o si fosse distratto (e quindi non ha raggiunto il sensore della porta) avvieranno un conto alla rovescia. Giunto al termine lascerà il viaggiatore sul veicolo. Quelli più avanzati pensiamo potrebbero inviare un segnale audio o una vibrazione al tablet del passeggero che ha prenotato la fermata ma non si è spostato dal sedile (sedili con sensore per rilevare il peso e dunque capire chi tra quelli che avrebbero dovuto scendere non lo ha fatto). Per le operazioni di salita e discesa crediamo che il sistema adotterà le stesse procedure delle metropolitane automatizzate.

- Il ruolo dei postini è forse il primo che potrebbe sparire infatti si pensa che l'introduzione dei veicoli autonomi debba passare prima da piccoli robot automatizzati che hanno in carico ruoli più semplici come la consegna di pacchi e lettere in un percorso predefinito. Un primo esempio di questi veicoli-robot è già presente sul mercato, basti pensare alle aspirapolveri intelligenti e ai taglia erba automatizzati che riconoscono gli ostacoli e creano una mappa interna dell'area di loro competenza.

- La polizia stradale quando tutti i veicoli saranno di livello 5 non servirà più per controllare che i veicoli rispettino le norme del codice della strada ma potranno essere impiegate per la sorveglianza del territorio per rendere le città un posto più sicuro. Saranno importante nel periodo in cui vi sarà un traffico misto: dovranno cercare i sistemi automatizzati illegali, pericolosi per gli altri utenti della strada. A questo scopo nel Regno Unito è istituito con l'Automated and Electric Vehicles Act del 2018 un registro dei veicoli automatizzati, in cui sono trascritte le dotazioni tecnologiche del veicolo al momento dell'immatricolazione e successivamente tutti gli aggiornamenti installati che abbiano modificato le sue applicazioni (tipologia e dominio di applicazione). Registro che è anche molto importante per gli agenti in pattuglia, che vedendo una persona occupata in attività consentite solo ai veicoli guidati dal sistema, devono poter controllare se effettivamente quel veicolo è di LV 4, 5. Essendo un veicolo automatizzato esso non dovrebbe violare le regole, ed anche se la funzione di guida è assegnata al guidatore comunque il sistema gli invia dei messaggi per evitare la violazione del codice della strada. La polizia potrebbe non voler fermare il veicolo per un'infrazione al codice, ma per fare dei controlli. Grazie al registro (consultabile on-line) riescono a sapere che è un veicolo automatizzato e quindi che non devono usare paletta o lampeggianti, per fermarlo. I veicoli di LV 4, 5 ricevuto il messaggio effettueranno una Manovra a Rischio Minimo, con cui si arrestano a lato della strada. Nei veicoli di LV 0, 1, e 2 la funzione di guida è responsabilità del guidatore umano, che quindi accosta. Nel caso di veicoli di LV 3 durante la guida del sistema e non connessi, serve definire una modalità per far fermare il veicolo. Un DENM che solo le forze dell'ordine possono inviare, con cui si indichi al sistema di richiamare il conducente potrebbe essere una soluzione, se fosse obbligatorio per legge che tutti i veicoli siano in grado di ricevere i DENM (anche senza essere autorizzati ad inviarli, niente Ticket rilasciato dalla AA sentita la EA).

L'introduzione dei veicoli di LV 4, 5 porterà una riduzione dei costi del viaggio. I lavoratori saranno disposti a spostarsi anche a distanze maggiori dato che oltre ai minori costi avranno anche la possibilità di fare altre attività durante il viaggio e vi sarà una riduzione dei tempi di viaggio a parità di distanza rispetto a un veicolo a guida manuale. La macchina si parcheggia da sola mentre l'utente è già sceso alla sua destinazione, attraverso il GLOSA si attraversano le intersezioni in modo più funzionale e durante il viaggio grazie alla cooperazione tra veicoli vi saranno minori accelerazioni-decelerazioni, permettendo una velocità media maggiore. Sarà importante verificare che i datori di lavoro non abbassino la componente economica nei contratti di lavoro proposti perché a conoscenza del minor costo degli spostamenti casa-lavoro.

Infine si porta all'attenzione anche un ulteriore dato, vi sono nella comunità europea un 40 % di posti che o non sono occupati per mancanza del set di capacità o conoscenze necessarie; quei lavori potrebbero essere assegnati alle persone che attualmente sono impiegate nel mondo dei trasporti ma un domani risulterebbero in eccesso, previa adeguata formazione (European Commission Employment, Social Affairs & Inclusion).

#### *5.10.3.2 Rivenditori d'auto*

La vendita di auto su piattaforme on-line è una modalità al giorno d'oggi che riduce le vendite per i rivenditori. Per i veicoli altamente automatizzati potrebbe essere vietato e quindi riacquisirebbero questa porzione di mercato. Infatti potrebbero essere solo rivenditori autorizzati a poterli vendere, revisionare ed effettuare la manutenzione. I siti on-line continuerebbero a esistere come vetrina degli stessi concessionari o perché venderanno altri oggetti e quindi vi è un mantenimento dei livelli occupazionali lato piattaforme di vendita ma un incremento da parte dei concessionari di autovetture. I modelli previsionali indicano che il numero di auto vendute crescerà quindi potrà esserci l'apertura di nuovi rivenditori e autonoleggi autorizzati.

Ci chiediamo se sarà possibile vendere la propria auto altamente automatizzata o autonoma in un paese diverso da quello in cui è stata immatricolata?



Perché anche se fosse all'interno del mercato unico dove valgono le stesse norme, i software hanno registrato il codice della strada del paese in cui è immatricolata, che diverrebbe un "peso" inutile in memoria. Non si sa se i veicoli distribuiti in Europa avranno nelle loro banche dati, tutti i regolamenti degli stati europei. Basti pensare come ad esempio: in U.K. la circolazione è a destra oppure in Germania vi sono cartelli non presenti in Francia. In questo caso sarà reso obbligatorio scaricare i pacchetti dati mancanti nel caso venga pianificato un viaggio al di fuori della nazione di immatricolazione, magari con un semplice aggiornamento software.

#### *5.10.3.3 Benzinai*

I benzinai avranno un calo di vendite dovuto alla maggiore diffusione dei veicoli ibridi ed elettrici. Però vi saranno più punti di ricarica e quindi persone occupate nella loro manutenzione, che riequilibreranno le perdite occupazionali delle pompe di benzina. Per quanto riguarderà i veicoli autonomi durante il tragitto dovranno valutare se è necessario un rifornimento e in tal caso avvertire i passeggeri. Se fossero sviluppate e diffuse le piastre ad induzione i veicoli potrebbero lasciare i passeggeri alle loro destinazioni e poi dirigersi al parcheggio dove (dovrebbero trovarsi le piastre), in modo che riescano a ricaricarsi in autonomia. Non è da escludere che la figura dei benzinai sopravviva a questa evoluzione infatti potrebbe verificarsi uno scenario in cui le auto si fermano dal benzinai per estrarre un pacco batterie scarico e ripartire, nel tempo di un "pieno" odierno, con un pacco di batterie carico.

#### *5.10.3.4 Officine*

I riparatori avranno una riduzione degli introiti con un'ampia diffusione di veicoli a guida automatizzata (LV4) ed in seguito autonoma (LV 5). Fino a che saranno pochi i veicoli altamente tecnologici i riscontri positivi sulla sicurezza stradale saranno bassi, e quindi anche la riduzione degli introiti da parte dei riparatori sarà bassa (maggiori veicoli di livello 4 e 5 significa minori incidenti e quindi minori riparazioni). Vi sarà un'iniziale problema con i veicoli tecnologici, dato che scopriranno i problemi in tempo reale, senza averne una conoscenza pregressa. La manutenzione predittiva come spiegheremo (nel capitolo inerente le assicurazioni) ridurrà il numero e l'entità delle rotture e dei danneggiamenti ai componenti del veicolo e quindi il bisogno di successive riparazioni. Inoltre non essendo una manutenzione ciclica risentirà meno dell'aumento dei chilometri percorsi da ogni veicolo. D'altro canto avverranno manutenzioni e riparazioni ad alto contenuto tecnologico e quindi maggiormente retribuite, e vi saranno componenti che ora non sono presenti, e che quindi potranno danneggiarsi o smettere di funzionare ed avere bisogno di assistenza. Altri aspetti negativi per le officine riguardano gli alti costi iniziali per dotarsi delle apparecchiature necessarie per poter eseguire le nuove tipologie di diagnostica, programmazioni e riparazioni; che le case automobilistiche potrebbero fornire manutenzione e riparazioni agevolate ai clienti (considerando che le OnBoardInformations che ad esempio segnalano come stanno funzionando i sensori, sono di loro proprietà) e che potrebbe essere definito per legge che solo un numero limitato di officine possano essere autorizzate a fare riparazioni e manutenzione sui veicoli a guida autonoma e automatizzata. Un -35 % di spese dovute alle riparazioni, è ipotizzato da [93, p.4].

All'interno del [87] è sostenuto come la progettazione del veicolo, già ad oggi ma soprattutto con l'ampia penetrazione dei veicoli a guida automatizzata, deve essere orientata ad originare piccoli danni per piccole collisioni (nonostante la carrozzeria esterna è quella che dissipa l'energia dell'urto deformandosi, dovrebbe avere una soglia di plasticizzazione tale da consentire piccoli urti senza conseguire deformazioni irreversibili) così da ridurre sia le spese per le riparazioni sia il danneggiamento dei sensori del veicolo. Sensori che sono vitali per il buon rendimento di un veicolo a guida automatizzata o autonoma. La posizione dei sensori deve essere studiata ottimizzandone la funzionalità e la protezione, devono riuscire a scansionare l'ambiente ma devono tuttavia essere posizionati in modo da risultare coinvolti nel minor numero di incidenti possibili (probabilità della direzione d'urto) e non venire danneggiati dai piccoli urti. In caso di diminuzione o cessazione dell'operatività di un sensore, deve essere visualizzato sul HMI, sul volante o sul cruscotto quali applicazioni-servizi non sono più utilizzabili o in quali situazioni non forniscono un'affidabilità sufficiente a lasciare la funzione di guida al sistema. Messaggio che deve permanere fino alla riparazione, anche in caso di

spegnimento e riaccensione del veicolo. Sono altresì sostenute le idee di un sistema di certificazione della riparazione effettuata (almeno per quanto riguarda i sistemi che evitano le collisioni, e per i sensori) e di una ispezione tecnica periodica (Periodic Technical Inspection) per verificare che i sistemi di elusione degli ostacoli siano in grado di svolgere il loro compito. Nel testo è infine sottolineato come serva realizzare uno standard per definire come svolgere il PTI: parametri da controllare, sistemi da testare, soglie da stabilire ecc...

I sensori che più risentono delle condizioni ambientali sono le telecamere, quello che ne risente meno è il radar mentre il lidar (Light Detection and Ranging) e i microfoni che sono utili a riconoscere sirene e clacson, si pongono nel mezzo [85].

Sarà importante che i pezzi di ricambio, gli aggiornamenti ed i tecnici con le competenze necessarie per lavorare sui modelli meno recenti, siano disponibili per tutta la vita utile del veicolo. Evitando quello che nell'ambito ferroviario viene definito come "cannibalismo delle motrici".

La riduzione del numero di incidenti stradali si risconterà anche in una minore spesa sanitaria, "si può considerare all'incirca sui 200.000 \$ il costo sociale di un incidente stradale grave". Questo costo è comprensivo di: spese mediche, danni a cose e persone (materiali, economici, biologici), temporanea riduzione delle capacità produttiva (nei casi più gravi può esserci la perdita totale della capacità lavorativa, sia per il decesso del soggetto coinvolto nell'incidente sia per l'insorgenza di invalidità), spese legali.

Nel caso degli Stati Uniti sono valutati in 488 milioni di dollari i risparmi all'anno (a partire dal 2035) dovuti alla riduzione degli incidenti stradali secondo [93, p.5].

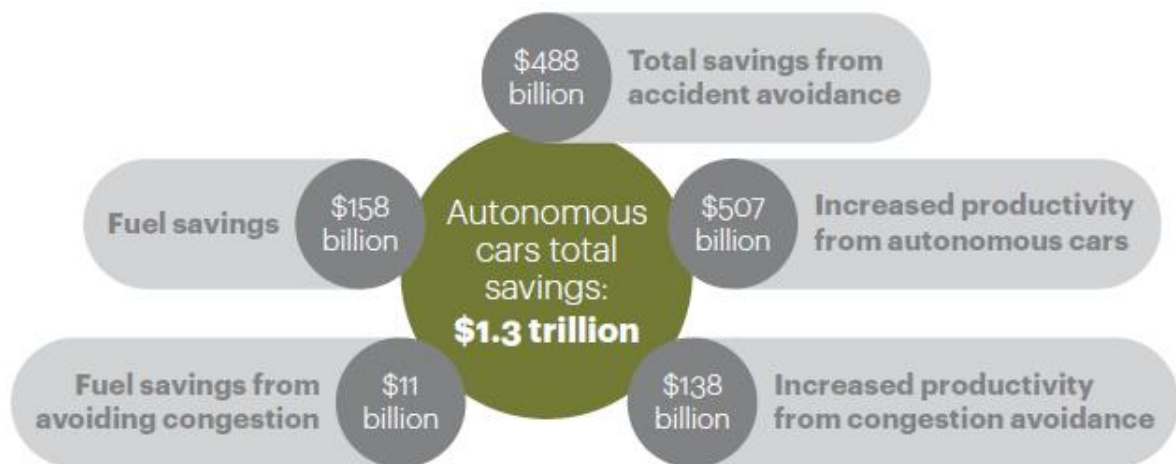


Figura 212 - Quantificazione dei benefici economici dovuti alle auto a guida autonoma negli USA fonte: Morgan Stanley, predizione di mercato, 2014

### 5.11 Evoluzione delle assicurazioni

Gli assicuratori avranno riduzioni di entrate dalle polizze RCA dato che il numero di incidenti sarà drasticamente ridotto (Leech e altri nel Connected and Autonomous Vehicles del 2015 utilizzarono -50% come dato per le loro elaborazioni) dall'introduzione delle auto a guida automatizzata (minori incidenti significa minor rischio quindi minor premio assicurativo). In caso di incidente comunque le conseguenze saranno meno gravi. La manutenzione predittiva permetterà di riscontrare i degradamenti delle prestazioni prima che questi portano al malfunzionamento o rottura di qualche componente. Per manutenzione predittiva si intende una manutenzione che a differenza di quella a guasto (sostituzione del componente quando avviene il guasto) o di quella ciclica (si sostituisce il componente ad una determinata condizione temporale, ad esempio dopo un certo numero di ore, che dipende dal tasso di guasto medio e dal tempo

medio di guasto pericoloso (MeanTimeTo dangerousFailure)) non apporta modifiche su basi probabilistiche, ma valuta gli output di diversi sensori che misurano (in funzione di quale componente stanno monitorando) ad esempio: la temperatura, gli spostamenti relativi, la pressione del fluido, la tensione, la corrente, ed interviene se i valori misurati dai sensori superano i limiti di salvaguardia. Evitare la rottura dei componenti permette di evitare che essi creino una condizione di rischio. I componenti elettronici, maggiormente presenti sulle auto di nuova generazione, statisticamente hanno una durata e un'affidabilità maggiore dei componenti meccanici (esempio: trasformatore di potenza e diodi raddrizzatori a ponte: MTTF = 11 anni, condensatori in alluminio: MTTF = 37 anni, resistori in film di carbone: MTTF = 114 anni [91], p.112).

La Commissione Europea stima tra il 15 e il 40% (il range è così ampio sia perché si tratta di un fenomeno nuovo sia perché dipende dal numero di veicoli autonomi presenti) la riduzione del premio assicurativo nel 2050, rispetto al valore attuale. Con una conseguente perdita per le assicurazioni stimata in 53 milioni di euro [95]. Non sono però tenuti in conto le assicurazioni che i produttori di veicoli o i fornitori di servizi software (nel caso alcune funzioni secondarie venissero appaltate a ditte informatiche) dovranno fare sull'intelligenza artificiale (AI) e sui programmi di machine learning (ML). Per i casi di malfunzionamento o di avaria sia nel caso di intrusione nei sistemi informatici di controllo da parte di hackers.

Nel caso dei veicoli automatizzati pesanti la riduzione del premio assicurativo dovuta alla riduzione del numero dei sinistri potrebbe essere contro bilanciata dall'incremento del loro prezzo di listino. Anche se non è lineare l'aumento del premio, rispetto all'aumento del prezzo del mezzo da assicurare.

Traditional risk-pricing model	Potential new pricing model
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Age</li> <li>• Sex</li> <li>• Driving years</li> <li>• Declared usage</li> <li>• Declared distance</li> <li>• Garage</li> <li>• Claims</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Number of driving hours</li> <li>• Time</li> <li>• Distance and location</li> <li>• Velocity or limit control</li> <li>• Maintenance</li> <li>• Parking</li> <li>• Weather conditions</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>static parameters such as sex, age, and location due to the limited availability of data</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Categorizing customers in detailed segments based on new parameters such as speed</b></p>

Figura 213 - Parametri per la definizione del rischio associato al guidatore che stipula la RC auto (attuale e futuro) fonte: A.T. Kearney

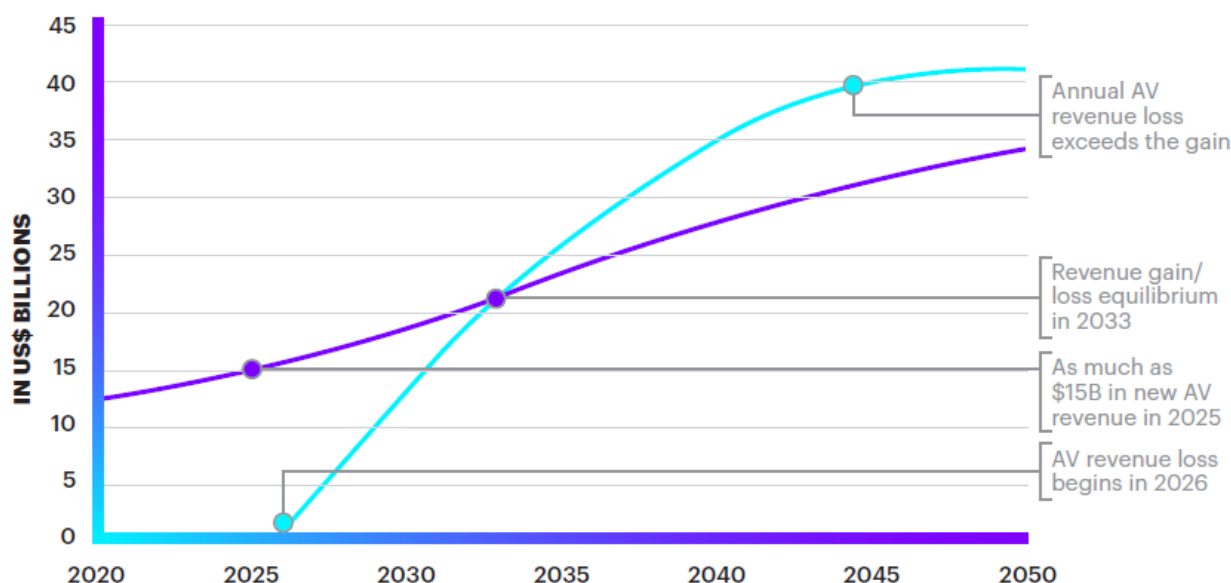


Figura 214 - Confronto tra le perdite e il guadagno annuale delle polizze assicurative per i veicoli fonte: insuring autonomous vehicle, Accenture e Stevens, 2017

Se invece si calcolano i guadagni e le perdite cumulative fino al 2050 della figura sopra, non vi è un superamento da parte delle perdite sui ricavi. Sempre da figura 208, nel decennio 2020 - 2030 le compagnie assicurative avranno importanti guadagni (81 miliardi di dollari nel solo quinquennio 2020-2025), che compenseranno la loro riduzione nei due decenni successivi [96].

- ❖ L'entrata in circolazione dei veicoli autonomi presenta tre aree chiave, in cui le compagnie assicurative possono fare affari d'oro: (1) la sicurezza informatica (importanza della ciber sicurezza), (2) le polizze assicurative inerenti la responsabilità civile per il pacchetto informativo che è innervato nei veicoli tecnologici, comprendente tra le altre: unità centrali di elaborazioni, memorie ad accesso rapido, algoritmi dalle funzioni più disparate, CAN-BUS, HMI ecc ... e infine (3) le polizze per i problemi che possono riscontrare le nuove infrastrutture digitali. Anche se almeno per la previsione di [96] non riusciranno a compensare la perdita indotta dai premi assicurativi tradizionali dei veicoli.

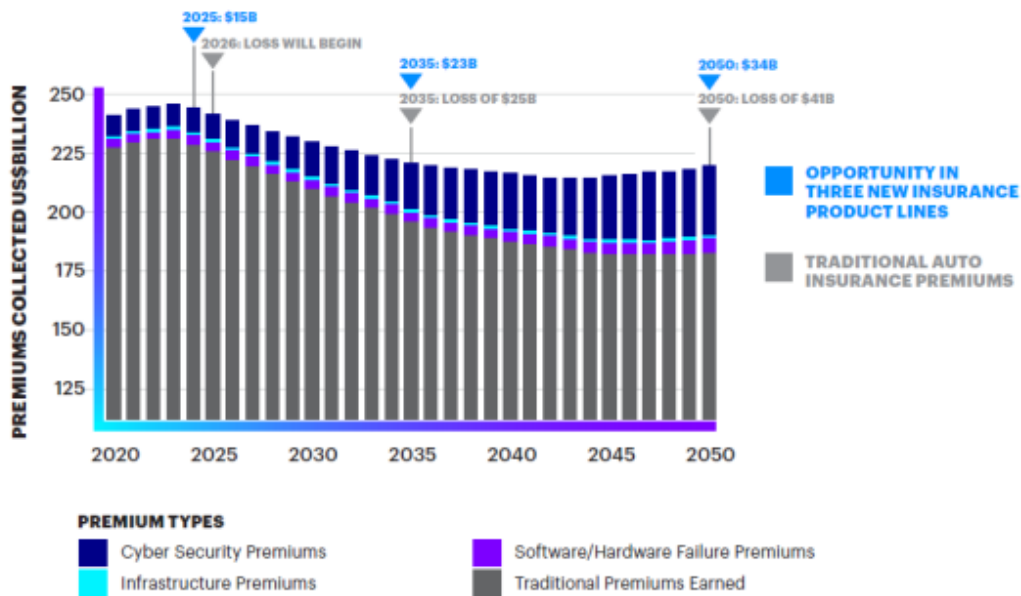


Figura 215 - Rendite assicurative in base alle componenti informatiche e a quella tradizionale fonte: insuring autonomous vehicle, Accenture e Stevens, 2017

Interessante vedere come per [96] i veicoli di LV 5 saranno in circolazione già prima del 2025 (in anticipo rispetto le nostre previsioni). I veicoli già presenti tra il 2020 e 2025 è probabile siano veicoli sottoposti a test e navette in spazi sicuri (come quelle viste nella panoramica mondiale prodotte dalla Chevrolet o dalla Navya).

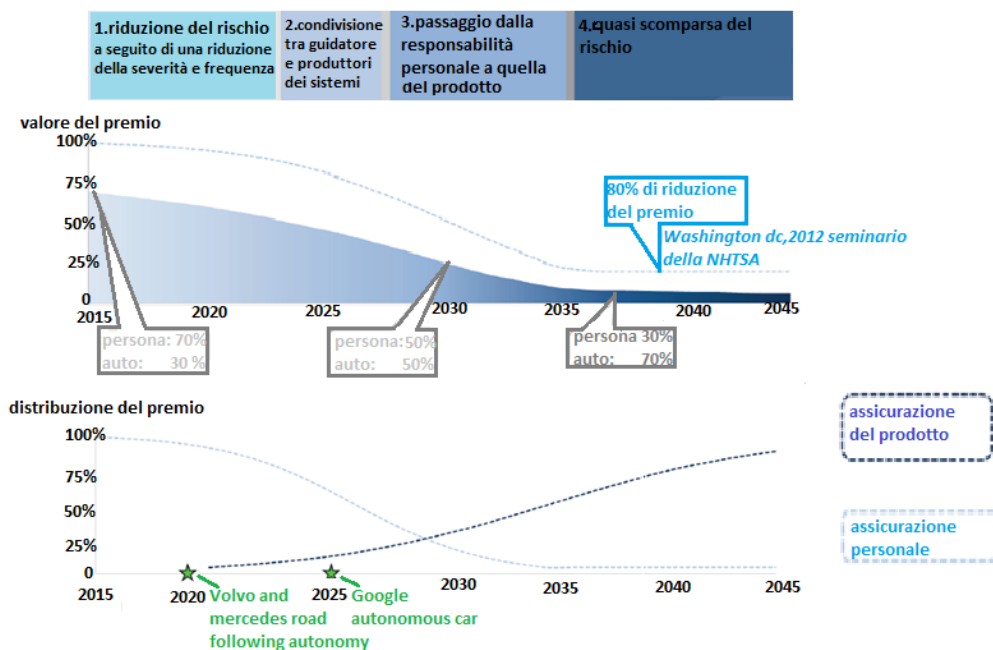


Figura 216 - fonte: driverless cars and the implications for insurance, Thatcham Research, Luglio 2015

Answer 11) Sarebbe di utilità che l'agenzia che conceda le licenze per i veicoli automatizzati sia anche quella che stipuli le polizze assicurative per questi veicoli.

*Answer 15)* Non deve essere il solo settore assicurativo a comparare i dati incidentali tra veicoli automatici e quelli a guida manuale, perché è un dato che va studiato da ampi settori della società (data la sua importanza sociale). Il dipartimento di statistica del ministero dei trasporti deve valutare questi dati incidentali per comprendere l'interazione tra veicoli automatizzati e non, per riscontrare eventuali anomalie (ad esempio sistemi-aggiornamenti non sicuri che mettano a rischio la sicurezza stradale o la sicurezza dei passeggeri del veicolo). Aggiungiamo che alcuni dati sugli incidenti sono utilizzabili solamente dalle forze dell'ordine per le loro indagini e ribadiamo che i dati collezionati tramite messaggi DEN e CA, sono considerati dati personali e quindi soggetti alle garanzie per loro previste dal regolamento [55].

*Answer 16.1)* Il settore assicurativo valuta il numero di incidenti e l'ammontare del danno di questi. Nel caso del confronto tra incidenti in guida normale e in guida automatizzata serve però ponderare diversi elementi, che non ne consentono un confronto semplicemente aritmetico. (1) I veicoli automatizzati inizialmente saranno pochi quindi se si utilizza come equazione della pericolosità:

$$\frac{N}{t} * L$$

con N: numero di incidenti nel tratto di infrastruttura L; L : tratto in esame ; t : arco temporale in cui sono stati misurati gli N incidenti,

Si vede che vi è la dipendenza dal tempo e lunghezza del tratto in esame. Se vi sono pochi veicoli di una tipologia rispetto all'altra, allora ve ne sono anche meno che percorrono i vari archi (tra cui quello preso in considerazione per il calcolo della pericolosità) e meno che nell'arco di tempo la percorrono. Serve perciò ponderare i dati sull'effettivo numero di veicoli automatizzati. (2) I veicoli automatizzati saranno (per il LV 3) in funzione su alcune tipologie di infrastrutture ad esempio le autostrade ma non su tutte. (3) Serve tenere in conto che non essendo veicoli autonomi vi è la possibilità che al momento dell'incidente guidasse il conducente umano[84].

Grazie ai dati incidentali rilevati si inizierà a studiare cause, imprevisti, problemi di questa nuova tecnologia: sia nel suo complesso, sia per eventuali modelli oppure parti di software non perfettamente funzionanti, ma anche non inerenti al mezzo per esempio dovute alla connessione con l'infrastruttura digitale.

Il Road Traffic Act del 1988 è stato modificato permettendo con una sola polizza assicurativa di coprire sia i passeggeri che il veicolo. Al riguardo è importante verificare, qualora si sottoscriva un'assicurazione per un veicolo a guida automatizzata o autonoma, che non vi sia una clausola tale per cui l'assicurazione non risponde di eventuali danni al prodotto procurati dal prodotto stesso. Se la clausola è ben esposta nel modulo che il cliente firma difficilmente si riuscirà a dimostrare che si tratta di una clausola vessatoria e che quindi possa ritenersi inapplicata.

- ❖ I veicoli potrebbero avere oltre al registratore per gli incidenti anche un registro di eventi che segnala le comunicazioni fatte al guidatore. Ad esempio nel caso in cui il sistema avverta del pericolo un guidatore che però non vi presta attenzione, così da dimostrare in caso di dibattimento giudiziario sia che il sistema automatizzato ha svolto il suo compito, sia che il guidatore ha commesso la violazione volontariamente (ovvero un'aggravante). Questo registro di eventi potrebbe essere (dipenderà da valutazioni sulla gestione dei dati personali) un database di dati messo a disposizione delle assicurazioni per valutare se i propri assistiti rispettano le indicazioni del sistema, o se nella maggior parte dei casi tendono a disattenderle. Ricordiamo che con l'avvento dei sistemi automatizzati il contributo versato alle compagnie assicurative dovrebbe diminuire, effetto del minor rischio di fare incidenti dei veicoli più tecnologici. Quindi le suddette compagnie sarebbero interessate a dimostrare che i clienti non rispettando le indicazioni emesse dal sistema, perché agendo così non stanno riducendo il rischio di incidente e quindi il premio assicurativo da versare dovrebbe mantenersi ad un livello più alto. Il valore positivo della questione (i negativi sarebbero la



cessione di dati personali, ed il rischio di vedersi aumentare le richieste economiche da parte del proprio assicuratore) è che il guidatore sapendo che le sue azioni vengono registrate si atterrebbe maggiormente alle disposizioni impartitegli dal veicolo e quindi si avrebbe uno sfruttamento maggiore della tecnologia. Tesi che sembrerebbe avvalorata dalle conclusioni dello studio (Vehicle Event Recording based ON Intelligent Crash Assessment, Commissione Europea, Novembre 2006) sul registratore di dati pre-post incidente. Già ad oggi è in funzione il sistema di registrazione chiamato “scatola nera” che permette di abbassare il costo dell’assicurazione a fronte della registrazione dei dati di condotta dell’auto.

Answer 16.2) Diciamo che grazie al registratore di eventi installato sui veicoli a guida assistita ed automatica, potrebbe essere possibile conoscere anche i piccoli urti (che non richiedendo l’intervento delle autorità stradali, non entrano nel conto degli incidenti). Il condizionale è inerente al fatto che i dati raccolti vengono mantenuti solo per incidenti gravi che richiedono l’avvio di una e-call (questo per una questione di privacy del guidatore, essendo i dati sugli spostamenti di tipo personale), e quindi servirebbe un contatore di eventi che tenga conto ad esempio di: posizione, tipologia di urto, orario, guida manuale o no, e condizione della pavimentazione anche quando si registra un piccolo urto. Questo contatore potrebbe dunque inviare i dati al ministero dei trasporti per l’indagine statistica sugli incidenti stradali; permesso grazie all’articolo 23 della [55] sulle restrizioni alle informazioni da trasmettere al proprietario dei dati personali, oppure tramite consenso informato del proprietario del veicolo. Con la registrazione degli urti di piccola entità si potrebbe risolvere il problema di chi non si ferma dopo l’incidente (in quel caso il soggetto che ha subito il danno deve informare la polizia), però servirebbe la trasmissione alle autorità anche dei piccoli urti e quindi un registratore unico di piccoli e grandi eventi [84].

L’Automated and Electric Vehicles Act indica come anche le assicurazioni (oltre le forze di pubblica sicurezza che si occupano di stabilire le cause e la dinamica dell’evento incidentale) abbiano accesso ai dati almeno nell’ordine di: coordinate GPS, attivazione o meno del sistema di guida automatica, avvio o no di una M.R.M, manovre di sterzata e di frenatura negli istanti prima dell’evento. Nel documento pubblicato dalla ABI Thatcham research (Regulating Automated Driving, the UK insurer view del Luglio 2017), sono indicate nell’annesso B i dati necessari per stabilire la responsabilità inerente i risarcimenti assicurativi. Questi dati circa l’evento da riportare, sono nove: coordinate georeferenziate, coordinate temporali, stato on/off del sistema automatizzato, modalità guida o parcheggio (nel caso di funzione primaria affidata al sistema), stampa dell’avvenuta transizione guida manuale-automatizzata e viceversa, intervento del guidatore su di freno acceleratore e sterzo, ultima interazione col conducente prima dell’evento sotto esame (per controllare che non abbia ceduto il controllo quando oramai il sistema non poteva più evitare la collisione), rilevazione del posto di guida e dell’allacciamento della cintura di sicurezza.

Nel testo [83] è proposta una soluzione in cui è l’utente a scegliere quali dati condividere con l’assicuratore. In base alla quantità e alla tipologia di dati condivisi riceverà delle agevolazioni economiche sulla quota da versare annua come copertura per l’assicurazione del veicolo. Gli assicuratori come nel Regno Unito propongono riduzioni sul valore annuo da versare in base alla quantità di dati che i proprietari gli concedono, sono molto interessati a potervi accedere ma non essendo ne produttori, ne possessori, ne gestori possono solo dipendere dalle scelte fatte dal legislatore in primis e dal possessore dei dati personali (deciso in base alla tipologia di scelta effettuata dalla legge) in seconda battuta.

Answer 30) Vanno evitate frodi alle assicurazioni attraverso l’invio di false segnalazioni di incidenti, da parte di veicoli opportunamente modificati [84].

Per i veicoli in cui le applicazioni d’assistenza alla guida sono vendute come opzionali, le assicurazioni inglesi hanno comunicato come fosse una problematica dal punto di vista del premio assicurativo, da far sottoscrivere al proprietario del veicolo. Questo perché è più difficoltoso partire da un veicolo base e comprendere come le applicazioni opzionali possono influire sull’assetto globale. E’auspicabile la vendita di

veicoli con questo tipo di dotazioni di serie, in modo che sia possibile stabilire un valore unico e non dipendente dalle combinazioni di software ed attuatori installati. Le assicurazioni devono essere informate quando vi è un aggiornamento che modifica le caratteristiche prestazionali della tecnologia di bordo.

L'assicurazione in base all'utilizzo (in inglese UBI) ha avuto la sua origine una decina di anni fa per favorire i migliori guidatori, dal punto di vista della sicurezza di guida. L'assicurato che non viola le regole contrattuali è ricompensato con minori oneri assicurativi o con dei bonus. Sempre secondo le definizioni inglesi la UBI si suddivide in: pay as you drive (PAYD) e in pay how you drive (PHYD). Dal punto di vista letterale si traducono entrambe come "paga come guidi" mentre dal punto di vista pratico la polizza PAYD calcola il premio assicurativo in base alla distanza percorsa o al tempo percorso (in zone trafficate a parità di distanza percorsa, il tempo in auto e quindi la possibilità di incorrere in un sinistro è maggiore) mentre la polizza PHYD lo calcola in base allo stile di guida. Lo stile di guida comprende nei suoi parametri la velocità, può comprendere la decelerazione (un alto numero di brusche frenate potrebbe indicare che il guidatore è spesso distratto e accorgendosi all'ultimo di un urto ormai prossimo è costretto a frenare a fondo) ma anche il tipo di veicolo guidato (valore economico), i percorsi abituali e qualsiasi altra opzione (a meno di clausole vessatorie vietate dal codice civile) che le due parti concordano. Essendo un contratto tra due parti il legislatore lascia alla loro libera facoltà la stesura del contratto e delle clausole ivi annesse. Il world Economic Forum nel 2016 ha ipotizzato come il servizio UBI nel 2025 verrà scelto dal 30 % dei guidatori. Questo perché nel 2025 saranno già stati introdotti su diversi modelli di auto (presumibilmente tutti quelli immatricolati dopo il 2020) i servizi-applicazioni days 1 [2].

## 5.12 Mal d'auto

Dal punto di vista umano passare da un ruolo attivo di guida del veicolo ad uno di guidatore part-time (e con l'ultimo livello a quello di semplice osservatore), potrebbe generare nella fase centrale di transizione tra questi due ruoli opposti, una situazione di stress. Una persona abituata a tenersi impegnata durante la permanenza in auto: muovendo il volante, manovrando la leva del cambio e premendo i pedali, si troverebbe nella fase di transizione ad osservare la strumentazione attendendo il momento in cui sia richiamata alla guida. Nella fase finale diventando di fatto un passeggero (non dovrebbero più essere presenti: leve, pedali e volante) si rilasserà: conversando, ascoltando musica, dormendo, leggendo, lavorando al pc, guardando film o giocando. Essendo un tema molto importante in letteratura si trovano diversi studi sull'argomento, partendo dagli anni scorsi fino a due decenni fa, ad esempio: (Banks et Stanton, 2017), (Radlmayr, Gold, Lorenz, Farid, et Bengler, 2014), (Merat et De Waard, 2014) (Merat et Lee, 2012), (Stanton & Young, 2000).

È stato condotto un test per capire interrogarsi su come impiegare il tempo di viaggio in caso di guida automatizzata (figura seguente), i 2000 intervistati (1000 europei e 500 sia statunitensi, che giapponesi) hanno risposto: parlare con gli altri passeggeri (USA e EU) e fare un pisolino (in Giappone). Tra le risposte in cui scegliere, sarà stato possibile optare per più soluzioni oppure esprimere dei punteggi che poi sono stati trasformati in un valore pesato (in base alla classifica), perché notiamo come l'insieme delle percentuali delle risposte oltrepassa il 100 %.

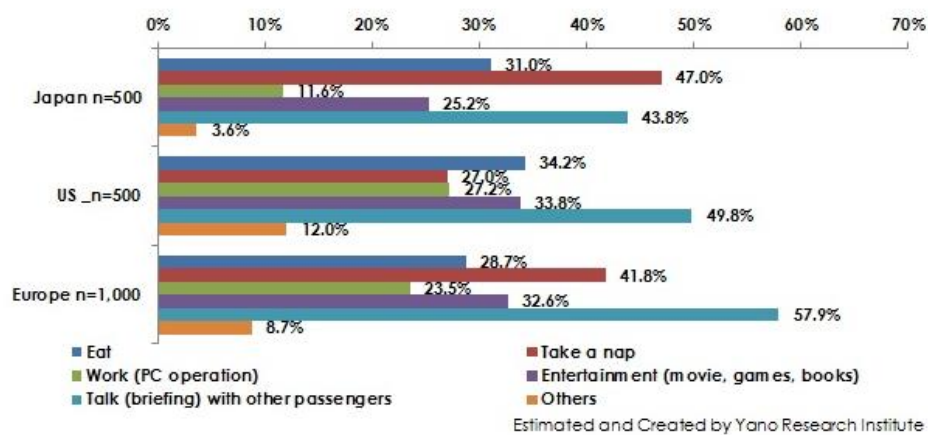


Figura 217 - Cosa fare a bordo? fonte: yano research institute, 2017

Parlando di auto che guidano automatizzate si parla spesso delle possibilità che avranno gli occupanti per trascorrere il tempo del viaggio. Ascoltare musica, guardare un film, lavorare ad un progetto di lavoro, dormire o effettuare telefonate sono alcune delle attività che vengono spesso associate al futuro del trasporto; d'altro canto è quello a cui si assiste oggi se si effettua un viaggio in treno nelle ore dei pendolari. Difficilmente riusciamo ad immaginare scenari diversi, probabilmente le auto diventeranno sempre più ottimizzate per essere usate come uffici o sale riunioni ma altre attività non riusciamo ad immaginarcele. Forse nuove tecnologie permetteranno altre prospettive per sfruttare al meglio il viaggio ma ogni tecnologia dovrà confrontarsi con il problema del mal d'auto che molti passeggeri avvertono durante un viaggio; questa questione inficerà e non poco le possibili alternative.

Molti individui possono soffrire di vari disturbi legati allo spostamento del veicolo sul quale si trovano. Tali disagi sono dovuti alla chinetosi, anche detta motion sickness, un disturbo causato dalla discrepanza tra la visione di un movimento e ciò che viene effettivamente percepito dall'apparato vestibolare (trattasi dell'organo sensoriale che contiene le cellule legate all'equilibrio) dell'utente. Questa forma di malessere si manifesta frequentemente nei passeggeri a bordo di un'automobile nel momento in cui si trovano a svolgere diverse attività, come ad esempio leggere un libro o usare il cellulare; questo accade in quanto, mentre dal punto di vista visivo il libro o il dispositivo resti fermo sotto gli occhi dell'utente, il senso dell'equilibrio rileva il movimento dato dallo spostamento del veicolo, causando un conflitto tra le due informazioni. Gli individui colpiti possono presentare diversi sintomi, tra cui vomito, vertigini e nausea. E' stato inoltre stimato tramite uno studio effettuato analizzando i database della 23andMe (azienda americana specializzata nei campi di genomica e biotecnologie) che circa una persona su tre (si parla di 80 individui su un totale di 494) è suscettibile a chinetosi; altro dato interessante ricavato da uno studio effettuato da Kay M. Stanney e Philip Hash (ricercatori presso la University of Central Florida) nel 1998 è che il guidatore è meno frequentemente soggetto a questa tipologia di problemi, e si suppone sia per via del fatto che il sistema nervoso centrale effettui una predizione sugli effetti del proprio movimento basandosi su esperienze precedenti.

### 5.13 Venti principi stillati dalla commissione etica tedesca

Nel 2016 in Germania, l'istituto del Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure ha pubblicato un documento strategico che definisce degli obiettivi e delle linee guida per il futuro delle auto a guida assistita e automatizzata. Il documento analizza in primis le potenzialità dei veicoli a guida automatica e connessi, principalmente in termini di aumento della sicurezza stradale e dell'efficienza del trasporto. In seguito si indicano chiaramente fra gli obiettivi che il governo tedesco vuole raggiungere, la definizione di un quadro normativo che crei condizioni favorevoli per la ricerca e lo sviluppo delle nuove tecnologie, ed il rafforzamento del Paese nel mercato automobilistico.

La Commissione Etica è stata istituita il 30 settembre 2016 ed è costituita da esperti in vari settori tra cui filosofia, giurisprudenza, scienze sociali, valutazione di impatto tecnologico, industria dell'automazione e

sviluppo tecnologia software capitanata dal Dr. Udo di Fabio, ex giudice della Corte Costituzionale Federale e attualmente professore all'università di Bonn. I ricercatori sono stati divisi in cinque gruppi per trattare differenti aspetti:

- Gruppo 1: situazioni che comportano danni inevitabili;
- Gruppo 2: problemi relativi ai dati generati dai veicoli automatizzati e connessi;
- Gruppo 3: condizioni di interazione macchina-uomo;
- Gruppo 4: considerazioni del contesto etico al di là del traffico stradale, si sono occupati delle tecnologie di automazione e connessione alla guida in relazione ad altre tecnologie connesse;
- Gruppo 5: responsabilità per sistemi evoluti.

Esperti esterni alla commissione hanno dato il loro contributo con un discorso davanti alla Commissione che espone i loro punti chiave in merito alle questioni dell'area di lavoro, durante un incontro tenuto nel Gennaio 2017.

Le direttive tracciate possono rispondere ad alcune delle domande fatte nei capitoli precedenti ma va chiarito che la commissione ha voluto tracciare delle linee guida di buon senso e non delle leggi, esse servono per aiutare i singoli stati e la Comunità Europea a stabilire normative responsabili ed adeguate per un domani.

Le venti regole sono riassunte di seguito:

1. Lo scopo primario dei trasporti completamente automatizzati è migliorare la sicurezza degli utenti della strada, un altro obiettivo è quello di aumentare le opportunità di spostamento per ottenere i maggiori benefici possibili. Lo sviluppo tecnologico obbedisce al principio dell'autonomia personale, ciò significa che gli individui godono della libertà di azione per la quale sono essi stessi responsabili.
2. La protezione degli individui ha la precedenza su qualunque altro aspetto. L'obiettivo è quello di ridurre i danni irreparabili fino a eliminarli completamente. L'introduzione della guida automatizzata non è giustificabile se non permetterà di ridurre situazioni pericolose rispetto alla guida tradizionale.
3. Il settore pubblico è responsabile di garantire la sicurezza dell'automazione e dei sistemi connessi introdotte e approvate sulle strade pubbliche. I sistemi a guida automatizzata necessitano di una licenza e di monitoraggio ufficiale. Il principio di guida fondamentale è l'evitare gli incidenti, anche se sarà impossibile ridurre del tutto i rischi.
4. La responsabilità personale degli individui nel prendere decisioni è espressione di una società centrata sui singoli individui, con loro diritto allo sviluppo personale e il loro bisogno di protezione. Lo scopo di tutte le normative politiche e governative è quello di promuovere il libero sviluppo della protezione delle persone. In una società libera, il ruolo della tecnologia imposta dalle autorità deve essere tale da creare un equilibrio tra la libertà individuale e la sicurezza degli altri.
5. Le tecnologie a disposizione dovranno prevenire incidenti dove è possibile. Le tecnologie dovranno essere programmate in modo che le situazioni critiche non sorgano in primo luogo, ciò include il dilemma del "trolley problems" ovvero delle scelte obbligate. L'obiettivo è migliorare la sicurezza stradale quindi tecnologie orientate a questo scopo è bene che vengano introdotte e sviluppate in modo tale da garantire il minor rischio possibile per gli utenti.
6. L'introduzione di sistemi di guida assistita o automatizzata potrà essere socialmente ed eticamente riconosciuta e resa obbligatoria se può limitare danni. Al contrario, imporre questi strumenti da parte delle Nazioni è discutibile se implica sottomettersi a imperativi tecnologici.
7. In caso di situazione di incidente o danno inevitabile, la priorità massima è riservata alla protezione della vita umana, il sistema dovrà accettare di provocare danni ad animali o cose se ciò significa prevenire lesioni alle persone.
8. In caso di decisione tra una vita umana e un'altra, dipenderà dalla situazione specifica inclusi i comportamenti "imprevedibili" presi dalle parti colpite. Non possono essere standardizzati e non possono essere programmati in modo tale che siano eticamente indiscutibili. I software devono essere

progettati per creare il minor danno possibile ma non si potrà chiedere loro compiere una valutazione complessiva o intuitiva delle conseguenze di un incidente e di conseguenza sostituire un guidatore responsabile con la capacità morale di dare giudizi corretti. È inoltre impossibile giudicare legalmente un comportamento prima che esso si realizzi, basarsi su condizioni astratte non avrebbe senso; sarebbe opportuno istituire un organo indipendente di vigilanza che sistematicamente elabori le lezioni apprese.

9. In caso di incidente inevitabile sarà vietato prendere decisioni sulla base di caratteristiche personali come età, genere, costituzione fisica o mentale. Sarà anche proibito scambiare una vittima con un'altra. Saranno invece accettabili decisioni prese per ridurre lesioni personali. Inoltre le parti coinvolte nei rischi legati alla mobilità non devono sacrificare parti non coinvolte.
10. La responsabilità di danni, una volta di responsabilità solo del guidatore, ora passa alle case automobilistiche e agli operatori dei sistemi tecnologici e agli organismi responsabili delle infrastrutture, delle politiche e delle decisioni legali.
11. La responsabilità dei danni provocati dai dispositivi di guida automatizzata è governata dagli stessi principi della responsabilità di altri prodotti. Ciò implica che i produttori e gli operatori saranno obbligati nel mantenere aggiornati i sistemi e prodotti e migliorare, quando possibile, i prodotti già in commercio attraverso opportuni aggiornamenti.
12. Il pubblico ha diritto ad essere informato riguardo le nuove tecnologie disponibili. Per mettere in pratica ciò è opportuno che le informazioni vengano trasmesse nel modo più trasparente possibile e comunicate al pubblico da un ente indipendente e competente.
13. Non è possibile stabilire ora se in futuro sarà opportuno avere la connettività completa e il controllo centralizzato di tutti i veicoli motorizzati nel contesto di un'infrastruttura digitale come accade per treni e aerei. La capacità di controllare in remoto un veicolo può essere eticamente discutibile se non si sarà in grado di garantire una sorveglianza in sicurezza degli utenti della strada e dei veicoli autonomi.
14. La guida automatizzata è giustificabile solo nella misura in cui sia protetta da attacchi, in particolar modo alla manipolazione dell'intelligenza artificiale o con debolezze insite nel sistema, tali da distruggere in modo duraturo la fiducia delle persone nel trasporto su strada.
15. Modelli di business basati sulla raccolta dati dei veicoli a guida autonomi, indispensabili e non, per la guida dovranno scontrarsi con i diritti degli automobilisti. Dovranno essere gli stessi proprietari dei veicoli a stabilire se i loro dati potranno essere inoltrati e utilizzati. Una normativa va stabilita in anticipo per prevenire l'uso scorretto dei dati da parte degli operatori di ricerca o dei social network.
16. Deve essere possibile distinguere chiaramente se un veicolo procede con un sistema di guida automatizzata o se il conducente umano può mantenere la responsabilità di annullare il sistema. Nel caso di sistemi senza conducente, l'interfaccia uomo-macchina deve essere progettata in modo tale che in qualsiasi momento sia chiaramente regolamentato di chi è la responsabilità del controllo del veicolo, opportuno è inserire un registro che tenga traccia di quando è il sistema automatico ad avere il controllo piuttosto che l'uomo. È importante stabilire una procedura unica e standardizzata di consegna dei controlli da uomo macchina e viceversa ed avere un modello unico di archiviazione dei dati; ciò serve a garantire uniformità tra le nazioni perché tecnologie automobilistiche e digitali supereranno sempre più i confini nazionali.
17. I sistemi dovranno essere progettati in modo che, anche in caso di emergenza, non venga effettuato una brusca consegna del controllo al conducente. Per garantire un'efficiente e sicura comunicazione tra uomo e macchina, saranno i veicoli a doversi adattare al comportamento (comunicativo) umano e non chiedere agli uomini di migliorare le proprie capacità adattive.
18. Sistemi di intelligenza artificiale che acquisiscono informazioni nel funzionamento del veicolo e la loro connessione ad un database centrale di scenari è concesso previa dimostrazione di un reale vantaggio in termini di sicurezza. Tutti i sistemi di autoapprendimento non legati ad aspetti di

sicurezza non devono essere installati a bordo dei veicoli. È opportuno affidare il controllo dell'archivio centrale ad un organo di monitoraggio indipendente al fine di sviluppare uno standard universale e fissare eventuali test di accettazioni unici.

19. In casi di emergenza, il veicolo deve essere in grado di entrare in condizione di sicurezza senza il bisogno di intervento umano.
20. L'uso adeguato del sistema di guida automatizzata dovrebbe essere parte dell'educazione digitale delle persone. La corretta gestione di tale dispositivo dovrebbe essere insegnata in modo appropriato durante le lezioni di guida e successivamente testato.

## Considerazioni conclusive

L'integrazione tra macchina e uomo deve essere il più naturale possibile e in particolar modo saranno le componenti tecnologiche a doversi adattare alle abitudini umane, questo principio vale per tutte le interazioni con la tecnologia ma in particolar modo nel campo dell'automotiv. Se ciò non avvenisse, gli interessi degli automobilisti calerebbero notevolmente. Questo non è auspicabile perché già altri problemi rallentano la diffusione. Comprare un veicolo del quale non si conoscano le scelte adottate in caso di incidente inevitabile, onestamente lascia scettici anche gli autori.

L'acquisto di un veicolo a guida autonoma potrà sollevare gli automobilisti da molte situazioni stressanti ma ci auguriamo che esse non si tramutino in paure o altre ansie. Vorrebbe dire spostare il problema senza risolverlo. Togliere la fatica della guida ma doversi occupare di altri aspetti, ad esempio quelli burocratici come la sicurezza dei dati personali o avere la premura di aggiornare il software del veicolo perché sia funzionante in caso di bisogno, sarebbe come commettere un autogol, sono azioni a cui non dovremmo nemmeno pensare.

Vogliamo lasciare il lettore con una domanda, già proposta, ma di valore:

*come possiamo controllare che il veicolo compia il tragitto più funzionale per gli occupanti e non segua invece logiche commerciali?*

Ed un'affermazione rilasciata da Edward Snowden (anch'essa già citata) che fa riflettere:

*"Affermare che non si è interessati al diritto alla privacy perché non si ha nulla da nascondere è come dire che non si è interessati alla libertà di parola perché non si ha nulla da dire".*



## 6. CONCLUSIONI

### 6.1 Veicoli autonomi vs cooperanti

L'EuropeanRoadTransportResearchAdvisoryCouncil (ERTRAC) nel 2015 accetta l'ipotesi di veicoli LV 4 e 5 che quando percorrono strade con frequenti stop dovuti sia alle code che alla presenza di diverse intersezioni, con forti innevamenti o piogge dovrebbero degradarsi al LV 2, con controllo ceduto al guidatore. Contenuto in questa filosofia vi è sia l'incremento dei casi (code ed intersezioni) per cui un veicolo di LV 4 richiami il guidatore, rispetto ai casi già citati nello sviluppo di questo elaborato, sia la possibilità che il LV 5 possa essere "trasformato" in un veicolo normale, mentre fino ad ora si è descritto solo la possibilità di un comando per attivarlo-spegnere e di comandi vocali per l'infotainment.



Figura 218 - Infotainment Tesla source: <https://www.cycle-car.com/tesla-infotainment-could-support-third-party-applications/>

Secondo la possibilità di poter modificare il LV di automatizzazione, diventa ancora più cruciale l'intuitività, chiarezza e semplicità del HMI. "L'alterazione del paesaggio urbano attuale per abilitare l'infrastruttura ai veicoli autonomi e connessi potrebbe essere troppo costoso o troppo impopolare" (Lamb, 2015). Parlare di retrocedere i LV più alti (come detto da ERTRAC oppure da Shladover e Bishop nel 2015) in modo da avere un traffico omogeneo, pensare a corsie riservate ai livelli tecnologici avanzati per tenerli distanti dai veicoli normali, sono idee a nostro avviso che non si conciliano con il progresso e l'uguaglianza che dovrebbero essere valori decisivi. A questo punto sarebbe meglio come predice Gilbert Gagnaire che non si arrivi nemmeno al LV 5, se poi non è possibile sfruttarlo. E' tuttavia consigliabile creare dei vantaggi per i futuri possessori di questi veicoli in moda da invogliarli all'acquisto e così facendo accelerare lo svecchiamento del parco auto circolante. Questi veicoli altamente tecnologici dovranno coesistere ed aiutare i veicoli normali. Spostando pochi veicoli su una loro sede riservata già si ottiene una forte riduzione degli incidenti non vi sarebbe bisogno della tecnologia. A nostro avviso, parere più importante questo dibattito rispetto alla questione chiamata Trolley Problem che pare un esercizio quasi fine a sé stesso e non alla società civile se analizzato con superficialità. Non stiamo sostenendo per questo che non sia importante ma sicuramente delle scelte andranno fatte da persone esperte e competenti in materia, senza cadere in un circolo vizioso infinito.

I veicoli connessi sono proprio quelli che dovrebbero aiutare a risolvere i problemi delle code e alle intersezioni. Come si è già scritto nel capitolo di elenco dei vari servizi days 1 e days 1.5, sono presenti TMC che ricevute le informazioni delle RSUs sullo stato del traffico, elaborano e poi comunicano ai pannelli a messaggi variabile autostradali, ai carrelli stradali per messaggi variabili e alle RSUs le informazioni sullo stato della circolazione nell'area e di eventuali code formatisi. Le RSUs sono in grado di comunicarlo ai veicoli dotati di tecnologia I2V, gli altri veicoli dovranno leggere le informazioni dei carrelli e dei messaggi variabili, tramite

la vista del guidatore. Si può così gestire il traffico dinamicamente ed evitare l'afflusso di veicoli in una zona a rischio saturazione. I veicoli connessi ricevono anche le informazioni dalle centraline installate sui semafori (comunicazione DSRC), e sono in grado di modulare la loro velocità per giungere all'intersezione quando non vi è il segnale di rosso, così da evitare stop and go (meno inquinamento e meno veicoli in coda) Green Light Optimal Speed Advisory. Sono anche in grado, tramite l'Intersection Safety, di attraversare un'intersezione senza incidenti, i quali comporterebbero il blocco della circolazione. I servizi day 1 e 1.5 non richiedono speciali periodi di corso e prove pratiche, come per i veicoli automatizzati, essendo applicazioni di informazione. Non servirà quindi una nuova licenza di guida apposita per veicoli connessi. Essi ricordiamo avere maggior facilità a comunicare con i veicoli di emergenza e a lasciar loro lo spazio per il passaggio, oltre che a poter interagire tramite DENM con i veicoli della pubblica autorità (inerente il problema discusso in precedenza sulla difficoltà per la polizia di capire quando un veicolo è automatizzato o autonomo ed eventualmente di farlo fermare) rispetto ai veicoli (solo) automatizzati.

I veicoli connessi "danno una mano" al guidatore ma non lo sostituiscono, permettendogli di continuare a godere del piacere di guida. Si è detto nel commentare la situazione sudcoreana come i loro guidatori preferiscano, rispetto agli europei, la guida assistita piuttosto che autonoma. Yeomans nel 2014 ha rilevato come anche nel Regno Unito vi è la predisposizione alle "normal, non-autonomous car". Egli suggerisce che questo è dovuto al fatto che nel paese vi è un alto numero di possessori di auto (oltre il 65%) che vogliono continuare a godere del piacere di guidare. Mantenendo però i vantaggi della guida autonoma di ridurre l'inquinamento e gli incidenti.

Probabilmente la riduzione degli incidenti sarà minore di quella apportata dai veicoli di LV 5 (che però si stima come fino al 2050 non saranno disponibili), però essendo comunque un'auto "normale", non vi sarà l'aumento di veicoli in circolazione dovuti invece alla guida autonoma. Guida autonoma che ricordiamo, dà la possibilità di spostarsi in auto a chi ora lo fa coi mezzi pubblici e a chi non può farlo come i minorenni, oltre alla possibilità di fare altro durante il viaggio; andrebbero ad aumentare le persone che scelgono l'auto e quindi il numero di veicoli in circolazione. La decisione di non citare gli anziani e disabili tra coloro che si sposteranno grazie ai veicoli a guida autonoma è dovuta, per gli anziani al fatto che nella ricerca della (JD Power press notice, Aprile 2017) sull'apprezzamento dei veicoli autonomi in base alle classi di età, già oltre i 60 anni la percentuale è intorno al 10 %. Bisogna valutare però come risponderanno gli utenti che nel 2050, quando saranno disponibili questi veicoli, avranno 60 anni ovvero i ventenni di oggi; i giovani con la tecnologia ci sono nati quindi sarà più facile che sappiano prenotare senza problemi un veicolo del genere. Per i disabili invece la questione è che potranno anche spostarsi con il proprio veicolo ma se arrivati a destinazione i servizi e l'arredo urbano continueranno a costituire delle barriere architettoniche questo viaggio sarà stato vano. Non è pensabile che il veicolo attenda "fuori dalla porta" per rifarsi carico della persona disabile e lo trasporti al negozio, ufficio successivo e li attenda.

Ricordiamo come nel caso dei veicoli connessi essendo il guidatore in controllo del veicolo, vengono meno quei problemi dei veicoli di LV 4, 5 circa la responsabilità e la questione etica. La cyber sicurezza assume una rilevanza minore. Il veicolo può ricevere un'azione che ne penetri le difese e rubi dati personali o che gli invii false informazioni sulla presenza di veicoli, ostacoli o sul percorso da seguire ma essendovi il guidatore in controllo è sempre possibile evitare un incidente o ragionare in modo autonomo, almeno fino a quando i sistemi vitali della macchina resteranno disconnessi (freno, acceleratore e sterzo). Il veicolo connesso non dipende dalla qualità delle coordinate GPS ricevute e dai sensori del veicolo, però rimane al momento la preoccupazione che l'infrastruttura informativa non regga la mole di dati scambiata tra veicoli e tra veicoli e infrastruttura.

(Loi d'orientation des Mobilités pour voitures particulières 2019) Riguardo il tema dell'accettabilità vi è stata l'idea di puntare maggiormente sulla fascia di età 16-35 anni che è più avvezza alla tecnologia e riesca quindi a sfruttare i nuovi veicoli automatizzati secondo le loro potenzialità (acquistare un veicolo di LV 3 e poi

mantenere disattivate le funzioni di assistenza alla guida, non ha effetti positivi sulla mobilità e sulla riduzione del numero di incidenti stradali) e di conseguenza pubblicizzarne le doti. Si favorisce così la penetrazione dei veicoli automatizzati nel mercato. Questa idea non ha incontrato moltissimi pareri positivi perché il numero di potenziali clienti all'interno di quella fascia non è sufficiente a creare un livello adeguato di penetrazione nel mix di traffico e quindi a scaturire quegli effetti positivi che come si è detto poc'anzi solo il 50-70 % di veicoli automatizzati nel flusso di traffico può dare. È comunque necessario informare i cittadini circa le potenzialità e i vantaggi collettivi dell'uso del veicolo automatizzato, oltre che sfruttare le sovvenzioni pubbliche per l'installazione di tutte le funzionalità-applicazioni disponibili per il modello acquistato. Importante altresì valutare opzioni tecniche di ammodernamento dei veicoli attuali, riuscire cioè a rendere compatibili le applicazioni più utili alla sicurezza con i veicoli di LV 1, 2. Gli esperimenti effettuati con guidatori non esperti dimostreranno quale differenza vi è tra le potenzialità espresse da un veicolo automatizzato guidato da chi sa sfruttarlo a pieno, e i non esperti. Ad esempio nel consumo di carburante, nella rapidità di effettuare azioni tra le quali quella molto importante di riprendere il controllo del mezzo (altrimenti il veicolo compie una manovra di minimo rischio e si ha una perdita in tempo e nella omogeneità delle velocità).

- ❖ Crediamo che possano esistere i veicoli connessi a prescindere dai veicoli autonomi ma che sia imprescindibile il contrario; parlando di veicoli di livello 4 e 5 sarà fondamentale assicurarsi che tali veicoli abbiano un elevato grado di cooperazione con ciò che li circonda. I servizi di comunicazione potrebbero anticipare di diversi anni i veicoli autonomi e dare un primo contributo in fatto di sicurezza ed efficienza, riducendo traffico e inquinamento per le città. In questo modo si potrebbero sperimentare sul campo quelle tecnologie atte alle comunicazioni per farsi trovare pronti al momento del debutto dei veicoli autonomi.

## 6.2 Un passo alla volta

Oltre ad un confronto tra veicoli autonomi e cooperanti è emerso che ci sono diversi vantaggi nell'introduzione di questi veicoli sulle nostre strade ma ancora più annose sono le problematiche da affrontare.

I futuri utenti dei veicoli arriveranno molto preparati in termini di diritti personali infatti ad oggi ognuno di noi sperimenta sulla propria pelle gli aspetti legati alla privacy. Se ad oggi i produttori di software hanno il potere di farci accettare ogni tipo di policy per permetterci di usare i loro servizi, un domani le case automobilistiche non potranno avere questo privilegio perché la consapevolezza ci porterà ad evolverci e a chiedere maggiori tutele legali. Un passo importante deve essere fatto in termini legali per poter usufruire di tali diritti augurandoci che vengano presi seri provvedimenti.

Non sapere come i veicoli reagiranno davanti ad eventi improvvisi o a situazioni non ordinarie oltre che alla sfiducia generale che le persone hanno nell'affidare il compito della guida a questi veicoli non fanno che ostacolare il progresso. Esse potranno trovare consensi nel momento in cui, di fronte ad alcuni test o situazioni reali, si dimostreranno affidabili e reattive più di quanto possa esserlo una persona umana, fino ad allora ciò che possiamo aspettarci è una collaborazione tra uomo e macchina.

A tal proposito riteniamo importante specificare che non saranno le automobili per prime a traghettare le persone verso i sistemi completamente automatizzati, esse arriveranno solo dopo che altri sistemi che non mettono a repentaglio vite umane, avranno fatto il loro ingresso nel mercato. Pensiamo all'ambito delle consegne a domicilio, droni e piccoli robot con ruote potrebbero presentarsi davanti al portone di casa con la cena d'asporto prenotata poco prima oppure con un pacco postale urgente.

- ❖ La chiave per un buon successo è la gradualità. Notizie shock come l'annuncio di un'auto completamente autonoma imminente fanno sicuramente più scalpore tra le persone che piccoli

progressi graduali ma in caso di insuccesso, la delusione di tali attese potrebbero avere impatti catastrofici.

AmMESSO poi che tutte le operazioni di sicurezza siano rispettate, c'è un ulteriore scoglio che gli utenti dovranno superare. Affidare i loro viaggi, e quindi il loro tempo, a sistemi che decideranno quale strada sia la migliore, siamo proprio sicuri che quel "migliore" sia riferito agli utenti e non, ad esempio, "migliori" per quella società di grandi magazzini che paga per portare più persone a passare davanti alle vetrine dei propri negozi? Un atto di fede non basta, anche qui bisognerà avere delle tutele da parte degli organi competenti e soprattutto un monitoraggio costante che le prescrizioni siano rispettate.

### 6.3 La posizione degli autori

Riteniamo molto importante lo sviluppo di questo tipo di mobilità nonostante il lungo elenco di tematiche negative appena riportate. Abbiamo voluto sottolineare gli aspetti più avversi perché riteniamo che affrontare tali questioni sia la via per superare gli ostacoli. Tutti gli attori impegnati, compresi i due laureandi, dovrebbero lavorare costantemente per risolvere queste alcune delle lacune evidenziate per far sì che i vantaggi offerti possano essere messi a disposizione della comunità.

Sarà un successo un domani poter scendere in strada e sapere che chiunque potrà avere accesso ad una mobilità sostenibile senza vincoli di età o limitazioni geografiche ed è quello che ci auspichiamo. Una città in cui lo spazio attualmente destinato ai parcheggi sarà dedicato alle persone, dove le code saranno minori e quindi ci sarà più tempo per le proprie attività, dove gli spostamenti di molte ore saranno effettuati di notte mentre i passeggeri riposeranno o meglio ancora sapere che un veicolo ha evitato un incidente mortale sono sogni che deve spingerci a superare gli ostacoli per rendere reale tutto ciò.

Riteniamo che la via più sicura ed efficace per perseguire la strada della sicurezza è lasciare il controllo della vettura all'utente mentre i sistemi di guida automatizzata, fino al livello 3, monitorano ciò che accade dentro e fuori dal veicolo. Questa via di mezzo obbliga l'utente a sentirsi responsabile del proprio mezzo di trasporto e quindi si manterrà vigile e attento alla guida. I sistemi di ausilio alla guida interverranno in tutte quelle situazioni dove possono aiutare il guidatore ad essere un utente della strada virtuoso. Rispettare i limiti di velocità, le distanze di sicurezza o l'invasione involontaria della corsia tra tutti. Essi interverranno anche in situazioni potenzialmente più gravose. Attacchi di sonno, distrazione alla guida o scarsa visibilità sono tutte condizioni che aumentano l'esposizione al rischio e che attraverso i dispositivi di ausilio alla guida possono essere mitigate.

Noi siamo contrari al salto tecnologico dal livello 2 al livello 4, proposto da alcuni autori. Questo perché ci si troverebbe con veicolo e utenti entrambi impreparati. Dal lato utente è dovuta alla poca esperienza con i sistemi automatizzati mentre dal lato tecnologico da una sperimentazione che è solo parziale e con studi ricondotti ad esperienze di guida virtuale.

Allo stesso modo, i sistemi che permettono una collaborazione tra veicoli ottimizzano il traffico e rendono l'infrastruttura viaria più sicura. Per questo riteniamo che debbano fare ingresso nel mercato il prima possibile. A differenza dei sistemi di ausilio alla guida, riteniamo che possano essere introdotti nella loro forma più evoluta perché servono ad integrare le informazioni mancanti ad un automobilista; inoltre questi sistemi potranno essere efficaci solo nel momento in cui molti veicoli potranno supportare tale tecnologia. È per questo che auspichiamo in una scelta politica risolutiva e lungimirante.

Solo quando le tecnologie saranno all'altezza e ci sarà una maggiore consapevolezza nelle persone si potrà compiere un ulteriore passo avanti e parlare di veicoli di livello 4 e 5.

# APPENDICE 1. A completamento della regolamentazione sulla privacy

Il controllore dei dati personali deve utilizzare dei processori di dati che garantiscano l'implementazione di sufficienti misure tecniche ed organizzative, atte a garantire i diritti del soggetto (articolo 28.1). Il processore dei dati personali non deve processare i dati senza autorizzazione del controllore dei dati (articolo 29). Sia il controllore che il processore, dei dati personali devono mantenere traccia delle loro attività con i dati personali (articoli 30.1 e 30.2). Quando vi è una violazione nei dati personali (data breach) che comporta un alto rischio per i diritti e le libertà delle persone allora il controllore deve informare i soggetti (i cui dati sono stati violati) (articolo 34.1). In caso di: (a) una sistematica ed estensiva valutazione degli aspetti riguardanti la persona, basata su un processo automatico; (b) processazione su larga scala di aspetti inerenti: orientamento sessuale, religione, vita sessuale, condizione di salute, etnia ed opinioni politiche; (c) monitoraggio sistematico su larga scala, di un'area pubblica, allora è richiesto al controllore dei dati personali una valutazione d'impatto, prima di procedere alla processazione dei dati (articolo 33.2); la valutazione d'impatto deve contenere almeno: (a) una descrizione sistematica delle operazioni di processo; (b) la valutazione della proporzione tra la necessità delle operazioni di processo e i loro scopi; (c) una valutazione del rischio per i diritti del soggetto; (d) i meccanismi, le misure di sicurezza e di salvaguardia per assicurare la protezione: dei dati personali e del rispetto della regolamentazione [55] (articolo 33.7). Nel caso l'Autorità di supervisione è dell'idea che il controllore dei dati personali non ha identificato sufficientemente i rischi e/o le misure di mitigazione, provvede ad inviare un avviso scritto al controllore (articolo 36.2). L'Autorità di supervisione è una o più di una (dipende dallo stato membro) ed è responsabile del monitoraggio dell'applicazione della regolamentazione [55] (articolo 51.1), cooperano tra loro e con la Commissione (articolo 51.2).

I poteri dell'Autorità di supervisione (articolo 58.1) sono: a) ordinare al processore e al controllore dei dati personali di fornire le informazioni che ella richiede; b) eseguire le investigazioni; c) portare avanti la rivisitazione delle certificazioni istituite; d) notificare al controllore o al processore, dei dati personali, la notifica di un infrangimento della [55]. I poteri correttivi (art.58.2) sono tra le altre: a) avvertire il controllore o il processore, dei dati personali, che processando i dati commetterebbe un'infrazione; b) ordinare al controllore o al processore, dei dati personali, di riconoscere la richiesta del soggetto ad esercitare il suo diritto; c) ordinare che le azioni con cui si processano i dati personali siano conformi al regolamento, d) imporre limitazioni temporanee o definitive h) ritirare una certificazione.

Ogni proprietario dei dati personali deve avere il diritto ad un ricorso giudiziario quando considera violati i suoi diritti, come risultato di una processazione dei suoi dati personali (art79.1), qualunque persona che ha subito un danno a seguito di un infrangimento di questo regolamento, deve avere il diritto di ricevere una compensazione da parte del controllore o del processore, dei dati personali (art 82.1). Dove un controllore o un processore, dei dati personali, ha pagato la piena compensazione, deve rivalersi sugli altri attori coinvolti nello stesso procedimento, per la parte corrispondente alle loro responsabilità (art 82.5). Articolo che può essere riferito anche nel caso di incidente stradale, con più attori coinvolti, e successiva chiamata in causa delle varie assicurazioni. Tutti sono chiamati a risarcire il danno causato e se vi è una assicurazione che paga il risarcimento, sarà poi lei a chiamare in causa le assicurazioni degli altri attori coinvolti (per ricevere la parte che ha "anticipato", per tutti).

L'ammontare della multa richiesta in caso di infrangimento del regolamento, deve tenere conto della natura, della gravità e della durata della violazione (a), dell'intenzionalità (b), delle azioni intraprese per mitigare il danno arrecato (c), di casi precedenti (e), se vi è stata la notifica della violazione all'Autorità di supervisione (h).

# APPENDICE 2. Relativa alla regolamentazione EU 2018/858

È già stata citata alcune volte nel corso della trattazione, è la norma inerente la sorveglianza del mercato dei veicoli e dei rimorchi stradali.

Articolo 6, obblighi degli stati membri:

- paragrafo 1: devono istituire le proprie: Approval Authorities e le Market Surveillance Authorities;
- paragrafo 4: devono permettere l'entrata nel mercato dei soli: veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti che soddisfano la [2018/858];
- paragrafo 7: ottenere i campioni necessari ad eseguire i test.

Articolo 7, obblighi della Approval Authority:

- paragrafo 1: devono approvare solamente i: veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti che soddisfano la [2018/858];
- paragrafo 4: i veicoli, i sistemi, le unità tecniche e i componenti che non soddisfano la [2018/858], devono essere ritirati. Per apportare le correzioni necessarie a renderli conformi al regolamento. Se questo non fosse possibile allora deve essere un ritiro permanente.

Articolo 8, obblighi della Market Surveillance Authority:

- paragrafo 1: eseguire i controlli necessari a verificare che i: veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti abbiano i requisiti imposti dalla [2018/858];
- paragrafo 2: eseguire un controllo per ogni 40000 nuovi veicoli immatricolati l'anno precedente nello stato membro (di cui appartiene l'Authority). Ma non meno di cinque test;
- paragrafo 8: esigere la documentazione, le specifiche tecniche (inclusi software ed algoritmi), necessari per svolgere i controlli che le competono.

Articolo 11, forum per lo scambio di informazioni:

- paragrafo 1: è composto dalle Approval Authorities e Market Surveillance Authorities di ogni stato membro;
- paragrafo 2: considera c) i risultati dei test e delle ispezioni, k) coordina le market Surveillance Authorities.

Questo articolo mette in risalto la necessità del mercato unico europeo, insieme le autorità di sorveglianza possono migliorare il servizio reso ai cittadini europei, facendo in modo che solo i prodotti conformi entrino nella disponibilità di essi.

Articolo 13, obblighi dei produttori:

- paragrafo 6: devono stabilire delle procedure affinché i loro prodotti rimangano omologhi al modello che è stato approvato dall'Authority;
- paragrafo 7: devono esaminare ogni reclamo relativo, ad una possibile non rispondenza oppure ad un sospetto rischio dei veicoli, dei sistemi, delle unità tecniche e/o dei componenti che hanno distribuito nel mercato. Di queste contestazioni va tenuta traccia, e in caso fossero motivate (le



indagini portate avanti dal produttore hanno trovato riscontri ) devono informare i loro importatori e i loro distributori.

Articolo 14, obblighi dei produttori, non inerenti la conformità o ad un possibile rischio:

- paragrafo 1: nel caso i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti sono stati messi sul mercato senza soddisfare la [2018/858], oppure che hanno ricevuto l'autorizzazione sulla base di dati e prove falsate devono apportare le modifiche necessarie a riportare in conformità i loro prodotti, richiamandoli o ritirandoli dal mercato;
- paragrafo 2: nel caso i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti presentino un serio rischio, i produttori devono informare sia le Market Surveillance Authorities che le Approval Authorities, del problema e indicare le misure intraprese per risolverlo.

Articolo 16, obblighi degli importatori:

- paragrafo 2: devono controllare che i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti che si apprestano a mettere sul mercato, posseggano un'omologazione europea;
- paragrafo 6: devono assicurarsi che i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti, siano accompagnati dal manuale di istruzioni;
- paragrafo 7: devono tenere traccia dei reclami e contestazioni inerenti ricevuti, e informare di essi i loro distributori;
- paragrafo 8: devono immediatamente informare i relativi produttori di ogni reclamo che hanno ricevuto riguardante incidenti sospetti, i rischi o la non rispondenza alle prescrizioni, inerenti i veicoli, sistemi, unità tecniche o componenti;

Articolo 17, obblighi degli importatori, non inerenti la conformità o ad un possibile rischio:

- paragrafo 1: nel caso i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti sono stati messi sul mercato senza soddisfare la [2018/858], oppure che hanno ricevuto l'autorizzazione sulla base di dati e prove falsate devono apportare le modifiche necessarie a riportare in conformità i loro prodotti, richiamandoli o ritirandoli dal mercato (come articolo 14);
- paragrafo 2: nel caso i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti presentino un serio rischio, i produttori devono informare sia le Market Surveillance Authorities che le Approval Authorities, del problema e indicare le misure intraprese per risolverlo (come per articolo 14).

Articolo 18, obblighi dei distributori:

- paragrafo 1: devono controllare che i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti che si apprestano a mettere sul mercato, posseggano un'omologazione europea, le istruzioni d'uso e l'informazione sulla sicurezza (scritte nella lingua in cui verrà distribuito il prodotto);
- paragrafo 2: devono immediatamente informare i relativi produttori di ogni reclamo che hanno ricevuto, riguardante incidenti sospetti, i rischi o la non rispondenza alle prescrizioni, inerenti i veicoli, sistemi, unità tecniche o componenti.

Articolo 19, obblighi dei distributori, non inerenti la conformità o ad un possibile rischio:

- paragrafo 1: nel caso i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti non soddisfano la [2018/858], non devono essere posizionati nel mercato, fino a quando non vi saranno apportate le modifiche necessarie, a riportarli in conformità;

- paragrafo 2: : nel caso i veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti non soddisfano la [2018/858], devono informare sia l'Approval Authority di competenza, il produttore e gli importatori.

Articolo 30, test per l'omologazione EU:

- paragrafo 1: ai fini del rilascio delle omologazioni UE, l'Approval Authority verifica la conformità ai requisiti tecnici del presente regolamento, mediante prove appropriate eseguite dai suoi servizi tecnici.

Articolo 39, nuove tecnologie:

- paragrafo 2: l'Approval Authority rilascia l'omologazione UE se: b) la domanda di omologazione UE descrive le implicazioni per la sicurezza e l'ambiente della nuova tecnologia, e le misure adottate al fine di garantire almeno un livello equivalente di sicurezza e protezione ambientale a quello previsto dai requisiti in materia di cui si chiede un'esenzione; c) vengono presentati i test per sostenere la condizione b);
- paragrafo 3: la Commissione Europea deve emettere un atto implementativo per decidere se garantire o no la richiesta della nuova tecnologia;
- paragrafo 4: in attesa della risposta della Commissione, l'Approval Authority può rilasciare un'omologazione UE provvisoria, valida solo nel territorio dello Stato membro di tale autorità;
- paragrafo 7: se la risposta è negativa allora l'Approval Authority (che ha rilasciato l'omologazione provvisoria) informa immediatamente il titolare dell'omologazione, che quell'omologazione è revocata da lì a sei mesi.

Articolo 52, prodotti che presentano un rischio grave o una non conformità:

- paragrafo 1: la Market Surveillance Authority deve controllare che l'operatore economico interessato, adotti senza indugio tutte le misure correttive appropriate per garantire che al momento dell'immissione sul mercato, i veicoli, i sistemi, le unità tecniche e i componenti, non presentino più il rischio riscontrato;
- paragrafo 2: la Market Surveillance Authority che riscontra veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti che non siano conformi al presente regolamento, ma senza presentare un rischio grave, allora richiede all'operatore economico interessato di adottare tutte le misure correttive appropriate, entro un termine ragionevole, per renderli conformi;
- paragrafo 3: Laddove gli operatori economici non adottino adeguate misure correttive entro un periodo limitato o qualora il rischio richieda un'azione rapida, le autorità nazionali adottano tutte le opportune misure restrittive provvisorie per vietare o limitare la messa a disposizione sul mercato, l'immatricolazione o l'entrata in circolazione dei veicoli, sistemi, componenti o entità tecniche in questione, o per ritirarli o richiamarli nel caso fossero già stati messi in circolazione.

Articolo 53, misure a livello europeo:

- paragrafo 1: gli stati membri che hanno adottato delle misure lo comunicano agli altri stati membri ed alla Commissione Europea;
- paragrafo 4: se dopo un mese dalla comunicazione gli altri stati membri non hanno richiesto spiegazioni allora devono garantire eguali misure restrittive anche nei loro stati;
- paragrafo 5: se entro un mese, uno stato membro o la Commissione pongono un'obiezione allora, a seguito di ispezioni e test, verrà deciso se le restrizioni sono giustificate (e andranno applicate in tutta

la UE) oppure no (e lo stato che le aveva istituite dovrà ritirarle o renderle compatibili con la decisione presa dalla Commissione);

- paragrafo 8: Se una misura correttiva è considerata giustificata allora deve essere disponibile gratuitamente per i titolari di immatricolazioni dei veicoli interessati. Se le riparazioni sono già state eseguite a spese del titolare, prima dell'adozione della misura correttiva, il produttore rimborsa il costo di tali riparazioni.

Articolo 54, omologazione non conforme:

- paragrafo 1: L'approval Authority riscontrata una non conformità con questo regolamento, non certifica l'omologazione EU;
- paragrafo 2: L'approval Authority deve notificarlo alle Approval Authorities degli altri stati membri ed alla Commissione;
- paragrafo 4: nel caso vi sia una obiezione alla volontà della Approval authority di non concedere l'omologazione, vanno eseguite ulteriori indagini;
- paragrafo 5: le ulteriori indagini sono portate avanti dalla Commissione, se esse dimostreranno che non rispetta il regolamento allora l'omologazione è rifiutata.

Articolo 59, informazioni destinate all'utente:

- paragrafo 2: il produttore deve rendere disponibili agli utenti tutte le informazioni rilevanti e le necessarie istruzioni, inerenti le restrizioni o gli usi speciali di veicoli, sistemi, unità tecniche e componenti.

Questo articolo, per quanto riguarda i sistemi di guida automatizzata, deve essere emendato dato che si renderà necessario non solo che le informazioni e le istruzioni siano messe a disposizione dell'utente, ma anche dei corsi pratici ed un conseguente esame per ottenere l'abilitazione

Articolo 61, obbligo del produttore di fornire informazioni OnBoardDiagnostic (OBD), sulla riparazione e sulla manutenzione, del veicolo:

il produttore deve fornire: informazioni standardizzate e senza restrizioni, l'accesso alle informazioni OBD, la possibilità di scaricare informazioni riguardanti riparazioni e manutenzioni. Tutte le informazioni devono essere presentate in maniera semplice (sia dal punto di vista della comprensione che dell'accessibilità, ad esempio non aver bisogno di scaricare programmi appositi per aprire il formato in cui sono salvate le informazioni).

Articolo 63, tariffe per l'accesso alle informazioni di riparazione e manutenzione:

- paragrafo 1: l'accesso alle informazioni sulla manutenzione e riparazione, deve essere offerto gratuitamente alle autorità nazionali;
- paragrafo 2: le informazioni (articolo 59) sono a pagamento per gli utenti che le richiedono, con tariffa basata o sulla durata della transazione o sul numero di transazioni (informazioni richieste).

con gli articoli 61 e 63 si mette in luce il concetto espresso dal gruppo WP.6 del C-ITS Platform, il produttore del veicolo è in una posizione di vantaggio rispetto agli altri operatori (dei centri di riparazione e manutenzione) perché dispone dei dati gratis e con questi può fornire servizi a pagamento. Sia per le officine che li richiedono sia per gli utenti ad esempio sulla manutenzione predittiva o migliorativa.

Articolo 77, sfida alla competenza dei servizi tecnici:

- paragrafo 1: la Commissione, in collaborazione con le Approval Authorities, esamina tutti i casi in cui, sia dimostrato o vi siano giustificati motivi per ritenere, che sia stata rilasciata un'omologazione non dovuta. Nel senso che è stata rilasciata, o sulla base di dati falsi, o con i risultati delle prove falsificati oppure sono state trattenute delle specifiche tecniche che avrebbero portato alla bocciatura dell'omologazione.

Articolo 85, multe e restrizioni:

- paragrafo 1: la Commissione può infliggere ammende amministrative agli operatori economici, per non conformità del veicolo, del sistema, del componente o dell'unità tecnica. Le ammende devono essere proporzionate al numero di veicoli non conformi immatricolati sul mercato dell'Unione o di componenti e/o unità tecniche non conformi immessi nel mercato. Le ammende amministrative inflitte dalla Commissione, non superano i 30000 euro per: veicolo, sistema, componente o entità tecnica, risultati non conforme. Queste ammende non vanno a sommarsi a quelle eventualmente già indicate dagli stati membri.

# BIBLIOGRAFIA

- [1] Mattia Cattaneo, Tesi magistrale Politecnico di Milano, Self-driving cars, 2017 [https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/140910/1/TESI\\_DEF.pdf](https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/140910/1/TESI_DEF.pdf)
- [2] Andrew J. Hawkins, Everyone hates California's self-driving car reports, The Verge, Feb 2020 <https://www.theverge.com/2020/2/26/21142685/california-dmv-self-driving-car-disengagement-report-data>
- [3] [5] Andrea Catani, Dalia Zecchi, Tesi magistrale Politecnico di Milano, Veicoli a guida automatizzata: metodi per la valutazione dell'adeguatezza dei livelli di automazione, 2019
- [4] La Repubblica, Istat, aumentano i morti negli incidenti stradali: più 25% nel primo semestre del 2019 [https://www.repubblica.it/cronaca/2019/12/16/news/istat\\_aumentano\\_i\\_morti\\_negli\\_incidenti\\_stradali-243607514/](https://www.repubblica.it/cronaca/2019/12/16/news/istat_aumentano_i_morti_negli_incidenti_stradali-243607514/)
- [6] Mauro Alovisio, agenda digitale.ue, Regolamento ue 2016/679, ecco tutto ciò che cittadini e PA devono sapere, <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/nuovo-regolamento-privacy-ue-ecco-tutto-cio-che-cittadini-e-pa-devono-sapere/>
- [7] Garanteprivacy.it, Regolamento generale sulla protezione dei dati, <https://www.garanteprivacy.it/documents/10160/0/Regolamento+UE+2016+679.+Arricchito+con+riferimenti+ai+Considerando+Aggiornato+alle+rettifiche+pubblicate+sulla+Gazzetta+Ufficiale++dell%27Unione+europea+127+del+23+maggio+2018>
- [8] Aurelio Vindigni Ricca, Everyeye, 5 marzo 2019, Guida automatizzata e attacchi hacker: le città del futuro rischiano di andare in tilt <https://auto.everyeye.it/notizie/guida-automatizzata-attacchi-hacker-citta-del-futuro-rischiano-andare-in-tilt-367273.html>
- [9] Lanman Group, Guida automatizzata? Sì, ma attenzione agli attacchi hacker, <https://www.lanman.it/it/news/guida-automatizzata-si-ma-attenzione-agli-attacchi-hacker/>
- [10] Skytg24, 20 gennaio 2020, Roma è la seconda città al mondo dove si perdono più ore nel traffico, Milano settima, <https://tg24.sky.it/cronaca/2020/01/20/classifica-traffico-citta-inrix.html>
- [11] Inrix, Global Traffic Scorecard, <https://inrix.com/scorecard/>
- [12] Marco Morino, il Sole 24 Ore, 21 febbraio 2018, A Madrid più km di metrò di tutta la rete italiana. <https://www.ilsole24ore.com/art/a-madrid-piu-km-metro-tutta-rete-italiana-AEx7US3D>
- [13] Commissione europea: Strategia europea per i sistemi di trasporto intelligenti cooperativi - 30 novembre 2016- COM(2016/766) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0766&qid=1484651603187&from=EN>
- [14] Ministri dei trasporti UE: Declaration of Amsterdam: Cooperation in the field of connected and automated driving (14-15 April 2016) <https://english.eu2016.nl/documents/publications/2016/04/14/declaration-of-amsterdam>
- [15] Dichiarazione dei Ministri del G7 Trasporti 2016 (riunione del 23-25 settembre 2016 -Karuizawa - Giappone): <http://www.mlit.go.jp/common/001146631.pdf>
- [16] G7 Declaration on automated and connected driving (17 settembre 2015 -Germania) [https://ec.europa.eu/commission/2014-2019/bulc/announcements/g7-declaration-automated-andconnected-driving\\_en](https://ec.europa.eu/commission/2014-2019/bulc/announcements/g7-declaration-automated-andconnected-driving_en)

- [17] OECD International Transport Forum (ITF)- Ottawa 6-7 dicembre 2016 "Co-operative mobility systems and Automated driving roundtable"
- [18] U.S. Department of Transportation (DOT)- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Policy concerning vehicle automation (settembre 2016): <https://one.nhtsa.gov/nhtsa/av/av-policy.html>  
<https://www.transportation.gov/briefing-room/us-department-transportation-releases-policy-automatedvehicle-development> [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/av-factsheet\\_policy\\_overview.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/av-factsheet_policy_overview.pdf) <https://www.nhtsa.gov/press-releases/us-dot-advances-deployment-connected-vehicle-technologyprevent-hundreds-thousands>
- [19] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (MIT): Standard funzionali per le smart road: <http://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/notizia/2016-06/Standard%20funzionali%20per%20le%20Smart%20Road.pdf>
- [20] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (MIT): Documento di approfondimento sulle infrastrutture digitali: <http://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/notizia/2016-06/APPROFONDIMENTO.pdf>
- [21] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (MIT): Struttura Tecnica di Missione Connettere l'Italia 2016
- [22] A. Senart, V. Cahill, M. Karpinski, Sensor Networks For Smart Roads. Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'06), 2006
- [23] <https://www.stradeanas.it/it/innovazione-e-tecnologia>
- [24] L. Staricco, Smart Mobility: opportunità e condizioni. November 2013, TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment 6(3). DOI: 10.6092/1970-9870/1933
- [25] [https://www.gse.it/documenti\\_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Energia%20nei%20Trasporti%202017.pdf](https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Energia%20nei%20Trasporti%202017.pdf)
- [26] [http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/stato-ambiente/annuario/4\\_Trasporti\\_2017finale.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/stato-ambiente/annuario/4_Trasporti_2017finale.pdf)
- [27] <https://www.economyup.it/mobilita/smart-road-a-trieste-nel-2020-una-strada-connessa-per-i-camion/>
- [28] Toh C-K, Sanguesa JA, Cano J-C, Martinez FJ. 2020 «Advances in Smart Roads for future smart cities». *Proc. R. Soc. A* 476: 20190439. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2019.0439>
- [29] Priyanshu Kumar «Piezo-Smart Roads». *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, ISSN: 2319-7463. Vol. 2 Issue 6, June-2013, pp: (65-70).
- [30] Toh C-K, Cano J-C, Fernandez-Laguia C, Manzoni P, Calafate CT. 2019 «Wireless digital traffic sign of the future». *IET Netw. J.* 8, 74–78. (doi:10.1049/iet-net.2018.5127)
- [31] Wang L, Chen F, Yin H. 2016 «Detecting and tracking vehicles in traffic by unmanned aerial vehicles». *Autom. Constr.* 72(Part 3), 294–308. (doi:10.1016/j.autcon.2016.05.008)
- [32] INTERSAFE - Requirements for Intersection Safety Applications, EU 6th Framework Program, 2005. <https://cordis.europa.eu/project/id/223951>
- [33] IMPROVING THE SAFETY AND MOBILITY OF VULNERABLE ROAD USERS THROUGH ITS APPLICATIONS, 2013. <https://cordis.europa.eu/project/id/321586>



- [34] Miovision Smart Intersection. <https://miovision.com/press/miovision-unveils-the-worlds-smartest-intersection-in-detroit/>
- [35] Toh C-K. 2009 «Future research challenges for Vehicular Communication Networks». In Keynote presentation, IEEE WAVE Conf. [http://init.unizar.es/paco/media/CK\\_WAVE09Keynote.pdf](http://init.unizar.es/paco/media/CK_WAVE09Keynote.pdf)
- [36] D.M. n. 70 del 28 febbraio 2018 [https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie\\_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2018-04-18&atto.codiceRedazionale=18A02619&elenco30giorni=false](https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2018-04-18&atto.codiceRedazionale=18A02619&elenco30giorni=false)
- [37] <https://www.c-roads.eu/pilots/core-members/italy/Partner/project/show/c-roads-italy.html>
- [38] Da questo progetto deriva anche la normativa europea che l'Italia ha recepito con il D.M 70/2018.
- [39] <https://www.stradeanas.it/it/innovazione-e-tecnologia>
- [40] <https://www.stradeeautostrade.it/its-smart-road/porto-di-trieste-e-anas-tir-sotto-controllo-con-la-nuova-smart-road/>
- [41] <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/road/ehighway.html>
- [42] [http://www.brebemi.it/site/wp-content/uploads/2019/03/ComunicatoStampa\\_080918\\_Convegno.pdf](http://www.brebemi.it/site/wp-content/uploads/2019/03/ComunicatoStampa_080918_Convegno.pdf)
- [43] <http://www.anaspercortina2021.it/il-piano>
- [44] <https://www.enelx.com/it/it/news-media/notizie/2018/01/enel-audi-join-per-mobilita-elettrica-cortina>
- [45] <https://www.vtti.vt.edu/facilities/virginia-smart-roads.html>
- [46] <https://eroadarlanda.com>
- [47] <https://www.smartroadgotland.com>
- [48] <https://trid.trb.org/view/1323656>
- [49] <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=935405>
- [50] <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/smart-mobility-al-via-anche-in-italia-verso-il-5g-il-punto/>
- [51] Smart Book ANAS
- [52] Federal Ministry of Transportation and Digital Infrastructure, Report giugno 2017, www.bmvi.de, Etics commission, Automated and connected driving
- [53] c-its-platform final report September 2017 phase II
- [54] European Commission. (2016). *C - ITS Platform*. (January). Retrieved from <http://ec.europa.eu/transport/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- [55] REGULATION (EU) 2016/679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation)
- [56] "Processing personal data in the context of C-ITS" 10/07/2017. Document prepared by the Data Protection and Privacy Working Group of the C-ITS Platform for Art. 29

- [57] Report ITU-R M.2445-0 (11/2018). Intelligent transport systems (ITS) usage. M Series Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services
- [58] REGULATION (EU) 2018/858 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 on the approval and market surveillance of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles, amending Regulations (EC) No 715/2007 and (EC) No 595/2009 and repealing Directive 2007/46/EC
- [59] A8-0151/2019 *Amendment* Proposal for Type-approval requirements for motor vehicles and their trailers, and systems, components and separate technical units intended for such vehicles
- [60] DÉVELOPPEMENT DES VÉHICULES AUTONOMES *Orientations stratégiques pour l'action publique*. Anne Marie Idrac(2018).
- [61] Declaration of Amsterdam Cooperation in the field of connected and automated driving 14-15 April 2016
- [62] Result of C-ITS Platform Phase II. Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). RELEASE 1.1 JUNE 2018
- [63] C-ITS Platform Phase II. Working Group Compliance Assessment. Final report 12 July 2017- ANNEX I
- [64] REGOLAMENTO (UE) 2019/881 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 aprile 2019 relativo all'ENISA, l'Agenzia dell'Unione europea per la cibersicurezza, e alla certificazione della cibersicurezza per le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, e che abroga il regolamento (UE) n. 526/2013 («regolamento sulla cibersicurezza»)
- [65] Bernd, S., Gießler, T., Bernatallada, G., Tool, O., Verweij, F., Spaanderman, P., ... Wisburn, R. (2016). *State-of-the-Art Analysis of C-ITS Deployment*. 12(653339), 108. Retrieved from [https://www.codecs-project.eu/fileadmin/user\\_upload/Library/D2\\_2\\_CODECS\\_State-of-the-Art\\_Analysis\\_of\\_C-ITS\\_Deployment\\_.pdf](https://www.codecs-project.eu/fileadmin/user_upload/Library/D2_2_CODECS_State-of-the-Art_Analysis_of_C-ITS_Deployment_.pdf)
- [66] ETSI (European Telecommunications Standards Institute). (2018). TS 102 941 - V1.2.1 - ITS; Security; Trust and Privacy Management. *ETSI Standards, 1*, 1–30.
- [67] COMMISSION REGULATION (EU) No 351/2012 of 23 April 2012 implementing Regulation (EC) No 661/2009 of the European Parliament and of the Council as regards type-approval requirements for the installation of lane departure warning systems in motor vehicles
- [68] REGULATION (EU) 2015/758 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2015 concerning type-approval requirements for the deployment of the eCall in-vehicle system based on the 112 service and amending Directive 2007/46/EC
- [69] COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2017/79 of 12 September 2016 establishing detailed technical requirements and test procedures for the EC type-approval of motor vehicles with respect to their 112-based eCall in-vehicles systems, of 112-based eCall in-vehicle separate technical units and components and supplementing and amending Regulation (EU) 2015/758 of the European Parliament and of the Council with regard to the exemptions and applicable standards
- [70] REGULATION (EU) 2019/2144 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 November 2019 “amendment of 2018/858”
- [71] ETSI. (2013). *ETSI TR 102 638 V1.1.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Definitions*

- [72] ETSI TC ITS. (2013). *ETSI TS 101 539-1 - V1.1.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); V2X Applications; 1*, 1–38.
- [73] ETSI TS 101 539-2 V1.1.1 (2018-06). *Intelligent Transport Systems (ITS); V2X Applications; Part 2: Intersection Collision Risk Warning (ICRW) application requirements specification*
- [74] Russ, T., Naumann, S., Centre, C. U. of T. S. V., & Safety, T. (2015). *Avoiding collisions between pedestrians/cyclists and vehicles at signal controlled intersections using V2X*. pp 297–304. Retrieved from [http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/222422/local\\_222422.pdf%0Ahttps://trid.trb.org/view/1412241](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/222422/local_222422.pdf%0Ahttps://trid.trb.org/view/1412241)
- [75] High Level Group on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union. (2017). *Gear 2030*. *Gear 2030*, 1–74.
- [76] UNECE. (2019). *ECE/TRANS/WP.29/GRVA/2019/2, Proposal for a Recommendation on Cyber Security*. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp29grva/ECE-TRANS-WP29-GRVA-2019-02e.pdf>
- [77] European Union Agency for Cybersecurity. (2019). *ENISA good practices for the security of smart cars*. Retrieved from <https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-good-practices-for-security-of-smart-cars>
- [78] European Union Agency for Network and Information Security (ENISA). (2017). *Cyber security and resilience of smart cars. Good practices and recommendations*. In *2017-02-1*. <https://doi.org/10.2824/87614>
- [79] DECRETO LEGISLATIVO 18 maggio 2018, n. 65 Attuazione della direttiva (UE) 2016/1148 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 6 luglio 2016, recante misure per un livello comune elevato di sicurezza delle reti e dei sistemi informativi nell'Unione. (18G00092) (GU n.132 del 9-6-2018). Vigente al: 24-6-2018
- [80] 2019/881 European Parliament. (2019). EU Cybersecurity Act ITA. *Gazzetta Ufficiale Dell'Unione Europea L 151 Del 7 Giugno 2016, 2019(3)*, 15–69.
- [81] European Parliament, & Council of the European Union. (2016). *Direttiva (UE) 2016/1148 (NIS Directive) - IT*. *Gazzetta Ufficiale Dell'Unione Europea, 2014(2)*.
- [82] FULLY AUTONOMOUS VEHICLE-BORNE IMPROVISED EXPLOSIVE DEVICES—MITIGATING STRATEGIES, Kevin S. Knopf, 2019
- [83] *The Pathway to Driverless Cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies*, February 2015, department of transport.
- [84] ABI AND THATCHAM RESEARCH JOINT RESPONSE TO THE LAW COMMISSION AND SCOTTISH LAW COMMISSION'S JOINT PRELIMINARY CONSULTATION PAPER ON AUTOMATED VEHICLES, Association of British Insurers and Thatcham Research, February 2019
- [85] BMW, FCA, Aptiv, Here, Audi, Baidu, ... Infineon. (2019). *Safety first for automated driving. White Paper*, 1–157.
- [86] European Parliament. (2013). *Direttiva 2013/40/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 agosto 2013, relativa agli attacchi contro i sistemi di informazione e che sostituisce la decisione quadro 2005/222/GAI del Consiglio*. *Gazzetta Ufficiale Dell'Unione Europea, 2013(2)*, 1–7. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0040&from=it>
- [87] *Defining Safe Automated Driving Insurer Requirements for Highway Automation*. Thatcham Research & ABI, Settembre 2019
- [88] Spulber, A. (2016). *Impact of Automated Vehicle Technologies on Driver Skills*.

- [89] Department for Transport. (2015). *The pathway to driverless cars: A code of practice for testing*. 14. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- [90] Pirkko Rämä e Hanna Koskinen, Exploring Driver and Operator Behaviour Models in the Context of Automated Driving, (VTT)
- [91] Sicurezza sulle macchine: progettazione di nuove macchine e messa a norma di macchine esistenti. Edizione Delfino. Anno 2008. Enrico Grassani.
- [92] Automated, *Connected and Autonomous Vehicles – a cross-jurisdictional comparison of regulatory developments*. whitecase.com (2020)
- [93] Weiss, C., Gaenzle, S., & Römer, M. (2016). How automakers can survive the self-driving era - AT Kearney. A.T. Kearney, 1–74. Retrieved from <https://www.es. Kearney.com/automotive/article?/a/how-automakers-can-survive-the-self-driving-era>
- [94] Readiness of the road network for connected and autonomous vehicles. Dr Charles Johnson. CA. April 2017. [http://www.racfoundation.org/assets/rac\\_foundation/content/downloadables/CA\\_Readiness\\_of\\_the\\_road\\_network\\_April\\_2017.pdf](http://www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/CA_Readiness_of_the_road_network_April_2017.pdf)
- [95] Raposo, A., Grosso, M., Macías, F., Galassi, E., Krasenbrink, C., Krause, A., ... Ciuffo, C. (2018). *An analysis of possible socio-economic effects of a Cooperative, Connected and Automated Mobility (CCAM) in Europe Effects of automated driving on the economy, employment and skills An analysis of possible socio-economic effects of a Cooperative, Connecte*. <https://doi.org/10.2760/777>
- [96] Karp, L., & Kim, R. (2017). Insuring Autonomous vehicles - An \$81 Billion Opportunity Between Now And 2025. *Accenture*, 1–12. Retrieved from <https://hollandfintech.com/wp-content/uploads/2017/09/Accenture-PoV-Report-Insuring-autonomous-vehicles-Sept-2017.pdf>
- [97] Santoni de Sio, F. (2017). Killing by Autonomous Vehicles and the Legal Doctrine of Necessity. *Ethical Theory and Moral Practice*, 20(2), 411–429. <https://doi.org/10.1007/s10677-017-9780-7>
- [98] Ethics, algorithms and self-driving cars. Andrea Renda. Febbraio 2018
- [99] Bergmann, L. T., Schlicht, L., Meixner, C., König, P., Pipa, G., Boshammer, S., & Stephan, A. (2018). Autonomous vehicles require socio-political acceptance—an empirical and philosophical perspective on the problem of moral decision making. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12(February), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00031>
- [100] Connected and autonomous road vehicles. By James Clarke Louise Butcher BRIEFING PAPER. Number CBP 7965, 12 June 2017 [www.parliament.uk/commons-library](http://www.parliament.uk/commons-library) | [intranet.parliament.uk/commons-library](http://intranet.parliament.uk/commons-library) | [papers@parliament.uk](mailto:papers@parliament.uk) | [@commonslibrary](https://twitter.com/commonslibrary)
- [101] REMOTE ATTACKS ON AUTOMATED VEHICLES SENSORS: EXPERIMENTS ON CAMERA AND LIDAR, by Jonathan Petit, Bas Stottelaar, Michael Feiri, Frank Kargl
- [102] All Your GPS Are Belong To Us: Towards Stealthy. Manipulation of Road Navigation Systems. Usenix
- [103] SURVEILLANCE THREAT AND MITIGATIONS. Jonathan Petit, Djurre Broekhuis, Michael Feiri, Frank Kargl
- [104] Coming Back into the Loop: Drivers' Perceptual-Motor Performance in Critical Events after Automated Driving. Tyron Louw, Gustav Markkula, Erwin Boer, Ruth Madigan, Oliver Carsten, Natasha Merat. Institute for Transport Studies, University of Leeds, LS2 9JT, Leeds, United Kingdom
- [105] Associating Vehicles Automation With Drivers Functional State Assessment Systems: A Challenge

for Road Safety in the Future. Christian Collet and Oren Musicant, April 2019, volume 13, article 131

ETSI TS 103 301 V1.1.1 (2016-11). Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services

ETSI EN 302 895 V1.1.1 (2014-09) Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM)

[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302800\\_302899/302895/01.01.01\\_60/en\\_302895v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302800_302899/302895/01.01.01_60/en_302895v010101p.pdf)

## Sommario

ABSTRACT .....	1
INTRODUZIONE.....	3
1. PANORAMICA SUL MONDO DEI VEICOLI A GUIDA AUTOMATIZZATA.....	4
1.1 Cosa sono le auto a guida automatizzata? .....	4
1.2 Dagli albori della guida automatizzata alle attuali sperimentazioni .....	5
1.3 I protagonisti.....	10
1.4 Panoramica Europea .....	18
1.5 Evoluzione della mobilità.....	25
Considerazioni conclusive .....	29
2. AUTO A GUIDA AUTOMATIZZATA .....	30
2.1 I cinque livelli di guida automatizzata .....	30
2.1.1 NHTSA, livelli di automazione (2013): .....	32
2.1.2 Association British Insurance.....	34
2.2 Filosofie d’implementazione .....	35
2.3 Tecnologia impiegata sui veicoli a guida automatizzata .....	36
2.4 Hardware .....	37
Telecamere .....	37
Videocamere.....	37
Radar.....	37
LIDAR .....	38
Sensori a ultrasuoni .....	38
Localizzatori GPS.....	38
Autovalutazione dello stato del veicolo .....	39
Situazione di traffico.....	39
2.5 Software .....	40
Gli ADAS - Advanced Driver Assistance System.....	40
Connettività: V2X – Vehicle to Everything.....	41
2.6 Campo d’applicazione .....	43
2.7 Opinione pubblica.....	45
2.8 Condizioni di test .....	48



2.9 Panoramica mondiale impiego auto a guida automatizzata .....	53
2.9.1 Francia .....	53
2.9.2 Germania .....	58
2.9.3 Paesi Bassi.....	59
2.9.4 Spagna .....	60
2.9.5 Finlandia .....	60
2.9.6 Svezia .....	60
2.9.7 Stati Uniti d’America.....	62
2.9.7.1 .....	63
2.9.8 Giappone .....	64
2.9.9 Cina .....	65
2.9.10 Sud Corea.....	66
2.9.11 Singapore .....	66
Considerazioni conclusive .....	72
3. C-ITS.....	73
3.1 C-ITS Platform.....	73
3.2 Analisi dei temi inerenti i C-ITS, attraverso i gruppi di lavoro del Platform phase I.....	75
3.2.1 Il WP.1 ha trattato i benefici inerenti l’entrata in servizio dei veicoli connessi. ....	75
3.2.2 Il WP.3 ha trattato le implicazioni legali.....	78
3.2.3 Il WP.4 ha trattato la protezione dei dati e la privacy.....	79
3.2.4 Il WP.5 ha trattato il tema, sicurezza e certificazioni. ....	81
3.2.5 Il WP.6 ha trattato il tema dell’accesso ai dati del veicolo.....	82
3.2.6 Il WP.6 ha analizzato il <i>Decentralised Congestion Control (DCC)</i> .....	83
3.2.8 Il WP.8 ha trattato il tema dell’accettazione.....	84
3.2.8 Il WP.9 ha trattato i problemi di implementazione.....	85
3.2.9 Il WP.10 ha trattato il tema della cooperazione internazionale .....	86
3.3 C-ITS Platform phase II (2016-2017).....	87
3.3.1 Il WG sicurezza.....	87
3.3.2 Il WG per lo sviluppo degli C-ITS in area urbana .....	91
3.3.3 Il WG sulla sicurezza stradale .....	92
3.3.4 Il WG infrastruttura fisica e digitale.....	92
3.3.5 Il WG gestione del traffico .....	98
3.4 Public Key Infrastructure (PKI).....	100
3.5 Messaggi scambiati all’interno del sistema C-ITS.....	108
3.5.1 CAM .....	109

3.5.2 DENM.....	110
3.5.3 Traffic Light Maneuver (TLM) service.....	116
3.5.4 Road and Lane Topology (RLT) service.....	117
3.5.5 Infrastructure to Vehicle Information (IVI) service.....	118
3.5.6 Traffic Light Control (TLC) service.....	119
3.6 Servizi ITS.....	121
3.6.1 La Lane Departure Warning System (LDWS).....	121
3.6.2 E-Call.....	122
3.6.3 Ulteriori ITS.....	124
3.7 Servizi (C-ITS) DAY 1.....	125
3.7.1 Emergency electronic brake light.....	125
3.7.2 Emergency Vehicle Approaching.....	125
3.7.3 Hazardous location notification.....	126
3.7.4 Traffic jam ahead warning.....	129
3.7.5 Road works warning.....	129
3.7.6 Slow Stationary Vehicles.....	129
3.7.7 Shockwave damping.....	129
3.7.8 Wrong way driving.....	129
3.7.9 Weather conditions.....	130
3.7.10 In-vehicle speed limits.....	130
3.7.11 In-vehicle signage.....	130
3.7.12 Green light optimal speed advice (GLOSA).....	131
3.7.13 Probe Vehicle Data.....	131
3.7.14 Traffic signal priority request by designated vehicles.....	131
3.7.15 Signal violation.....	132
3.7.16 intersection safety.....	133
3.7.17 Flexible Lane Change.....	136
3.7.18 Stolen Vehicle Alert:.....	137
3.8 Ulteriori considerazioni circa i servizi C-ITS.....	137
3.9 Situazione C-ITS negli Stati Uniti.....	142
3.9.1 lane Change Warning.....	145
3.9.2 Do not Pass warning.....	145
3.9.3 Motorcycle Approaching Indication.....	145
3.9.4 Vulnerable Road Users Safety.....	145
3.9.5 Curve Speed Warning.....	149
3.9.6 Emergency Evacuation Information.....	149

3.9.7 Enhanced Maintenance Decision Support System.....	150
3.9.8 Oversize Vehicle Warning.....	150
3.9.9 Railroad Crossing Violation Warning.....	151
3.9.10 Red Light Violation Warning.....	151
3.9.11 Closure/restricted Lane.....	151
3.9.12 Stop Sign Gap Assist.....	151
3.9.13 Pedestrian Mobility.....	151
3.9.14 Speed Harmonization.....	151
3.9.15 Integrated Multi-Modal Electronic Payment.....	151
3.9.16 Automated Parking System.....	151
3.9.17 Loading zone management.....	152
3.9.18 Note a margine.....	152
3.10 Applicazioni europee dei C-ITS.....	153
3.10.1 Paesi bassi – Germania – Austria.....	153
3.10.2 Francia.....	155
3.10.3 Islanda – Norvegia – Danimarca – Svezia – Finlandia.....	156
3.10.4 Repubblica Ceca.....	160
3.10.5 Ungheria.....	162
3.10.6 Spagna.....	163
3.10.7 Gran Bretagna.....	164
Considerazioni conclusive.....	166
4. SMART ROAD.....	167
4.1 Aspetti futuri dell’infrastruttura.....	168
4.2 Cos’è una Smar Road e quali vantaggi offre.....	171
4.3 Componenti tecniche della Smart Road.....	173
4.3.1 Strade che immagazzinano energia.....	173
4.3.2 Strade come strumenti musicali.....	174
4.3.3 Strade capaci di pesare i veicoli automaticamente.....	175
4.3.4 Strade elettrificate (per la ricarica del veicolo).....	176
4.3.5 Strade con segnaletica intelligente.....	176
4.3.6 Monitoraggio intelligente del traffico.....	177
4.3.7 Smart Road che dialogano con gli oggetti – V2X.....	177
4.3.8 Smart Road con incroci intelligenti.....	178
4.3.9 Dialogo tra veicoli e infrastruttura per il soccorso d’emergenza.....	178
4.3.10 Strade con illuminazione intelligente.....	179

4.3.11 Parcheggi .....	179
4.4 Panoramica sui sistemi di comunicazione a livello mondiale.....	183
4.5 Aspetti tecnici del funzionamento di una Smart Road secondo Anas.....	185
4.6 Progetti di Smart Road in Italia.....	195
4.6.1 L'autostrada del Brennero è il progetto pilota per la Smart Mobility europea .....	195
4.6.2 La Salerno-Reggio Calabria diventa intelligente con il progetto Smart Road di ANAS.....	196
4.6.3 Il porto di Trieste controlla i TIR grazie alla Smart Road .....	196
4.6.5 La BreBeMi nel 2021 apre un tratto elettrificato per i camion .....	197
4.6.6 Smart Mobility per i campionati del mondo di sci a Cortina .....	197
4.7 Progetti di Smart Road nel mondo .....	198
4.7.1 Virginia Smart Road: un'area dedicata ai test allo stato dell'arte.....	198
4.7.2 La Svezia fa da apripista per le strade elettrificate per i camion in tutta Europa .....	199
4.7.3 Yeosu Smart Highway in Sud Corea: un'area di test smart.....	200
4.8 Scenari futuri e considerazioni .....	201
Considerazioni conclusive .....	202
5. VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA GUIDA AUTOMATIZZATA.....	203
5.1 Sicurezza .....	203
5.1.1 Addestramento, ripresa del controllo e consapevolezza situazionale.....	205
5.1.2 consapevolezza situazionale e Ripresa del controllo .....	208
5.1.3 Ripresa del controllo.....	215
5.1.4 Manovre a rischio minimo M.R.M.....	218
Considerazioni conclusive .....	223
5.1.5 Indicatori visivi.....	223
5.1.6 Dalla percezione all'attuazione .....	225
5.1.7 Ridondanza .....	229
5.2 Responsabilità.....	236
5.3 Privacy .....	239
5.3.1 Privacy nell'Unione Europea.....	240
5.4 Attacchi hacker .....	244
5.4.1 Ciber sicurezza .....	245
5.4.2 Attacchi terroristici con veicoli .....	249
5.4.3 ENISA .....	254
5.4.4 Zone del veicolo minacciate e tipi di minacce.....	257
5.4.5 norme inerenti la ciber sicurezza .....	268
5.5 Norme di legge: modifiche ed aggiornamenti.....	271

5.6 Evoluzione dei centri abitati .....	273
5.7 Aspetti economici .....	275
5.8 Aspetto etico e morale .....	276
5.9 Trasporto pubblico .....	280
5.10 Mutamenti socioeconomici .....	280
5.10.1 Servizi d'intrattenimento .....	281
5.10.2 Minor costo del trasporto .....	281
5.10.3 Ambito occupazionale .....	282
5.11 Evoluzione delle assicurazioni .....	288
5.12 Mal d'auto .....	294
5.13 Venti principi stillati dalla commissione etica tedesca.....	295
Considerazioni conclusive .....	298
6. CONCLUSIONI .....	299
6.1 Veicoli autonomi vs cooperanti .....	299
6.2 Un passo alla volta .....	301
6.3 La posizione degli autori .....	302
APPENDICE 1. A completamento della regolamentazione sulla privacy.....	303
APPENDICE 2. Relativa alla regolamentazione EU 2018/858 .....	304
BIBLIOGRAFIA .....	309

## Indice delle figure

FIGURA 1 - POSSIBILE FUTURO SCENARIO A BORDO DI UN VEICOLO COMPLETAMENTE AUTONOMO.....	4
FIGURA 2 - GENERAL MOTORS FIREBIRD III .....	5
FIGURA 3 - A SINISTRA VAMORS, A DESTRA 500 SEL PROMETHEUS VAMP ENTRAMBI I VEICOLI DI MERCEDES BENZ .....	6
FIGURA 4 - ARGO, INTERNI ED ESTERNI DELLA LANCIA THEMA .....	6
FIGURA 5 - VEICOLO ATTREZZATO DALLA STARTUP VISLAB .....	7
FIGURA 6 – A SINISTRA: PARKSHUTTLE, SERVIZIO DI TRASPORTO PUBBLICO A GUIDA AUTOMATIZZATA. A DESTRA: IL KOMATSU AUTONOMOUS HAULAGE SYSTEM.....	8
FIGURA 7 - NAVETTA ELETTRICA NAVIA, IN VENDITA DAL 2013 .....	9
FIGURA 8 - INTERNI PROTOTIPO RENAULT SYMBIOZ.....	9
FIGURA 9 - A SINISTRA IDEO WOW; A DESTRA IDEO CODY.....	10
FIGURA 10 - MAGGIORI COMPETITORS.....	11
FIGURA 11 - MODELLI ATTUALMENTE IN COMMERCIO PER LA CASA COSTRUTTRICE TESLA. DA SINISTRA A DESTRA: MODEL S, MODEL 3 E MODEL X .....	13
FIGURA 12 - VERA, IL FUTURO DEI TRASPORTI PESANTI SECONDO VOLVO .....	14
FIGURA 13 - ESTRATTO DEL DESENGAGEMENT REPORTS OF CALIFORNIA 2018 .....	17
FIGURA 14 - GRUPPI AUTOMOBILISTICI EUROPEI E LORO SEDI LEGALI .....	19
FIGURA 15 - GRUPPI AUTOMOBILISTICI NON EUROPEI.....	19
FIGURA 16 - INVESTIMENTI NELLA MOBILITÀ ELETTRICA FONTE: ROLAND BERGER,2017 Q2.....	20
FIGURA 17 - MOBILITÀ COME SERVIZIO FONTE: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT, JANUARY 2017.....	27
FIGURA 18 - ESEMPIO ABITACOLO TRASFORMATO IN UN SALOTTINO FONTE: NOSTRE IMMAGINI, SCATTATE AL SALONE INTERNAZIONALE DI GINEVRA (7 – 17 MARZO 2019), STAND RENAULT HALL 4. ....	28
FIGURA 19 - BUS, BUS TURISTICI, NOLEGGIO DI AUTO, FURGONI E MEZZI PESANTI CONTINUERANNO AD ESISTERE (O ALMENO INIZIALMENTE) FONTE: A.T. KEARNEY ANALYSIS.....	28
FIGURA 20 - LIVELLI DI AUTOMAZIONE CLASSIFICATI DA SAE .....	31
FIGURA 21 - EVIDENZA DI COME ANCHE SULLE TECNOLOGIE APPARTENENTI AI LIVELLI INFERIORI (LV 1, 2) POSSONO ANCORA SORGERE DEI PROBLEMI FONTE: WWW.ILSOLE24ORE.COM.....	33
FIGURA 22 - LIVELLI DI AUTOMAZIONE SECONDO LA ASSOCIATION BRITISH INSURANCE (ABI), 2019.....	35
FIGURA 23 - SENSORI INSTALLATI SU VEICOLO A GUIDA AUTOMATIZZATA .....	36
FIGURA 24 - MAPPA DINAMICA LOCALE .....	39
FIGURA 25 - V2X, TUTTE LE CONFIGURAZIONI .....	41
FIGURA 26 - GRADAZIONE DELLA VOLONTÀ DI ACQUISTARE UN VEICOLO A GUIDA AUTONOMA, IN USA-GIAPPONE-EU FONTE: YANO RESEARCH, 2018.....	47
FIGURA 27 - PERCHÉ ACQUISTARLO? FONTE: YANO RESEARCH INSTITUTE, 2017 .....	48
FIGURA 28 - PROTOTIPO DI PODS (AUTO SENZA GUIDATORE MONO - BIPOSTO), DURANTE UN TEST DEL 2015 A MILTON KEYNES.....	48
FIGURA 29 - SHUTTLE PENSATO A GREENWICH, INTERNAMENTE AL PROGETTO GATEWAY FONTE: THE PATHWAY TO DRIVERLESS CAR, FEBBRAIO 2015 .....	49
FIGURA 30 - EVIDENZA DELLA MAGGIOR DIFFICOLTÀ DI RICONOSCERE LA SEGNALETICA, DA PARTE DEI SENSORI, IN PARTICOLARI CONDIZIONI CLIMATICHE. FONTE: REVIEW OF REGULATIONS FOR AUTOMATED VEHICLES TECHNOLOGIES, 2015.....	52
FIGURA 31 - STRADE DOVE NON VI È SEGNALETICA, LINEE DI DEMARCAZIONE.....	53
FIGURA 32 - POSSIBILI SETTORI D'IMPIEGO DELLA NAVETTA FONTE: HTTPS://NAVYA.TECH.....	55
FIGURA 33 - AUTONOM TRACT AT135, IN SERVIZIO DAL DICEMBRE 2019 COME TRASPORTO PALLET AEROPORTUALI FONTE: HTTPS://NAVYA.TECH .....	56
FIGURA 34 - I SENSORI DELLA NAVETTA NAVYA.....	57
FIGURA 35 - HMI DELLA GOLF 8 .....	59
FIGURA 36 - UNO DEI DUE BUS A GUIDA AUTONOMA, IN SERVIZIO NEL CAMPUS DI LINKPING, SVEZIA FONTE: SWEDISH NATIONAL ROADS AND TRANSPORT RESEARCH INSTITUTE .....	61
FIGURA 37 - SITUAZIONE LEGISLATIVA NEI DIVERSI STATI DELL'UNIONE,AL 2015 FONTE: THE PATHWAY TO DRIVERLESS CAR, FEBBRAIO 2015 (MODIFICATA) .....	63
FIGURA 38 - TARGHE DELLO STATO DEL NEVADA: IN ALTO QUELLA ORDINARIA, IN ROSSO QUELLA PER I VEICOLI AUTONOMI E IN VERDE QUELLA CONCESSA DURANTE I TEST FONTE : GOOGLE IMMAGINI .....	63



FIGURA 39 - L'UTENTE AL POSTO DI GUIDA DELLE NISSAN LEAF MOSTRA COME NON HA LE MANI SUL VOLANTE. SI NOTA LA GUIDA A DESTRA ESSENDO NEL U.K. FONTE: THE DRIVERLESS PATHWAY, FEBBRAIO 2015 .....	65
FIGURA 40 - CONTRASSEGNO OBBLIGATORIO DA ESPORRE SUI VEICOLI A GUIDA AUTONOMA IN FASE DI SPERIMENTAZIONE PER L'ITALIA FONTE: MIT SMART ROAD 2018 .....	71
FIGURA 41 - ANTENNE DI TRASMISSIONE.....	74
FIGURA 42 - COME IL WP.4 INTERPRETA IL CONSENSO FONTE: C-ITS PLATFORM 2016 (MODIFICA GRAFICA).....	80
FIGURA 43 - VISIONE DELLA GESTIONE DATI PER I PRODUTTORI FONTE: C-ITS GENNAIO 2016 .....	82
FIGURA 44 - RAPPRESENTAZIONE DEL SERVER CONDIVISO SECONDO LA FEDERAZIONE INTERNAZIONALE DELL'AUTOMOBILISMO (TRADOTTA)..	83
FIGURA 45 - ESEMPIO DI FUNZIONAMENTO FONTE: WP.4 DEL C-ITS PLATFORM.....	87
FIGURA 46 - VEICOLI A CUI NON DEVE ESSERE TRASMESSO IL MESSAGGIO DI AVVERTIMENTO .....	88
FIGURA 47 - VEICOLO A CUI DEVE ESSERE TRASMESSO IL MESSAGGIO, DI PERICOLO DAVANTI. DIAGRAMMA DI AVVICINAMENTO.....	88
FIGURA 48 - FASI PRECEDENTI LA COLLISIONE FONTE: ETSI TS 101 539-1 v.1.1.1 .....	89
FIGURA 49 - VEICOLI CHE STANNO PER ANDARE INCONTRO AD UN INCIDENTE FONTE: ETSI TR 102 638-1.....	89
FIGURA 50 - FASI PRECEDENTI LA COLLISIONE FONTE: ANNEX I COMPLIANCE ASSESSMENT .....	90
FIGURA 51 - ESEMPIO DI IN-VEHICLE SIGNAGE (DAY 1) FONTE: TWITTER.....	92
FIGURA 52 - EUEIP, WHO WE ARE SOURCE: <a href="https://www.its-platform.eu">HTTPS://WWW.ITS-PLATFORM.EU</a> .....	93
FIGURA 53 - QUARTA LISTA DEI REQUISITI CONSOLIDATI PER LO SCAMBIO DATI 6 FEBBRAIO 2020, EUROPEAN ITS PLATFORM.....	95
FIGURA 54 - HOVENRING AD EINDHOVEN FONTE: PINTEREST.CH.....	96
FIGURA 55 - RILEVAZIONE DELL'AMBIENTE CIRCOSTANTE FONTE: TWITTER.....	97
FIGURA 56 - UN ESEMPIO DI MISURA LOCALE A SEGUITO DI UN INCIDENTE FONTE: C-ITS PLATFORM PHASE II.....	99
FIGURA 57 - COME IMMAGINIAMO IL DISPLAY DELL'AUTO ROSSA .....	99
FIGURA 58 - MISURA REGIONALE. L'ITINERARIO A È FATTO PREFERIRE AL B ANCHE SE QUEST'ULTIMO PERMETTE DI GIUNGERE IN C PRIMA. FONTE: C-ITS PLATFORM PHASE II .....	100
FIGURA 59 - MODELLO DELLA PKI FONTE: PERSONAL DATA PROTECTION ASPECTS IN C-ITS CAR 2 CAR COMMUNICATION CONSORTIUM 3.2 THE ARCHITECTURE .....	100
FIGURA 60 - INTERAZIONI TRA LE PARTI PRESENTI NEL MODELLO DI PKI FONTE: CERTIFICATE POLICY FOR DEPLOYMENT AND OPERATION OF EUROPEAN C-ITS, 2018.....	101
FIGURA 61 - SEQUENZA PER INVIARE UN MESSAGGIO TRA DUE STATIONS FONTE: ETSI TS 102 941 v 1.2.1 (2018).....	102
FIGURA 62 - RICHIESTA DI ENROLMENT CERTIFICATE (EC) FONTE: ETSI TS 102 941 .....	102
FIGURA 63 - RISPOSTA DELLA EA ALLA RICHIESTA DI UN EC FONTE: ETSI TS 102 941.....	103
FIGURA 64 - SEGNALAZIONE DI PROBLEMI CHE POSSONO ACCADERE DURANTE UNA RICHIESTA EC .....	103
FIGURA 65 - RICHIESTA DI AUTHORIZATION TICKET FONTE: ETSI TS 102 941.....	104
FIGURA 66 - SI PARLA DELL'IMPORTANZA DELLA PKI ANCHE NEGLI USA FONTE: NATIONAL CYBER STRATEGY, SETTEMBRE 2018 .....	104
FIGURA 67 TIPO DI ALGORITMO NECESSARIO PER LE VARIE UNITÀ DELLA PKI.....	107
FIGURA 68 - GLI ALGORITMI CHE LE VARIE UNITÀ DELLA PKI DEVONO ESSERE IN GRADO DI "LEGGERE" .....	107
FIGURA 69 - ALTRO ESEMPIO DI SMART ROUTE. AI VEICOLI ARRIVATI AL PUNTO A E DESTINATI A B, IL NAVIGATORE NE INDIRIZZA 18 LUNGO LA CIRCONVALLAZIONE (VIOLA) E 15 VERSO IL CENTRO (VERDE). PER RAGGIUNGERE UN'OTTIMIZZAZIONE DELLA CAPACITÀ INFRASTRUTTURALE (STRADE VIOLA E VERDE).....	108
FIGURA 70 - STRUTTURA CAM FONTE: ETSI EN 302 637-2 v1.3.2 (RIEMPITA DA NOI).....	110
FIGURA 71 - ESEMPIO TRASMISSIONE INFORMAZIONI FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE .....	111
FIGURA 72 - ESEMPIO 2 TRASMISSIONE INFORMAZIONI FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE .....	111
FIGURA 73 - TERMINE SEGNALAZIONE VEICOLO LENTO FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE.....	111
FIGURA 74 - STRUTTURA DEI DENM FONTE: ETSI EN 302 637-3 v1.2.2 .....	113
FIGURA 75 - OTTETTO 1 DEL SPP DEL TLM ETSI EN 103 301 v 1.1.1 .....	117
FIGURA 76 - ASSOCIAZIONE DELLE INFORMAZIONI AI VARI BIT DEL QUARTO OTTETTO FONTE: ETSI TS 103 301 v 1.1.1 .....	119
FIGURA 77 - BIT DEL QUINTO OTTETTO FONTE: ETSI TS 103 301 v 1.1.1 .....	119
FIGURA 78 - RAFFIGURAZIONE DI UN VEICOLO CHE OLTREPASSA LA LINEA DI DEMARCAZIONE, SE LA DISTANZA EVIDENZIATA IN ARANCIONE È PIÙ DI 30 CM, LA LDWS DEVE EMETTERE L'AVVISO FONTE: SISTEMA DI STERZATURA TRATTO DALLA DISPENSA L08-01, DEL CORSO DI TECNICA ED ECONOMIA DE.....	122
FIGURA 79 - ATTIVAZIONE DELLA FRENATA AUTOMATICA D'EMERGENZA, CON TRASMISSIONE DEL DENM CORRISPONDENTE FONTE: ETSI TR 102 638-1 .....	125
FIGURA 80 - ALCUNE DELLE INFORMAZIONI TRASMESSE DAL VEICOLO DI EMERGENZA FONTE: ETSI TR 102 638-2 .....	126

FIGURA 81 - SERVIZIO D'AVVERTIMENTO, PER L'AVVICINARSI DI UN VEICOLO D'EMERGENZA FONTE: PRELIMINARY DRAFT REVISION OF REPORT ITU-R M.2228 (MODIFICATA) .....	126
FIGURA 82 - SEGNALE DI PERICOLO PEDONE SOPRA E ANIAMLE SOTTO.....	127
FIGURA 83 - HAZARDOUS NOTIFICATION WARNINGS FONTE: ITU-R M.2445, 2018.....	128
FIGURA 84 - UTILIZZO DELLE RSUS PER SEGNALARE UN OGGETTO PERICOLOSO, NEL CASO NON FOSSE POSSIBILE TRAMITE V2V.....	128
FIGURA 85 - EVITARE UN TAMPONAMENTO GRAZIE ALLA CONOSCENZA DELLA CODA FORMATASI DIETRO LA CURVA FONTE: PRELIMINARY DRAFT OF THE ITU-R M.2228 .....	129
FIGURA 86 - ESEMPIO DI INFO GRAFICA CHE POTREBBE COMPARIRE SULLA HMI FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE .....	130
FIGURA 87 - SUL HMI DEL VEICOLO VIENE MOSTRATO IL SEGNALE FISICO CHE È A LATO DELLA STRADA, FONTE: ETSI TR 102 638-1 (MODIFICATA) .....	131
FIGURA 88 - DUE ESEMPI DI COME I MESSAGGI CAM E DENM POSSONO EVITARE SITUAZIONI PERICOLOSE FONTE: ETSI TR 102 638-1 ...	131
FIGURA 89 - UN'AMBULANZA PRENOTA UN PASSAGGIO COL VERDE FONTE: PRELIMINARY DRAFT REVISION OF REPORT ITU-R M.2228 .....	131
FIGURA 90 - IL VEICOLO DI EMERGENZA SI CREA UNA VIA PREFERENZIALE, ATTRAVERSO PIÙ INCROCI FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE ...	132
FIGURA 91 - VEICOLO CHE NON HA RISPETTATO UN SEMAFORO ROSSO FONTE: ETSI TR 102 638-1 .....	133
FIGURA 92 - UTILIZZO DI TELECAMERE, PER LA LOCALIZZAZIONE DEI VEICOLI E LA TRASMISSIONE DI QUESTE INFORMAZIONI ALLA RSU PRESENTE SULL'INTERSEZIONE FONTE: PRELIMINARY DRAFT REVISION OF REPORT ITU-R M.2228 (MODIFICATA).....	133
FIGURA 93 - UTILIZZO DEI RADAR PER LA LOCALIZZAZIONE DEI VEICOLI FONTE: TIM RUB, JAN KRAUSE, RENÉ SCHÖNROCK, 2016.....	134
FIGURA 94 - SICUREZZA IN UN'INTERSEZIONE TRA VEICOLI CONNESSI FONTE: PROCESSING PERSONAL DATA IN THE CONTEXT OF C-ITS, 2017 .....	134
FIGURA 95 - INTERSECTION SAFETY FONTE: PROCESSING PERSONAL DATA IN THE CONTEXT OF C-ITS, 2017 (MODIFICATA) .....	135
FIGURA 96 - RISCHIO DI INVESTIMENTO DEI PASSEGGERI SCESI DAL BUS .....	135
FIGURA 97 - ULTERIORE ESEMPIO DELL'UTILIZZO DI UNA RSU DOTATA DI RADAR, IN UN INCROCIO GIAPPONESE (DOVE È SPERIMENTATA) FONTE: ITU-R, M. 2018.....	136
FIGURA 98 - ITS RADIOCOMMUNICATIONS STANDARD AND DEVELOPMENT IN JAPAN (12/02/2014 CONFERENZA A BERLINO) .....	136
FIGURA 99 - CORSIA RISERVATA A CERTI VEICOLI, CHE PUÒ SOTTO ALCUNE CONDIZIONI ESSERE SFRUTTATA DA TUTTI I VEICOLI FONTE: ETSI TR 102 638-1 .....	137
FIGURA 100 - LE R C-ITS STATION COMUNICANO AI VEICOLI DELLA POLIZIA DOVE SI TROVA UN VEICOLO, CHE HANNO RICONOSCIUTO COME ESSERE: RICERCATO O STATO RUBATO FONTE: ETSI TR 102 638-1 (MODIFICATA).....	137
FIGURA 101 - SUCCESSIONI TEMPORALI CHE CONDUCONO DALL'ACQUISIZIONE DEI SENSORI DEL VEICOLO TRASMETTENTE, ALL'AZIONE DEGLI ATTUATORI SUL VEICOLO RICEVENTE. FONTE: ETSI TS 101 539-1.....	138
FIGURA 102 - IL VEICOLO TRASMETTENTE IMMAGINATO IN A È IN REALTÀ IN A'. MENTRE IL VEICOLO RICEVENTE OLTREPASSA LA CORSIA DA CUI STA PROVENENDO IL TRASMETTENTE, LA DISTANZA PERCORSA DA QUEST'ULTIMO NON È B (FUORI PERICOLO) MA È QUELLA EVIDENZIATA IN ARANCIONE CONTINUO (COLLISIONE). FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE .....	138
FIGURA 103 - RAPPRESENTIAMO IL SAFETY SHIELD FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE.....	139
FIGURA 104 - SCOMPOSIZIONE DEL TEMPO ENTRO CUI AVVERTIRE IL GUIDATORE. FONTE: ETSI TS 101 539-1.....	140
FIGURA 105 - GESTIONE COOPERATIVA DI UNA SVOLTA [SINISTRA] E DI UNA SVOLTA NON CONSENTITA [DESTRA] FONTE: ETSI TS 101 539-2 .....	141
FIGURA 106 - ESEMPIO DI DUE VEICOLI CHE NON RIESCONO A COMUNICARE TRA LORO FONTE: ETSI TR 102 638-1 (MODIFICATA) .....	142
FIGURA 107 - COESISTENZA TRA LA RETE CELLULARE E QUELLA DSRC FONTE: VEHICLE BASED DATA AND AVAILABILITY, BRIAN CRONIN.....	143
FIGURA 108 - ANCHE ALL'INTERNO DEI C-ITS È STATA TESTATA CON SUCCESSO LA COMUNICAZIONE IBRIDA FONTE: ITU-R M.2445-0.....	143
FIGURA 109 - ESEMPIO DI ALGORITMO INERENTE L'INVIO DI UN BSM FONTE: ISAACK ISUKAPATI .....	144
FIGURA 110 - SPIEGAZIONE DELLA FIGURA 109 FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE.....	144
FIGURA 111 - I VEICOLI RICEVONO INFORMAZIONI SUGLI UTENTI DEBOLI, NON SOLO LOCALIZZANDOLI CON I SENSORI DI BORDO MA ANCHE CON MESSAGGI DALLA R C-ITS S OPPURE SE I VRU NE SONO DOTATI, DALLE LORO APPLICAZIONI FONTE: ITU-R M.2018 .....	146
FIGURA 112 - ESEMPIO DI AVVERTIMENTO PROVENIENTE DA SINISTRA FONTE: TIM RIU E SEBASTIAN NAUMANN.....	146
FIGURA 113 - PROPOSTA DI PROLUNGAMENTO PISTA CICLABILE CON PARTENZA AVANZATA. FONTE: RICOSTRUZIONE IN CAD DELLA VIA S.DAMIANO A MILANO, ZONA S.BABILA – PALESTRO.....	147
FIGURA 114 - INFLUENZA DI DIECI ITS, SUGLI INCIDENTI STRADALI INERENTI I VRU FONTE: WWW.VRUIITS.EU .....	148
FIGURA 115- VEICOLO TROPPO PESANTE (FOTO DI SINISTRA), IL PONTICELLO NON REGGE FONTE: WWW.AUTOBLOG.IT .....	150
FIGURA 116- VEICOLO TROPPO ALTO (FOTO DI DESTRA), ABBATTIMENTO DI UN ARCO STORICO A BALBIANA (BS) FONTE: WWW.TODAY.IT..	150
FIGURA 117 - ESEMPIO DI ATTUAZIONE DEL PARCHEGGIO "INTELLIGENTE" FONTE: ITU-R M.2445, 2018 (MODIFICATA).....	152
FIGURA 118 - POSTO RISERVATO PER 931ZA DALLE 4 P.M. ....	152
FIGURA 119 - C-ITS CORRIDOR FONTE: STATE OF THE ART OF ANALYSIS OF C-ITS DEPLOYMENT, 2016 .....	154

FIGURA 120 - CARRELLO STRADALE.....	154
FIGURA 121 - ESEMPIO DI MESSAGGIO NUMERO QUATTRO. AUTOSTRADA A16, NOVEMBRE 2015 FONTE: RIJKSWATERSTAAT.....	155
FIGURA 122 - LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA PROGETTO SCOOP@F.....	156
FIGURA 123 - LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL PROGETTO NORDIC WAY FONTE: GOOGLE IMMAGINI (MODIFICATA).....	157
FIGURA 124 - ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI COMUNICAZIONE A LUNGO RAGGIO. FONTE: NORDIC WAY.....	157
FIGURA 125 - DETTAGLIO DEI CORRIDOI (FERROVIARI, STRADALI ED AEREO) VERSO EST E VERSO SUD FONTE: <a href="https://arkisto.trafi.fi/">HTTPS://ARKISTO.TRAFI.FI/</a> .....	158
FIGURA 126 - SEQUENZA DI IMMAGINI TRATTE DAL VIDEO DIMOSTRATIVO DEL DAY 1 SERVICE, EMERGENCY VEHICLE APPROACHING FONTE: <a href="https://www.nordicway.net/demonstrationsites/emergency-vehicle-approach">HTTPS://WWW.NORDICWAY.NET/DEMONSTRATIONSITES/EMERGENCY-VEHICLE-APPROACH</a> .....	159
FIGURA 127 - ESEMPIO APPLICATIVO DI I2V FONTE: <a href="https://www.nordicway.net/services/signalized-intersections">HTTPS://WWW.NORDICWAY.NET/SERVICES/SIGNALIZED-INTERSECTIONS</a> .....	159
FIGURA 128 - ESEMPIO DI ROAD WORK WARNING FONTE: <a href="https://www.nordicway.net/services/road-works-warning">HTTPS://WWW.NORDICWAY.NET/SERVICES/ROAD-WORKS-WARNING</a> .....	160
FIGURA 129 - DIFFUSIONE DEI C-ITS IN R.CECA FONTE: DIRETTORATO STRADE E AUTOSTRADE, 2015.....	161
FIGURA 130 - DETTAGLI SULLA PKI UTILIZZATA NEL PROGETTO C-ITS, DELLA R.CECA FONTE: <a href="https://www.czechspaceportal.cz/en/section-7/news">HTTPS://WWW.CZECHSPACEPORTAL.CZ/EN/SECTION-7/NEWS</a> .....	162
FIGURA 131 - TERRITORIO UNGHERESE DEL CORRIDOIO VIENNA-BUDAPEST FONTE: HUNGARIAN PUBLIC ROAD COMPANY.....	163
FIGURA 132 - PROGETTO SISCOGA, STRADE COINVOLTE FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE.....	163
FIGURA 133- PROGETTO C-ITS, A2-M2 FONTE: STATE OF THE ART OF ANALYSIS OF C-ITS DEPLOYMENT, 2016 (MODIFICATA).....	164
FIGURA 134 - INFRASTRUTTURE FACENTI PARTE DEL PROGETTO INTERCOR FONTE: STATE OF THE ART OF ANALYSIS OF C-ITS DEPLOYMENT, 2016.....	164
FIGURA 135 - SITI DEL PROGETTO AUTOPILOT, INDICAZIONI SU QUELLO DI BRAINPORT FONTE: <a href="https://autopilot-project.eu/">HTTPS://AUTOPILOT-PROJECT.EU/</a> .....	165
FIGURA 136 - CITTÀ DEL PROGETTO COMPASS4D, RHW: ROAD HAZARDOUS WARNING, EEIS: ENERGY EFFICIENTLY INTERSECTION SERVICE, RLVW: RED LIGHT VEHICLE WARN FONTE: STATE OF THE ART OF ANALYSIS C-ITS DEPLOYMENT, 2016.....	165
FIGURA 137 - SMART ROAD: PUNTI DI CONNESSIONE.....	167
FIGURA 138 - ATTORI IN GIOCO ESTENDONO LE LORO ATTIVITÀ FONTE : MCKINSEY IN "AUTOMOTIVE VALUE CHAIN UNBOUND" (MODIFICATA) .....	168
FIGURA 139 - VALUE CHAIN DAL TIPO PIRAMIDALE DI OGGI A QUELLA A RUOTA DEL 2030 FONTE: HOW AUTOMAKERS CAN SURVIVE THE SELF- DRIVING ERA, AT KEARNEY (MODIFICATA).....	169
FIGURA 140 - SMART ROAD ANAS.....	173
FIGURA 141 - PROTOTIPO LYBRA DOSSO ARTIFICIALAE PER IMMAGAZZINAMENTO ENERGIA.....	174
FIGURA 142 - CORSIA PER RICARICA.....	176
FIGURA 143 - VEICOLO AUTONOMO E DUE PASSEGGERI DA RECUPERARE FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE.....	181
FIGURA 144 - PARKING ASSISTANT PLUS DI BMW, NELLA MODALITÀ A VOLO D'UCCELLO FONTE: MOTORCUBE.....	182
FIGURA 145 - PANORAMICA DELLE COMUNICAZIONI NEL SISTEMA TRASPORTO FONTE: ITU-R, M. 2018 (CHE ABBIAMO INCORNICIATO)....	183
FIGURA 146 - CATTERISTICHE DELLE TRE TIPOLOGIE DI COMUNICAZIONE A CORTO RAGGIO, SOPRA ACCENNATE. FONTE: ITU-R, M. 2018..	184
FIGURA 147 - INTERAZIONE TRA I VEICOLI E I CENTRI DI GESTIONE, FATTA ATTRAVERSO L'INFRASTRUTTURA FONTE: ITU-R, M. 2018 (MODIFICATA).....	184
FIGURA 148 - IL RADAR DI BORDO EVIDENZIA UN PERICOLO NELLO SVOLTARE A DESTRA E AVVISA IL GUIDATORE FONTE: ITS RADIOCOMMUNICATIONS STANDARD AND DEVELOPMENT IN JAPAN.....	185
FIGURA 149 - COMPITI DEL RADAR INSTALLATO SUL VEICOLO FONTE: ITU-R, M. 2018.....	185
FIGURA 150 - SPECIFICHE TECNICHE DEI RADAR IN USO IN GIAPPONE FONTE: JAPAN AUTOMOBILE RESEARCH INSTITUTE (JARI).....	185
FIGURA 151 - CONFIGURAZIONE GREEN ISLAND.....	186
FIGURA 152 - SCHEMA DEL SISTEMA DI COMUNICAZIONE.....	187
FIGURA 153 - FASE 1: CONTROLLO.....	188
FIGURA 154 - FASE 2: LIMITE DI VELOCITÀ.....	188
FIGURA 155 FASE 3: VALUTAZIONE E APERTURA CORSIA.....	188
FIGURA 156 - FASE 4: INDICAZIONI PER CHIUDERE LA CORSIA DINAMICA.....	188
FIGURA 157 - FASE 5: CORSIA DINAMICA CHIUSA AL TRAFFICO.....	188
FIGURA 158 - REQUISITI DEI SENSORI NEL SISTEMA DI MONITORAGGIO IOT.....	189
FIGURA 159 - CLASSIFICAZIONE DELLE RETI WIRELESS IN FUNZIONE DELLA PORTATA.....	189
FIGURA 160 - CAPACITÀ DI COPERTURA IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA DI BANDA.....	190
FIGURA 161 - CONFIGURAZIONE DI CONNETTIVITÀ DEI SENSORI.....	190
FIGURA 162 - DISPOSITIVI DI MONITORAGGIO PER LE INFRASTRUTTURE.....	191
FIGURA 163 - BANDA DI FREQUENZA PER LA COMUNICAZIONE V2V E V2I.....	193
FIGURA 164 - SEMPLIFICAZIONE DELLO SCENARIO DI COMUNICAZIONE ITS.....	193

FIGURA 165 - ITS DEL SISTEMA CENTRALE .....	194
FIGURA 166 - ITS DEL VEICOLO .....	194
FIGURA 167 - ITS DELL'INFRASTRUTTURA.....	194
FIGURA 168 - STRADA PER TEST IN VIRGINIA.....	199
FIGURA 169 - DETTAGLIO STRADA DI TEST IN CONDIZIONI AVVERSE .....	199
FIGURA 170 – TRACCIATO ASTRA ZERO ANTECEDENTE IL 2018, E CON SUCCESSIVA INTRODUZIONE DELLA SUPER MULTILANE (A DESTRA) FONTE: <a href="https://www.astrozero.com/super-multilane/">HTTPS://WWW.ASTRAZERO.COM/SUPER-MULTILANE/</a> .....	199
FIGURA 171 - ONLINE TRAINING PLATFORM FONTE: <a href="https://www.its-elearning.eu/corse">HTTPS://WWW.ITS-ELEARNING.EU/CORSE</a> .....	208
FIGURA 172 - SECONDO NOI LE INFORMAZIONI DEVONO ESSERE DATE IN MODO RIDONDANTE: VISIVA (PALLINO COLORATO) E SCRITTA.....	209
FIGURA 173 - ESEMPIO DI GRAFICA PER LA RIPRESA DEL CONTROLLO. FONTE: NISSAN LEAF UTILIZZATA DALLA OXFORD UNIVERSITY (VISTA IN FIGURA 39).....	209
FIGURA 174 - INFLUENZA DI CINQUE ABILITÀ IN BASE AL LIVELLO DI AUTOMAZIONE FONTE: C.COLLET E O.MUSICANT, APRILE 2019 .....	211
FIGURA 175 - SICUREZZA DOVUTA ALLA TECNOLOGIA E AL GUIDATORE, ALL'EVOLVERE DEL LIVELLO DI AUTOMATIZZAZIONE FONTE: ABI AND THATCHAM, FEBBRAIO, 2019 .....	213
FIGURA 176 -SUL CRUSCOTTO DI QUESTA CADILLAC SI NOTA IL SIMBOLO CHE TESTIMONIA LO STATO DEL SUPER CRUISE, MENTRE SUL VOLANTE È CERCHIATO IL TASTO PER ATTIVARLO-DISATTIVARLO FONTE: <a href="https://www.cadillac.com/ownership/vehicle-technology/super-cruise">HTTPS://WWW.CADILLAC.COM/OWNERSHIP/VEHICLE- TECHNOLOGY/SUPER-CRUISE</a> .....	215
FIGURA 177 - FASI TRA LA RICHIESTA DI RIPRENDERE IL CONTROLLO E L'EFFETTIVA RIPRESA DEL CONTROLLO: NEL CASO PIANIFICATO E NON PIANIFICATO FONTE: THATCHAM RESEARCH AND ABI, 2019 .....	216
FIGURA 178 - FASI TRA LA RICHIESTA DI RIPRESA DEL CONTROLLO: PROGRAMMATA (A SINISTRA) E NON PROGRAMMATA (A DESTRA) E LA VERIFICA CHE IL GUIDATORE NON HA RIPRESO LA FUNZIONE DI GUIDA FONTE: THATCHAM RESEARCH AND ABI, 2019.....	216
FIGURA 179 - HMI DELLA NISSAN LEAF (SI PUÒ NOTARE LA GUIDA A DESTRA) FONTE : OXFORD MOBILE ROBOTICS GROUP .....	219
FIGURA 180 - SCENETTA INERENTE I VARI LV DI AUTOMAZIONE DEI VEICOLI: PER FAR COMPRENDERE IN MODO VISIVO LE DIFFERENZE E LO STATO TEMPORALE, DELLE DIVERSE TECNOLOGIE FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE .....	222
FIGURA 181 - CAMPO VISIVO (ANCHE LA DIREZIONE DA CUI SI OSSERVA GIOCA UN RUOLO, NELLA DISTINZIONE E COMPrensIONE DEI MESSAGGI) FONTE: CEI EN 61310-1.....	224
FIGURA 182 - FLUSSO OPERAZIONALE DEL VEICOLO DALLA PERCEZIONE ALLA ESECUZIONE FONTE: NOSTRA RAPPRESENTAZIONE.....	225
FIGURA 183 - PERCORSO FUNZIONALE DELLE FS1→6 FONTE: SAFETY FIRST FOR AUTOMATED DRIVING, 2019 (MODIFICATA) .....	226
FIGURA 184 - FS1-3.....	227
FIGURA 185 - MESSA IN RILIEVO DELLA FS4 .....	228
FIGURA 186 – MESSA IN EVIDENZA DELLE FS5-6.....	229
FIGURA 187 - MODELLO RMC FONTE: SICUREZZA DEL TRASPORTO AEREO, CACCIABUE, 2010.....	233
FIGURA 188 - MODELLO SRK FONTE: RASMUSSEN 1986 (TRADOTTO ED ADATTATO).....	233
FIGURA 189 - DIAGRAMMA A BLOCCHI DELLE FUNZIONI DI GUIDA FONTE: SHINAR, 1979 .....	235
FIGURA 190 - FONTE: UNECE RECOMMENDATION CYBERSECURITY, 2019 .....	245
FIGURA 191 - SINISTRA LA SEGREGAZIONE SOLO IN ORIZZONTALE, AL CENTRO LA DOPPIA SEGREGAZIONE, A DESTRA LA SEGREGAZIONE SOLO VERTICALE .....	246
FIGURA 192 - POTENZIALI SUPERFICI DI ATTACCO INFORMATICO FONTE: CAR OF THE FUTURE, TRENDS IN NEXT GENERATION AUTO MOTIVE, INTEL.....	247
FIGURA 193 - MESSAGGIO DI ERRORE 504 .....	248
FIGURA 194 - ATTACCHI CON AUTOBOMBA NEL MONDO DAL 2000 AL 2015 FONTE: THE HUMAN USE OF HUMAN BEINGS, LEWIS .....	250
FIGURA 195 - CARATTERISTICHE DELLE TIPOLOGIE DI ATTACCO ESPLOSIVO FONTE: US DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY, 2019 .....	250
FIGURA 196 DONGLE FONTE: WIKIPEDIA.....	251
FIGURA 197 PER MOSTRARE COME VIOLANDO LA PROTEZIONE DEL GATEWAY, IL DONGLE SI TROVEREBBE IN CONTATTO CON DIVERSI SOTTOSISTEMI (TRA CUI I FRENI COME DA ESEMPIO DELLA CORVETTE).....	251
FIGURA 198 DIFFERENZA TRA SACRIFICIO EVITATO E SACRIFICIO EVITABILE FONTE: THESUN.COM.UK (DUNKIRK, FOTO SINISTRA), <a href="http://www.improntalaquila.com">WWW.IMPRONTALAQUILA.COM</a> (PEARL HARBOR, FOTO A DESTRA). .....	252
FIGURA 199 - DISTRIBUZIONE DEL NUMERO DI VITTIME A SEGUITO DI ATTACCHI CON VEICOLI IN EUROPA, DAL 2014 FONTE: BRITISH VEHICLE RENTAL & LEASING ASSOCIATION (BVRLA), VEHICLES AS WEAPONS: A THREAT AND POLICY ASSESSMENT FOR THE UK VEHICLE RENTAL SECTOR, MARZO 2018 .....	254
FIGURA 200 - OBIETTIVI DELLA ENISA [ARTICOLO 5 DELLA UE 2019/881] FONTE: RAMBOLL MANAGEMENT CONSULTING, BASATO SUL SITO DELL'AGENZIA STESSA (MODIFICATO).....	255
FIGURA 201 - STRUTTURA DELL'AGENZIA FONTE: SITO WEB DELL'ENISA.....	255

FIGURA 202 - SCOMPOSIZIONE DELLE ATTIVITÀ ED INTERAZIONE DEL VEICOLO FONTE: ENISA PRACTICES FOR SECURITY OF SMART CARS, 2019 .....	258
FIGURA 203 - TIPOLOGIA DI MINACCE PER LE SMART CARS FONTE: ENISA PRACTICES FOR SECURITY OF SMART CARS, 2019 .....	260
FIGURA 204 - ALCUNI DIISPOSITIVI LIDAR: VELODYNE'S VLP-16, HDL-32E, IBEO'S LUX MINI, QUARNERGY'S M8 FONTE: HOICHEOL SHIN, DOHYUN KIM, YUJIN KWON, AND YONGDAE KIM.....	265
FIGURA 205 - L'ATTACCANTE FA CREDERE AL GPS CHE IL VEICOLO È IN B INVECE CHE IN A , COSÌ INVECE DI RAGGIUNGERE D ARRIVERÀ IN C FONTE: ALL YOU GPS ARE BELONG TO US, USENIX .....	266
FIGURA 206 - CORRELAZIONE TRA LE INTERSEZIONI SOTTO OSSERVAZIONI ED IL TRACCIAMENTO DEGLI SPOSTAMENTI IN QUELL'AREA FONTE: SURVEILLANCE AND Torea AND MITIGATIONS, J.PETIT, D.BROEKHUIS, M.FEIRI, F.KARGL .....	267
FIGURA 207 ESEMPIO DI TRACCIAMENTO DEL PERCORSO TRAMITE TRE RILEVAMENTI FONTE: SURVEILLANCE AND Torea AND MITIGATIONS, J.PETIT, D.BROEKHUIS, M.FEIRI, F.KARGL .....	267
FIGURA 208 - UTILIZZO DEL CAMBIO DI IDENTITÀ DURANTE IL TRAGITTO FONTE: SURVEILLANCE AND Torea AND MITIGATIONS, J.PETIT, D.BROEKHUIS, M.FEIRI, F.KARGL .....	268
FIGURA 209 - INDAGINE SUI RISCHI INFORMATICI NELLA EU FONTE: SPECIAL EUROBAROMETER 464, 2017 .....	270
FIGURA 210 - ANDAMENTO CONGESTIONE NEL TEMPO IN FUNZIONE DI BASSI LIVELLI DI AUTOMAZIONE (ASSISTENZA ALLA GUIDA).....	274
FIGURA 211 - PREVISIONE VEICOLI AUTONOMI E NON, PRIVATI E NON.....	276
FIGURA 212 - QUANTIFICAZIONE DEI BENEFICI ECONOMICI DOVUTI ALLE AUTO A GUIDA AUTONOMA NEGLI USA FONTE: MORGAN STANLEY, PREDIZIONE DI MERCATO, 2014.....	288
FIGURA 213 - PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DEL RISCHIO ASSOCIATO AL GUIDATORE CHE STIPULA LA RC AUTO (ATTUALE E FUTURO) FONTE: A.T. KEARNEY .....	289
FIGURA 214 - CONFRONTO TRA LE PERDITE E IL GUADAGNO ANNUALE DELLE POLIZZE ASSICURATIVE PER I VEICOLI FONTE: INSURING AUTONOMOUS VEHICLE, ACCENTURE E STEVENS, 2017 .....	290
FIGURA 215 - RENDITE ASSICURATIVE IN BASE ALLE COMPONENTI INFORMATICHE E A QUELLA TRADIZIONALE FONTE: INSURING AUTONOMOUS VEHICLE, ACCENTURE E STEVENS, 2017 .....	291
FIGURA 216 - FONTE: DRIVERLESS CARS AND THE IMPLICATIONS FOR INSURANCE, THATCHAM RESEARCH, LUGLIO 2015 .....	291
FIGURA 217 - COSA FARE A BORDO? FONTE: YANO RESEARCH INSTITUTE, 2017 .....	295
FIGURA 218 - INFOTAINMENT TESLA SOURCE: <a href="https://www.cycle-car.com/tesla-infotainment-could-support-third-party-applications/">HTTPS://WWW.CYCLE-CAR.COM/TESLA-INFOTAINMENT-COULD-SUPPORT-THIRD-PARTY-APPLICATIONS/</a> .....	299

## Indice dei grafici

GRAFICO 1 - PRODUZIONE DI AUTO NEI MERCATI PRINCIPALI NEL PERIODO 2000-2050. FONTE: GEAR 2030 FINAL REPORT.....	20
GRAFICO 2 - PREVISIONE DI TRAFFICO IN BASE A DIVERSI LIVELLI DI PENETRAZIONE DEI VEICOLI AUTOMATIZZATI (SOPRA), VEICOLI VENDUTI NEL PERIODO 2015-2050 IN BASE A DIVERSI LIVELLI DI PENETRAZIONE DEI VEICOLI AUTOMATIZZATI (SOTTO) FONTE : ANALYSIS SOCIO-ECONOMIC EUROP .....	25
GRAFICO 3 - MILIONI DI VEICOLI COMMERCIALI VENDUTI NEL PERIODO 2015-2050 FONTE: ANALYSIS SOCIO-ECONOMIC EUROPEAN COMMISSION, 2018 .....	26
GRAFICO 4 - GRAFICO DEI BENEFICI COL PASSARE DEGLI ANNI, DEGLI C-ITS. IN BASE A TRE DIVERSI SCENARI DI APPLICAZIONE FONTE: C-ITS PLATFORM 2016.....	77

## Indice delle tabelle

TABELLA 1 - MAGGIORI DETTAGLI SULL'ATTUAZIONE DEI TEST SVOLTI FONTE: GEAR 2010 FINAL REPORT (MODIFICATA).....	68
TABELLA 2 - VALUTAZIONE DELLA PRESENZA O MENO DI VARIE SPECIFICHE, NEI TEST SUI VEICOLI A GUIDA AUTOMATIZZATA. ESEGUITI IN DIVERSI STATI FONTE: GEAR 2030, FINAL REPORT DEL 2017 (MODIFICATA) .....	68
TABELLA 3- SPECIFICHE ITALIANE RISPETTO AI TEST CON DRIVERLESS CARS FONTE: MIT SMART ROAD 2018 .....	70
TABELLA 4 - ELENCO DEI 24 CODICI FONTE: ETSI EN 302 637-3 V1.2.2 .....	116
TABELLA 5 - ROAD HAZARDOUS SIGNALLING (RHS) FONTE: ETSI TS 101 539-1 .....	127
TABELLA 6 -DIMENSIONI MINIME DI CARTELLI SEGNALETTORI, AFFINCHÉ SIANO LETTI CORRETTAMENTE FONTE: E.GRASSANI, LA SICUREZZA SULLE MACCHINE, 2008 P.222 .....	223
TABELLA 7 - TABELLA PER CALCOLO DELLA FREQUENZA.....	231
TABELLA 8 - ASSEGNAZIONE DEL VALORE DI SIL FONTE: SICUREZZA SULLE MACCHINE E.GRASSANI, 2008 P.148.....	232
TABELLA 9 – TOLLERANZA ALL'AVARIA FONTE: LA SICUREZZA SULLE MACCHINE E.GRASSANI, 2008 .....	232
TABELLA 10 - PROBABILITÀ DELL'ERRORE UMANO PER ALCUNE OPERAZIONI FONTE: SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO PROF. MAZZINI A.A. 2000-2001 .....	235