



Politecnico di Milano

Scuola di Architettura e Società

Corso di Laurea Magistrale in Architettura

Progettazione Architettonica Urbana

FLUSSI DI TRAFFICO NEL COMUNE DI MILANO: DATI RILEVATI e ANALISI

Relatore:

Prof. arch. Enrico Prevedello

Correlatori:

Prof. arch. Giuseppe Boatti

arch. Paola Villani

Federica Ferrari matr. 755941

a.a. 2010-2011

Indice

1. PREMESSA METODOLOGICA.....	6
2. DOCUMENTO DI PIANO ANALIZZATI	7
2.1 <i>Piano Urbano della Mobilità (2001-2010)</i>	8
2.1.1 Obiettivi del PUM	10
2.1.2 Azioni per la riduzione delle emissioni inquinanti	13
2.1.3 Progetti pilota per i veicoli elettrici e colonnine di ricarica	14
2.1.4 Il trasporto merci	18
2.1.5 Strategie del PUM	19
2.1.6 Il sistema di Trasporto Pubblico	22
2.2 <i>Programma Urbano dei Parcheggi (2000)</i>	29
2.2.1 Sistemi della sosta	33
2.3 <i>Piano Triennale dei Servizi di Trasporto Pubblico (2001)</i>	40
2.4 <i>Piano Generale del Traffico Urbano (2003)</i>	42
2.5 <i>Carta della Mobilità-ATM (2011)</i>	48
2.6 <i>Il trasporto merci in ambito urbano</i>	53
3. SISTEMA INTEGRATO DI MONITORAGGIO, CONTROLLO E GESTIONE DEL TRAFFICO e DEL TERRITORIO	61
3.1 <i>Monitoraggio del traffico</i>	64
3.2 <i>Simulazione dei flussi veicolari</i>	69
3.2.1 Domanda	70
3.2.2 Offerta	72
3.2.3 Assegnazione	73

4. BASE DATI REPERITE	77
4.1 <i>Analisi dei dati</i>	82
5. VERIFICHE PUNTUALI	91
5.1 <i>Calcolo della densità massima dei veicoli</i>	96
5.2 <i>Google Maps</i>	160
6. CONCLUSIONI	165
6.1 <i>Mobilità e qualità della vita: le azioni possibili</i>	167
7. BIBLIOGRAFIA	169
8. ALLEGATI	171
TAV 01 <i>Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Milano</i>	
TAV 02 <i>Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Dettaglio 1</i>	
TAV 03 <i>Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Dettaglio 2</i>	
TAV 04 <i>Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Dettaglio 3</i>	
TAV 05 <i>Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Milano</i>	
TAV 06 <i>Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Dettaglio 1</i>	
TAV 07 <i>Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Dettaglio 2</i>	
TAV 08 <i>Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Dettaglio 3</i>	
TAV 09 <i>Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Milano</i>	
TAV 10 <i>Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Dettaglio 1</i>	
TAV 11 <i>Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Dettaglio 2</i>	
TAV 12 <i>Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Dettaglio 3</i>	

Indice immagini

›	Progetto E-moving point-to-point	15
›	Punti di ricarica pubblici presenti nel territorio milanese	17
›	Serie storiche in ingresso ed uscita dalle 7:00 alle 20:00 alle principali cerchie	21
›	Rete metropolitana M1	23
›	Rete metropolitana M2	23
›	Rete metropolitana M3	24
›	Rete metropolitana M4	25
›	Rete metropolitana M5	26
›	Piano Urbano della mobilità	28
›	Com'è cambiato in 5 anni il parco veicoli che entrano in zona Ecopass/Area C	60
›	Ubicazione delle sezioni di monitoraggio del traffico del Comune di Milano e loro classificazione per sistema di appartenenza	66
›	Evoluzione spire nel Comune di Milano	78
›	Schema spira	80
›	Veicoli in entrata a Milano, riferiti alla settimana standard	81
›	Dati mancanti rispetto al grafo di rete stradale	84
›	Cavalcavia Ghisallo, 2 corsie	87
›	Cavalcavia Ghisallo, 3 corsie	88
›	Cavalcavia Ghisallo, 4 corsie	89
›	Dati Modello Coral, caso di Viale Ergisto Bezzi	91
›	Dati Modello Coral, caso di Via Losanna	93
›	Livello di Servizio	97
›	Corso XXII Marzo in direzione Est, ubicazione spire e grafici di analisi	99
›	Corso XXII Marzo in direzione Ovest, ubicazione spire e grafici di analisi	104

- › Via Palmanova in direzione centro, ubicazione spire e grafici di analisi 109
- › Via Palmanova in direzione periferia, ubicazione spire e grafici di analisi 114
- › Alzaia Naviglio Pavese in direzione centro, ubicazione spire e grafici di analisi 119
- › Alzaia Naviglio Pavese in direzione periferia, ubicazione spire e grafici di analisi ..124
- › Ripa di Porta Ticinese in direzione centro, ubicazione spire e grafici di analisi 129
- › Ripa di Porta Ticinese in direzione periferia, ubicazione spire e grafici di analisi .. 134
- › Viale Certosa in direzione Corso Sempione, ubicazione spire e grafici di analisi ... 139
- › Via Vincenzo Monti in direzione Fiera, ubicazione spire e grafici di analisi 144
- › Via Santa Sofia in direzione Est, ubicazione spire e grafici di analisi 149
- › Piazza Castello in direzione Est, ubicazione spire e grafici di analisi 154
- › Tabella riassuntiva 159
- › Quattroruote, Torino-Trieste, tratto stradale tra Cinesello Balsamo e Cormano 162
- › Google Maps, Cinisello Balsamo 163
- › Quattroruote, svincolo Trezzano sul Naviglio 163
- › Google Maps, Trezzano sul Naviglio 164

1. PREMESSA METODOLOGICA

La scelta di analizzare i flussi di traffico nella città di Milano è derivata dal volere comprendere come si determinino le situazioni di congestione che mi trovo a dovere affrontare giornalmente.

Il traffico veicolare condiziona la qualità della vita, i tempi di viaggio e l'uso del territorio, oltre a porre importanti questioni ambientali che vanno dai problemi di inquinamento atmosferico alla sottrazione degli spazi in ambito urbano.

Questa tesi è stata svolta analizzando piani e programmi prodotti dal Comune di Milano. Dopo questa prima parte, che può essere definita come una sorta di analisi *ex post* di quanto programmato sul tema trasporti nel periodo 2001-2003, è stata effettuata una attenta verifica dei dati di traffico. L'idea iniziale era quella di confrontare in modo puntuale le differenti basi dati (Centrale Gestione Traffico del Comune di Milano, Postazione ATM) al fine di elaborare un quadro di sintesi relativo ai volumi di traffico che caratterizzano la metropoli. La tesi che qui si presenta sviluppa nell'ultimo capitolo un indicatore di congestione.

2. DOCUMENTI DI PIANO ANALIZZATI

La città di Milano, nel corso degli ultimi anni, ha avviato un processo di radicale riorganizzazione degli strumenti e delle procedure di pianificazione della mobilità.

Questo processo ha dato luogo alla redazione dei principali strumenti di pianificazione della mobilità e del traffico che si strutturano come una sorta di approfondimento l'uno dell'altro, ciascuno con le proprie competenze e specificità, ma tutti orientati al perseguimento di un obiettivo comune che è quello di governare la complessa domanda di mobilità che gravita sul territorio di Milano.

2.1 PIANO URBANO DELLA MOBILITA' (2001-2010)

Il Piano Urbano della Mobilità, predisposto da Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio nell'anno 2001, era un progetto strategico di pianificazione basato su investimenti ed innovazioni, sia da un punto di vista organizzativo che dal punto di vista gestionale, che si muoveva nell'orizzonte delle scelte attuabili o avviabili entro il 2010. Il PUM inquadra le problematiche della mobilità in un orizzonte territoriale ampio e temporalmente pari a dieci anni come la Normativa per la redazione dei PUM, introdotta con la Legge 340/2000¹ prevede, in quanto estende le proprie analisi all'area urbana. Individua gli indirizzi strategici per un decennio sia per quanto riguarda l'infrastrutturazione della rete ferroviaria, del trasporto pubblico urbano e metropolitano, della maglia viaria e del sistema dello stazionamento, differenziandosi così dal Piano Urbano del Traffico (PUT)² che, essendo un piano di breve periodo (2 anni), deve contemplare opere realizzabili all'interno del piano delle opere pubbliche. Si differenzia inoltre nettamente anche dal Piano Regionale dei Trasporti (PRT), poiché quest'ultimo è un piano a scala regionale nel quale

¹ Legge 24 novembre 2000, n. 340 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 275 del 24 novembre 2000

Art. 22. (Piani urbani di mobilità)

1. Al fine di soddisfare i fabbisogni di mobilità della popolazione, assicurare l'abbattimento dei livelli di inquinamento atmosferico ed acustico, la riduzione dei consumi energetici, l'aumento dei livelli di sicurezza del trasporto e della circolazione stradale, la minimizzazione dell'uso individuale dell'automobile privata e la moderazione del traffico, l'incremento della capacità di trasporto, l'aumento della percentuale di cittadini trasportati dai sistemi collettivi anche con soluzioni di car pooling e car sharing e la riduzione dei fenomeni di congestione nelle aree urbane, sono istituiti appositi piani urbani di mobilità (PUM) intesi come progetti del sistema della mobilità comprendenti l'insieme organico degli interventi sulle infrastrutture di trasporto pubblico e stradali, sui parcheggi di interscambio, sulle tecnologie, sul parco veicoli, sul governo della domanda di trasporto attraverso la struttura dei mobility manager, i sistemi di controllo e regolazione del traffico, l'informazione all'utenza, la logistica e le tecnologie destinate alla riorganizzazione della distribuzione delle merci nelle città.

² L'obbligo di redazione dei PUT discende dal comma 2 dell'art.36 del Nuovo Codice della Strada:

1. Ai comuni, con popolazione residente superiore a trentamila abitanti, è fatto obbligo dell'adozione del piano urbano del traffico.

2. All'obbligo di cui al comma 1 sono tenuti ad adempiere i comuni con popolazione residente inferiore a trentamila abitanti i quali registrino, anche in periodi dell'anno, una particolare affluenza turistica, risultino interessati da elevati fenomeni di pendolarismo o siano, comunque, impegnati per altre particolari ragioni alla soluzione di rilevanti problematiche derivanti da congestione della circolazione stradale. L'elenco dei comuni interessati viene

sono previste opere di ben più ampio ambito territoriale rispetto a quelle previste dal PUM che sono, invece, rapportate alla scala urbana e/o metropolitana. E' uno strumento di pianificazione ben diverso, per struttura e concezione, dal Piano Urbano della Mobilità di Milano, denominato Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU), approvato dal Comune nel maggio 2000 che, per sua natura, non si dà obiettivi di riassetto infrastrutturale ma punta solo a razionalizzare le strutture esistenti. Il Comune di Milano decise di redigere un Piano Urbano della Mobilità poiché ai sensi della già citata legge 340/2000 lo Stato avrebbe assegnato specifici finanziamenti, non più per singole opere ma per obiettivi da raggiungere mediante programmi integrati di realizzazione di infrastrutture di trasporto pubblico, parcheggi, viabilità e applicazione di tecnologie innovative. Sul versante dei rapporti con la pianificazione urbanistica, il PUM ha avviato un processo di pianificazione integrato tra l'assetto del territorio e il sistema dei trasporti e costituiva un progetto finalizzato a fornire un contributo sostanziale e incisivo al recupero della qualità urbana. I problemi della mobilità sono inquadrati dal PUM nella dimensione non solo comunale ma, in un ambito territoriale più vasto che comprende i servizi di area urbana, infatti venivano considerate le dinamiche insediative non solo della città, ma del sistema urbano più complessivo, in quanto gli elevati investimenti nel campo dei trasporti pubblici previsti nel nuovo piano avrebbero dovuto raccordarsi con le previsioni urbanistiche dei Comuni limitrofi al capoluogo lombardo.

Il miglioramento della mobilità urbana a Milano è indispensabile per rendere più efficienti le relazioni nazionali ed internazionali di quest'area, ma al tempo stesso il miglioramento delle relazioni tra i poli di questa "città policentrica" è una condizione essenziale per un miglioramento della mobilità e della qualità ambientale nell'area centrale. I benefici sociali ed economici realizzabili con la riduzione dei tempi di percorrenza sulle lunghe distanze

predisposto dalla regione e pubblicato, a cura del Ministero dei lavori pubblici, nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

verrebbero vanificati in assenza di analoghi miglioramenti nella qualità e nei tempi degli spostamenti nella città e nella regione.

Le tangenziali e il nodo ferroviario di Milano presentavano (anno 2001) una situazione di sovraccarico e di congestione tali da mantenere tutta l'area in una condizione di criticità sistemica. Rimuovere tale criticità avrebbe dovuto migliorare la qualità dei trasporti a Milano dando nel contempo efficienza complessiva a tutto il sistema regionale con indubbie implicazioni sul quadro dei trasporti nazionali.

Il PGT individuava infatti nei seguenti i principali obiettivi che avrebbero dovuto essere perseguiti grazie alla realizzazione delle opere e all'attuazione degli interventi previsti dal PUM, lasciando all'Amministrazione locale la libertà di individuarne altri, in ragione delle peculiari esigenze e situazioni urbanistico-territoriali-ambientali:

- soddisfacimento e sviluppo dei fabbisogni di mobilità;
- risanamento ambientale, ovvero riduzione delle emissioni inquinanti e dei consumi energetici;
- miglioramento della sicurezza del trasporto;
- miglioramento della qualità del servizio offerto dalle reti di trasporto;
- risanamento economico delle aziende di trasporto;
- miglioramento dell'efficienza economica del trasporto.

2.1.1 Obiettivi del PUM

Tra le azioni programmate dal Piano Urbano della Mobilità del Comune di Milano per il periodo 2001-2010 con l'intento di perseguire i suddetti obiettivi, vi erano quelle tendenti alla riduzione della congestione urbana, sia con il recupero di potenzialità delle infrastrutture stradali, ferroviarie e di trasporto pubblico esistenti, attraverso l'eliminazione delle criticità rilevate con investimenti di tipo infrastrutturale, sia con il miglioramento non solo delle condizioni di circolazione, ma anche e soprattutto con il potenziamento delle

opportunità di interscambio modale; migliorando la possibilità di spostamento sia per le persone che per le cose, attuando quindi una politica di interventi rivolti alla realizzazione di un sistema di infrastrutture e servizi che ne consentissero l'uso da parte di tutti i cittadini. Rimuovere tale criticità non avrebbe potuto che migliorare la qualità dei trasporti a Milano dando nel contempo efficienza complessiva a tutto il sistema regionale con indubbe implicazioni sul quadro dei trasporti nazionali. Le strategie fondamentali erano dunque orientate da un generale ripensamento del disegno urbanistico sia per la città che per l'insieme policentrico di insediamenti - in cui Milano è la sede di servizi e di funzioni di livello superiore cui è necessario garantire accessibilità a tutti i cittadini della regione - e dal ruolo europeo di Milano, che la mette in relazione con il resto del mondo per rapporti culturali, economici e politici.

Il PUM aveva avviato dunque un processo di pianificazione integrato tra l'assetto del territorio e il sistema dei trasporti e costituiva un progetto di sistema finalizzato a fornire un contributo sostanziale e incisivo al recupero della qualità urbana. Tali strategie, così come previste nella 340/2000 erano:

- riduzione della congestione urbana,
- incremento della sicurezza del trasporto,
- incremento della qualità del servizio di trasporto pubblico locale,
- innovazione tecnologica,
- riduzione degli impatti sull'ambiente,
- razionalizzazione del trasporto delle merci.

Il Comune di Milano inoltre intendeva operare attraverso le strutture dei Mobility Manager (che coinvolgevano direttamente tutte le aziende con più di 300 addetti sia in città sia nell'area urbana milanese), e migliorare l'informazione all'utenza, la logistica grazie all'implementazione di nuove tecnologie destinate alla riorganizzazione della circolazione

dei veicoli commerciali in città e, per meglio soddisfare i fabbisogni di mobilità della popolazione, incentivare la diversione modale, incrementando al contempo i livelli di sicurezza dell'automobilista privato e aumentando la percentuale di cittadini trasportati dai sistemi collettivi all'interno dell'area urbana; più specificatamente sviluppare la sicurezza del trasporto.

Con lo scopo di incrementare la qualità del servizio offerto, bisognava superare le carenze di offerta e di qualità del servizio. Elementi determinanti per il rilancio del trasporto pubblico venivano individuati nella riduzione dei tempi di viaggio e di attesa, nell'integrazione fra i diversi modi di trasporto, nel posizionamento strategico delle stazioni di interscambio sui nodi della rete, nell'estensione del sistema tariffario integrato, nel miglioramento del comfort dell'utente a terra (stazioni e fermate) e a bordo dei veicoli.

Per calcolare in maniera quantitativa, mediante indicatori sintetici, il raggiungimento degli obiettivi specifici suddetti si proponeva l'utilizzo di metodologie e di una modellistica appositamente predisposta. L'innovazione tecnologica (telematica, meccanica dei veicoli, ecc.) veniva vista come uno degli strumenti essenziali per il raggiungimento degli obiettivi strategici del PUM, sia perché avrebbe consentito di migliorare qualitativamente e quantitativamente l'offerta dei servizi, sia perché permetteva l'esercizio dei sistemi di trasporto con maggiore economicità ed efficienza. In effetti, l'innovazione tecnologica, e segnatamente la telematica che ne è l'espressione più significativa relativamente al comparto dei trasporti, può avere ricadute positive veramente importanti e tali da essere paragonabili a quelle che possono essere indotte dalla realizzazione di nuove infrastrutture. Grazie ad una larga applicazione delle tecnologie informatiche si prevedeva di incrementare la capacità delle reti di trasporto pubblico e delle reti viarie; controllare lo sviluppo della domanda; migliorare le condizioni di circolazione; realizzare sistemi integrati ed ottimizzati di gestione; informare in tempo reale e controllare il traffico per prevenire possibili congestioni e reagire a condizioni anomale dirottando il traffico; assicurare servizi

di informazione collettiva digitale e servizi individuali di informazione al pubblico sullo stato contingente della rete; attivare sistemi di navigazione assistita; di gestione ottimale delle flotte; di ausilio ai conducenti in generale.

Ma il PUM sosteneva che grazie all'evoluzione dei veicoli stradali, altro aspetto dello sviluppo tecnologico oggi in atto, si sarebbero potuti perseguire numerosi obiettivi, tra i quali i più significativi sarebbero stati quelli relativi alla riduzione delle emissioni inquinanti e l'aumento della sicurezza del trasporto.

A tal fine venivano individuate una serie di azioni che avrebbero favorito la circolazione dei veicoli elettrici o ibridi con ampia autonomia elettrica, attuando programmi di diffusione capillare di infrastrutture di supporto (reti di ricarica), oltre i programmi sperimentali sull'uso dell'idrogeno già avviati dal Comune di Milano.

2.1.2 Azioni per la riduzione delle emissioni inquinanti

Per la parte riguardante la qualità ambientale, il PUM infatti prevedeva:

- la riduzione delle emissioni di gas inquinanti e climalteranti mediante azioni di diversificazione delle fonti energetiche, con la promozione della circolazione di veicoli elettrici o ibridi, a celle combustibile o alimentati da combustibili alternativi (Biodiesel, GPL, Metano);
- contenimento dell'inquinamento acustico mediante interventi di riduzione alla sorgente, la diffusione di veicoli elettrici e l'utilizzo di conglomerati bituminosi drenanti fonoassorbenti;
- sensibilizzazione e incentivazione all'utilizzo di veicoli privati con motori ad alimentazione alternativa;
- sperimentazione sul parco autoveicoli pubblici, sugli autobus e sui veicoli per la distribuzione urbana delle merci di tecnologie più avanzate: motori ad idrogeno, celle a combustibile, batterie elettriche al magnesio, dispositivi innovativi di electricity

storage.

2.1.3 Progetti pilota per i veicoli elettrici e colonnine di ricarica

Nel 2001 venne affidata ad AEM (Azienda Elettrica Municipale) un progetto che consisteva nella fattibilità e redditività della gestione di una società di Car Sharing nell'area milanese; la fattibilità del progetto si basa su quattro aspetti fortemente correlati: stima della domanda potenziale (utenti privati e grandi enti organizzati, pubblici e privati), caratteristiche del servizio, sostenibilità ambientale (mobilità sostenibile, in particolare tendeva a razionalizzare l'uso individuale dell'auto privata a favore dei mezzi pubblici, apportando benefici sui volumi di traffico complessivi) e redditività sicura del progetto Car Sharing (grazie all'offerta di un monte ore ad uso del progetto da soggetti pubblici e privati). Dopo circa dieci anni dalla nascita del progetto Car Sharing, anche la società A2A (società nata dall'incontro delle ex aziende municipali di Milano AEM e AMSA³, e di Brescia ASM⁴) propose un progetto di tipo sperimentale chiamato e-moving il quale si sviluppava su un progetto pilota che prevedeva un numero limitato di autoveicoli elettrici (prototipi o auto pre-seriali) e di punti di ricarica ed inoltre abbracciava un periodo di tempo definito che interessava, nel 2010-2011, la fase di realizzazione delle infrastrutture, la messa in funzione del servizio di ricarica e la gestione e l'analisi delle informazioni raccolte.

Gli obiettivi del progetto e-moving A2A erano:

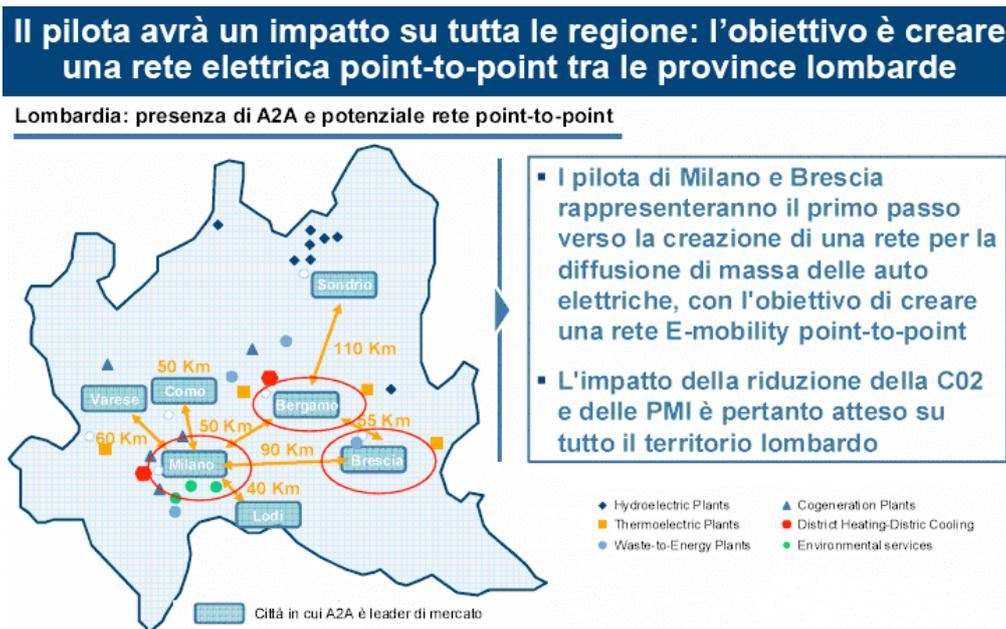
- essere presente, quale gestore di servizi a rete, sui territori, per guidare un armonico sviluppo della rete di distribuzione di energia elettrica e per abbattere concretamente le emissioni inquinanti;

³ Azienda Milanese Servizi Ambientali

⁴ Azienda dei Servizi Municipalizzati

- partecipare allo studio delle problematiche e alle opportunità collegate al nuovo servizio interagendo in modo propositivo con gli altri soggetti coinvolti;
- mettere a disposizione della municipalità l'esperienza e il know-how derivante da un sistema di mobilità sostenibile, ovvero ad impatto nullo, nelle aree cittadine;
- fornire, al termine della fase sperimentale, le informazioni ed i risultati necessari per valutare al meglio le fasi successive.

Il grande obiettivo per i prossimi anni è quello di creare una rete point-to-point tra le province lombarde. I progetti pilota di Milano e Brescia rappresentano un primo passo verso la creazione di una rete per la diffusione di massa della auto elettriche, con l'obiettivo di creare appunto una rete E-mobility point-to-point.



Progetto E-moving point-to-point

Questo progetto segue l'obiettivo primario di creare una mobilità sostenibile per ridurre le emissioni inquinanti considerando che:

- ▶ l'auto elettrica necessita di 0,2 kWh/km⁵ di energia sia per il moto che per l'alimentazione di eventuali accessori interni (autoradio, climatizzatori e altri componenti). Inoltre per la produzione della batteria (considerando una batteria con un peso di 300 kg e con una durata di vita media di 150.000 km) sono necessari 396 kWh.
- ▶ L'auto con motore a combustione interna consuma 5,2 l di gasolio ogni 100 km (con emissioni pari a 0,12 kgCO₂/km) e la produzione del suo motore interno ha richiesto 3.306 kWh di energia.

Qualora l'energia elettrica venga prodotta con il mix energetico italiano, che nel 2009 ha determinato un fattore emissivo medio pari a 410 gCO₂/kWh, le emissioni totali prodotte dalle due auto durante tutto il loro ciclo di vita (considerati 240.000 km percorribili) sono pari a:

- ▶ Auto elettrica: 20.005 kg CO₂ di emissioni totali, pari a 83,3 gCO₂/km
- ▶ Auto a motore a combustione interna: 33.009 kg CO₂ di emissioni totali, pari a 137,5 gCO₂/km

Lo studio di A2A evidenzia come con l'auto elettrica si abbia quindi una riduzione delle emissioni pari al 40% circa; la riduzione potrebbe essere tanto maggiore quanto maggiore sarà la quota di energia rinnovabile sul totale di energia prodotta necessaria per alimentare l'auto elettrica, fino ad arrivare al caso limite di un'auto a zero emissioni alimentata completamente da fonti rinnovabili.

Le stime dichiarano che nel 2015 saranno circa 6.000 le auto elettriche circolanti nella città di Milano⁶, con un risparmio medio giornaliero di 8.128 kg CO₂ al giorno e 2.967 t CO₂ all'anno.

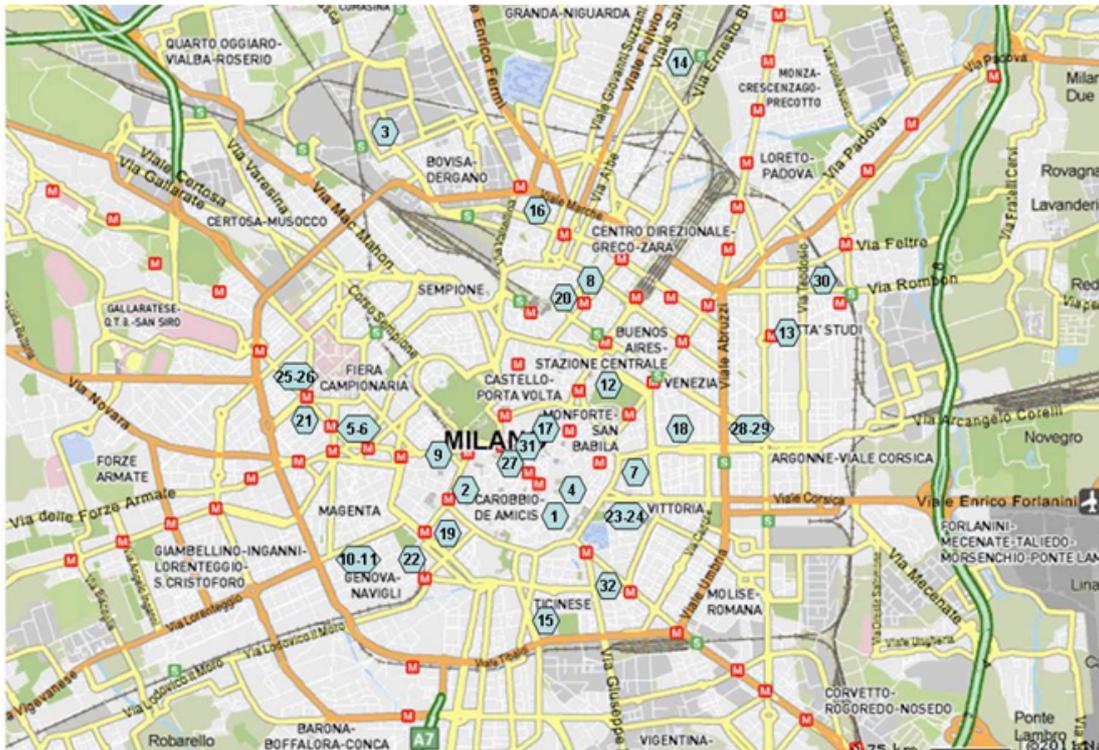
⁵ Dato consuntivo A2A

⁶ Fonte CEI-CIVES

Ad oggi, marzo 2012, sono presenti nel Comune di Milano 30 punti di ricarica pubblici e 103 in aree private (mentre nel Comune di Brescia sono presenti 36 punti di ricarica pubblici e 34 in aree private⁷).

Attualmente comunque in Italia le autovetture elettriche immatricolate rappresentano solo lo 0,03% del totale nuove immatricolazioni (dati Rapporto – ACI 2011).⁸

Il Centro Studi UNRAE (Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri) per il medesimo anno, presenta invece dati un po' diversi e prevede una ulteriore crescita al 56% delle motorizzazioni diesel, il 38% delle nuove immatricolazioni per autovetture a benzina ed un restante 6% suddiviso fra le altre tipologie (Gpl, metano, ibride, elettriche).



Punti di ricarica pubblici presenti nel territorio milanese (www.e-moving.it)

⁷ Fonte: E-moving. Sono presenti punti di ricarica E-moving anche nei Comuni di Como, Varese, Lodi, Legnano e Pavia. A breve verranno installati sensori per comunicare agli utenti la fruibilità delle colonnine per la ricarica ma la prospettiva futura è quella di poter accedere previa prenotazione.

⁸ Per quanto concerne il Comune di Milano risultano: 89 autovetture, 96 motocicli, 139 autocarri trasporto merci, 15 motocarri e quadri cicli trasporto merci, 36 motoveicoli e quadricicli speciali, 5 autobus e 7 autoveicoli speciali

Il Programma Stralcio di Tutela Ambientale (D.D. 495/SIAR/99) prevedeva incentivi all'acquisto di veicoli elettrici anche a quattro ruote, per incoraggiare l'utilizzo di tali autovetture vennero stabilite regole di circolazione finalizzate a favorirne la diffusione:

- › libero accesso alle zone a traffico limitato;
- › installazione di punti di ricarica pubblici;
- › agevolazione all'intervento di privati, che proponano veicoli elettrici a noleggio;
- › offerta di posti di sosta e di punti di noleggio nei parcheggi di interscambio per favorire lo scambio modale e il trasferimento su veicoli ecocompatibili.

2.1.4 Il trasporto merci

Grande attenzione nel PUM, infine, veniva prestata al trasporto delle merci. Allo scopo di consentire un utilizzo più efficiente e sostenibile del trasporto merci e raggiungere una dotazione di servizi di alta qualità, sarebbero state privilegiate tutte le azioni di carattere normativo, infrastrutturale e sistemico che meglio avessero risposto ai requisiti richiesti dalla domanda di logistica integrata. Se per il trasporto delle persone in città esisteva un consolidato di esperienze, di studi, di modelli, di strumenti di analisi, progetto, valutazione, non così si poteva dire per quanto attiene al trasporto delle merci. Al fine di coprire tale vuoto di conoscenze significativo e impostare una razionale e coerente politica di piano nel campo dei trasporti, il Comune avviò, con la collaborazione del Politecnico di Milano e il concorso finanziario del Ministero dell'Ambiente, un'articolata e complessa attività di indagine sul traffico merci nell'area urbana centrale. L'indagine fu concepita con molteplici finalità:

- › costruire un quadro informativo unitario ed organico sul sistema del trasporto merci;
- › creare una banca-data di riferimento, organica ed ordinata, suscettibile di estensione modulare e di aggiornamento periodico, capace di esprimere la struttura e le caratteristiche quantitative del trasporto merci;

- implementare uno strumento utile a supportare le decisioni, ad orientare le politiche di piano e la progettualità in un settore strategico dell'economia;
- ricostruire gli aspetti qualitativi e quantitativi della catena logistica del trasporto merci in ambito urbano-metropolitano;
- individuare gli impatti sul sistema dei trasporti determinati dalla configurazione del sistema logistico e da quello della distribuzione commerciale;
- pervenire ad una ricostruzione delle differenti filiere della distribuzione delle merci destinate al consumo, in funzione delle tipologie merceologiche, delle caratteristiche dei punti vendita (piccolo, grande distribuzione despecializzata, franchising, ecc.), delle caratteristiche della funzione di trasporto (dimensione dei veicoli, numero di consegne/giorno, ecc.).

Dovevano inoltre essere promosse efficienza ed imprenditorialità in tutti i comparti del settore, in funzione di una sempre maggiore specializzazione dei servizi per rispondere alle diverse filiere di prodotto, con un'attenzione particolare alla distribuzione di beni di largo consumo, alla gestione delle merci pericolose, alla sicurezza dei rifornimenti energetici, ecc.

2.1.5 Strategie nel PUM

La realizzazione degli interventi contenuti nelle proposte del PUM avrebbe comportato l'impiego di considerevoli risorse sia per il finanziamento degli investimenti sia per la gestione del sistema modellistico previsto. Il piano considerava quindi utilizzabili per la copertura dei costi tutte le possibili fonti, ovvero non solo le risorse interne pubbliche disponibili, ma anche le risorse private attivabili (project financing), pubbliche e i contributi e i finanziamenti ministeriali attesi (Ministero trasporti/navigazione – Ministero ambiente) per il finanziamento nella fase di gestione.

Il PUM indicava quindi le linee strategiche di sviluppo della mobilità e le ricadute

ambientali sulla base di alcune ipotesi sia connesse allo sviluppo demografico sia ai trend della mobilità riconducibili alle trasformazioni urbane in atto ed alla progressiva dotazione di infrastrutture e finanziamenti per realizzarle.

Obiettivo prioritario dichiarato era infatti quello di aumentare quantitativamente e qualitativamente l'offerta di trasporto pubblico nell'ottica dell'integrazione modale, sviluppando la dotazione infrastrutturale e garantendo obiettivi di sicurezza e sostenibilità, con il traguardo, per l'arco temporale 2001-2010, di spostare del 60%, a favore del mezzo pubblico, la ripartizione modale.

Va ricordato che Milano, nel suo complesso, costituisce un grande attrattore di traffico proveniente prevalentemente dall'area urbana circostante; la rete stradale di Milano ha un'estensione complessiva di 1743 km⁹ con un tessuto prevalentemente residenziale e compatto.

Le diminuzioni di traffico avvenute dal 2001 sono il risultato principalmente dei risultati adottati in questi anni per scoraggiare la penetrazione dei veicoli privati fino all'area centrale, in particolare la regolamentazione della sosta, trasformazioni urbane, l'evoluzione delle attività insediate, le congiunture economiche, che possono incidere sul traffico in ingresso in città.

anno	Cerchia dei Navigli		Cerchia dei Bastioni		Cerchia filoviaria		Confini comunali	
	entrata	uscita	entrata	uscita	entrata	uscita	entrata	uscita
1961	177.000	166.000					136.000	134.000
1963	193.000	182.000	215.000	185.000			241.000	235.000
1966	199.000	196.000	345.000	329.000				
1968							313.000	300.000
1969	204.000	195.000			630.000	603.000		
1970			332.000	317.000				
1971							348.000	325.000
1972	208.000	196.000						
1974					618.000	601.000	389.000	388.000
1975			295.000	291.000				
1976	184.000	180.000						
1977					567.000	552.000	402.000	392.000
1978			288.000	271.000				
1980	168.000	163.000					449.000	447.000
1981					590.000	576.000		
1985	164.000	158.000					574.000	560.000
1986	154.000	150.000	277.000	267.000				
1987	157.000	151.000					623.000	618.000
1988	136.000	134.000			642.000	619.000		
1989	140.000	139.000					651.000	648.000
1990	131.000	131.000						
1991	131.000	126.000	285.000	275.000				
1992							676.000	665.000
1993	122.000	120.000					676.000	671.000
1994							689.000	677.000
1995							699.000	680.000
1996							700.000	684.000
2001			176.000	165.000	423.000 ³		630.000	615.000
2002	81.000	84.000	158.000	146.000				
2004			158.000	145.000				

Serie storiche in ingresso ed uscita dalle 7:00 alle 20:00 alle principali cerchie. Fonte: 1961-1996 PGTU 2000 Comune di Milano-ATM; 2001-2002 Agenzia Mobilità e Ambiente

E' significativo confrontare il trend dei dati rilevati in relazione all'attuazione dei principali interventi di regolazione della circolazione e della sosta con i valori riportati nella precedente tabella:

- › 1985 Chiusura del centro storico alle auto
- › 1993 Regime di circolazione in centro storico "a spicchi"
- › 1996 Regolamentazione della sosta (giallo/blu) fino alla cerchia dei Navigli
- › 2002 Regolamentazione della sosta (giallo/blu) fino alla cerchia dei Bastioni

Dal grafico riportato nel PGTU 2003 risulta evidente, a dispetto delle considerazioni avanzate dagli estensori del Piano, considerazioni volte ad enfatizzare la costante diminuzione del traffico nell'area urbana centrale, la costante crescita dei flussi veicolari che interessano la metropoli, poiché

- i valori riportati nella tabelle non sono riferiti a tutti gli anni ma solo ad alcuni (non risultano infatti riportati i flussi veicolari in anni recenti: 1997-1998-1999-2000);
- si evidenzia una sostanziale stabilità dei flussi rilevati (volumi complessivamente registrati all'interno dei confini comunali).

2.1.6 Il sistema di Trasporto Pubblico

La città di Milano costituisce, insieme al suo hinterland, un'area urbanizzata molto ampia, la cui rete del trasporto pubblico risulta quindi molto articolata. La rete del trasporto pubblico milanese si caratterizza per tre elementi principali:

- la presenza di modalità diverse: metropolitana, ferrovia, tranvie in sede propria e promiscue, autolinee e filovie;
- una chiara struttura gerarchica, che tende ad attribuire al trasporto su ferro in sede propria il ruolo di struttura portante della rete;
- a fronte di un carattere prevalentemente radiale della rete, espresso dalle lunghe linee tranviarie e metropolitane che attraversano il territorio comunale da un estremo all'altro, esistono linee con percorso circolare o semicircolare.

Rete metropolitana:

- La M1 (o Linea Rossa), inaugurata nel 1964, collega Sesto San Giovanni, alla periferia nord di Milano, con i capolinea di Bisceglie e Rho Fiera Milano a ovest della città. Con 27 km di lunghezza e 38 stazioni, rappresenta uno degli assi portanti dell'intero sistema dei trasporti urbani e comprensoriali. La M1 è stata prolungata verso nord con una tratta di circa 2 km sino a Sesto Primo Maggio e in futuro

raggiungerà Cinisello-Monza (apertura al pubblico prevista per la primavera del 2015).

Attività	km	Numero stazioni	Tratta
In esercizio	27	38	Rho-Fiera Milano / Bisceglie - Sesto FS
In costruzione	1,9	2	Sesto FS - Cinisello/Monza

- La M2 (o Linea Verde) è particolarmente importante perché collega tutte le maggiori stazioni ferroviarie di Milano: infatti, nel suo percorso urbano, la linea tocca le stazioni di Lambrate FS, Centrale FS, Garibaldi FS, Cadorna FNM e Porta Genova FS, tutte interessate da notevoli flussi di passeggeri pendolari. La Linea 2 raggiunge anche diversi comuni dell'hinterland milanese, quali Cologno Nord, Gessate e ora anche Assago, passando per l'importante snodo di Cadorna. Il 20 febbraio 2011 è stato inaugurato il prolungamento della Linea 2 da Famagosta ad Assago Milanofiori Nord e Assago Milanofiori Forum. La nuova tratta è prevalentemente in superficie e affianca l'autostrada A7. È in corso anche la progettazione definitiva su incarico del Comune del prolungamento in direzione nord-est, da Cologno Nord a Vimercate, con cinque stazioni: Brugherio, Carugate, Agrate - Colleoni, Concorezzo e Vimercate Torri Bianche.

Attività	km	Numero stazioni	Tratta
In esercizio	40,4	35	Abbiategrosso/Assago Milanofiori Forum - Gessate/Cologno Nord
Progetto definitivo	9,7	5	Cologno Nord - Vimercate

- La M3 (o Linea Gialla) è un importante raccordo per l'intera rete urbana ed extraurbana. La linea, che ha per ora una lunghezza di 17,1 km e 21 stazioni, si sviluppa da nord a Comasina, per terminare verso sud-est al confine con il Comune di San Donato Milanese. Importanti sono i nodi di interscambio lungo la linea: il collegamento con la rete ferroviaria nazionale alle stazioni Centrale, Porta Romana e Rogoredo, con il Passante Ferroviario alla stazione di Repubblica e Affori e con la rete metropolitana alla stazione Centrale (Linea 2) e in piazza Duomo (Linea 1), nonché con le linee circolari urbane di superficie. Verso sud è allo studio il progetto definitivo del prolungamento da San Donato a Paullo, con sei stazioni: San Donato Centro, Peschiera Centro, Pantigliate Mediglia, Caleppio Cerca, Paullo centro e Paullo est.

Attività	km	Numero stazioni	Tratta
In esercizio	16,6	21	San Donato - Comasina
Progetto definitivo	14,8	6	San Donato - Paullo Est

- La M4 (o Linea Blu) attraverserà Milano per circa 15 km da ovest ad est lungo viale Lorenteggio, passando a sud del centro storico e lungo gli assi Indipendenza, Argonne e Forlanini fino all'Aeroporto di Linate. La linea avrà 21 stazioni: San Cristoforo FS, Segneri, Gelsomini, Frattini, Tolstoi, Washington-Bolivar, Foppa, Parco Solari, S. Ambrogio, De Amicis, Vetra, S.Sofia, Sforza-Policlinico, San Babila, Tricolore, Dateo, Susa, Argonne, Forlanini FS, Quartiere Forlanini, Linate aeroporto. La nuova M4 attraverserà quindi quartieri a elevata densità abitativa. Per questa ragione le metodologie di costruzione sono state concepite in modo da minimizzare gli impatti in superficie e adattarsi a un sottosuolo interessato da numerose infrastrutture e da una significativa presenza di acqua. Il largo impiego dello scudo

meccanizzato e la scelta della doppia galleria a singolo binario per le vie di corsa consentono di ottimizzare la flessibilità e l'adattabilità del tracciato, realizzato quasi interamente nel sottosuolo. Il tracciato della M4 ottimizza la copertura della città, le possibilità di carico e l'interconnessione con la rete metropolitana e ferroviaria suburbana, migliorando l'effetto rete complessivo dell'intero sistema di trasporto pubblico della città. Sono in fase di valutazione i prolungamenti verso Buccinasco e Pioltello, con un'ulteriore diramazione a est verso il nuovo quartiere Rogoredo-Santa Giulia e, successivamente, verso San Giuliano Milanese lungo la via Emilia. Nel 2011 sono stati aperti i cantieri. L'opera sarà completata nel 2018, ma già nella prima metà del 2015 potrebbe essere in funzione la tratta dall'aeroporto di Linate alla stazione ferroviaria del Passante e della cintura Forlanini FS, anch'essa operativa entro il 2015. La M4, come l'altra nuova linea M5, sarà più leggera e a maggior contenuto tecnologico. Il sistema sarà completamente automatizzato, senza conducenti sui convogli, l'automatismo del sistema assicurerà frequenze più elevate dei mezzi garantendo la possibilità di portare 24-28 mila passeggeri per ora per direzione.

Attività	km	Numero stazioni	Tratta
In progetto	15	21	San Cristoforo-Linate

- La M5 (o Linea Lilla, il cui esecutore "concessionario" è Metro5 Spa, servirà l'asse nord dei viali Fulvio Testi e Zara, la stazione Garibaldi e la nuova area di insediamenti, sviluppandosi per 12,8 km, dai confini comunali con Sesto San Giovanni sino al Centro direzionale e da qui verso ovest attraverso le zone Monumentale, Sempione, City Life e San Siro. La linea ha 19 stazioni: Bignami,

Ponale, Bicocca, Ca' Granda, Istria, Marche, Zara, Isola, Garibaldi FS, Monumentale, Cenisio, Gerusalemme, Domodossola, Tre Torri, Portello, Lotto, Segesta, San Siro Trotter, San Siro Harar-Dessiè. La costruzione della tratta Bignami-Garibaldi, pari a 6,1 km è stata avviata nell'ottobre del 2008 ed è in avanzato stato di realizzazione; il completamento dell'opera è previsto per il 2015, in tempo per EXPO. La linea potrà trasportare fino a 24.000 passeggeri per ogni ora, riducendo i tempi di percorrenza e di attesa.

Attività	km	Numero stazioni	Tratta
In costruzione	12,8	19	Bignami - San Siro Harar Dessiè
In progetto	6,3	5	Bignami - Monza

Passante Ferroviario:

A Milano convergono molte linee ferroviarie dall'intera Lombardia. Per consentire lo sviluppo dei servizi ferroviari, è stato realizzato un collegamento diretto sotterraneo sul modello delle grandi capitali europee, come la RER di Parigi o le S-Bahn tedesche. La lunghezza complessiva del tracciato è di oltre 18 km (comprese le connessioni alla rete esterna), metà dei quali in sotterraneo, con 10 stazioni nel territorio comunale di Milano, di cui 6 nel sottosuolo e 4 in superficie. Il Passante è l'asse portante del Servizio Ferroviario Suburbano milanese. I treni che lo percorrono servono l'area metropolitana intorno alla città e creano il collegamento tra le principali direttrici regionali. Sul modello della rete S-Bahn di Monaco di Baviera, le linee S fermano in tutte le stazioni a intervalli di 30'. Attualmente i servizi attivi del Passante sono: S1 Saronno-Lodi, S2 Mariano C.-Rogoredo, S5 Varese-Treviglio, S6 Novara-Pioltello/Treviglio e la "navetta" S10 Bovisa-Rogoredo. Nel tratto centrale, la sovrapposizione delle linee determina una frequenza di treni

complessiva pari a un convoglio ogni 6'. Nel "Sistema Passante" tutte le linee provenienti dalle diverse direzioni regionali si sovrappongono nel tratto centrale sotterraneo Lancetti-Vittoria. Le "stazioni d'ingresso" nel Passante sono, ad ovest, Bovisa (FNM) in direzione Saronno/Seveso, e Rho Fiera (FS) lato Gallarate/Novara, mentre, ad est, Pioltello (FS) in direzione Treviglio e Rogoredo (FS) in direzione Lodi e Pavia. Le stazioni di Rogoredo, Pioltello e Rho Fiera svolgono anche il ruolo di vere e proprie stazioni porta dove avviene l'interconnessione tra il Servizio Ferroviario Regionale e i treni di lunga percorrenza, in particolare con la rete dell'Alta Velocità per Torino, Bologna e Venezia. Le stazioni del Passante sono tra le più rilevanti opere in sotterraneo realizzate in Italia. La loro lunghezza è di 250 m, oltre il doppio di una normale stazione della metropolitana per dimensioni complessive. Tutte le stazioni creano importanti interscambi con la rete del trasporto pubblico, sia della metropolitana che delle linee di superficie. Tre stazioni (Garibaldi, Repubblica e Porta Venezia) interscambiano con le tre linee esistenti della metropolitana e una quarta (Dateo) interscambierà con la futura M4. Talvolta disposte su più livelli, le loro caratteristiche funzionali sono simili a una stazione ferroviaria tradizionale con biglietterie, informazioni al pubblico, servizi igienici. Nel prossimo futuro, i grandi spazi ancora disponibili verranno sfruttati per attività commerciali.

Dal Piano Urbano della Mobilità discendono il Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) che delinea gli interventi sul traffico con orizzonte biennale, il Piano Triennale dei Servizi di Trasporto Pubblico (PTS) che indica tra l'altro le strategie di attuazione della riforma del settore ed il Programma Urbano dei Parcheggi (PUP), aggiornato annualmente ai sensi della legge 122/89, che adotta la strategia di integrazione fra la realizzazione di nuovi parcheggi e l'attuazione di una efficace disciplina della sosta in sede stradale.



2.2 PROGRAMMA URBANO DEI PARCHEGGI (2000)

Parallelamente si era sviluppata la strategia della sosta in struttura attraverso il Programma Urbano dei Parcheggi (PUP), ai sensi della legge 122/89. Il PUP ha visto l'ultimo aggiornamento, il VII°, nel 2003, redatto facendo riferimento alle valutazioni di fabbisogno formulate nei precedenti aggiornamenti e con dati desunti dalle indagini condotte nell'ambito degli studi preparatori per i Piani Particolareggiati del Traffico Urbano. Il Programma Urbano dei Parcheggi adottava, in linea con gli indirizzi del PUM, la strategia di integrazione fra la realizzazione di nuovi parcheggi e l'attuazione di una più efficace disciplina della sosta in sede stradale; infatti tra gli obiettivi generali del PUM c'era quello fondamentale di "migliorare la qualità della vita dei cittadini" che presupponeva una serie di interventi sulla circolazione da attuare all'interno di un sistema complessivo di regolazione del traffico inscindibile dalla organizzazione e dal controllo della sosta.

Occorreva quindi definire e sperimentare nuove modalità, anche di tipo procedurale, atte ad accelerare la realizzazione di parcheggi pubblici e di parcheggi per residenti, sia in aree pubbliche che in aree private, per risolvere le carenze di spazi di sosta in città.

L'auspicata protezione dei quartieri dal traffico non poteva prescindere da interventi mirati, sia sulle strade principali, per liberarle dalla sosta impropria e contribuire a garantire a questi assi continuità di tracciato, sia sulle strade di distribuzione interna, per individuare strutture di sosta sufficienti alle funzioni che si svolgono nel quartiere. L'obiettivo era quello di eliminare il maggior numero di autovetture dalle sedi stradali e dai marciapiedi, recuperando spazi per migliorare la circolazione veicolare, del trasporto pubblico e creare nuovi spazi per la mobilità pedonale e ciclabile.

Risultava quindi necessaria la realizzazione di parcheggi per residenti con l'obiettivo di passare da un modello di offerta spontanea ad un modello di offerta organizzata, mettendo a sistema la tutela della sosta dei veicoli dei residenti sul suolo pubblico con il

progressivo trasferimento di parte di questa domanda di sosta su area privata o nel sottosuolo pubblico. Il concetto di Zone di particolare Rilevanza Urbanistica esprimeva una ben precisa scelta strategica attraverso la quale attuare la regolamentazione della sosta: all'epoca della redazione del PUM la sosta era regolamentata nel centro storico, fino alla cerchia dei Navigli e nelle zone di San Siro e del polo interno della Fiera e ha dimostrato che, considerato i risultati ottenuti, si rendeva necessaria la progressiva estensione della regolamentazione della sosta a tutte le Zone di particolare Rilevanza Urbanistica, individuando spazi destinati ai residenti e spazi per la sosta operativa, a pagamento e con limiti temporali, ottenendo l'effetto di eliminare la sosta di lungo periodo dei non residenti in sede stradale e, di riflesso, effetti positivi a favore della qualità urbana e un riequilibrio del deficit a favore dei residenti.

Parallelamente alla realizzazione dei parcheggi residenziali occorreva quindi realizzare parcheggi operativi che garantivano l'individuazione precisa delle aree interessate, e una strategia di integrazione e pianificazione delle varie modalità di sosta.

Il PUP individuava l'offerta di stazionamento suddividendola in categorie funzionali.

- Parcheggi di interscambio: localizzati nella corona esterna tendenti ad offrire alle provenienze da fuori Milano la possibilità di recarsi nelle destinazioni interne alla città lasciando l'auto in prossimità degli attestamenti delle principali linee del trasporto pubblico urbano (metropolitane e linee di forza).
- Parcheggi di corrispondenza: in linea di massima più interni alla corona dei parcheggi di interscambio, atti a favorire il passaggio al mezzo pubblico di utenti provenienti da ampi settori urbani o a consentire lo stazionamento dei mezzi privati presso le principali stazioni ferroviarie.
- Parcheggi pubblici urbani: chiamati ad offrire possibilità di sosta a rotazione per flussi con destinazione locale e che in molti casi potrebbero anche essere utilizzati nelle ore notturne per le auto dei residenti. Alcuni di essi risultano specificamente connessi

con grandi servizi cittadini, altri sono stati più genericamente realizzati al fine di offrire maggiori possibilità di stazionamento nelle zone di concentrazione terziario-direzionale o di offerta di funzioni di “loisir” (parchi centrali, cine-teatri, ecc.), altri ancora avrebbero dovuto , rispetto alla copertura del fabbisogno, compensare le perdite di posti auto superficiali nelle aree in cui si prevede l'introduzione della disciplina della sosta oraria a pagamento.

- Parcheggi per i grandi servizi: per servire aree quali la Fiera di Milano, le zone universitarie, le aree ospedaliere, l'Ortomercato.
- Parcheggi inclusi in Programmi complessi: quali Programmi di Riqualficazione Urbana, Programmi Integrati di Intervento, Piani Particolareggiati.
- Parcheggi a servizio delle funzioni terziarie e per lo spettacolo (aree centrali, assi commerciali, ecc.): per i quali l'Amministrazione puntava al coinvolgimento di risorse private e all'attivazione di procedure di Project Financing.

Importante indicazione che emergeva dalle verifiche di attuazione è il sostanziale esaurimento, con i bandi e le proposte pervenute, delle previsioni del VII aggiornamento (che recepiva le indicazioni contenute negli strumenti di pianificazione precedenti, avvalendosi per la determinazione dei fabbisogni di nuove indagini condotte per gli studi preparatori dei Piani Particolareggiati del Traffico Urbano) che quindi rendeva necessario la predisposizione a breve un nuovo aggiornamento.

Forse nessun documento del Comune di Milano quanto questo Programma Urbano dei Parcheggi ha dato adito a tanti contenziosi, manifestazioni e contrasti, sfociati anche in condanne del Tribunale; infatti nel 2010 l'ex assessore ai Lavori Pubblici, Lucia Castellano, dopo aver riesaminato le singole situazioni, annunciò alla Commissione Mobilità la cancellazione di parcheggi interrati pianificati anni prima e considerati inutili, o di impatto ambientale e sociale eccessivo, o ancora, potenzialmente incompatibili con la

rete aviaria e i servizi. La giunta infatti propose al consiglio comunale una delibera per la cancellazione del Programma Urbano dei Parcheggi, con l'annessa soppressione di sei parcheggi, a costo zero. Il Comune di Milano ottenne una sorta di primato, quello che il business dei parcheggi sotterranei ha prodotto intorno al quartiere Città Studi. Ad esempio, per il parcheggio di piazza Gian Lorenzo Bernini i lavori partirono in assenza di un valido titolo, stante l'illegittimità del permesso a costruire, quindi violando sia le leggi sulla sicurezza, sia quelle sulla tutela ambientale; ottenne infatti il parere di conformità dei vigili del fuoco (un documento fondamentale per poter costruire) rappresentando falsamente lo stato di fatto. A fronte di scarse indagini geotecniche in altri casi si sono verificati ammaloramenti significativi negli edifici adiacenti o prospicienti le aree di scavo, come nel caso del parcheggio di via Bazzini: la scelta operata dalla società di ovviare ai danni arrecati alle strutture di alcuni palazzi installando tiranti per la messa in sicurezza è sfociata in una causa che ha portato al fallimento della ditta alla quale il Comune aveva concesso un'area per costruire il parcheggio sotterraneo. La vicenda è nota come la "battaglia contro i tiranti" - poiché i cavi d'acciaio installati per garantire la staticità delle pareti di cemento durante gli scavi, hanno provocato danni gravissimi ai sei palazzi circostanti e i residenti, avviarono cinque provvedimenti cautelari d'urgenza ed una causa ordinaria, che vinsero.

In molti casi vi sono stati problemi per quei cittadini che avevano prenotato un garage e che, a fronte di un investimento economico rilevante, non hanno più avuto notizie certe sulla tempistica dei lavori e la possibile fruizione del posto auto pagato in anticipo.; chi invece si era opposto alla realizzazione dei box si è ritrovato a convivere con alcuni cantieri abbandonati sotto casa.

2.2.1 Sistema della sosta

La sosta su strada costituisce in molte parti della città uno dei problemi di maggior rilievo e causa sia un serio intralcio alla circolazione dei veicoli, sia al movimento e alla sicurezza dei pedoni. La sosta non deve essere intesa come mero momento passivo della circolazione ma come elemento concomitante alla generazione della congestione, e come tale, deve essere assunto come strumento di regolazione dell'uso delle superfici stradali, e in ultima analisi della stessa circolazione. L'art 7 del Codice della Strada prevede che i Comuni abbiano facoltà di istituire, con atto amministrativo, spazi per la sosta a pagamento e di riservare spazi di sosta ai veicoli privati dei soli residenti di una determinata zona, a titolo gratuito od oneroso. Limita però l'esercizio di quest'ultima facoltà a determinate zone appositamente individuate e precisamente alle Zone a Traffico Limitato, alle Zone "A" (centro storico) definite dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici, 2 aprile 1968, n.1444 e alle Zone di Particolare Rilevanza Urbanistica, opportunamente individuate e delimitate, nelle quali sussistano esigenze e condizioni particolari di traffico.

Il Comune di Milano, oltre agli ambiti individuati come Centri Storici (Zone A) ha individuato le Zone di Particolare Rilevanza Urbanistica, nelle quali è applicabile la riserva di spazi destinati ai residenti, salvaguardando le esigenze della sosta operativa necessaria nelle aree a pagamento.

E quindi tra gli obiettivi prioritari del PUM c'era la progressiva regolamentazione contestualmente alle strutture alternative realizzate. L'estensione del fenomeno era aumentato in proporzione all'aumento del tasso di motorizzazione e la sua vastità era tale che non poteva essere affrontato con provvedimenti di disciplina ma con interventi strutturali.

Sosta regolamentata:

L'incremento dell'offerta ottenuto tramite la costruzione di parcheggi sotterranei ha costituito un'effettiva risposta al deficit di sosta sia diurno, con i parcheggi a rotazione, che notturno, con i parcheggi per residenti. In particolare per la sosta notturna si evidenziava il fatto che a fronte di un valore medio comunale del rapporto tra domanda ed offerta pari a 1,07 la variazione locale era compresa tra lo 0,78 nella corona tra le cerchie dei Navigli e dei Bastioni e l'1,64 del settore di Zona 2 compreso fra i Bastioni e la Circonvallazione. Nelle ore diurne l'analisi dei diversi ambiti indicava che l'area centrale, interna alla cerchia dei Bastioni, subiva un incremento uniforme della domanda superiore al 40% che saliva al 52% entro la cerchia dei Navigli, anche se, grazie all'elevata offerta di parcheggio in autorimesse a pagamento, il deficit si manteneva entro valori accettabili.

La regolamentazione era stata finalizzata al riequilibrio del deficit di sosta a favore dei residenti, soprattutto in quelle aree in cui vi era una forte domanda dovuta ad esigenze lavorative o commerciali (diurne) o a luoghi di svago o di divertimento (notturni). Un'altra finalità era la riduzione del traffico veicolare mediante il recupero di tutti gli spazi utili alla circolazione sulla rete principale. Infatti, la sosta non residenziale determinava una riduzione della capacità stradale e una conseguente congestione della circolazione, dovute sia all'occupazione permanente di parte della carreggiata (sosta in doppia fila), che al traffico indotto dalla ricerca di parcheggio.

Il PUM inoltre stabilì la creazione di sistemi di instradamento ed informazione sui parcheggi, al fine di rendere più efficiente la gestione della domanda di sosta, ovvero consentire una ottimale turnazione ed occupazione dei parcheggi, evitando quei fenomeni di congestione che si verificavano in prossimità delle aree di sosta sature in conseguenza degli spostamenti "parassiti" che venivano effettuati dagli automobilisti che a bassa velocità percorrevano ripetutamente lo stesso tragitto alla ricerca di uno stallone libero. Il Piano prevedeva l'installazione sui pannelli indicatori della posizione dei parcheggi e di

segnalazione della disponibilità dei posti auto liberi:

- su tutti gli itinerari afferenti ai parcheggi di interscambio esterni alla città;
- su tutte le direttrici principali di penetrazione al centro urbano;
- lungo due circolari di collegamento tra i vari quartieri della città;
- lungo tutti i corridoi afferenti al centro storico (“loops”).

La strategia di intervento sulla sosta, era costituita da una graduale estensione ai diversi settori cittadini della sosta regolamentata in sede stradale. La regolamentazione della sosta in sede stradale è più facilmente conseguibile laddove non si manifestino particolari carenze di spazi per gli autoveicoli dei residenti. Alle aree che vennero indicate come prioritarie dal PGTU:

- la zona della Fiera;
- la zona di S. Siro ora Meazza;
- il Centro Direzionale Garibaldi – Repubblica, da anni però completamente stravolto dai lavori;

si aggiunsero le aree con forte concentrazione di locali pubblici (Navigli e Brera – Garibaldi), in cui si era necessario regolamentare la sosta soprattutto nelle ore notturne. Nelle altre aree cittadine dove la presenza dei soli autoveicoli dei residenti era sufficiente a saturare tutti gli spazi disponibili, per cui durante il giorno non esistono margini apprezzabili di spazi per sosta a rotazione, si richiedeva la risoluzione del fabbisogno attraverso i programmati parcheggi per residenti.

La sosta dei residenti:

In molte zone della città il numero dei veicoli in sosta notturna su strada delle auto dei residenti è superiore agli stessi spazi di sosta disponibili così che si parcheggia anche sui marciapiedi, sui parterre di verde, in spazi dove il segnale di divieto è installato per esigenze di sicurezza in prossimità dei binari del tram, in strade dove la sosta non

garantisce il transito dei mezzi di soccorso. Alla sera, in alcuni punti ben individuati della città dove si è sviluppata una concentrata presenza di locali pubblici o dove il riuso di strutture industriali inserite in un edificato denso ha visto sorgere discoteche o locali di ritrovo, si creano situazioni di forte tensione di domanda di sosta conflittuale con quella residenziale che dall'area interessata si estende ad un vasto raggio d'intorno.

La sosta dei veicoli dei residenti non è solo notturna e in molti casi si estende alle ore del giorno: se nei quartieri esterni non costituiva un problema in considerazione della maggiore disponibilità di spazi disponibili, nelle aree centrali, ed in particolare tra la Cerchia dei Navigli e i Bastioni, entrava in pesante conflitto con altri tipi di domanda. Il PUM aveva programmato la realizzazione di 67.500 nuovi parcheggi per residenti: molti ma insufficienti a dare una risposta esaustiva. La sfida doveva essere affrontata con un diverso approccio al problema che valutasse l'interesse economico dei cittadini rispetto ad una offerta non esclusivamente orientata verso i parcheggi in proprietà ma assolvibile o con parcheggi in affitto, realizzati dall'Amministrazione Comunale o dai privati.

La sosta operativa:

La parte dei veicoli dei residenti che staziona su strada continuativamente, così che lo stallo di sosta si identifica come posto auto personale, insieme ai veicoli di quanti si recano al lavoro con l'auto, residenti o provenienti da fuori Milano, sottrae disponibilità alla sosta operativa, che è legata allo stesso pulsare della città: una domanda crescente dovuta ad artigiani, riparatori e installatori, ad attività di presa e consegna di documenti, di carico e scarico merci in forte espansione non solo presso i punti vendita ma anche, con l'e-commerce, presso i privati. Sosta caratterizzata dalla breve durata, dalla ricerca del posto libero nel minor tempo e alla distanza minima dal luogo di destinazione. E' legata ad attività professionali connesse al terziario, alla residenza, agli esercizi commerciali. Questo tipo di domanda, laddove non trovi risposta nelle aree riservate al carico e scarico (la cui

estensione si scontra con la domanda di sosta dei residenti) e nella disponibilità garantita dalla sosta regolamentata e a pagamento, avviene - com'è noto - in modo irregolare, occupando qualunque spazio utile, anche in sede stradale in seconda e terza fila.

Il PUM in questo caso, programmava la realizzazione di altri 32.500 nuovi parcheggi operativi di cui 6.900 per le corrispondenze con i mezzi pubblici, 18.000 nei programmi urbanistici di sviluppo e al servizio di grandi servizi urbani, 7.800 in parcheggi da realizzare in project financing. Tuttavia la risposta al problema si poteva trovare solo con la progressiva regolamentazione della sosta che costituisce l'indirizzo da estendere verso la Cerchia dei Bastioni, la zona della Fiera, la zona di S. Siro, il Centro Direzionale, le aree universitarie di Città Studi, della Bicocca e dell'area della Bocconi.

La sosta di lunga durata:

La sosta di lunga durata è dovuta principalmente a motivi di lavoro e studio. E' la più complessa da affrontare per la sua estensione quantitativa e per la sua diffusione in ogni parte della città. Dovuta ai residenti che si spostano con mezzo privato, ma soprattutto a quanti con mezzo privato giungono da fuori Milano.

Quando è stato redatto il PUM, dei 300.000 veicoli, che ogni mattina entravano in città, solo il 14% (42.000 veicoli) lasciava la propria auto in un parcheggio d'interscambio; il resto penetrava in città e, mentre una piccolissima parte faceva coincidere il termine del viaggio in uno spazio proprio o in un'autorimessa, gli altri parcheggiavano in strada occupando lo spazio più prossimo alla destinazione del viaggio.

La sfida era quella di :

- potenziare sia il Servizio Ferroviario Regionale,
- estendere le linee metropolitane,
- riqualificare il trasporto collettivo,

- realizzare nuovi parcheggi di interscambio (il PUM programmava 14.000 posti auto raddoppiando l'attuale disponibilità) operando su una diversa qualità dei punti di interscambio.
- Per quanto riguarda i parcheggi di interscambio la disponibilità di strutture di parcheggio e la contestuale razionalizzazione della sosta sulle strade, consentono la riduzione della pressione delle auto in sosta irregolare e quindi determinano la fluidificazione del traffico. Altre azioni erano volte a individuare alcune strade-parcheggio, regolamentare l'utilizzo dei parcheggi e la sosta diffusa. Oltre ai 15.200 posti auto che, nell'anno 2001, erano distribuiti in 13 parcheggi di interscambio, vennero individuati 14.000 posti auto collocati nella corona esterna, prossima al confine comunale, con il compito di attestare il traffico automobilistico proveniente dall' hinterland e di fornire una possibilità di interscambio tra il mezzo privato e il mezzo pubblico; vennero localizzati in prossimità di linee di forza del trasporto pubblico (ferrovia, metropolitana, tram in sede protetta), in coincidenza delle strade di penetrazione, quindi facilmente raggiungibili dai grandi volumi di traffico. Il requisito della massima accessibilità era determinante ed era garantito sia dalle infrastrutture viabilistiche di accesso all'interscambio, sia dai sistemi distributivi veicolari e pedonali interni, mediante una razionale progettazione delle infrastrutture tendenti soprattutto a ridurre i tempi di trasferimento ed il disagio dell'utente dovuto alla rottura di carico.
- Parcheggi di corrispondenza: sono collocati in una corona più interna rispetto ai parcheggi di interscambio ed hanno la funzione di favorire il passaggio al mezzo pubblico della maggiore quantità di utenti provenienti da ampi settori urbani e diretti verso l'area urbana più centrale. Il PUM ne prevedeva ulteriori 6.900 distribuiti in 11 nuove strutture.
- Parcheggi pubblici per i grandi servizi e inclusi in programmi complessi: sono strutture che offrono posti auto a rotazione localizzati in prossimità di rilevanti

funzioni urbane, ovvero luoghi di destinazione dello spostamento quali le aree ospedaliere, il complesso fieristico, le sedi universitarie, i centri direzionali, alcuni uffici pubblici, ecc. Il PUM ne prevedeva di realizzarne nel decennio 2001-2011 18.100, parte al servizio di nuove strutture pubbliche, parte in programmi urbanistici complessi.

- ▶ Parcheggi operativi: l'attuale disponibilità in strutture pubbliche, è di poco più di 5000 posti auto in parcheggi operativi o parcheggi misti operativi/residenti. La dotazione di autorimesse private esistenti costituisce dunque la più consistente risorsa che deve essere valorizzata e pienamente integrata nel sistema complessivo dello stazionamento veicolare: nella sola area Centrale, interna ai Bastioni, era stata vista una disponibilità di oltre 11.300 posti auto e nel complesso della città di quasi 64.700. Le strutture individuate dal PUM furono collocate in prossimità di località di forte attrazione per la presenza di luoghi pubblici o di pubblica utilità.

2.3 PIANO TRIENNALE DEI SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO (2001)

Il Piano Triennale dei Servizi di Trasporto Pubblico Locale attuava le strategie del PUM per il Trasporto Pubblico Locale ed era uno degli strumenti di attuazione della riforma del settore per temi di grande importanza quali:

- il progetto di rete integrata dei servizi di trasporto pubblico;
- il decentramento di funzioni e trasferimento di risorse dalla Regione al Comune di Milano;
- l'estensione della competenza del Comune di Milano ai servizi di area urbana;
- l'individuazione del livello dei servizi minimi e loro programmazione;
- la separazione tra la funzione di regolazione e gestione delle reti, degli impianti e delle dotazioni, attribuita agli Enti Pubblici, anche in via indiretta attraverso soggetti controllati, e quella di gestione dei servizi, svolta dalle aziende;
- il superamento degli assetti monopolistici, introducendo regole di concorrenzialità nell'affidamento dei servizi, monitorando ed incentivando l'incremento della qualità, dell'efficacia, dell'efficienza e dell'economicità.

Il Piano Triennale dei Servizi prevedeva le linee fondamentali secondo cui il Comune di Milano intendeva procedere nel settore di trasporto pubblico locale urbano e di area urbana, comprendente, oltre a Milano, 32 Comuni ed inoltre specificava la riprogettazione della rete e dei servizi di TPL sia urbani che di Area urbana, attribuiti dalla normativa regionale. Il documento stabiliva quindi la riprogettazione della rete comunale e dell'area urbana nella prospettiva dello svolgimento delle gare per l'affidamento dei servizi. Per quanto riguarda gli aspetti di regolazione, venivano delineate le modalità di affidamento dei servizi con procedure concorsuali e la successiva attività di monitoraggio contrattuale.

Il PTS era un programma compatibile con altri strumenti, che interessavano in modo diretto o influenzavano le scelte in materia di trasporto pubblico; in questo ambito, esso

svolgeva la funzione di strumento settoriale di breve periodo (3 anni), focalizzato sulla programmazione e organizzazione dei servizi di trasporto pubblico locale. L'elaborazione del documento teneva conto delle importanti trasformazioni avvenute ed in itinere, nel Comune di Milano, nel quadro del governo dei servizi di TPL; basti pensare alla costituzione di Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio, alla predisposizione del PUM, alla trasformazione in S.p.A. dell'Azienda Trasporti Milanesi, al contratto di servizio che ha regolato, nel periodo transitorio, il rapporto contrattuale fra ATM ed il Comune di Milano. Un'ulteriore trasformazione è stata costituita dall'ampliamento delle competenze del Comune di Milano, a partire dall'anno 2002, ai servizi cosiddetti di area urbana, definiti dalla legge regionale n. 22/98 [Legge regionale Lombardia 29 ottobre 1998 n. 22 Riforma del trasporto pubblico locale in Lombardia] come quei servizi che collegano i capoluoghi di provincia con i comuni ad essi conurbati e che si caratterizzano per una forte penetrazione nel territorio degli stessi con elevata frequenza e densità di fermate. Trasformazioni ancora più profonde sono state dettate dal processo di apertura del mercato alla concorrenza, che doveva essere preceduto dalla separazione della proprietà dei beni dall'esercizio del servizio così come richiesto dalla Normativa in vigore, nonché dalla individuazione delle modalità di gara (gross cost-net cost, rigida-flessibile). In merito il Comune di Milano ha proceduto secondo una logica incrementale con l'approvazione del PTS 2000-2003 a cui hanno fatto seguito la redazione del primo Aggiornamento che comprendeva la riprogettazione della rete del TPL di competenza del Comune di Milano, l'analisi del quadro per l'attuazione della legislazione di riferimento internazionale, nazionale e regionale, e le indicazioni per le scelte circa l'espletamento delle procedure concorsuali.

2.4 PIANO GENERALE DEL TRAFFICO URBANO (2003)

Il PGTU 2003 nasceva sulla spinta dell'esigenza di adeguare la pianificazione di breve termine agli obiettivi di più ampio respiro espressi nel PUM, di raccogliere le esperienze positive maturate e le difficoltà incontrate nella realizzazione dei progetti, di indirizzare le trasformazioni, anche quelle più locali, verso un nuovo modo di pensare la città ed il modo di viverla, e, non ultimo, di aggiornare la base dati di riferimento per affrontare nella maniera più scientifica possibile il problema del traffico. Questo documento rappresentava il riferimento per la pianificazione di breve termine della circolazione e del traffico. Al Piano erano annessi il Regolamento Viario e il Piano Direttore della Sicurezza Stradale: il primo raccoglieva i principali elementi normativi per l'attuazione; il secondo, in adempimento alle indicazioni del Piano Nazionale, raccoglieva in maniera organica l'analisi dei fenomeni legati all'incidentalità e codifica gli indirizzi che l'Amministrazione già da tempo attuava per incrementare la sicurezza in ambito urbano. La capacità della rete stradale di Milano era ed è oggettivamente limitata: è storicamente strutturata su un sistema stradale portante che serve contemporaneamente le relazioni locali e gli spostamenti di lungo raggio; però, proprio per le tante funzioni che la città svolge, è necessario mantenere elevati livelli di accessibilità. Occorreva quindi introdurre forme di razionalizzazione nell'uso degli spazi stradali, in prima istanza della sosta, e, per contro, era necessario fornire una valida alternativa modale, che potesse garantire accessibilità non solo al centro ma anche alle aree più esterne attraverso collegamenti con elevati livelli di servizio. L'attuazione della classifica funzionale delle strade, con la specializzazione delle reti, tesa alla separazione delle relazioni di transito da quelle locali, era obiettivo prioritario e scelta programmatica indirizzata al recupero delle funzioni proprie della viabilità urbana. Strettamente connessa alla classifica ma soprattutto alla protezione della viabilità locale era la realizzazione di isole ambientali estesa a tutto il territorio. Nel PGTU 2003, poi, era considerata strategica

la salvaguardia della rete del Trasporto Pubblico Locale nei punti di maggiore interferenza con la mobilità privata puntando all'incremento di offerta, affidabilità e regolarità. Punto centrale del piano, strettamente connesso sia alle condizioni di circolazione che all'accessibilità era il sistema della sosta. Le strategie qui si giocavano su due temi: l'attuazione del Programma Urbano dei Parcheggi e la regolamentazione della sosta in sede stradale. In questo contesto territoriale il Piano Generale del Traffico Urbano 2003 individuava la strategia di breve periodo dell'Amministrazione delineando un modello di sviluppo della mobilità in linea con le realtà europee analoghe a quella milanese per livelli di congestione, consistenza del sistema di trasporto e distribuzione delle funzioni: un'area urbana policentrica ad elevata vocazione terziaria e commerciale.

Il piano individuava le strategie per il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- *Mantenimento di elevati livelli di accessibilità*: la capacità della rete stradale di Milano a fronte di una oggettivamente limitata caratteristica strutturale degli assi stradali che derivano da una impronta storica definita su radiali forti e pochi collegamenti tangenziali, tutti ormai troppo centrali, che provocano una sovrapposizione di funzioni tra le relazioni di breve e di lungo raggio: era quindi necessario mantenere alla città livelli di accessibilità elevati. La politica basata esclusivamente su divieti escludeva quindi una quota della domanda in modo del tutto casuale, a prescindere dall'effettiva utilità; occorreva invece introdurre forme di razionalizzazione dell'uso della strada, dove si verificavano situazioni di congestione, che potessero indurre la diminuzione del numero degli spostamenti e di conseguenza i fenomeni di congestione,. Diventava quindi obiettivo prioritario quello di fornire una valida alternativa modale che potesse garantire l'accessibilità non solo al centro ma anche alle aree più esterne attraverso collegamenti sia radiali che tangenziali con elevati livelli di servizio.

- ▶ *Miglioramento delle condizioni di circolazione*: rappresentava uno dei temi di maggiore rilievo nel Piano. La specializzazione delle reti tesa alla separazione delle relazioni di transito da quelle locali era obiettivo prioritario, già delineato dal PUM, ed era una scelta programmatica forte per il recupero delle funzioni proprie della viabilità urbana. Lo stato di congestione della rete mostrava alcuni punti di particolare criticità nei nodi di scambio tra gli assi radiali e gli anelli di circonvallazione, ma indicava anche un utilizzo indistinto di molta parte della rete, aperta alla circolazione di persone e merci, per relazioni non proprie degli ambiti locali attraversati. Questi due aspetti strettamente legati, riconducibili da un lato alle caratteristiche infrastrutturali della rete e dall'altro al comportamento dell'utenza, dovevano trovare risposta contestuale: fondamentali per la fluidificazione degli itinerari principali erano gli interventi ai nodi delle circonvallazioni esterne che dovevano essere riqualificati con interventi strutturali o di modifica semaforica e gli interventi complessivi di riqualificazione di nodi ed archi lungo l'anello dei Bastioni. Per contro la protezione della viabilità locale doveva avvenire attraverso la realizzazione delle isole ambientali, ambiti ad elevata vocazione pedonale e a traffico limitato e controllato, occasione per un complessivo ridisegno urbano oltre che per l'attuazione di interventi di *"traffic calming"* negli ambiti locali.
- ▶ *Trasferimento modale*: nel PGTU la salvaguardia del Trasporto Pubblico Locale era prevalentemente indirizzata all'incremento di offerta in termini di affidabilità e regolarità, attraverso la risoluzione delle criticità nei punti di maggiore interferenza con la rete e le relazioni stradali. L'obiettivo generale era quello di specializzare le reti, laddove necessario e possibile, e di predisporre interventi di salvaguardia al fine di ridurre le interferenze. Il bacino di utenza da considerare per ottenere risultati efficaci non era solo quello urbano ma era anche quello regionale, la rete di riferimento doveva quindi comprendere il trasporto pubblico urbano quello

interurbano ed extraurbano nonché il servizio ferroviario metropolitano e regionale. La complessità della strategia di rete che già il PUM indicava, si doveva tradurre nel perseguimento di nuovi livelli di funzionalità degli interscambi, nella localizzazione dei nuovi parcheggi, nell'integrazione tariffaria, nell'impiego di diverse modalità di trasporto; tutti questi fattori avevano tempi di attuazione che dilatavano la realizzazione dell'"effetto rete" fondamentale all'ottimizzazione del servizio. Le azioni di breve e medio periodo a sostegno della messa in salvaguardia dell'esistente e degli interventi già programmati sul trasporto pubblico erano mirate al recupero di fluidità del servizio: razionalizzazione della rete stradale, regolamentazione di intersezioni e semaforizzazioni, ampliamento della rete delle corsie protette e riservate e, infine, individuazione delle strade ad uso prevalente ed esclusivo del trasporto pubblico.

- ▶ *Razionalizzazione del sistema della sosta*: strettamente connesso sia alle condizioni di circolazione che all'accessibilità era il sistema della sosta con due temi di grande rilievo, entrambi strategici negli indirizzi dell'amministrazione: l'attuazione del Programma Urbano dei Parcheggi e la regolamentazione della sosta in sede stradale. Gli indirizzi generali di Piano indicavano infatti la necessità di realizzare le previsioni di parcheggi in struttura, sia pubblici che residenziali per permettere da un lato di recuperare spazi lungo la viabilità principale, per migliorarne i livelli di servizio, e dall'altro di rendere possibile l'ampliamento della regolamentazione laddove l'attuale deficit presenta livelli di maggiore criticità. Accanto all'estensione della regolamentazione era necessario innescare un processo di ricerca per una maggiore articolazione degli utenti della sosta per una città la cui mobilità ha esigenze molto diverse tra loro. L'attuazione a partire dal centro indicava la necessità di regolare gli accessi e trasferire domanda sul trasporto pubblico, non dalla corona urbana adiacente, ma fino dall'interscambio esterno, come doveva essere incrementata la

sosta di corrispondenza con le linee di forza.

- ▶ *Miglioramento delle condizioni ambientali:* l'obiettivo di salvaguardia ambientale era intrinseco nel PGTU che, nelle scelte condotte, non solo si rivolgeva alla protezione della viabilità locale dal traffico di transito e quindi alla protezione di pedoni e ciclisti ma voleva essere una nuova concezione della pianificazione del traffico, in linea con le strategie già in atto: un percorso che partiva dai bisogni locali del vivere la città per progettare gli ambiti locali mediante un disegno unitario, che va nella fluidificazione delle reti di gerarchia superiore entro cui gli ambiti si collocano. Per Milano un modello di tale approccio era costituito dai dieci progetti pilota delle isole ambientali¹⁰, che, per la loro articolazione territoriale e nelle problematiche affrontate, avevano prodotto una metodologia affidabile per il governo della moderazione del traffico specifica per la realtà milanese e, quindi, generalizzabile sull'intero contesto urbano. Il contenimento delle emissioni in atmosfera ma anche del rumore da traffico, divennero in quest'ottica una conseguenza della strategia più generale della riduzione della congestione, del trasferimento modale e della protezione delle isole ambientali.

Il perseguimento di queste strategie è stato inserito in un processo di coordinamento intersettoriale allo scopo di evitare che si procedesse alla risoluzione locale di singole criticità emergenti slegate da una visione complessiva della pianificazione. Tale metodo aveva permesso al PGTU 2003 di assumere un respiro ampio, che non si esaurisse nel biennio di validità dello strumento stesso perché facesse riferimento proprio all'orizzonte progettuale del Piano Urbano della Mobilità. Gli interventi prioritari dovevano essere volti alla fluidificazione delle reti di gerarchia superiore e alla protezione dal traffico delle reti di gerarchia inferiore e quindi all'attuazione di un processo a favore della riqualificazione

¹⁰ Isole ambientali: Farini-Maciachini, Missori-Torino, Darsena XXIV Maggio, San Siro, Monza-Leoncavallo, Piazza Tripoli, Caduti del Lavoro, Corso Lodi-XXII Marzo, Brera-Garibaldi, Leon Battista Alberti.

ambientale. Era infatti caratteristica specifica del PGTU 2003 la perimetrazione di 88 isole ambientali sull'intero territorio comunale che dava la misura dell'impegno necessario alla realizzazione del progetto da parte dell'Amministrazione sia in termini economici che in termini temporali.

2.5 CARTA DELLA MOBILITA' – ATM (2011)

L'Azienda Trasporti Milanese, di proprietà del Comune di Milano, gestisce il trasporto pubblico nel capoluogo lombardo e in 56 Comuni della Provincia, al servizio di un territorio con una popolazione complessiva di 2,6 milioni di cittadini. La Carta della Mobilità ha un ruolo importante nei rapporti tra azienda e cliente. Essa risponde principalmente a due obiettivi:

- esplicitare i fattori da cui dipende la qualità dei servizi affidati ad ATM dal Comune di Milano per mezzo del Contratto di Servizio;
- dichiarare i risultati raggiunti nell'anno passato e gli obiettivi per l'anno in corso (2011).

Viene definita come “documento di riferimento” per la tutela dei Clienti ed è uno strumento utile per conoscere l'attività dell'azienda. ATM Servizi è divenuta titolare per il periodo 2010-2017 della gestione non solo della rete urbana, ma di tutte le linee classificate come di Area Urbana, cioè di collegamento tra il capoluogo e 32 Comuni dell'hinterland. ATM è quindi subentrata nella titolarità di numerose linee in precedenza esercite da altri gestori, mediante gestione diretta oppure subaffidata, estendendo così l'ambito della propria rete a località precedentemente non servite.

Tutti i servizi affidati sono regolati dal Contratto di Servizio con il Comune di Milano; in forza di questo strumento e attraverso le politiche di trasporto, il Comune definisce e pianifica il servizio di trasporto pubblico a Milano e nell'hinterland e stabilisce precisi standard quantitativi e qualitativi per le performance di ATM Servizi, che vengono misurate sulla base di una serie di indicatori.

Al Comune di Milano spettano il controllo, il monitoraggio e la vigilanza sugli obblighi imposti ad ATM Servizi dal Contratto, con riferimento agli aspetti della qualità, della sicurezza e dei rapporti con l'utenza; al Comune spetta inoltre la definizione della struttura

tariffaria, dei livelli delle tariffe e delle modalità di aggiornamento e applicazione, variazione e revisione delle stesse.

Negli anni il Gruppo ATM ha dato continuità alle scelte intraprese con il Piano d'Impresa concentrando il proprio impegno e i propri investimenti sugli aspetti ritenuti strategici per il miglioramento e l'efficacia del servizio:

- nuovo sistema integrato di InfoMobilità in continua crescita;
- potenziamento della flotta progressivamente rinnovata per offrire sempre più elevati livelli di comfort, di sicurezza e di accessibilità e per ridurre gli impatti ambientali;
- sperimentazione di veicoli a basso impatto ambientale: ibridi, elettrici e a idrogeno;
- sviluppo di nuovi sistemi di mobilità integrata al trasporto pubblico tradizionale quali il car sharing e il bike sharing;
- sviluppo del progetto della nuova Sala Operativa con l'obiettivo di incorporare in un unico sistema la gestione delle attuali e delle future linee della metropolitana;
- autoproduzione e incremento dell'utilizzo di energie rinnovabili;
- formazione continua del personale a tutti i livelli.

Elementi caratterizzanti che influiscono sullo sviluppo del Trasporto Pubblico a Milano sono:

- *Evoluzione della rete.* Una rete di trasporto che viene ridisegnata per rispondere sempre più e sempre meglio alle nuove esigenze di chi si sposta e al nuovo assetto urbanistico della città. La rete tranviaria è stata interessata da un importante intervento di razionalizzazione partito a giugno 2010 dopo una fase di progettazione e di condivisione tecnica con il Comune di Milano e con tutti i Consigli di Zona. Alcune linee tranviarie sono state coinvolte nelle modifiche di percorso per realizzare l'obiettivo del miglioramento del servizio su alcune direttrici di accesso al centro dalle periferie: sono aumentate del 10% la frequenza e i posti offerti, del 20% la puntualità in fermata sulle tratte coinvolte. Sono state migliorate anche le condizioni di transito

dei mezzi su alcune delle principali vie del centro storico. La maggiore fluidità della circolazione in centro ha avuto un impatto positivo su tutte le linee che attraversano la città. Entro il 2015 Milano avrà una nuova linea metropolitana, la Linea 5, da Bignami a San Siro con un lungo percorso in sotterranea che comprenderà 9 stazioni; verrà inoltre prolungata la rete della metro Linea 2 con 6 nuove fermate e Linea 3 con 4 nuove fermate.

- ▶ *Regolarità.* L'innalzamento delle prestazioni del servizio mediante la diminuzione dei tempi di percorrenza e l'incremento della regolarità rappresenta un impegno costante per ATM. Per migliorare la regolarità dei mezzi di superficie sono stati effettuati interventi sul fronte delle infrastrutture, delle tecnologie e del personale. Nell'ambito delle infrastrutture e delle tecnologie è in corso un articolato programma che prevede la riqualificazione di numerose corsie riservate ai mezzi pubblici e la realizzazione di nuove, la creazione di varchi elettronici e l'implementazione dei semafori "intelligenti". È proseguita l'installazione di varchi elettronici cioè di telecamere per il monitoraggio delle corsie e per il sanzionamento automatico degli ingressi abusivi, che favoriscono la regolarità dell'esercizio e, allo stesso tempo, contribuiscono a innalzare i livelli di sicurezza del trasporto.
- ▶ *Sicurezza.* Gli interventi per il rinnovo delle infrastrutture, le nuove disposizioni di esercizio, i nuovi mezzi, la tecnologia applicata hanno portato miglioramenti significativi nell'ambito della sicurezza di esercizio (safety). Si lavora per l'ammodernamento delle infrastrutture della rete, per la manutenzione e per la riconfigurazione delle vetture e, contemporaneamente, procede anche il potenziamento delle attività di controllo a bordo dei mezzi e nelle stazioni della metropolitana rivolte sia alla protezione delle infrastrutture dell'azienda sia alla sicurezza personale dei viaggiatori (security). Inoltre per migliorare la sicurezza della circolazione ATM sta lavorando al progetto del nuovo radiocomando scambi delle

linee tranviarie: grazie a questo sistema l'azionamento degli scambi sarà controllato tramite radiofrequenza e non più tramite "lancio di corrente", garantendo il corretto instradamento ed il mantenimento della posizione degli aghi degli scambi fino al completo transito dei tram sugli stessi.

- ▶ *Comfort.* Livelli sempre più alti di comfort di viaggio in forza dei cospicui investimenti per il rinnovo del parco veicoli e grazie agli interventi per il rinnovo delle stazioni. In virtù dell'adozione di tecnologie di ultima generazione ATM ha reso possibile ai propri clienti modalità di accesso più comode ai documenti di viaggio. Tra le modalità con cui ATM dà continuità al proprio impegno nel rinnovo del parco veicoli: acquisizione di nuove vetture, prosecuzione degli interventi di revamping cioè di ammodernamento delle vetture di vecchia generazione, e realizzazione di progetti speciali rivolti ai veicoli ed ai convogli della metropolitana per dotarli dell'impianto di condizionamento e per la ridefinizione degli arredi interni.
- ▶ *Accessibilità.* È proseguito il piano triennale per il miglioramento dell'accessibilità del trasporto pubblico milanese avviato nel 2008. Gli investimenti e le attività sono stati sviluppati sia sul fronte delle infrastrutture sia sul fronte dei veicoli innalzando in molte delle sue declinazioni il Full Handicap Compliance (FHC), l'indicatore che misura il livello di accessibilità.
- ▶ *Ambiente.* Riduzione delle emissioni inquinanti e sostenibilità energetica; l'impegno di ATM per l'ambiente si concentra sia sul parco veicoli sia sull'impiego di fonti energetiche alternative e sull'efficientamento dei consumi. Contemporaneamente, con il car sharing e con il bike sharing, ATM dà continuità allo sviluppo di mobilità alternative al veicolo privato integrate al trasporto pubblico. Il 100% degli autobus in servizio in area urbana ha motorizzazioni a basso impatto ambientale. I cospicui investimenti per il rinnovo della flotta stanno progressivamente dismettendo i veicoli più inquinanti sostituendoli con mezzi omologati EEV (veicolo ecologicamente

avanzato), anche in linea con gli obiettivi del Comune di congestion charge, tassa sulla congestione, quindi sul traffico, che ha l'obiettivo di ridurre il numero dei veicoli in circolazione.

2.6 IL TRASPORTO MERCI IN AMBITO URBANO

Il trasporto delle merci si annovera tra le criticità rilevabili nel sistema della mobilità urbana in relazione sia alla circolazione che alla sosta dei mezzi commerciali nonché per l'impatto che essi generano anche rispetto alle emissioni di inquinanti in atmosfera.

Il Comune di Milano, nel Piano Urbano della Mobilità, adottò alcuni provvedimenti mirati a mitigare gli effetti indotti, in termini di congestione e inquinamento, dal trasporto merci, avendo cura di non arrecare disagi alla catena della distribuzione e ripercussioni sulle attività commerciali.

Tali provvedimenti erano finalizzati alla regolamentazione della circolazione di alcuni tipi di veicoli in particolari fasce orarie. L'ambito soggetto alla disciplina più rigida era quello compreso entro la cerchia dei Navigli in cui è sempre vietato il transito dei veicoli aventi lunghezza superiore a 7 metri.

Di seguito è data la sintesi delle restrizioni che erano contenute nelle ordinanze relative alla regolamentazione della circolazione dei veicoli merci in ambito urbano.

- Divieto di transito e sosta agli autotreni ed autosnodati dalle 7:30 alle 21:00 di tutti i giorni nell'area delimitata da apposita segnaletica: il provvedimento consente sempre la circolazione degli autotreni ed autoarticolati nella corona periferica della città per accedere ai depositi delle società di autotrasporto internazionale e ai maggiori centri di origine e destinazione del grande anello della catena della logistica. Consente l'ingresso di questi veicoli dalle 21:00 alle 7:30 in tutto il resto della città, eccetto che all'interno della cerchia dei Navigli.
- Divieto di transito e di sosta a qualsiasi veicolo o complesso di veicoli aventi lunghezza superiore a m 7,00 dalle ore 7:30 alle ore 21:00 di tutti i giorni all'interno dell'area compresa tra la cerchia dei Navigli e la cerchia dei Bastioni: il provvedimento non ha voluto colpire gli autocarri di rilevante portata, come

usualmente avviene, ma interviene per evitare il disagio alla circolazione prodotto da un veicolo le cui dimensioni, in rapporto alla rete stradale esistente, sono incompatibili. In particolare la circolazione e la sosta dei veicoli di lunghezza di oltre 7 metri è sempre consentita dal confine comunale fino alla cerchia dei Bastioni compresa, ed è consentita dalle 21:00 alle 7:30 anche all'interno della cerchia dei Bastioni ma non oltre la cerchia dei Navigli.

- ▶ Divieto di transito e di sosta a qualsiasi veicolo o complesso di veicoli¹³ aventi lunghezza superiore a m 7,00 dalle 00:00 alle 24:00 di tutti i giorni all'interno dell'area compresa dalla cerchia dei Navigli: è la tutela dell'area più vecchia della città, il cui reticolo stradale non consente la circolazione e la sosta di veicoli di grandi dimensioni. Il provvedimento non limita l'accesso agli autocarri che superano i 35 q.li ma solo a quelli che superano i 7 metri, con ciò consentendo l'accesso agli autocarri frigorifero che sovente, pur di modeste dimensioni, hanno una massa a pieno carico rilevante, dovuta al particolare allestimento.
- ▶ Disciplina della sosta dei veicoli adibiti al trasporto delle merci nelle aree comprese entro la cerchia dei Bastioni: è vietata la sosta degli autoveicoli destinati al trasporto delle merci dalle ore 7:30 alle 10:00 e dalle 14:00 alle 19:00, dal lunedì al venerdì feriali. In deroga sono consentite: la sosta agli autoveicoli provenienti o destinati ai cantieri, operativi utilizzati per il trasporto di beni strumentali relativi ad attività di manutenzione, adibiti e/o attrezzati al trasporto di valori e di farmaci, adibiti e/o attrezzati a servizi postali, ai sensi delle leggi vigenti ed infine la sosta e le operazioni di carico e scarico agli autoveicoli che trasportano merci diretti a pubblici esercizi e/o attività commerciali che vendono generi alimentari, limitatamente alla fascia oraria dalle 14:00 alle 16:00.

Tali provvedimenti, nel loro complesso non sono però sufficienti ad arginare il fenomeno della crescente domanda di mobilità delle merci e soprattutto non possono e non devono,

in futuro, essere una limitazione allo sviluppo economico delle aree su cui agiscono. La loro efficacia si è comunque registrata: il decremento di ingressi alla cerchia dei Bastioni del 27,8% dei veicoli pesanti contro un aumento di quelli leggeri del solo 9,8% mostra che una riorganizzazione del sistema è possibile, ma che è necessario un intervento che non sia solamente a carico dall'Amministrazione pubblica.

Dal 2007 invece venne adottato il provvedimento Ecopass, che aveva il preciso obiettivo di dare una risposta all'emergenza ambientale data dal ricorrente superamento di limiti di inquinamento da PM₁₀ in atmosfera stabiliti dalla normativa europea. Ecopass venne adottato come provvedimento sperimentale, per verificare l'efficacia di politiche ambientali di regolazione del traffico basate sul principio che "chi inquina paga" attuato attraverso l'applicazione di una tariffa di ingresso all'area Ecopass ai veicoli che superavano una determinata soglia di emissioni di PM₁₀ allo scarico e modulata in funzione dei fattori emissivi unitari.

All'epoca di avvio di Ecopass, il problema delle emissioni di PM₁₀ allo scarico era legato sostanzialmente ai veicoli diesel: un'autovettura diesel Euro 4 senza filtro antiparticolato rilascia allo scarico una quantità di polveri 40 volte superiore a quelle di un'auto a benzina di pari classe euro. Le alimentazioni alternative (GPL, metano) costituivano tecnologie di nicchia e le loro caratteristiche emissive non venivano analizzate in dettaglio, in quanto molto contenute rispetto alle tecnologie tradizionali di allora. Pertanto, nell'ambito della classificazione Ecopass, i veicoli GPL e metano vennero posizionati in una classe ad hoc, in esenzione, in quanto universalmente ritenuti meno impattanti, da un punto di vista ambientale (sia sanitario che relativo agli effetti sui cambiamenti climatici), rispetto ai veicoli a benzina.

Nel corso di questi ultimi anni la situazione si è evoluta. Le tecnologie più recenti dei motori a benzina e gasolio sono state molto migliorate e, al contempo, qualche informazione in più sui veicoli a metano e GPL si sta lentamente rendendo disponibile. Ad

oggi sembra possibile affermare che le emissioni di PM₁₀ allo scarico di veicoli recenti a benzina, diesel con FAP ad alta efficienza di abbattimento, GPL e metano sono sostanzialmente equivalenti, con differenze dell'ordine di appena qualche milligrammo/km. A fronte, e parzialmente in conseguenza, di tutto ciò cresce l'importanza della componente di micro polveri ascrivibile ai fenomeni di attrito (rotolamento dei pneumatici e sistemi frenanti) che, nel complesso, rappresenta ormai circa il 66% del totale delle emissioni di PM₁₀ da traffico all'interno della ZTL Cerchia dei Bastioni.

Per quanto riguarda i dati relativi alla mobilità delle merci sono meno dettagliati di quelli della mobilità delle persone. Le informazioni più affidabili provengono dal monitoraggio in continuo effettuato attraverso i varchi di accesso alla ZTL, che, pur estremamente precisi sotto il profilo della distribuzione temporale e della caratterizzazione dei veicoli in accesso, non consentono però di conoscere il motivo dello spostamento e la concatenazione dello stesso con gli altri spostamenti effettuati in ambito urbano.

Nell'ambito dei veicoli classificati come commerciali, rientrano infatti sia quelli effettivamente utilizzati per il trasporto merci, in conto proprio o in conto terzi, sia quelli utilizzati da ditte artigiane, installatori, manutentori e, più in generale, da tutti i soggetti economici che necessitino di un mezzo commerciale per l'espletamento della propria attività. Per intervenire adottare efficaci politiche di razionalizzazione ed ottimizzazione di questo segmento di traffico, si rende pertanto necessario approfondire l'analisi dello stesso attraverso indagini mirate e con il concorso delle associazioni di categoria con cui il Comune ha già avviato gruppi di lavoro specifici.

La mobilità dei veicoli commerciali nella ZTL Cerchia dei Bastioni può essere riassunta attraverso le seguenti cifre sintetiche: ogni giorno entrano nella ZTL, fra le 7:30 e le 19:30, circa 8.500 veicoli commerciali che generano oltre 14.000 spostamenti, corrispondenti a poco più dell'11% del traffico complessivo nella ZTL ed inoltre, a differenza di quanto accade per il traffico dei veicoli trasporto persone, per la mobilità delle merci è presente un

marcato picco nella mezzora precedente all'entrata in vigore del provvedimento, a cui ne segue un secondo fra le 9:30 e le 10:00. A partire da quest'ora il traffico in ingresso alla ZTL decresce abbastanza regolarmente, fino a ridursi a meno di 400 veicoli/ora dopo le h 18:00.

Va però segnalato che per quanto riguarda il settore del trasporto merci all'interno del Comune di Milano, la tariffazione agisce esclusivamente come fattore di pressione nei confronti dell'ottimizzazione della gestione della distribuzione delle merci, nei termini di scelta del veicolo da utilizzare, ricerca dei massimi coefficienti di carico, riduzione degli spostamenti necessari per la consegna dello stesso quantitativo di merci.

L'elevato valore di questa attività (e quindi l'elevato valore del tempo per chi trasporta merci) fa sì che, almeno fra gli operatori professionali della logistica, l'interesse alla ricerca della massima ottimizzazione della propria attività sia già ben presente ed operante. Complessivamente, resta però un ampio spazio di razionalizzazione di questo settore, come dimostra il dato fornito da AICAI (Associazione italiana corrieri aerei internazionali) secondo il quale i corrieri, con il 6% circa dei veicoli commerciali, trasportano circa il 25% delle merci distribuite a Milano.

Contemporaneamente, la riduzione della congestione e il conseguente incremento atteso della velocità media di scorrimento del traffico veicolare, costituisce di per sé un beneficio diretto per chi opera in modo professionale nel settore dei trasporti, determinando un risparmio di tempo e una riduzione proporzionale dei costi operativi.

Tutto ciò premesso, è interesse dell'Amministrazione avviare e promuovere in tempi brevi azioni specifiche a supporto di una riorganizzazione e miglior gestione del traffico commerciale urbano, attraverso linee di intervento:

- promozione di un sistema, progettato e sviluppato con gli operatori del settore, di gestione della logistica urbana delle merci, attraverso la creazione di piattaforme logistiche di consolidamento dei carichi e di organizzazione della distribuzione; con

l'obiettivo di aumentare l'efficienza e la competitività del sistema, ridurre le percorrenze complessive in ambito urbano dei veicoli destinati alla distribuzione merci. Estendere le limitazioni alla circolazione dei veicoli pesanti sulla rete stradale urbana e/o limitarla a fasce orarie predefinite che non impattino con i picchi di traffico veicolare complessivo ed infine diffondere l'utilizzo di mezzi ecologici per la distribuzione delle merci.

- ▶ Estensione dell'offerta di stalli riservati al carico scarico delle merci, in funzione di un piano che ne definisca la domanda di ogni singola strada, con l'obiettivo di aumentare l'efficienza del servizio per gli operatori diminuendo i tempi di attesa per la ricerca di sosta disponibile e riducendo le distanze fra mezzo e punto di destinazione del carico, reprimere in modo sistematico, attraverso l'intensificazione dei controlli e delle sanzioni, i comportamenti di sosta in doppia fila per il carico scarico merci, responsabili di una drastica diminuzione della capacità della rete stradale e di costi rilevanti per l'insieme del sistema dei trasporti, ed infine per quanto riguarda la ZTL Cerchia dei Bastioni, si ritiene possibile avviare da subito la trasformazione di circa 500 stalli di sosta a pagamento in stalli riservati al carico scarico merci, portandoli ad un numero complessivo di circa 900, corrispondenti ad una distanza media lungo la rete stradale inferiore a 100 m.
- ▶ Diffusione a partire dall'ambito interno alla Cerchia dei Bastioni di tecnologie di telecontrollo degli stalli riservati al carico scarico merci in grado da ridurre al minimo l'uso abusivo degli stessi e da garantirne la disponibilità effettiva per gli operatori del settore.
- ▶ Introduzione di 20 minuti di sosta gratuita sugli stalli a pagamento per le attività di carico e scarico merci, esteso a tutta la fascia oraria tariffata.

Ad oggi invece è in vigore Area C, per la quale i confini sono gli stessi dell'area Ecopass, 43 varchi di accesso sulla cerchia dei Bastioni, sui quali sono installate le telecamere per

la registrazione degli accessi; il sistema riconosce il passaggio del veicolo, “vede” la targa, trasmette l’informazione alla centrale di controllo ed elabora il valore del ticket da applicare (tariffa standard di 5 euro, tariffe diverse/agevolate per residenti e veicoli di servizio). La disciplina sul traffico merci e di servizio ha richiesto un lungo lavoro preliminare di analisi e confronto con le categorie produttive. Alla fine il Comune ha concesso due opzioni di pagamento per l’Area C, che saranno sperimentate per i primi sei mesi di gestione della congestion charge: un ticket integrato da 5 euro (che consente due ore di sosta gratuite sulle strisce blu) ed un tagliando scontato da 3 euro (che non comprende agevolazioni per il parcheggio). In questo caso per “veicoli di servizio” si intendono i mezzi per il trasporto merci e farmaci urgenti salvavita (di imprese iscritte alla Camera di commercio), i veicoli di attività postali e quelli usati dai corrieri, i mezzi di ambulanti, servizi editoriali e di ristorazione, agenti di commercio, società di telecomunicazione, ditte di costruzione, installazione e manutenzione, e i veicoli utilizzati per la forniture, la distribuzione, la gestione di energia, acqua e rifiuti.

La differenza sostanziale tra l’Ecopass e Area C è la differenza dell’impostazione dei principi di base: l’Ecopass rimasto in vigore per 4 anni (tra il 2008 e il 2011) era una pollution charge, ovvero una tassa sull’inquinamento. Il principio era “più inquinati, più paghi”; puntava dunque a colpire i veicoli per inquinanti ed esentava dalla tariffa quelli più moderni e meno inquinanti. L’Area C è invece, come già detto, una congestion charge, tassa sulla congestione, quindi sul traffico, che ha l’obiettivo di ridurre il numero dei veicoli in circolazione.

	Situazione di riferimento pre Ecopass	Gennaio-Giugno 2011	Variazione (in Euro)	Variazione in %
Classe 1	1.194	6.805	5.611	469,9%
Classe 2	51.307	58.280	6.973	13,6%
Classe 3	11.939	2.034	-9.905	-83,0%
Classe 4	23.167	8.313	-14.855	-64,1%
Classe 5	2.973	289	-2.684	-90,3%
Totale veicoli	90.580	75.520	-14.860	-16,4%
Totale veicoli classi paganti	38.079	10.635	-27.455	-72,1%

Come è cambiato in 5 anni il parco dei veicoli che entrano in zona Ecopass/Area C¹¹

¹¹ Con il progressivo acquisto di nuove auto più "ecologiche", dalla fine del 2007 alla metà del 2011 i veicoli più vecchi e inquinanti che pagavano l'Ecopass (Classe 3, 4 e 5) si sono ridotti di oltre il 72%. Quelli super ecologici (elettrici, ibridi, metano, Gpl) sono aumentati di quasi il 470%. Gli ingressi totali sono diminuiti del 16,4 % (fonte: Amat)

3. SISTEMA INTEGRATO DI MONITORAGGIO, CONTROLLO E GESTIONE DEL TRAFFICO E DEL TERRITORIO

Il Sistema Integrato per il Controllo e la Gestione del Traffico e del Territorio era costituito da un insieme di componenti hardware e software dedicate a specifiche funzioni a supporto del governo della mobilità e del controllo del territorio nel Comune di Milano.

Le componenti primarie del Sistema Integrato sono:

- Sistemi di primo livello, ad elevata complessità tecnologica, dedicati a specifiche funzioni: centralizzazione semaforica e preferenziamento dei mezzi pubblici e di emergenza, monitoraggio dei flussi del traffico, rilevamento automatico delle infrazioni, comunicazione agli automobilisti attraverso pannelli a messaggio variabile, gestione richieste di intervento delle pattuglie della Polizia Municipale e radio localizzazione dei mezzi di pronto intervento, monitoraggio meteorologico e ambientale e video sorveglianza del traffico e del territorio.
- Piattaforma di integrazione, costituisce lo strato intermedio del Sistema Integrato che consente la comunicazione delle differenti applicazioni fra di loro e dove risiedono le basi dati che memorizzano l'insieme dei dati di interesse comune. Viene considerata il cuore del Sistema Integrato, in quanto, attraverso modelli di riferimento formali integra e rende disponibili in modo trasparente agli utenti, locali o remoti, le informazioni e i dati raccolti ed elaborati dalle differenti componenti del Sistema Integrato.
- Sistemi modellistici di traffico ed ambientale, dedicati all'analisi dei dati raccolti e alla produzione di scenari previsionali in grado di fornire strumenti di supporto alle decisioni per il governo della mobilità e per la valutazione dell'efficacia degli interventi adottati o in progetto.
- Sistemi di secondo livello, costituiti da Applicazioni informatiche che si appoggiano

sulla Piattaforma di Integrazione. Possono essere dedicati all'analisi dei dati in essa raccolti, a funzioni avanzate di coordinamento e supervisione dei sistemi di primo livello o alla gestione delle interfacce di comunicazione verso gli utenti della Centrale di Controllo o verso utenti.

Il progetto "Sistema Integrato di Monitoraggio, Controllo e Gestione del Traffico e del Territorio" si configura tipicamente come un sistema modulare integrato, all'interno del quale convivono più sottosistemi verticali (detti di primo livello) dedicati a specifiche funzioni primarie:

- centralizzazione e preferenziamento semaforico;
- monitoraggio del traffico;
- telesorveglianza del traffico;
- telesorveglianza del territorio;
- rilevamento automatico delle infrazioni;
- comunicazione agli automobilisti attraverso pannelli a messaggio variabile;
- monitoraggio ambientale;
- guida satellitare delle flotte d'emergenza e di pubblica utilità.

L'intero sistema era composto da:

- una rete composta da un elevatissimo numero di punti di raccolta di informazioni;
- uno (o più) centri di raccolta, archiviazione, integrazione ed elaborazione delle informazioni raccolte;
- uno (o più) sistemi di supporto alle decisioni per la definizione delle strategie di governo del traffico e del territorio da adottare in funzione delle informazioni raccolte;
- un insieme di strumenti, dislocati su tutto il territorio, destinati all'attuazione delle strategie definite.

Il sistema prevedeva l'integrazione delle informazioni provenienti da modelli ambientali (di emissione, diffusione e dispersione di inquinanti atmosferici e acustici) e di dati

meteorologici raccolti in continuo dal Centro di Meteorologia. A supporto del sistema è stata sviluppata anche una serie di modelli di traffico avanzati in grado di ricostruire in continuo lo stato di congestione del traffico su ogni singolo arco della rete e di produrre scenari previsionali a breve e medio termine e modelli di routing dinamico, in grado di fornire un supporto alla guida satellitare delle flotte di emergenza.

3.1 MONITORAGGIO DEL TRAFFICO

I rilievi del traffico rappresentano la base fondamentale per qualsiasi tipo di analisi viabilistica; il livello di servizio (indice prestazionale che indica la qualità del funzionamento degli elementi viari) degli archi stradali e delle intersezioni è infatti funzione sia della loro geometria sia del traffico che li interessa. Esistono varie metodologie di rilievo che possono essere raggruppate in:

- Rilievi automatici: vengono eseguiti con strumentazioni radar o ad induzione magnetica posizionate a lato carreggiata o sulla sede stradale e monitorano il passaggio dei veicoli registrando orario, velocità e lunghezza dei mezzi in transito. Possono monitorare il traffico per un lungo periodo di tempo (anche fino a 1 mese).
- Rilievi manuali: eseguiti da rilevatori fisici in tempo reale o mediante la visione di un filmato registrato da telecamera sono l'unica metodologia che consente di quantificare con precisione l'entità delle singole manovre effettuate ad un'intersezione. Dato il grande onere di lavoro che comportano sono solitamente utilizzati per rilevare i flussi di traffico nelle ore di punta.
- Rilievi delle targhe: questo tipo di rilievo si basa sulla codifica delle targhe dei veicoli che transitano in varie sezioni di studio. Comparando i dati rilevati in differenti sezioni è possibile stimare il flusso veicolare che si muove lungo determinati itinerari e il tempo di percorrenza degli stessi.

I dati sullo stato del traffico provenienti dai diversi sistemi di rilevamento costituiscono uno degli elementi fondamentali su cui si basano le procedure di stima dello stato della rete e di previsione futura. Il sistema modellistico, ad esempio, appoggia le proprie basi sull'esistenza di una rete di rilevatori (spire), distribuiti sull'intero territorio comunale di

Milano. Le spire sono costituite da apparati elettromagnetici, annegati nel manto stradale, in grado di rilevare i veicoli in transito.

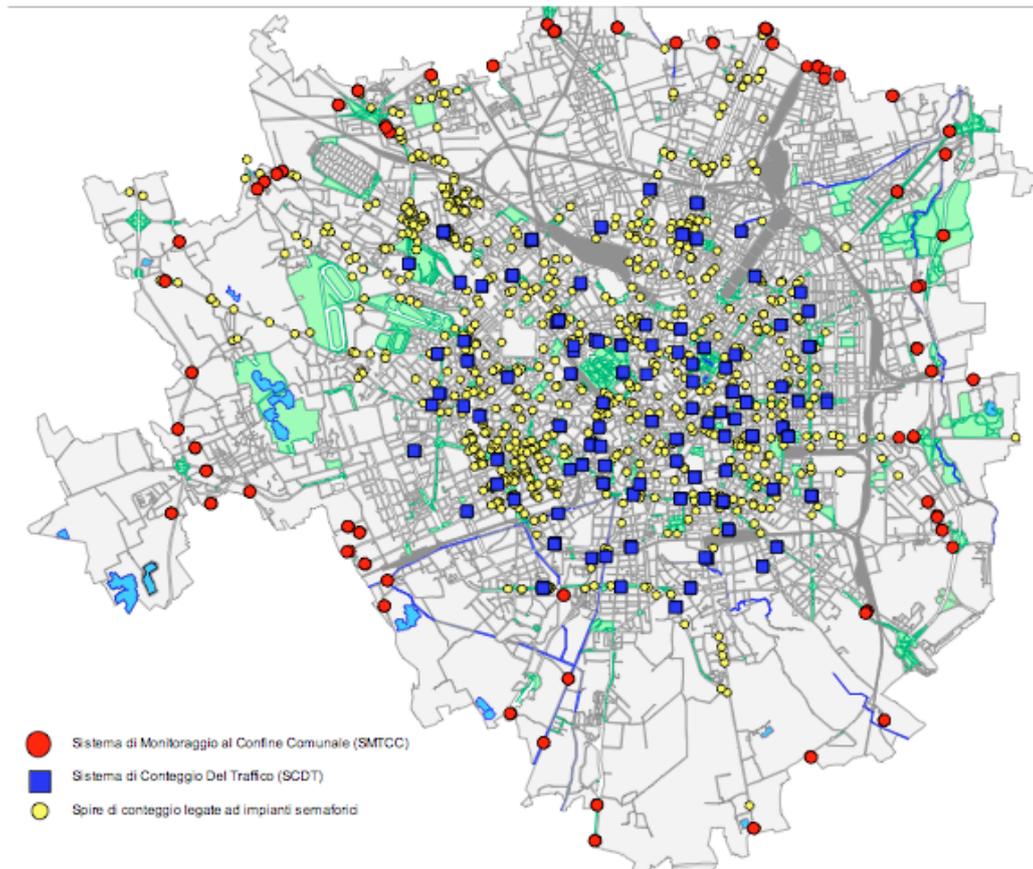
Dal punto di vista funzionale, le spire possono essere classificate come segue:

- spire di classificazione e conteggio (spire doppie), che sono in grado di contare i veicoli che transitano nella sezione di riferimento, classificandoli in funzione della lunghezza e della velocità di transito;
- spire per il solo conteggio (spire singole), non possono identificare la lunghezza del veicolo, potendo restituire esclusivamente il dato relativo al conteggio dei veicoli transitati, stimandone la velocità di marcia assumendo una lunghezza media costante dei veicoli;

Alcune sezioni di monitoraggio sono inoltre dotate di un sensore di peso che consente di classificare i veicoli anche in classi di peso, consentendo una miglior definizione soprattutto dei veicoli commerciali.

Dal punto di vista sistemico, gli apparati di monitoraggio del traffico di Milano possono essere suddivisi in:

- spire di classificazione e conteggio appartenenti al Sistema di Monitoraggio al Confine Comunale (SMTCC);
- spire di classificazione e conteggio e spire di solo conteggio del Sistema di Classificazione Dati Traffico (SCDT), posizionate lungo le principali arterie urbane;
- spire di conteggio del Sistema di macroregolazione semaforica, installate in corrispondenza dei tronchi stradali afferenti ai nodi semaforici.



Ubicazione delle sezioni di monitoraggio del traffico del Comune di Milano e loro classificazione per sistema di appartenenza

Il monitoraggio delle reti, ottenuto attraverso appunto attraverso la stesura di questi sensori (spire elettromagnetiche, fotocellule, sensori a infrarossi e a ultrasuoni) senza rilevamento della targa, ci informano sulle condizioni di carico del sistema e sono, ma come vedremo nel prossimo capitolo, “dovrebbero essere” di fondamentale importanza sia per la calibrazione della matrice origine-destinazione (che rappresenta la quantificazione della domanda di trasporto, cioè la quantità di persone o merci che devono spostarsi da un punto all’altro della città o del territorio) sia per il buon funzionamento dei modelli di assegnazione.. Queste modalità di rilievo dei flussi di traffico però non forniscono informazioni circa le provenienze dei veicoli transitati e per ovviare a questo limite si fa spesso ricorso all’analisi dei dati relativi ai movimenti pendolari e alla creazione delle linee di desiderio.

I dati raccolti dal complesso degli apparati di monitoraggio vengono archiviati in un unico database centrale nella Piattaforma di Integrazione e costituiscono un patrimonio informativo estremamente ricco che dovrebbe progressivamente consentire l'approfondimento della conoscenza delle dinamiche del traffico urbano e delle propagazioni spazio-temporali degli eventi di congestione.

Il sistema di rilevamento delle infrazioni al codice della strada prevede tre sottosistemi, dedicati rispettivamente:

- al controllo dei transiti nelle zone a traffico limitato (ZTL) di veicoli non autorizzati;
- al rilevamento dei transiti con semaforo rosso;
- al rilevamento del superamento dei limiti di velocità;

Tutti i sistemi di rilevamento automatico delle infrazioni si basano su sensoristica dedicata abbinata a telecamere e a software in grado di operare la lettura ed il riconoscimento automatico delle targhe dei veicoli in transito.

Il Comune di Milano, analogamente alle esperienze che si stanno conducendo nei contesti più dinamici ed avanzati in Europa e nel mondo, ha inoltre creato un sistema modellistico di traffico espressamente dedicato ed ospitato presso la Centrale di Controllo del Traffico e del Territorio, sistema fortemente orientato alla simulazione dinamica in tempo reale. Gli obiettivi principali del sistema sono:

- analisi in continuo dei dati provenienti dal sistema di monitoraggio del traffico, col fine di individuare trend caratteristici di traffico atteso basati sulle serie storiche;
- previsione del traffico a medio termine (24-48 ore), in funzione dei trend storici e delle condizioni di contesto conosciute (stato della rete, cantieri, eventi, previsioni meteo, etc.);
- ricostruzione dello stato attuale della rete (tempo di rigenerazione degli scenari compreso fra 5 e 10 minuti);
- previsione a breve termine (30 minuti) dell'evoluzione delle condizioni di traffico.

Tale sistema è indirizzato al controllo ed alla gestione del traffico in tempo reale, alla gestione delle flotte con particolare riferimento alle flotte di emergenza, ed alla produzione di informazioni rivolte all'utenza della rete (InfoMobilità), sia attraverso canali tradizionali di comunicazione, sia attraverso nuove tecnologie basate sull'uso di terminali mobili.

3.2 SIMULAZIONE DEI FLUSSI VEICOLARI

Il funzionamento delle reti stradali è un fenomeno che non obbedisce a leggi definibili in modo rigoroso come avviene nel mondo fisico (per reti di alimentazione idrica, elettrica, ecc), ma risulta influenzato sensibilmente da fattori economici, sociali, ambientali, ecc che ne complicano la descrizione e lo studio. Tali difficoltà possono essere superate attraverso l'uso di una teoria adeguata, in grado appunto di descrivere il comportamento umano e formalizzare i processi aleatori. Raggiunto l'assetto teorico è quindi possibile simulare qualsiasi rete di trasporto, cioè tradurre le caratteristiche fisiche e funzionali della rete in opportuni algoritmi matematici interconnessi, in grado di facilitare la rappresentazione quantitativa della distribuzione spaziale e temporale dei flussi di traffico sulla rete mediante l'uso di mezzi di calcolo automatico e di conseguenza agevolare lo studio, ad esempio, della problematica della pianificazione di nuovi interventi infrastrutturali su reti più o meno complesse.

La fase di pianificazione dei trasporti può essere definita come l'insieme delle elaborazioni utili all'analisi degli ipotetici scenari progettuali di intervento per l'individuazione di politiche e strategie di intervento e l'indirizzamento quindi del sistema di trasporto stesso verso configurazioni ottimali.

Questa fase si articola in diverse operazioni, quali:

- identificazione delle esigenze di mobilità attuali o future degli utenti e delle merci che il sistema deve soddisfare in una data area territoriale;
- quantificazione dei flussi di traffico sulla rete;
- analisi delle eventuali criticità di un sistema di trasporto esistente come premessa ad un suo potenziamento;
- individuazione delle soluzioni progettuali alternative finalizzate a soddisfare le

esigenze di mobilità;

- quantificazione dei flussi di traffico che potranno ipoteticamente interessare le reti comprendenti le soluzioni di intervento future;
- analisi di fattibilità delle soluzioni individuate, comparazione delle alternative ed i relativi benefici;
- scelta dell'alternativa più efficace.

Da queste considerazioni è quindi possibile stabilire che uno strumento fondamentale per la pianificazione stessa risulta essere la simulazione. Tale processo si articola in tre diverse operazioni:

- analisi della domanda di trasporto, ovvero quantificazione dei flussi di domanda che interessano l'area di piano e di studio;
- rappresentazione dell'offerta, schematizzazione delle reti e dei servizi di trasporto attuali e futuri ed oggetto del processo di pianificazione in un dato contesto territoriale;
- interazione domanda/offerta (assegnazione), quantificazione dei flussi di traffico presenti sulla rete attuale e prevedibili sulla rete futura.

3.2.1 Domanda

La domanda di trasporto è un bisogno che deriva dalla necessità degli utenti di consumare beni e servizi in un luogo diverso da quello nel quale si trovano, e risulta dipendere dalle variabili socio- economiche, rappresentanti le diverse funzioni sparse sul territorio (quali residenza, occupazione, istruzione, servizi, ecc) e dalle caratteristiche dell'offerta di trasporto.

La rappresentazione della stessa avviene prima di tutto definendo la struttura del territorio, e quindi attraverso la formulazione di matrici Origine – Destinazione, o matrici O/D. La matrice O/D rappresenta la specificazione articolata della domanda di trasporto, cioè la

quantità di persone o cose che devono spostarsi da un punto ad un altro della città o del territorio. Nel trattamento di problemi di traffico queste quantità vengono espresse come numero di veicoli equivalenti. Per determinare i veicoli equivalenti vengono utilizzati coefficienti di ingombro relativi al mezzo di trasporto e ai coefficienti di occupazione. Generalmente le matrici OD vengono costruite ricorrendo all'uso combinato dei modelli di generazione e delle stime dirette della domanda ottenute con indagini campionarie o rilievi diretti dei flussi di traffico come nel caso del Comune di Milano. La rappresentazione del dato in forma matriciale consente di determinare i flussi esistenti tra ogni origine e ogni destinazione.

Facendo riferimento alla letteratura, gli elementi necessari per caratterizzare in modo esaustivo la domanda di trasporto, possono essere identificati con particolari elementi denominati segmenti di domanda:

- origine dello spostamento, indicato con O ;
- destinazione dello spostamento, indicata con D ;
- categoria di utente che compie lo spostamento, legata al motivo di spostamento;
- motivo dello spostamento: lavoro, studio, acquisti, svago, turismo, ecc; indicata con i ;
- unità di tempo o fascia oraria in cui avviene lo spostamento, ad esempio la fascia di punta mattutina, la fascia di punta serale o la fascia di morbida pomeridiana, solitamente indicata con h ;
- modalità di trasporto utilizzate per effettuare lo spostamento, indicata con m ;
- percorso seguito, indicato con k ;
- ricorrenza dello spostamento;
- frequenza dello spostamento;
- attualità: lo spostamento potrà essere attuale, potenziale o futuro.

La prima operazione da compiere per poter analizzare la domanda di trasporto, è la

suddivisione del territorio in aree o zone, la cui delimitazione condiziona la domanda stessa. Si avrà:

- area di piano, o area di intervento: porzione di territorio soggetta agli interventi progettuali oggetto della pianificazione;
- area di studio: porzione di territorio esterna all'area di piano, ma che comunque resta influenzata dagli interventi stessi;
- zone OD: costituiscono le porzioni elementari del territorio dalle quali si suppone che abbiano origine e destinazione gli spostamenti che compongono la domanda di trasporto.

Per quanto riguarda la formulazione della matrice O/D, è ormai assodato l'uso di rappresentare le zone origine sulle righe e le zone destinazione sulle colonne. Ogni elemento, o cella della matrice, indica il numero di spostamenti relativo ad una data coppia O/D, in riferimento ai centroidi individuati sul grafo. Questi rappresentano i cosiddetti flussi di domanda, da non confondere con i flussi di traffico, determinati nella fase di assegnazione.

3.2.2 Offerta

L'offerta si costituisce essenzialmente di due componenti fondamentali quali la componente fisica, rappresentata dal grafo della rete, e la componente funzionale, rappresentata dai costi (di arco e di percorso) e dalle funzioni di costo, descritte da relazioni matematiche che legano tra loro costi e flussi di trasporto degli archi o dei percorsi.

Il grafo altro non è che uno schema grafico della rete in oggetto di studio a cui viene associata una banca dati in cui sono registrate tutte le caratteristiche fisiche, e funzionali, georeferenziate, relative ad ogni suo singolo elemento. Il grafo si compone di più elementi quali:

- nodi: georeferenziati, che possono rappresentare punti noti particolari della rete (quali intersezioni) o punti in cui si manifesta una variazione di una caratteristica fisica, funzionale o amministrativa di una infrastruttura e che quindi individuano la separazione tra due o più archi di caratteristiche diverse;
- archi: rappresentano il collegamento tra una coppia di nodi, e possono pertanto rappresentare un'infrastruttura di trasporto, una linea di trasporto collettivo o accessi alla linea stessa;
- nodi centroidi: nodi fittizi, che rappresentano l'origine e la destinazione di uno spostamento, e che possono essere classificati come centroidi di zona, di cordone od esterni;
- archi connettori: archi fittizi, che realizzano il collegamento tra nodi centroidi (zone della rete) e nodi fisici di un grafo.

Le funzioni di costo rappresentano il legame tra flusso (o flusso/capacità) e tempo (o velocità); queste possono essere classificate in funzioni separabili o non separabili rispetto all'arco, a seconda che, rispettivamente, le variabili di costo di un arco dipendano esclusivamente dal flusso sull'arco considerato, o dipendano anche dal flusso presente sugli altri archi.

3.2.3 Assegnazione

Una volta effettuati i processi di analisi della domanda e dell'offerta, definita la rete di offerta ed aver effettuato le necessarie manipolazioni alla matrice, è possibile passare al modello di scelta del percorso e quindi, prima della calibrazione del modello di simulazione, all'assegnazione della matrice O/D.

Si può quindi stimare il valore di grandezze significative su tutta la rete quali: flussi di traffico sugli archi del modello di offerta, livelli di congestione, componenti del costo generalizzato (quali ad esempio tempi di percorrenza).

Il criterio di classificazione in funzione della tipologia delle funzioni di costo suddivide i metodi tra assegnazioni a reti non congestionate, in cui le funzioni di costo sono indipendenti dai flussi, e i metodi di assegnazione a reti congestionate, in cui si avrà dipendenza tra flussi e costi; le funzioni di costo, che come già detto in precedenza, rappresentano il legame tra flusso (o flusso/capacità) e tempo (o velocità).

La formulazione dei modelli di assegnazione è stata introdotta negli anni '50 da John Glen Wardrop attraverso due principi che formalizzavano il problema nella scelta dei percorsi. Il primo principio afferma che ogni utente si comporta in modo da minimizzare il proprio costo di viaggio. In questo modo il traffico si distribuisce sulla rete producendo uno stato di equilibrio in cui i costi percepiti dagli utenti lungo gli itinerari utilizzati non sono superiori ai costi sui percorsi non utilizzati. L'assetto che ne risulta, in assenza di limitazioni, è del tipo "user optimized". Il secondo principio, di carattere normativo, afferma che gli utenti si comportano in modo da ottimizzare una funzione obiettivo aggregata (ad esempio minimizzare il costo totale o medio di spostamento) in modo da determinare una distribuzione della domanda di traffico più efficiente dal punto di vista collettivo. L'assetto che ne risulta in questo caso, è del tipo "system optimized". Wardrop introdusse quindi il concetto di comportamento ottimo per 'utente basato sulla minimizzazione dei costi di viaggio e i modelli di assegnazione si basano appunto su questi principi: dati un flusso tra un'origine e una destinazione, l'itinerario scelto è quello che minimizza i costi (costo solitamente riferito alla variabile temporale).

Come quanto già detto, la simulazione del traffico è quindi uno strumento fondamentale dell'analisi dei sistemi di trasporto, perché permette di riprodurre i fenomeni reali attraverso una serie di relazioni matematiche (modelli) e quindi dà la possibilità di valutare a priori, sia qualitativamente che quantitativamente, gli effetti di un'ipotesi di intervento su

un sistema. Questa possibilità è di cruciale importanza per la pianificazione dei trasporti a medio e lungo termine e per i programmi di gestione operativa dell'esercizio.

La rappresentazione delle reti attraverso modelli di simulazione è però tutt'altro che immediata, per due ragioni: la prima è l'intrinseca complessità dei sistemi di trasporto, che sono composti da numerosi elementi che si influenzano in modo diretto e indiretto, spesso non lineare e con effetti di segno diverso; la seconda è che sia il funzionamento del sistema, sia il suo utilizzo da parte degli utenti rispondono solo in parte a leggi fisiche e sono quindi misurabili in maniera esatta o approssimata, mentre la restante parte dipende dalle scelte comportamentali degli individui che ne fanno parte ed è quindi di natura aleatoria.

I due aspetti sono ancora più accentuati per il trasporto pubblico in ambito urbano, che è contraddistinto da reti molto articolate e presenta le esigenze particolari.

Analogamente a quanto avviene negli altri settori scientifici, la costruzione di un modello per un sistema di trasporto richiede l'esecuzione di quattro operazioni fondamentali:

- specificazione, ovvero scelta della forma funzionale e delle variabili;
- calibrazione, ovvero attribuzione di coefficienti alle variabili indipendenti;
- validazione, ovvero verifica della capacità del modello di riprodurre la realtà;
- raccolta e analisi dei dati necessari allo svolgimento delle operazioni precedenti.

Gli errori che si possono compiere durante la modellazione sono riconducibili a tre categorie principali:

- errori di specificazione;
- errori nella raccolta dei dati;
- errori computazionali in fase di analisi dei dati, calibrazione e validazione.

Per quanto riguarda i dati che mi sono stati forniti dal Comune di Milano, ho riscontrato diversi problemi.

Problema iniziale ma fondamentale si riferisce al numero di spire presenti sul territorio milanese rispetto al numero di spire funzionanti (circa 1/3); inoltre, di quelle funzionanti, non tutte forniscono un valore attendibile, sia per quanto riguarda il numero di veicoli equivalenti transitati nell'unità di tempo, sia per quanto riguarda la velocità media, sia per quanto riguarda il tasso di occupazione della spira. Inoltre, sempre per quanto riguarda le spire: in fase di associazione nodo (spira) - arco (tratto di strada), è importante segnalare come non tutti gli archi siano associati ad una sezione (648 su un totale di 902 del grafo di rete stradale).

I diversi files che mi sono stati forniti inoltre, derivavano da due sistemi diversi: alcuni sono stati elaborati tramite il modello Coral che fornisce in uscita uno stato di traffico ricevuti in ingresso i dati che gli arrivano dalle spire; altri sono i dati che arrivano dalle spire in se, che forniscono i valori relativi appunto alla velocità, tasso di occupazione e flusso.

Attraverso il modello adottato purtroppo però non è possibile ottenere stime di velocità o di densità sugli archi, dunque a priori non si può stabilire se un basso valore del flusso corrisponde a un basso numero di veicoli transitati in condizioni di libero deflusso, oppure ad una situazione di congestione o di accodamento.

4. BASE DATI REPERITE

L'intento iniziale della mia tesi, era quello di studiare l'evoluzione della congestione del traffico del Comune di Milano dal 2007 ad oggi per poi effettuare ipotetici interventi mirati, in quanto la situazione della mobilità all'interno del Comune è comunque in continua evoluzione.

Per compiere questo tipo di analisi, dopo essermi incontrata con l'Arch. Salucci (Direttore Centrale Mobilità Trasporti Ambiente del Comune di Milano) e il Dott. Tosi (Direttore Sistemi Informativi dell'Agenzia Mobilità Ambiente Territorio) e dopo aver ottenuto l'autorizzazione a farmi dare i dati necessari, mi sono rivolta alla Centrale di Controllo del Comune, in grado di fornirmi i dati ottenuti dalle spire presenti sul territorio.

La mia richiesta quindi, è stata quella di farmi consegnare i dati forniti dalle spire, riguardanti la congestione del traffico per tutti i martedì (in quanto i negozi, a differenza del lunedì sono aperti e anche le scuole svolgono servizio) e venerdì (perché nella città di Milano sono presenti diversi pendolari, che nel week end tornano nelle loro residenze d'origine) di novembre (la scelta del mese è derivata dal fatto che iniziano ad abbassarsi le temperature e la gente prende più spesso un veicolo pubblico o privato che sia, che consente un riparo) dal 2007 al 2011, in una fascia oraria compresa dalle 08.30 alle 10.30 e dalle 16.30 alle 18.30. Al fine di determinare le ore di punta della mattina e della sera certamente ricomprese in queste fasce orarie.

Ad oggi nel Comune di Milano sono presenti 1525 spire (la prima spira contatraffico è stata collocata circa 12 anni fa)

ANNO	SPIRE	TELECAMERE	PREFERENZIAMENTO SEMAFORICO
2001	- 124 Sezioni di misura monodirezionale installate su 126 a regime appartenenti al Sistema di Monitoraggio al Confine Comunale; - 42 sezioni di misura per il conteggio del Sistema di Classificazione Dati Traffico lungo le principali arterie urbane		
2005	1800 Spire	- 100 telecamere di controllo del traffico; - 500 telecamere di controllo del territorio	- Centralizzazione di 600 impianti semaforici; - Preferenziamento di 120 impianti semaforici
2010 (Periodo Ecopass)		43 varchi controllati da telecamere	

Attraverso spire induttive si effettuano operazioni di rilevazione, conteggio e classificazione del traffico, e si possono ottenere i seguenti dati di traffico:

- passaggio dei veicoli;
- velocità di transito;
- lunghezza dei veicoli;
- tempo medio di occupazione della sezione stradale;
- distanziamento temporale tra i veicoli.

Sono tutti elementi che possono essere desunti sia nei sistema di rilevamento fisso (alloggiati nella pavimentazione stradale) sia nelle attività di rilevamento mobile (protetti da contenitori inchiodati sulla pavimentazione).

In funzionamento avviene nel seguente modo:

- il rilevatore di traffico (detector) è in stand-by, in attesa del passaggio di un veicolo sulla coppia di spire;
- per ciascuna corsia di percorrenza vengono solitamente installate due spire induttive;

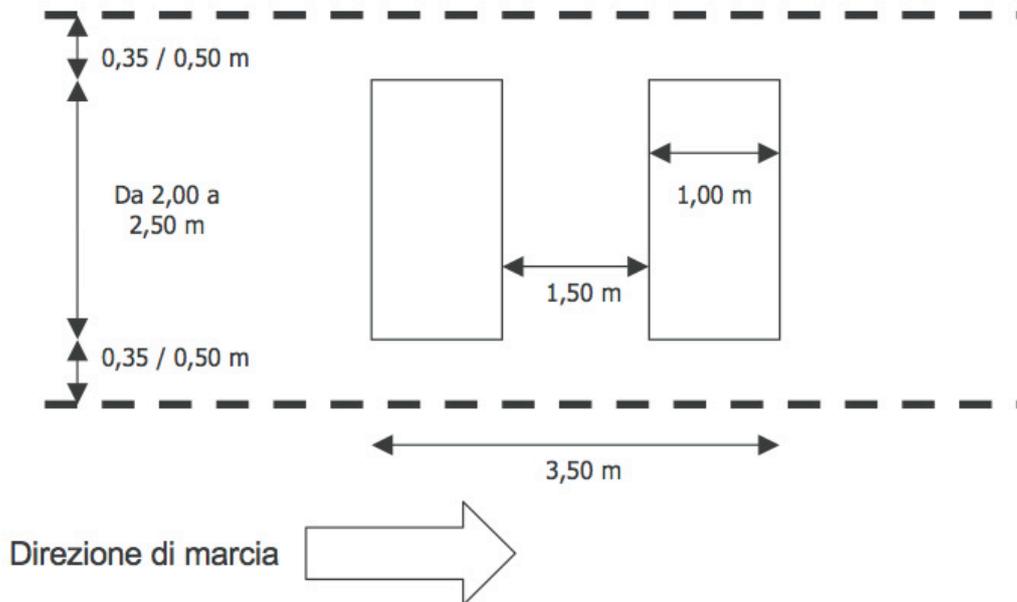
- al passaggio di un veicolo, il detector effettua l'analisi del transito effettuando un campionamento del segnale.
- il veicolo, passando su due spire successive di identica geometria, genera dei segnali che vengono confrontati con quelli tipici generati dalle diverse classi. Il detector quindi invia un pacchetto informativo di dati contenente la classe del veicolo, la velocità (data in tempo di occupazione della spira), la lunghezza, la distanza rispetto al veicolo precedente e, ovviamente, la direzione di marcia.

Le spire possono essere installate sopra la pavimentazione stradale per rilevamenti temporanei, o annegate nel manto stradale, come rilevatori permanenti; le spire interrato sono più protette, ma sono comunque soggette a tensioni e torsioni, dovute al passaggio dei veicoli pesanti e ai cambiamenti di temperatura.

La corrente elettrica fornita da un generatore a batteria attraversa la spira, generando un campo magnetico, quando la massa metallica di un autoveicolo transita sulla spira, si modifica l'intensità del campo magnetico e l'intensità della corrente circolante nella spira si riduce; si produce così un segnale elettrico che viene rilevato da un apparecchio rilevatore, insieme con il tempo di permanenza del veicolo nella zona di rilevazione.

Per i progetti di controllo e classificazione del traffico vengono sempre realizzate due spire per determinare sia la classe che la velocità del veicolo, il primo parametro può variare all'interno di 6 classi (auto, auto con rimorchio, camion, camion con rimorchio, auto-articolati, autobus, altri veicoli) mentre la velocità viene rilevata da pochi Km/h (tipicamente 5Km/h) fino a 250 Km/h.

Per i progetti di rilevazione e classificazione del traffico in ambito urbano e suburbano, lo schema delle spire è normalmente del seguente tipo:



Grazie all'utilizzo di questi sensori, è possibile effettuare azioni di regolamentazione semaforica, con la finalità di modificarne in tempo reale il funzionamento (cicli di rosso / verde), in funzione del flusso stradale rilevato. Questi sensori registrano continuamente il transito dei veicoli trasmettendo le informazioni alla centralina semaforica per la predisposizione delle modifiche.

Esistono due tipi di attuazione che possono anche essere combinati insieme:

- Attuazione con spire di micro: in questo caso i sensori sono posti in prossimità delle linee di arresto e sono in grado di determinare (relativamente alle corsie dove sono posizionati) se durante la fase di verde non ci sono più veicoli in attesa di attraversare l'intersezione. Al verificarsi di questa condizione tagliano il tempo di verde e consentono l'immediato passaggio alla fase semaforica successiva riducendo il tempo di ciclo totale e aumentando la capacità di smaltimento dell'intersezione.
- Attuazione con spire di macro: in questo caso i sensori sono posizionati alcune centinaia di metri a monte degli approcci dell'intersezione e sono collegati alla centralina semaforica la quale, sulla base dei volumi di traffico rilevati negli ultimi 5-

10 minuti, predispone un piano semaforico adatto alla situazione del traffico monitorata e prevede eventuali inserimenti o soppressioni di fasi.

Quantificazione veicoli in ingresso a Milano:

Per quanto riguarda i veicoli in ingresso a Milano (rilievi automatici al cordone) si riportano nella tabella seguente i valori registrati nel mese di gennaio 2003 in una settimana standard.

Anno 2003 Veicoli in Entrata a Milano	Totale 24 ore settimana dal 27 gennaio al 1 febbraio
Lunedì	1.022.060
Martedì	1.035.829
Mercoledì	1.052.778
Giovedì	1.058.576
Venerdì	1.111.559
Sabato	924.490
Media giorni feriali	1.034.215

Veicoli in entrata a Milano, riferiti alla settimana standard

I dati riportati nel PGTU 2003 nell'ora di punta 8:00-9:00, segnalano 2.280 veicoli commerciali leggeri e 475 veicoli pesanti, per il 2001 purtroppo il dato è relativo all'intera giornata lavorativa (7.00 - 21.00) e quindi i necessari confronti non sono attuabili, si registravano comunque nel 2001, 25.875 veicoli commerciali leggeri e 3.667 veicoli pesanti: il PGTU 2003 enfatizza, senza riportare, come precedentemente segnalato, i dati rilevati per l'intera giornata nel 2002 e riporta una contrazione relativa ai soli flussi dei mezzi commerciali pesanti (a fronte di un incremento del 3% per i veicoli commerciali leggeri) nella fascia oraria 8:00-9:00 contrazione pari al 18,3%, valore che avrebbe dovuto essere assai più rilevante stante il divieto di circolazione vigente in larga parte del territorio urbano.

4.1 ANALISI DEI DATI

I primi dati che mi sono stati consegnati dalla Centrale Gestione Traffico (CGT) erano così suddivisi¹²:

TIMESTP	SCO_ID	PERIOD	TOTAL FLOW	AVG SPEED	TOCC	SENSORREALIABILITY
---------	--------	--------	------------	-----------	------	--------------------

- ▶ Timestp: indica il giorno e l'ora;
- ▶ Sco_id: codice identificativo della spira;
- ▶ Period: 300 secondi, cioè 5 minuti di intervallo di tempo tra un dato e l'altro riguardante la stessa spira;
- ▶ Total flow: numero dei veicoli equivalenti¹³ transitati nell'unità di tempo;
- ▶ Avg speed: velocità media (km/h);
- ▶ Tocc: tasso di occupazione della spira (%);
- ▶ Sensorreality: attendibilità della spira (0=spira non funzionante, 33= ne funziona 1 su 3, 50= ne funziona 1 su 2, 66= funzionano 2 spire su 3, 100= spire pienamente funzionanti).

La presenza del dato relativo all'attendibilità della spira, è però significativo del fatto che non si tratta dei dati delle spire, ma di una successiva rielaborazione; i quanto soltanto dopo una verifica si potrebbe determinare se funziona un spira su 2.

¹² Dati ricavati da Oracle SQL Developer: Suite_ATM

¹³ Nel trattamento di problemi di traffico la quantità di persone o cose che devono spostarsi da un punto ad un altro della città o del territorio, vengono espresse come numero di veicoli equivalenti. Per determinare i veicoli equivalenti vengono utilizzati coefficienti di ingombro relativi al mezzo di trasporto e ai coefficienti di occupazione.

In prima analisi mi sono subito resa conto delle pochissime spire funzionanti nei primi anni di analisi (per quanto riguarda il 2007 ad esempio sono presenti dati relativi a 37 spire su tutto il territorio milanese); decisi quindi di iniziare ad analizzare i dati più aggiornati relativi al novembre 2011.

I codici identificativi delle spire indicano il nome di un nodo che a sua volta rappresenta il nome di un arco presente sul grafo della rete stradale (ad esempio, lo SCO_ID rappresentativo della spira 10417, identifica il flusso rilevato sull'arco stradale di via Novara in direzione est, asse stradale che viene rappresentato sul grafo di rete ed è associato ad una differente codificazione (in questo caso quella avente valore AVP_ID 1054261). Con questa tipologia di informazioni, è però difficile effettuare un'analisi dettagliata dei dati in quanto, come viene spiegato nel capitolo relativo al funzionamento della spira, è di fondamentale importanza anche essere a conoscenza del posizionamento preciso della spira sull'arco (stante la significativa lunghezza in km delle strade rilevate), in modo da poter sapere se i dati forniti riguardano valori in prossimità delle linee di arresto o posizionati alcune centinaia di metri a monte degli approcci d'intersezione. A priori dalla mancanza di queste tipologie di informazioni, notando lo scarsissimo numero di valori rappresentativi del tasso di occupazione, nonché elemento caratterizzante per la congestione, decisi di utilizzare come dato di analisi la velocità media. Una prima scrematura effettuata è stata quella di cancellare tutti i valori la cui attendibilità della spira era uguale a 0 (quindi identificativi del mal funzionamento); una seconda scrematura è stata invece effettuata cancellando tutti i codici relativi ad una spira, che contenessero un valore uguale a 0 per quanto riguardava il numero dei veicoli transitati e la velocità media nell'intero arco di tempo (anche in questo caso, la presenza di innumerevoli 0 mi ha confermato l'idea del fatto che si tratti di una rielaborazione dei dati delle spire).

In seguito a queste operazioni di scarto, il risultato ottenuto attraverso l'analisi della velocità media, riportata sul grafo della rete stradale, è stato quello di avere circa 1/3 dei

valori rappresentati; infatti non tutti gli archi sono associati ad una sezione: 648 su un totale di 902 archi del grafo. Inoltre sul territorio milanese ad oggi sono presenti spire, di cui circa 1/3 funzionanti.



Anche l'analisi della velocità media (Allegato Tav. 01-02-03-04-05-06-07-08-09-10-11-12) ha evidenziato però degli "errori": si sono verificate infatti anomalie relative a sensi unici inversi (ad esempio via Camperio, via Pontaccio, via Fatebenefratelli), velocità medie poco credibili (ad esempio per quanto riguarda un tratto di viale Forlanini in ingresso, nella fascia oraria dalle 08.30 alle 09.30, ove è stata attribuita una velocità media superiore ai 50 Km/h), oppure dati di congestione, cioè con una velocità media inferiore ai 20 Km/h su tratti di strada del tutto impensabili (ad esempio, sul viale Alcide De Gasperi in uscita tra le 08.30 e le 09.30).

Segnalate queste anomalie al Comune, mi è stato consigliato l'utilizzo di un'altra tipologia di dati, derivanti dal Modello Coral, che fornisce in uscita uno stato dei flussi traffico rilevati dalle spire. Attraverso questo modello purtroppo però non è possibile ottenere stime di velocità o di densità sugli archi, dunque a priori non si può stabilire se un basso valore del flusso corrisponde a un basso numero di veicoli transitati in condizioni di libero deflusso, oppure ad una situazione di congestione o di accodamento. I dati ricavati da questo modello, si riferiscono ad un martedì ed a un venerdì (21 e 24 Febbraio, in quanto è possibile estrarre soltanto dati relativi all'ultimo mese), sempre nella fascia oraria compresa tra le 08.00 e le 10.00 e tra le 17.00 e le 18.00. In questo caso i dati vengono presentati nel seguente modo:

RUN_DATE	ARC_ID	STI_DESCRIPTION	ARC_FLUX	ARC_LC
----------	--------	-----------------	----------	--------

- › RUN_DATE: data e ora di elaborazione;
- › ARC_ID: identificativo univoco dell'arco;
- › STI_DESCRIPTION: nome dell'arco associato;
- › ARC_FLUX: flusso (numero di veicoli) assegnato
- › ARC_LC: livello di carico assegnato. Secondo gli algoritmi del modello CORAL viene elaborato un indicatore numerico del livello di carico (LC, appunto) che poi viene confrontato con due soglie. Sulle basi delle analisi statistiche sui dati storici, sono impostate le seguenti soglie L1=2 e L2=3,5. Quindi abbiamo i seguenti livelli:
 - Fluido: per $LC < 2$
 - Denso: per $2 < LC < 3,5$
 - Congestionato: per $LC > 3,5$.

Ma anche in questo caso i dati evidenziavano delle anomalie derivanti dall'estrazione dei dati da modello, relative all'eccessivo valore dei flussi veicolari e, anche in questo caso, a sensi unici invertiti, che di conseguenza li rendevano inutilizzabili.

Per quanto riguarda invece i dati di flusso forniti dal modello di ATM, relativi a martedì 15 novembre 2011 nella fascia oraria compresa tra le 09.00 e le 10.00, ricevuti in seguito alle segnalazioni di anomalie presenti negli altri files che mi erano stati consegnati, si può osservare come su 3.339 archi, una buona parte dei dati sia da considerare "poco credibile" quindi anche in questo caso inutilizzabili per effettuare un'analisi attendibile.

Il posizionamento della spira è di fondamentale importanza nella fase del calcolo della capacità massima di una strada, in quanto un tratto stradale può essere caratterizzato da un diverso numero di corsie.

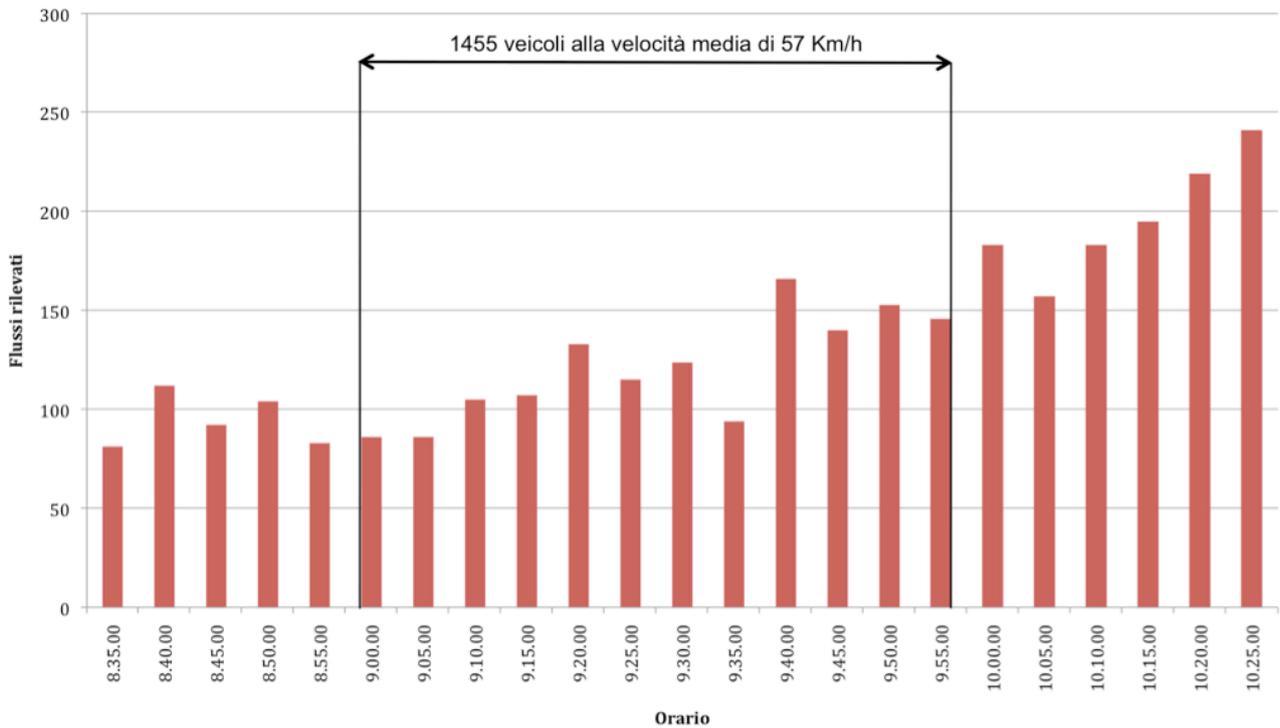
Il cavalcavia Ghisallo è un esempio chiaro di come cambiano i valori in base al numero di corsie:

- Tratto stradale a due corsie: su un arco stradale a due corsie, con un livello di servizio pari ad A (70 Km/h), potremmo rilevare al massimo 2.700 veicoli/ora. Infatti dai risultati ottenuti dall'analisi dei dati relativi a martedì 1 Novembre 2011, si può come 1455 veicoli nella fascia oraria compresa tra le 09.00 e le 09.55 siano un dato del tutto attendibile.



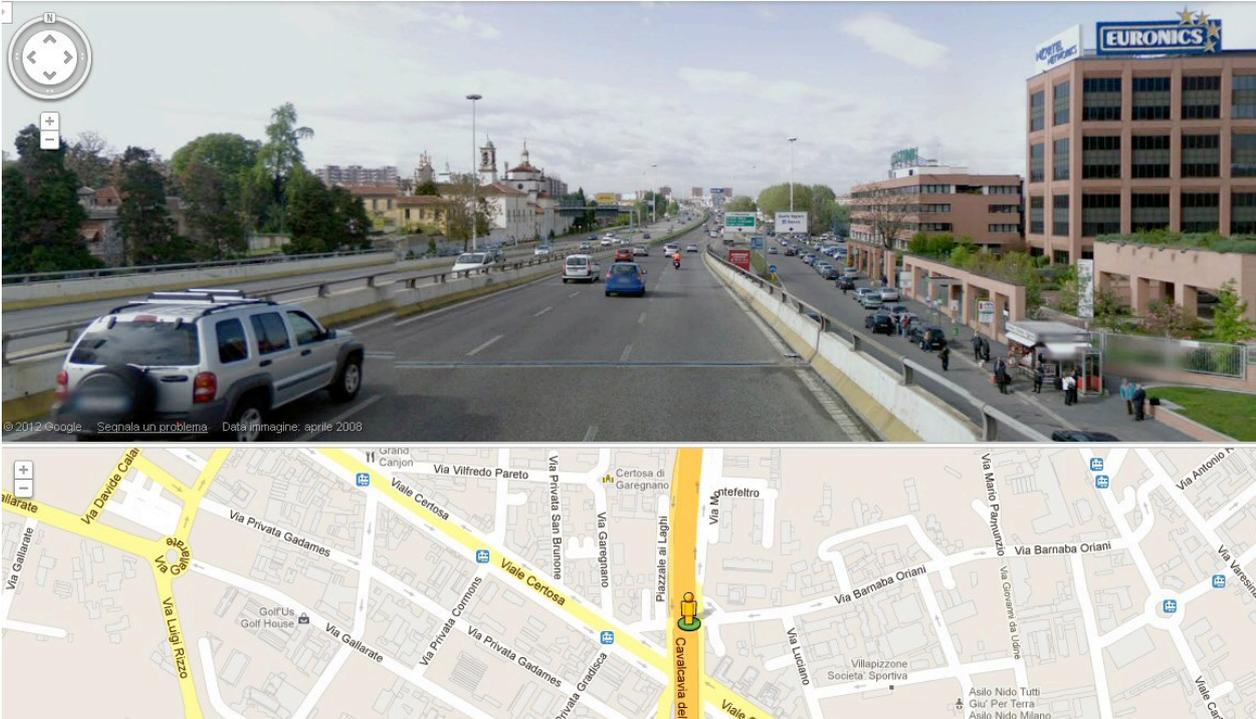
SCO_ID 10648: Cavalcavia del Ghisallo in direzione periferia

■ FLOW_01_11_2011



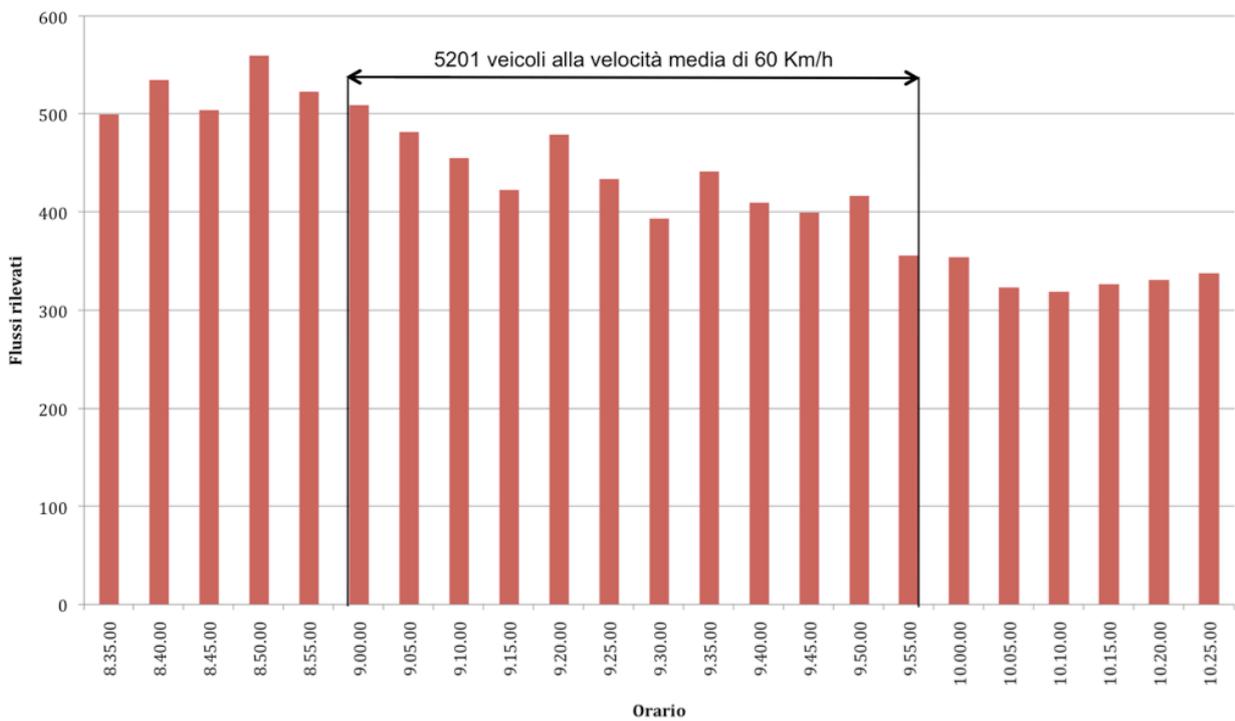
- Tratto stradale a tre corsie: su un arco stradale a tre corsie, con un livello di servizio pari ad A (70 Km/h), potremmo rilevare al massimo 4.650 veicoli/ora. Se in questo

caso prendiamo in considerazione i dati relativi al numero dei veicoli equivalenti nell'arco dell'ora compresa tra le 09.00 e le 09.55 del 8 Novembre 2011, avremo 5201 veicoli ad una velocità media di 60Km/h.

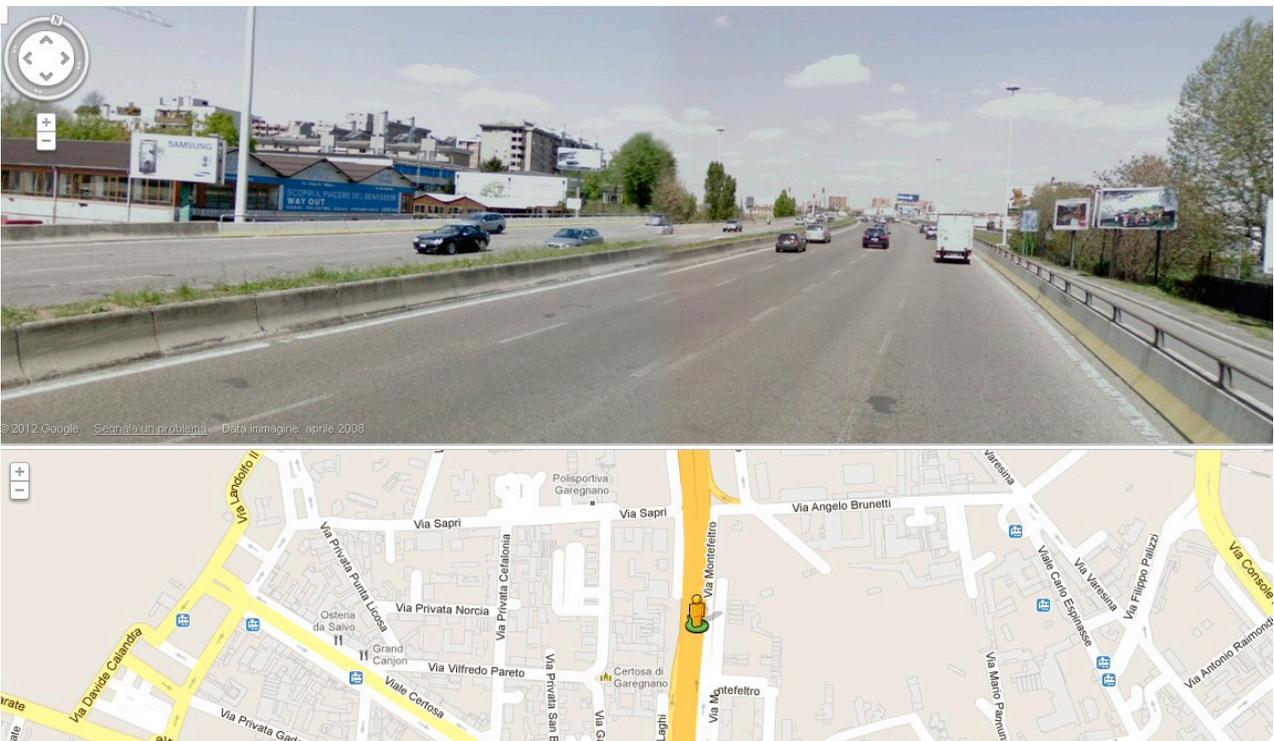


SCO_ID 10648: Cavalcavia del Ghisallo in direzione periferia

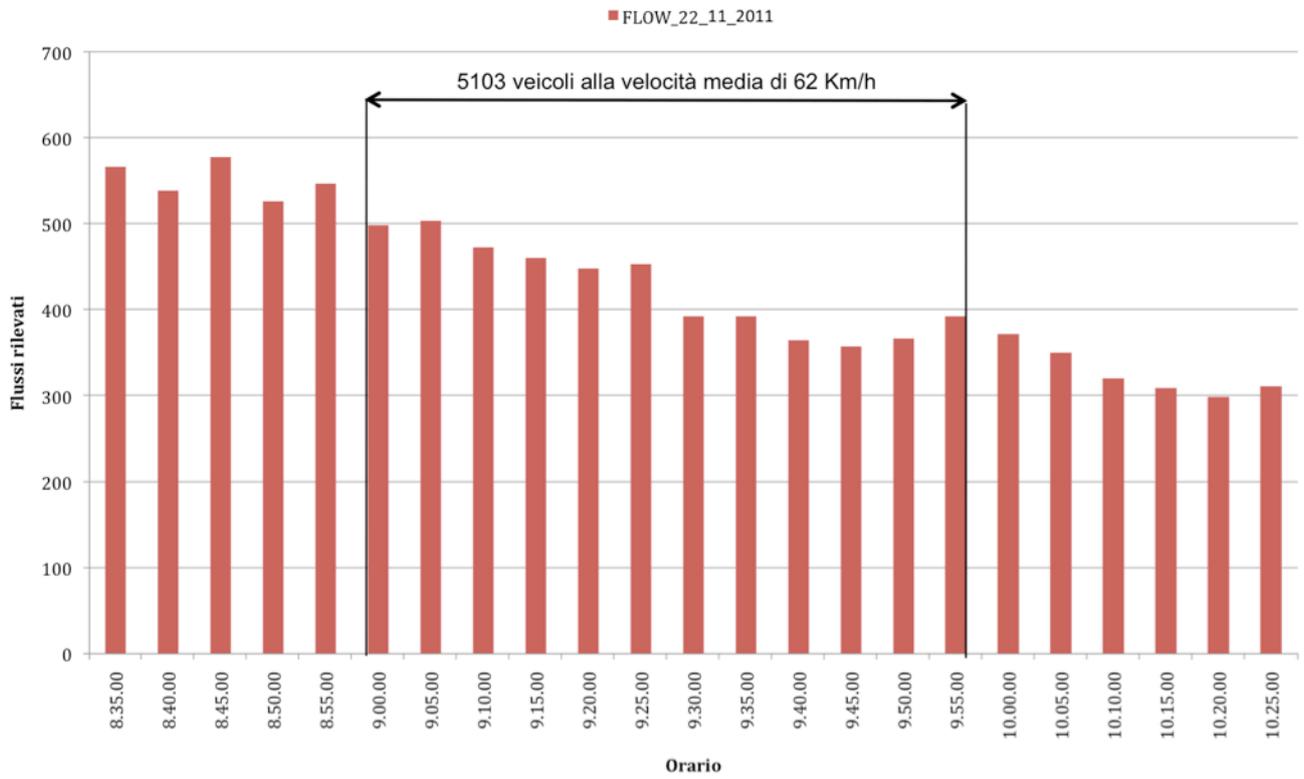
■ FLOW_08_11_2011



- ▶ Tratto stradale a quattro corsie: su un arco stradale a quattro corsie, con un livello di servizio pari ad A (70 Km/h), potremmo rilevare al massimo 6.200 veicoli/ora. Prendendo come riferimento i risultati ottenuti dall'analisi dei dati di martedì 22 Novembre 2011, si può notare come 5103 veicoli alla velocità media di 632 Km/h sia un dato attendibile, considerando che le misurazioni sia avvenute in un arco stradale a quattro corsie.



SCO_ID 10648: Cavalcavia del Ghisallo in direzione periferia

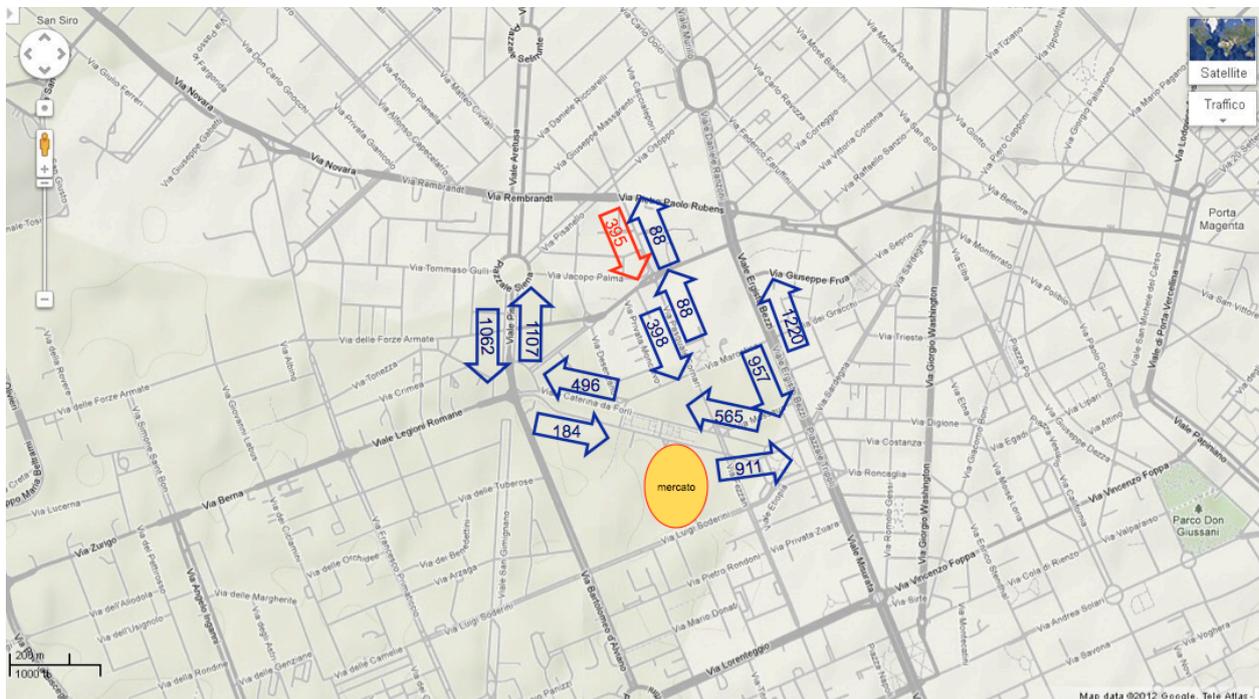


5. VERIFICHE PUNTUALI

In seguito ai risultati ottenuti dai diversi dati che mi sono stati forniti, è stato quindi deciso di effettuare un'analisi con annesse osservazioni riguardanti i calcoli della capacità massima di diversi tratti stradali.

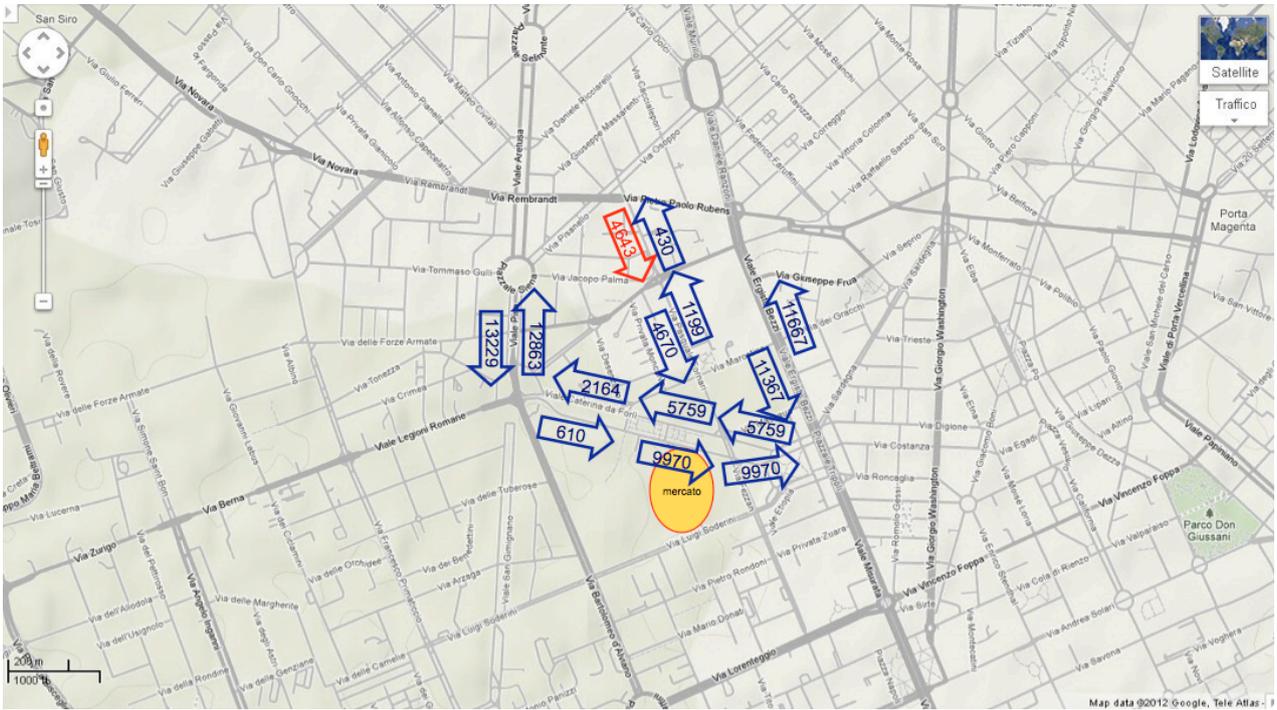
Attraverso l'utilizzo dei dati forniti dal Modello Coral, relativi a martedì 21 Febbraio, nella fascia oraria dalle 08.00 alle 09.00; per quanto riguarda il caso relativo a Viale Ergisto Bezzi¹⁴, la verifica dei dati ha portato a dei risultati del tutto inesatti.

Infatti, se i flussi rilevati nei primi 5 minuti (08.00-08.05), avrebbero anche potuto risultare attendibili (tranne Via Antonello da Messina, indicata in rosso, in quanto viene considerata come senso unico inverso);



¹⁴ Dati forniti dalla Centrale del Traffico (postazione ATM)

la somma dei dati rilevati nel fascia oraria compresa tra le 08.00 e le 08.55 risulta inattendibile:



Infatti, è fisicamente impossibile che in un'ora, in una strada a due corsie, vengano conteggiati 11.667 veic.eq, come nel caso di Viale E. Bezzi.



Osservazioni su Via Losanna:



RUN_DATE	ORA	ARC_ID	STI_DESCRIPTION	ARC_FLUX	ARC_LC
21-FEB-12	8.00 - 8.05	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	10,9	1,0
21-FEB-12	8.05 - 8.10	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	10,9	1,0
21-FEB-12	8.10 - 8.15	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	10,7	1,0
21-FEB-12	8.15 - 8.20	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	11,4	1,1
21-FEB-12	8.20 - 8.25	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	10,4	1,1
21-FEB-12	8.25 - 8.30	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	8,0	1,0
21-FEB-12	8.30 - 8.35	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	7,9	1,0
21-FEB-12	8.35 - 8.40	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	11,4	1,0
21-FEB-12	8.40 - 8.45	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	12,6	1,0
21-FEB-12	8.45 - 8.50	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	11,7	1,1
21-FEB-12	8.50 - 8.55	1052532	VIA LOSANNA verso PIAZZA FIRENZE	10,1	1,0
			MEDIA VEICOLI 8:00 - 8:55	10,5	
			SOMMA VEICOLI 8:00 - 8:55	115,9	

A seguito di queste osservazioni ATM ha risposto¹⁵:

“...confermando che i flussi assegnati sono espressi in veicoli/ora, riporto in allegato un'estrazione dai dati forniti e riguardati l'assegnazione che il modello ha eseguito su tutti i 3339 archi il 15 novembre 2011 alle ore 9.05. Si osserva che i valori restituiti, così come la loro media pari a 793, è compatibile con tale unità di misura.

Si osserva altresì che su 115, dei 3339 archi, il modello ha restituito un valore inferiore a 20 veicoli/ora (evidenziati nell'elenco allegato).

¹⁵ Risposta fornita da Marco Didoni di ATM in data 5 Marzo 2012

Se pur non confrontati con delle misure, l'esigua entità dei flussi di questi archi, come quella dei campioni da lei estrapolati (Arco n° 1052532-Losanna direzione Firenze del 21 febbraio 2012 dalle ore 8 alle ore 8.55) è tale da farli rientrare in una lista di "sospetti" da verificare.

Occorre però fare un'importante precisazione. Il modello adottato (che assume come dato di ingresso i conteggi dei sensori), purtroppo, non restituisce stime di velocità o di densità sugli archi (disponiamo solo del tasso di occupazione delle spire sugli archi misurati), dunque a priori non si può stabilire se un basso valore del flusso corrisponde a un basso numero di veicoli transitati in condizioni di deflusso libero, oppure ad una situazione di congestione o di accodamento.

Tornato al caso segnalato, la capacità di via Losanna in direzione Sempione è condizionata da quella del segnale semaforico dell'intersezione con corso Sempione. Considerando che: il ciclo semaforico è di 90 secondi, il verde per via Losanna è di 27 secondi, il flusso di saturazione del segnale di via Losanna sia di 1500 veicoli/h (ipotesi di lavoro); si ottiene una capacità di 450 veicoli/h. Quindi i flussi che sono stati stimati il 15 novembre 2011, qui di seguito rappresentati (estratti sempre dall'allegato)

<i>ora</i>	<i>flusso</i>
9.05	258
9.10	244
9.15	224
9.20	236
9.25	241
9.30	259
9.35	261
9.40	232
9.45	247
9.50	236
9.55	242

sono compatibili con la capacità dell'arco. Qualora si presentasse un flusso superiore ai 450 v/h, oppure, a causa di doppie file, incidenti o quant'altro, il flusso di saturazione si riducesse, il segnale semaforico si troverebbe in condizione di sovra saturazione creando una coda che non permetterebbe il deflusso dei veicoli in via Losanna.

Concludendo, per rispondere alla sua domanda, non intendo asserire che in via Losanna transitano in media 10.5 veicoli/ora, ma che, il modello, sulla base dei dati acquisiti e dei dati storici, può aver assegnato, in quel giorno e a quell'ora, un basso flusso interpretabile come una situazione di sovra-saturazione dell'arco.

Ciò precisato, tra i 115 archi prima definiti "sospetti", ci saranno sicuramente quelli per i quali il modello ha assegnato un valore errato (avendo definito una soglia di precisione) del flusso (come è altamente probabile per i 7 archi, dell'elenco allegato, con valore assegnato nullo).

A riguardo colgo l'occasione per rivolgermi all'Amministrazione comunale e permettermi di suggerire una maggiore attenzione alla manutenzione del sistema modellistico di cui si è dotata, agendo su:

- la manutenzione del sistema di acquisizione; mi riferisco al pronto rifacimento delle spire e alla periodica taratura dei relativi parametri elettrici per garantirne un'adeguata precisione;*
- la manutenzione del grafo viario; così da evitare situazioni come quella, giustamente segnalata, di via Camperio;*
- la manutenzione del modello; cioè proprio quel lavoro di analisi trasportistica che, con le opportune tecniche, permette di rendere il modello il più aderente possibile alla realtà.”*

In sintesi pare di capire che la banca dati non fosse relativa ai reali flussi rilevati con spire di traffico bensì a stime di un modello di assegnazione e quindi gli archi, pur con rilevanti errori di direzione e capacità, non riportano il reale flusso registrato nel 5 minuti di riferimento bensì il flusso previsto nell'ora qualora permanga il flusso rilevato nei cinque minuti.

5.1 CALCOLO DELLA DENSITA' MASSIMA DEI VEICOLI

Dall'intersezione di Via Sardegna al semaforo di Via Marostica abbiamo una lunghezza di 300 mt, considerando la lunghezza media di un veicolo pari a 4,50 mt, avremo quindi al massimo 66,6 veicoli (idealmente accodati in modo perfetto), quindi considerando due corsie per senso di marcia, avremo al massimo 133 veicoli nell'unità di tempo.

Se tutti procedessero con un flusso costante, quanti veicoli potremmo avere?

$$GF \text{ (deflusso orario equivalente veic/h)} = F_{\Delta T} [\text{veic}] * 60/\Delta T [\text{minuti rilevati}]$$

$$F_{\Delta T} = \text{Flusso massimo rilevato nell'unità di tempo}$$

$$\text{Ora di punta normale } T_{phn} = a * TGM^{16}$$

Definendo il passo del traffico come l'intervallo continuo di minor estensione cinematica con il 50% di frequenza; facendo attenzione alle unità di misura, la relazione di base è la seguente:

$$\text{Velocità[km/h]} = \text{velocità[m/s]} * 3,6$$

E quindi si hanno correntemente le relazioni (in ambito urbano):

$$18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$$

$$36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$$

$$54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$$

La relazione fondamentale di deflusso è:

$$Q [\text{veic/h}] = D [\text{veic/km}] * V [\text{km/h}]$$

dove:

Q = portata [veic/h]

V = velocità [km/h]

D = densità [veic/km] per singola corsia (numero dei veicoli presenti, nel momento considerato e nel tratto omogeneo considerato)

Appurato che per una corsia di marcia lunga 300 metri la Densità massima può essere pari a 66,6 veicoli, la massima portata Q sarà quindi:

$$3.333,3 \text{ [veic/h]} = 66,6 * 50 \text{ km/h}$$

e su un arco stradale a due corsie avremmo al massimo 6666,6 [veic/h], ma essendo in ambito urbano, in un tratto compreso tra due incroci semaforici, il deflusso sarà decisamente minore.

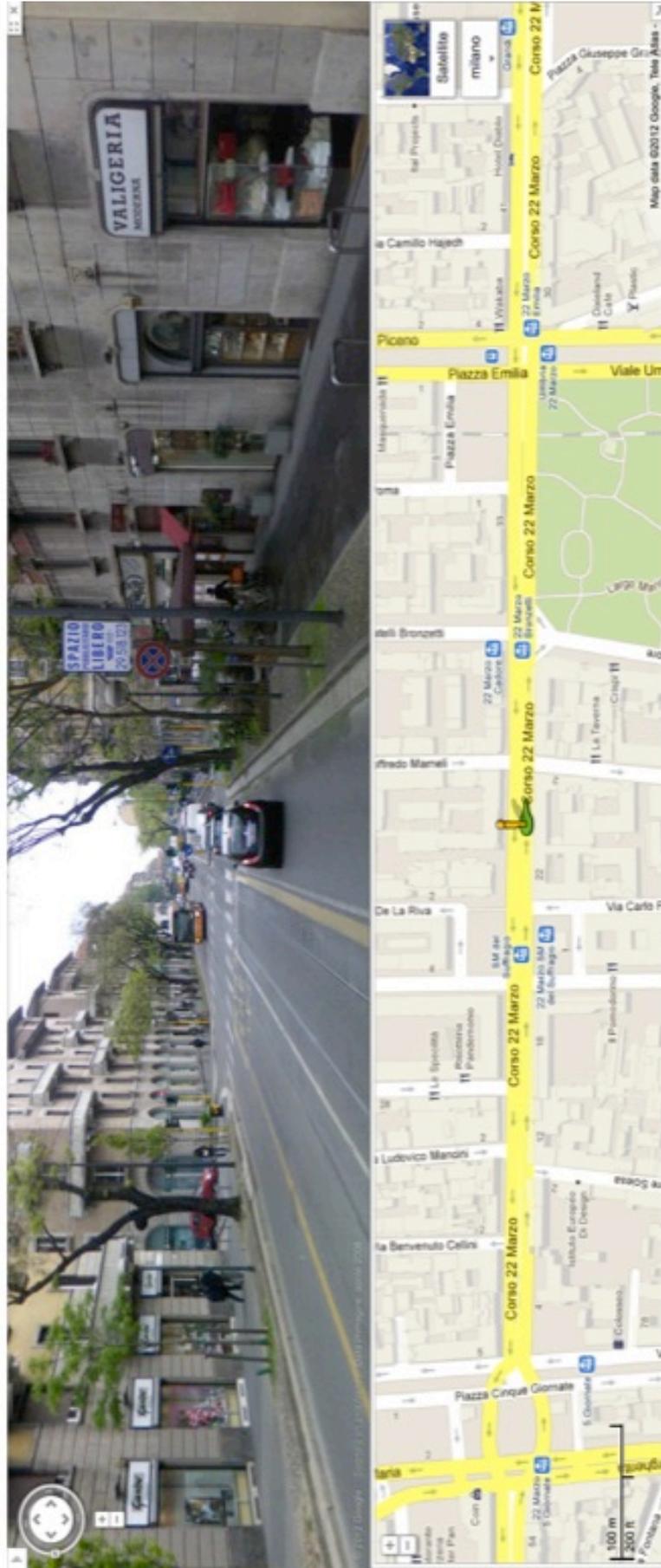
Su un arco stradale a due corsie, con un livello di servizio pari a F (veicoli in coda), potremmo quindi avere al massimo 3.200 v.eq/h (e non 11.667 veic.eq come sono stati conteggiati).

Tipo di strada		Ambito territoriale		Livello di Servizio LOS		Portata di servizio per corsia (veic. equiv. / ora)	Valori orientativi Q/C
Autostrade	A	Extraurbano	Strada principale	B	due o più corsie	1.100	0,5
			<i>Eventuale strada di servizio</i>	C	<i>una corsia</i> <i>due o più corsie</i>	<i>650</i> <i>1.350</i>	0,7
		Urbano	Strada principale	C	due o più corsie	1.550	0,7
			<i>Eventuale strada di servizio</i>	D	<i>una corsia</i> <i>due o più corsie</i>	<i>1.150</i> <i>1.630</i>	0,85
Extraurbana principale	B	Extraurbano	Strada principale	B	due o più corsie	1.000	0,5
			<i>Eventuale strada di servizio</i>	C	<i>una corsia</i> <i>due o più corsie</i>	<i>650</i> <i>1.200</i>	0,7
Extraurbana secondaria	C	Extraurbano	C1	C	una corsia	600	0,4
			C2	C	una corsia	600	1
Urbana di scorrimento	D	Urbano	Strada principale	E	capacità	950	1
			<i>Eventuale strada di servizio</i>	E	<i>Capacità</i>	<i>800</i>	1
Urbana di quartiere	E	Urbano		E	capacità	800	1
Locale	F	Extraurbano	F1	C	una corsia	450	0,7
			F2	C	una corsia	450	0,7
		Urbano	E	capacità	800	1	

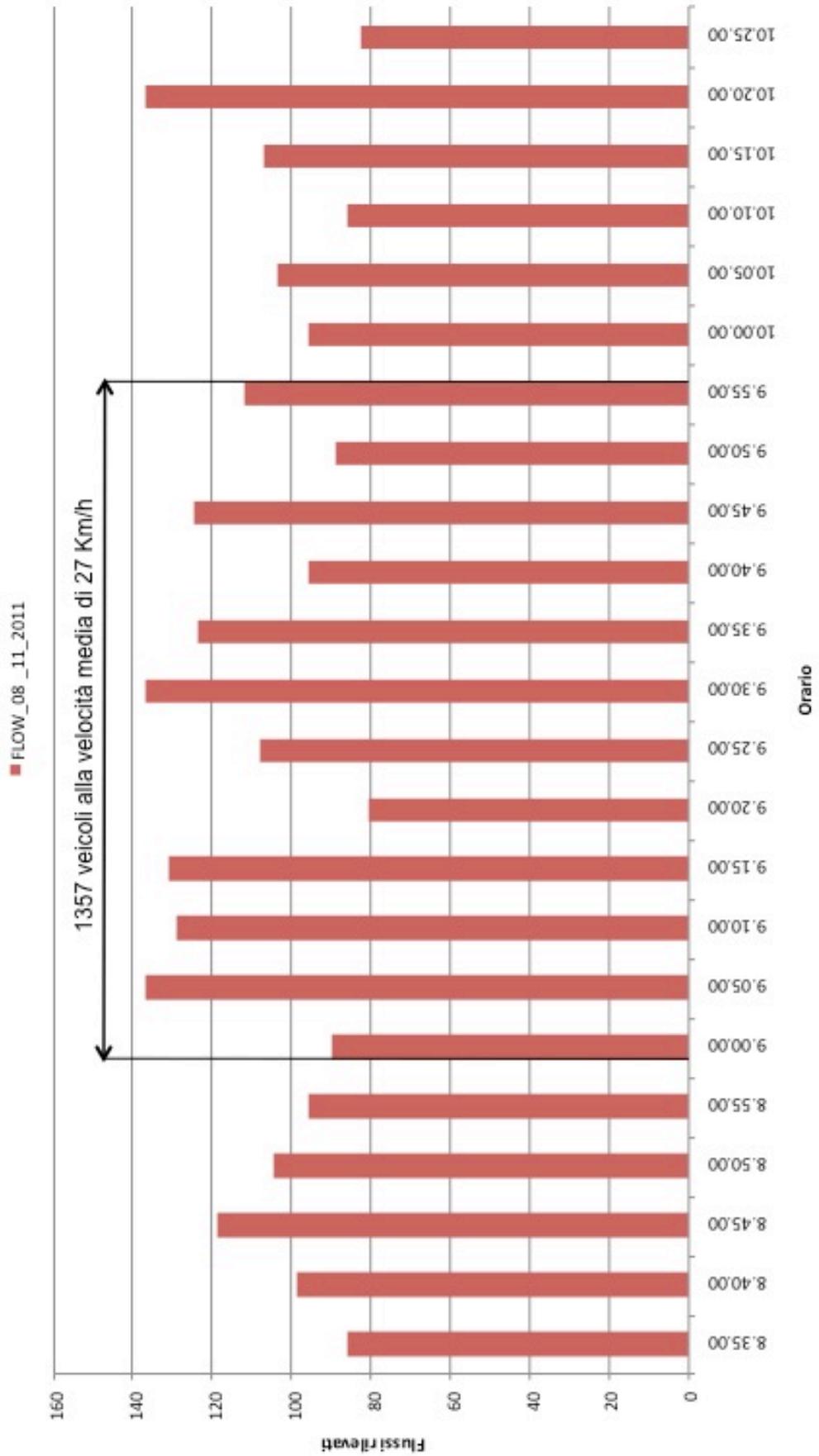
¹⁶ In ambito urbano a è uguale a 0,10 (con un intervallo possibile 0,05 – 0,12)

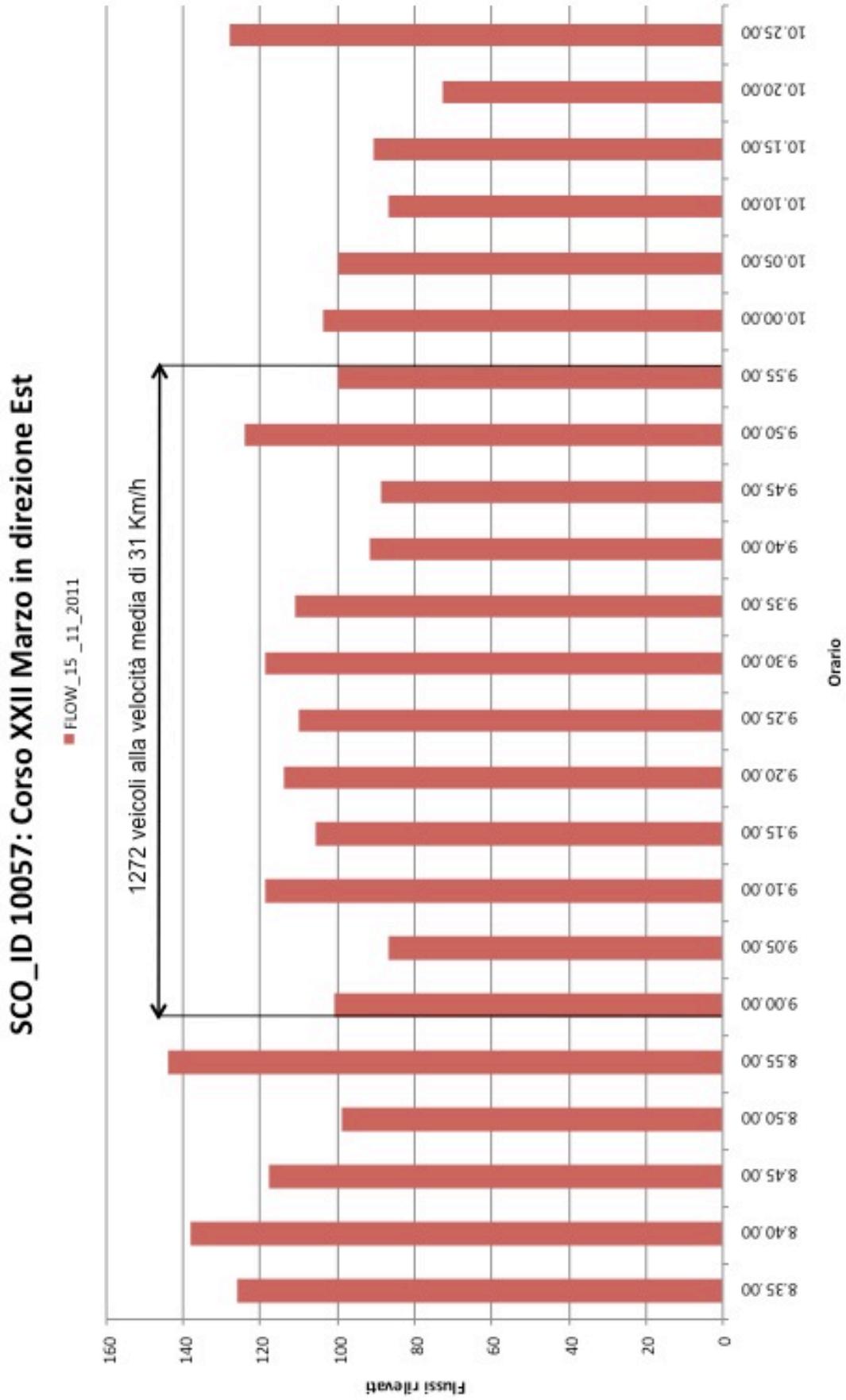
Vengono ora invece riportati i risultati ottenuti attraverso lo studio dei dati che mi sono stati forniti dalla Centrale Gestione Traffico (CGT), riguardanti tutti i martedì mattina (tra le 08.35 e le 10.25) di Novembre 2011, evidenziando in particolare l'ora compresa tra le 09.00 e le 09.55, con una tabella finale contenente i LOS (Livello di Servizio).

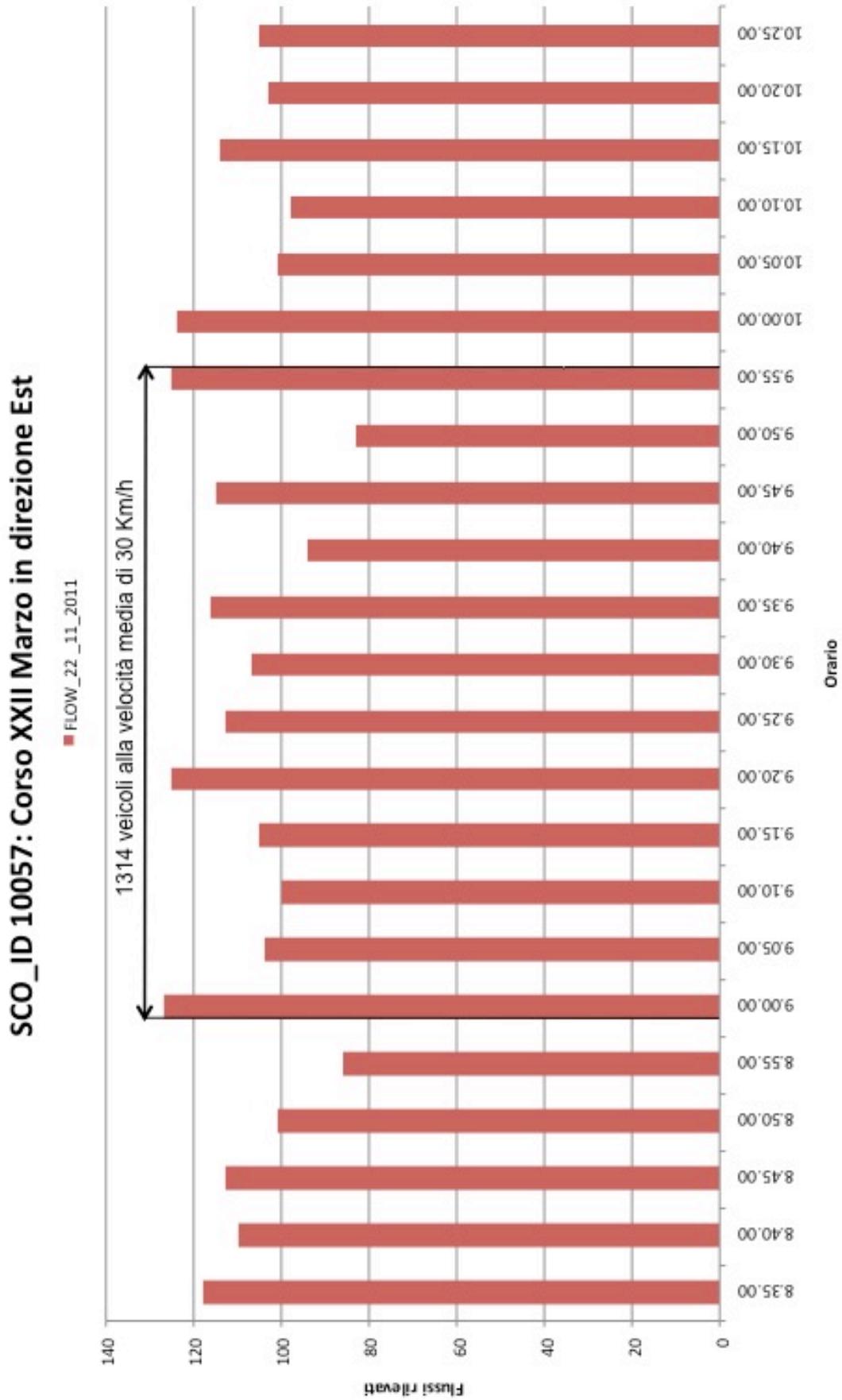
SCO_ID 10057: Corso XXII Marzo in direzione Est

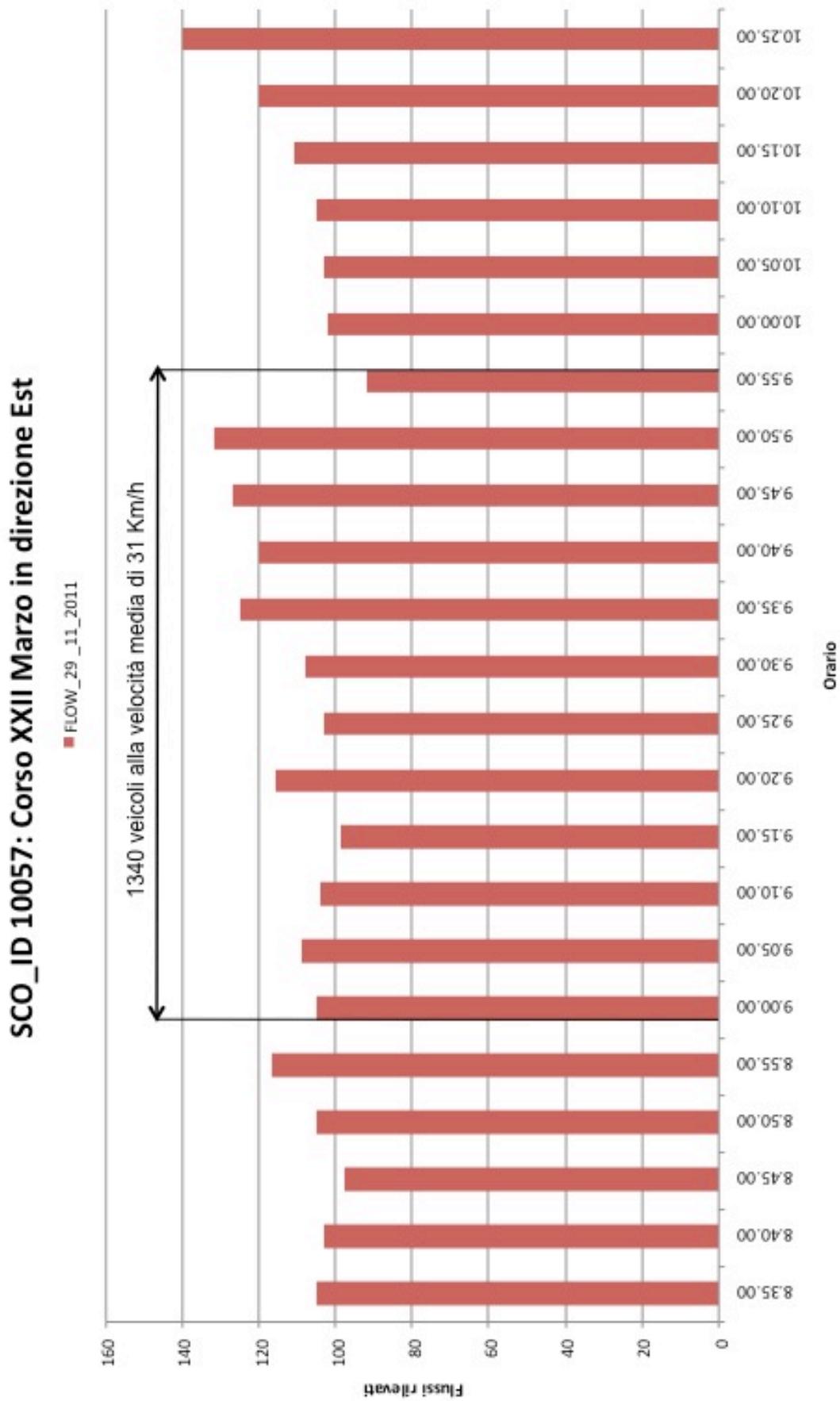


SCO_ID 10057: Corso XXII Marzo in direzione Est





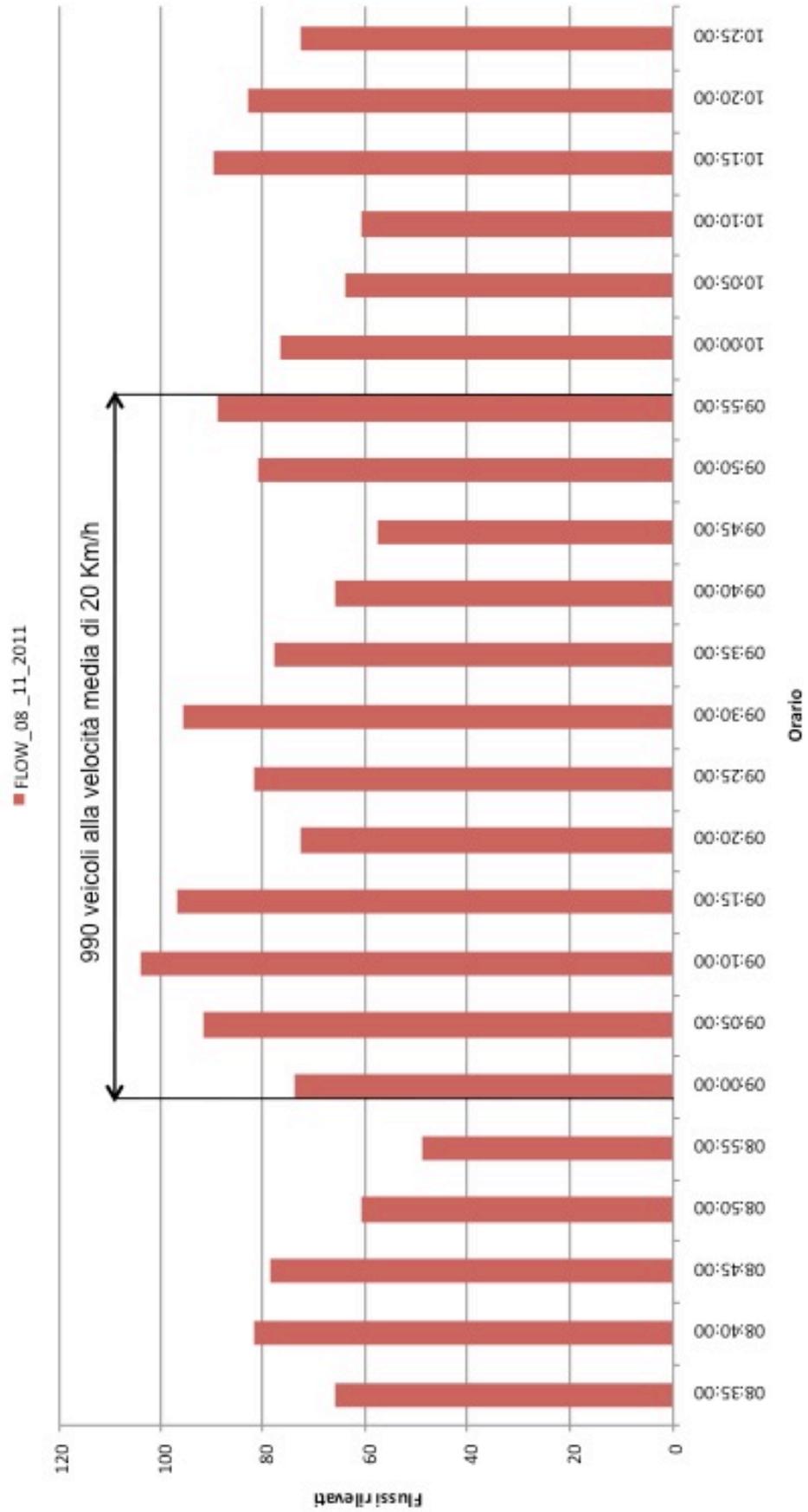


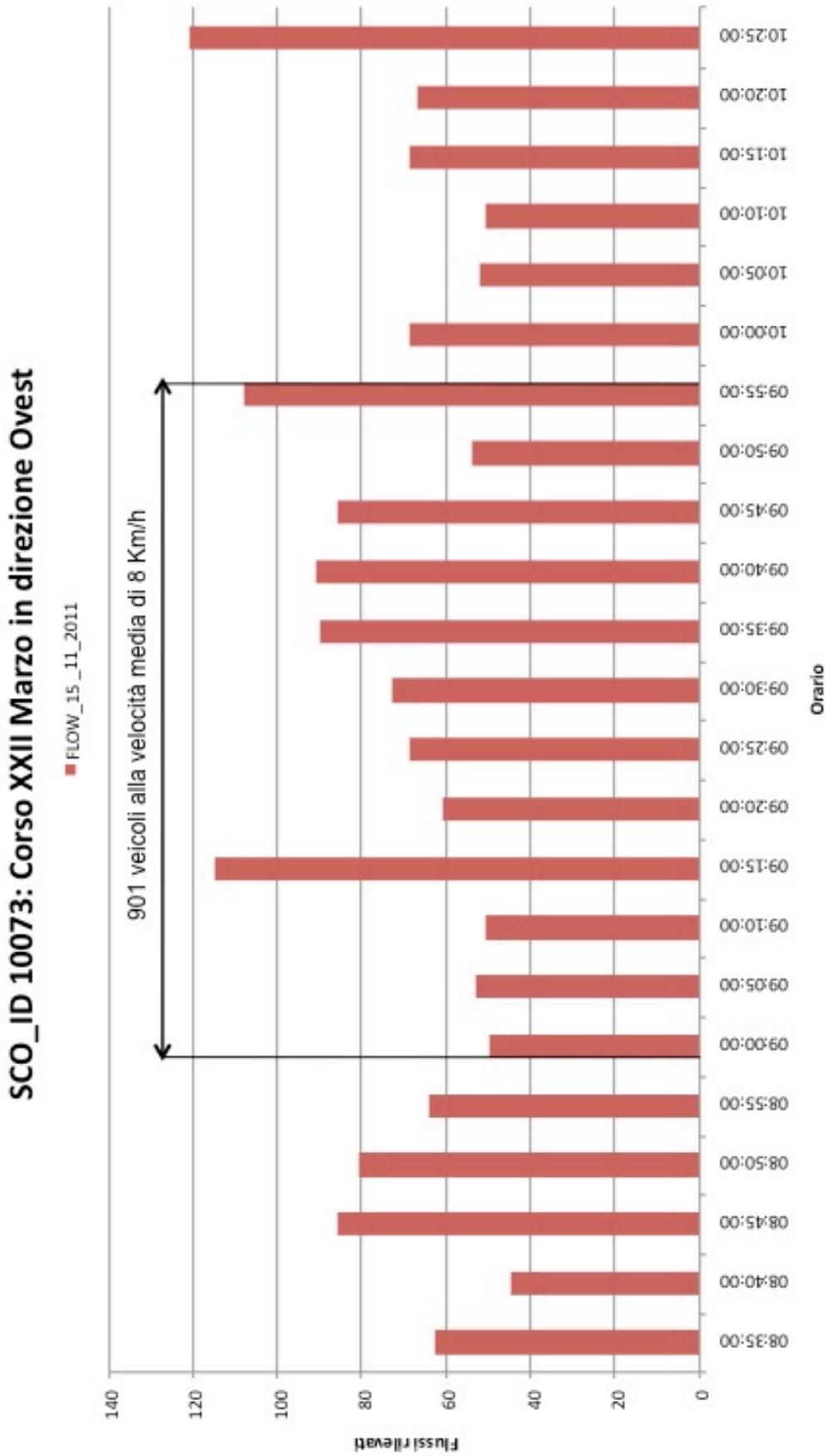


SCO_ID 10073: Corso XXII Marzo in direzione Ovest

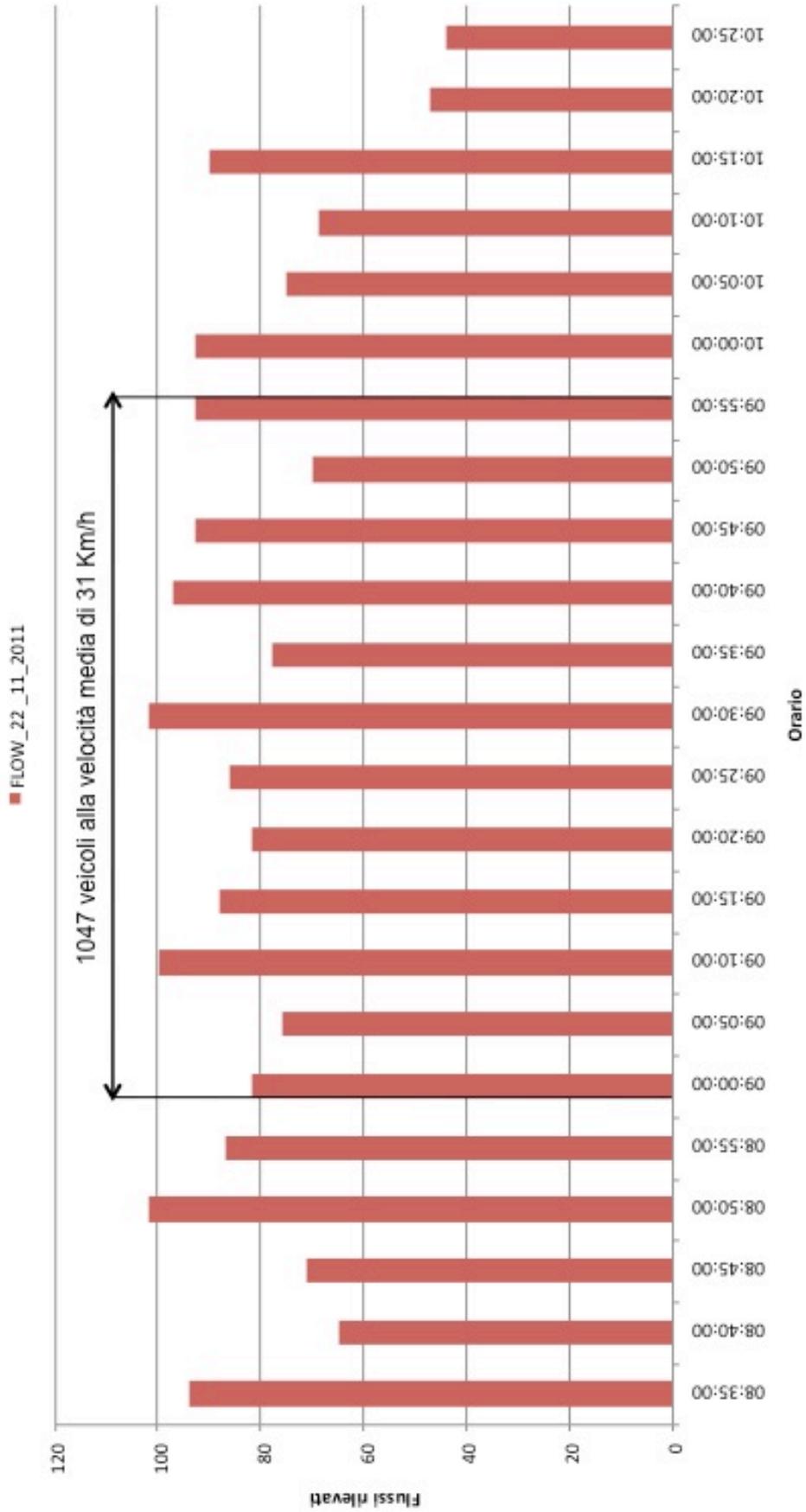


SCO_ID 10073: Corso XXII Marzo in direzione Ovest

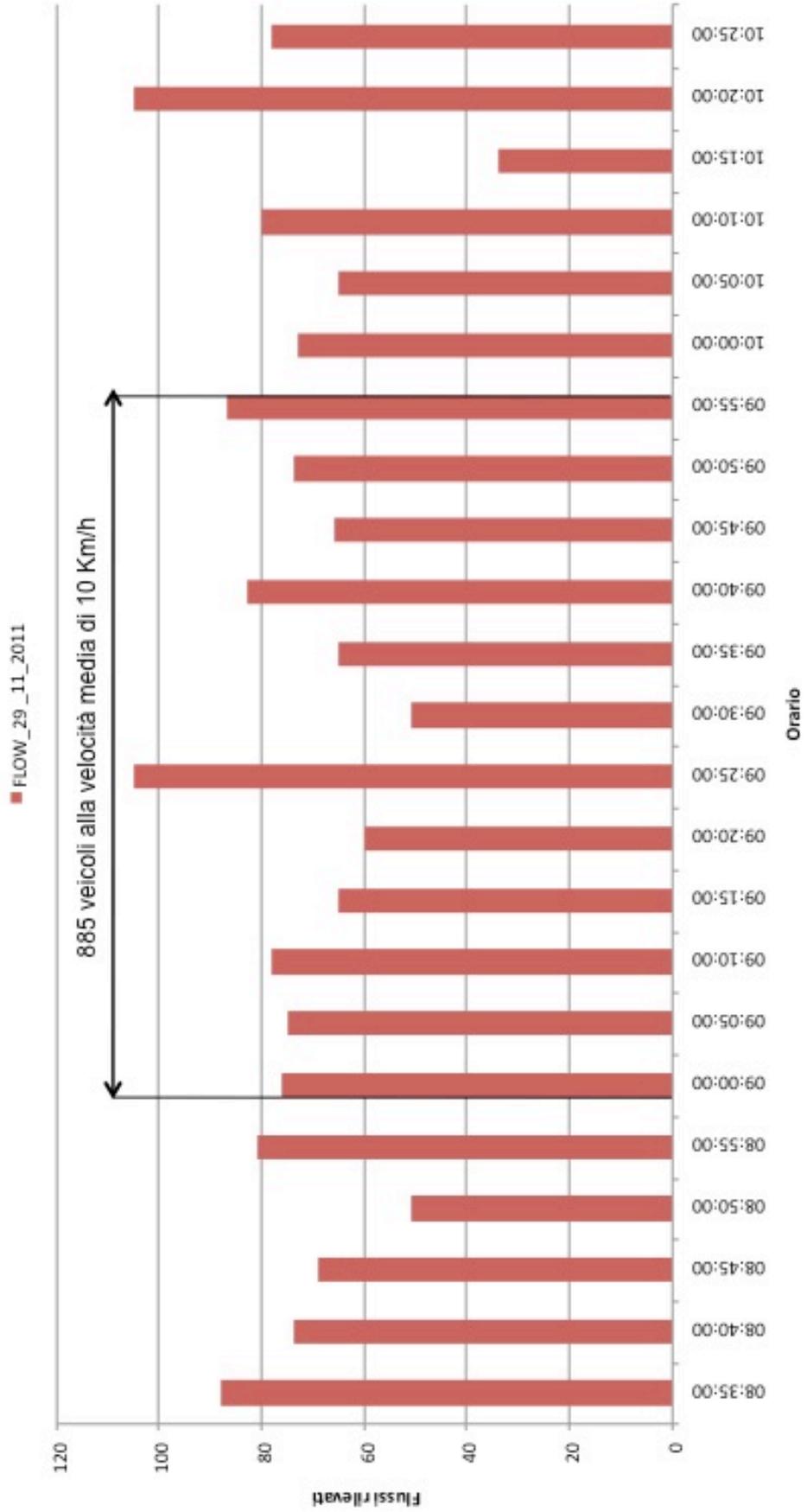




SCO_ID 10073: Corso XXII Marzo in direzione Ovest

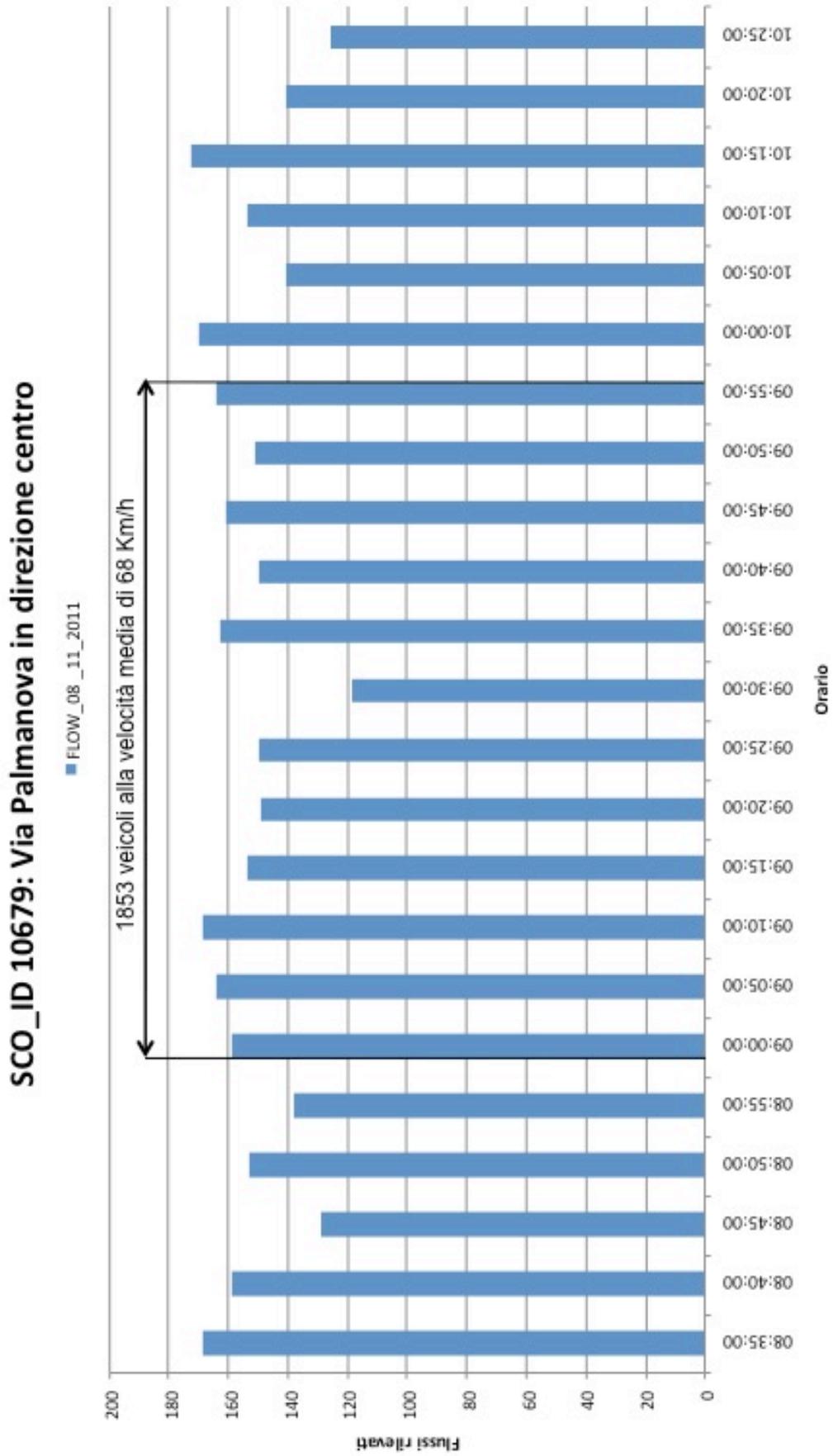


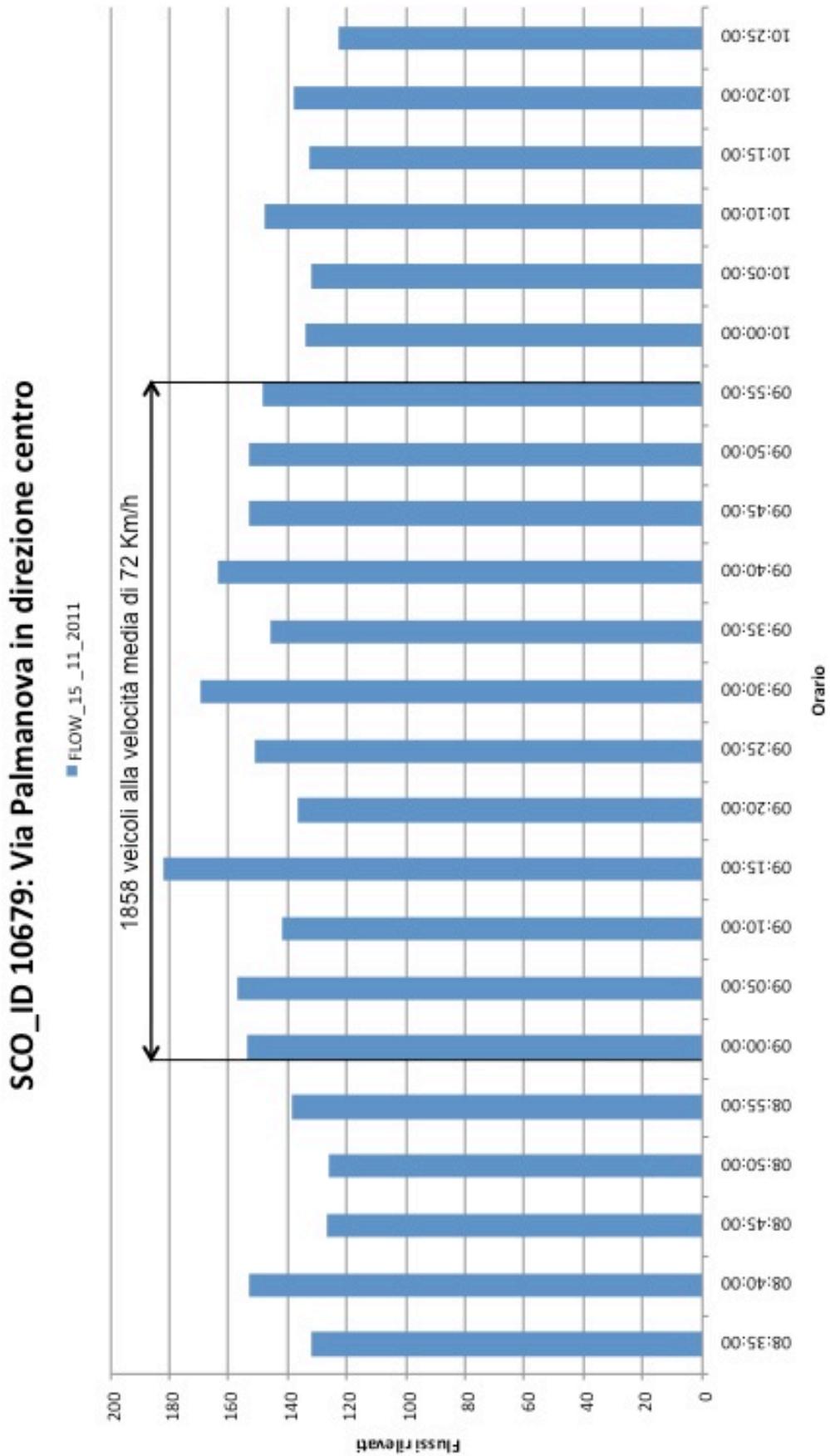
SCO_ID 10073: Corso XXII Marzo in direzione Ovest

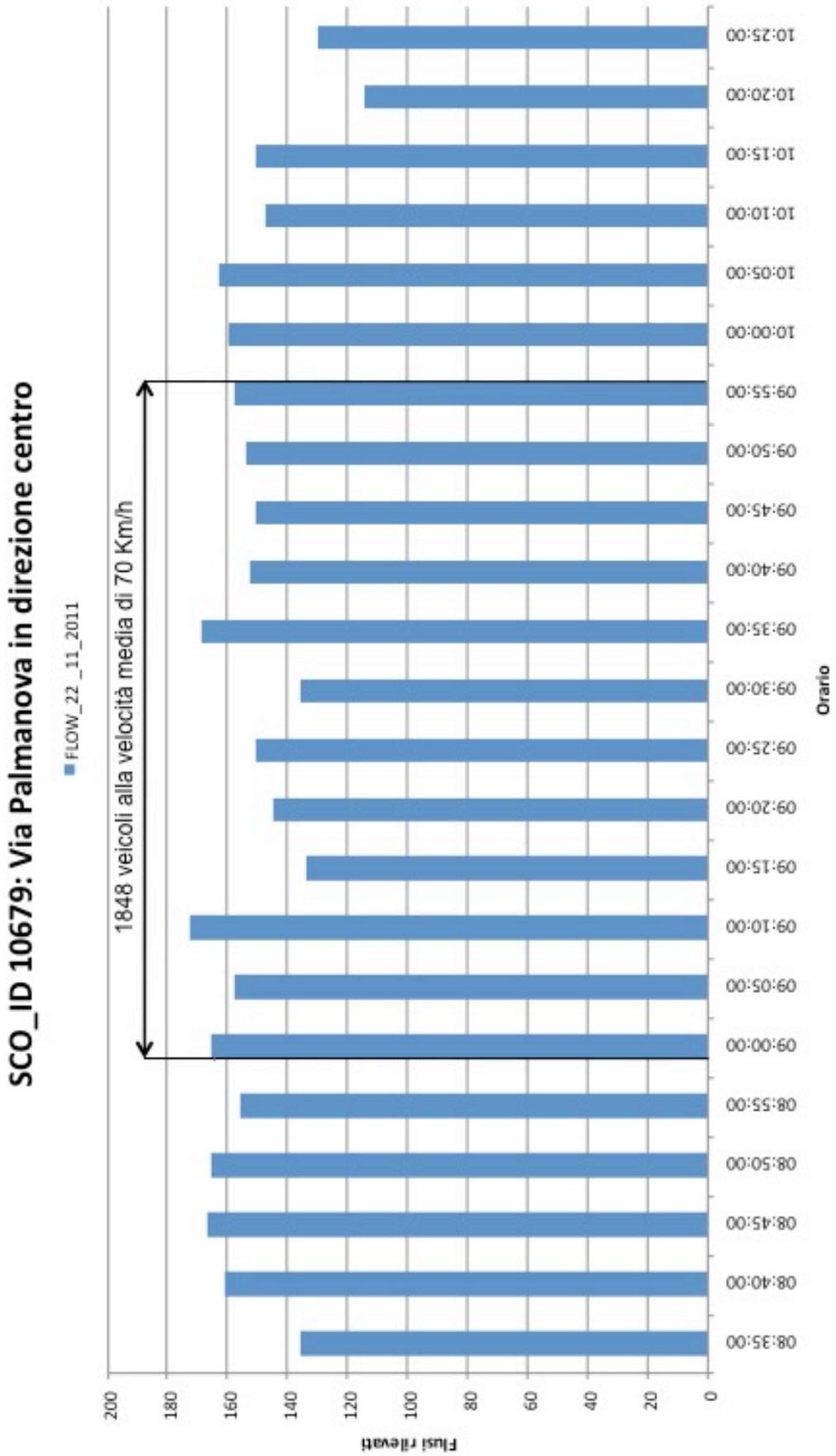


SCO_ID 10679: Via Palmanova in direzione centro

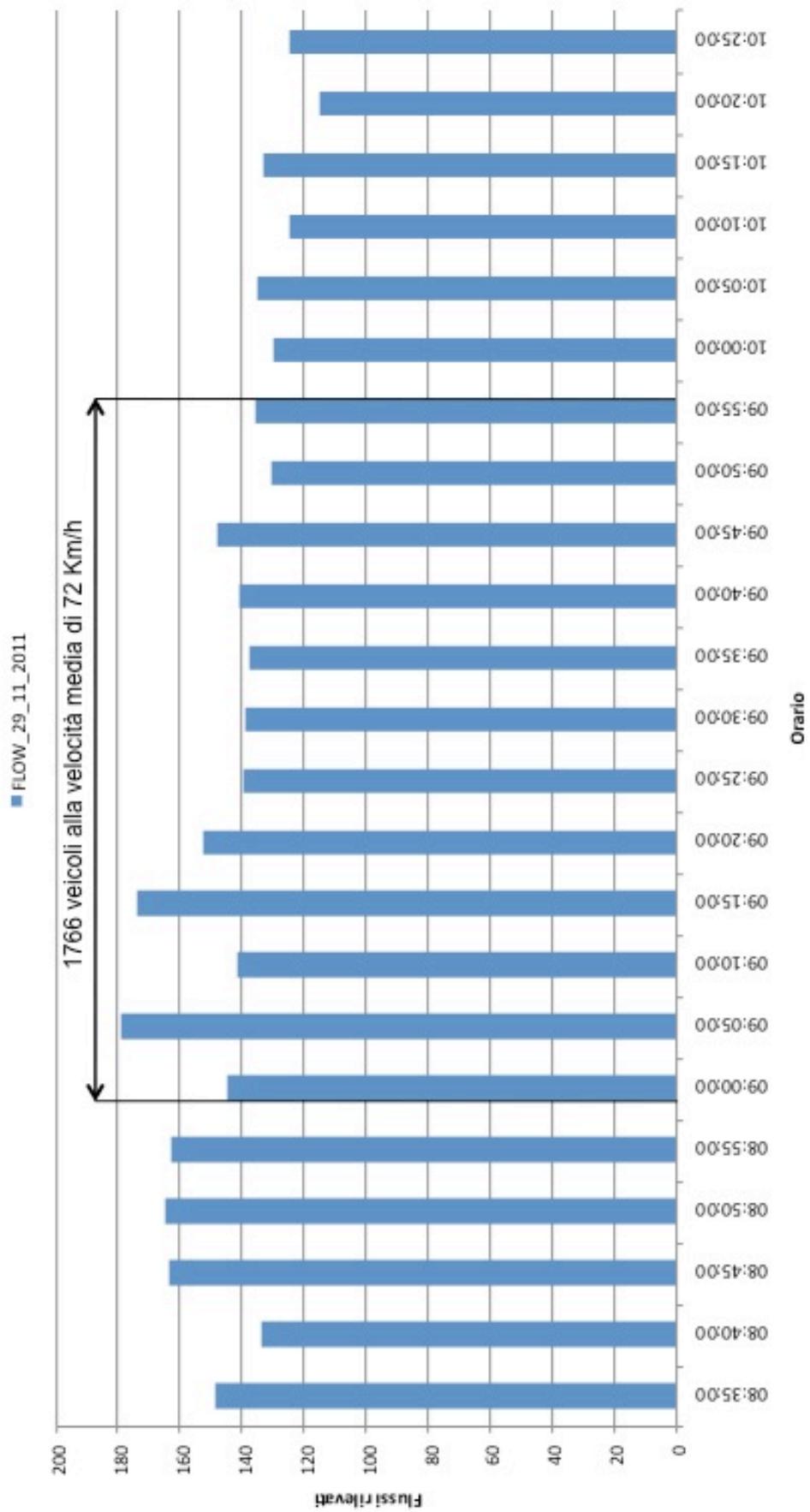




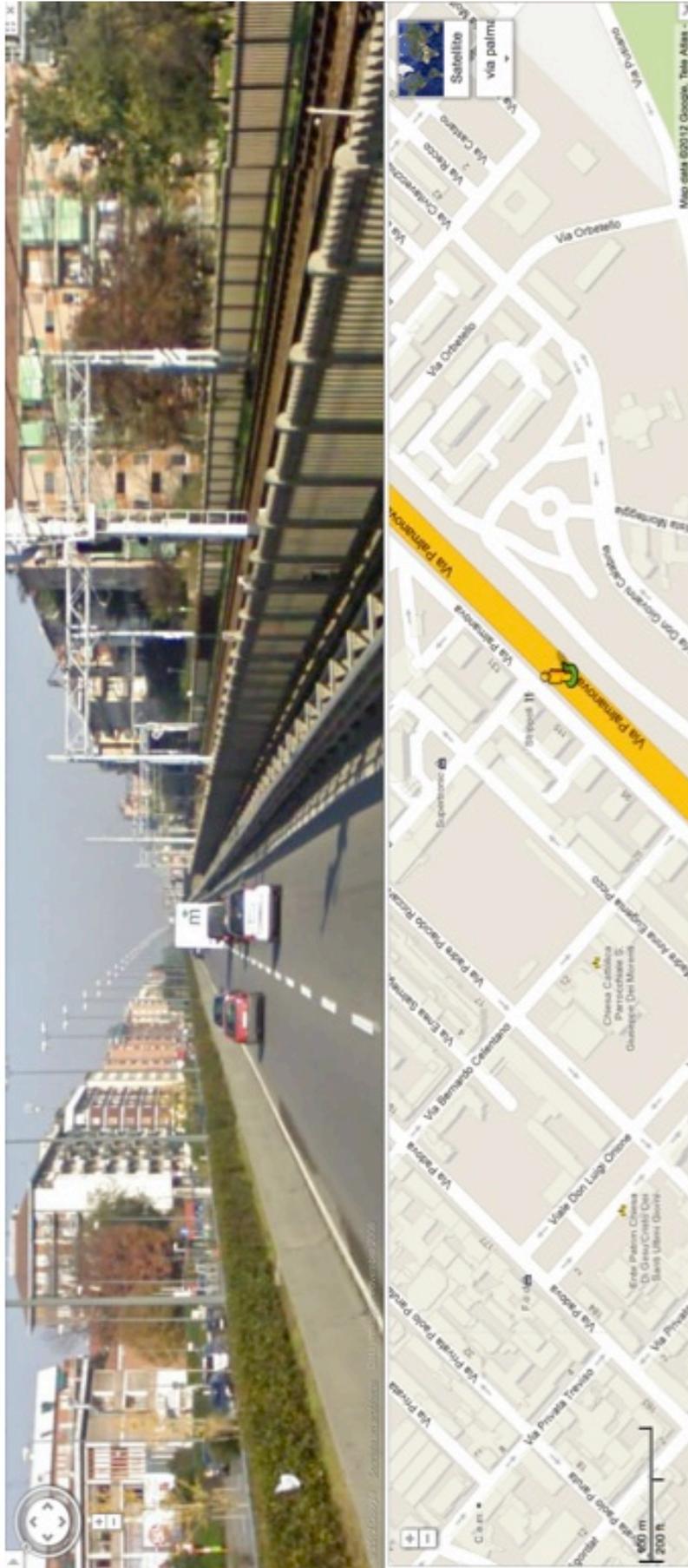


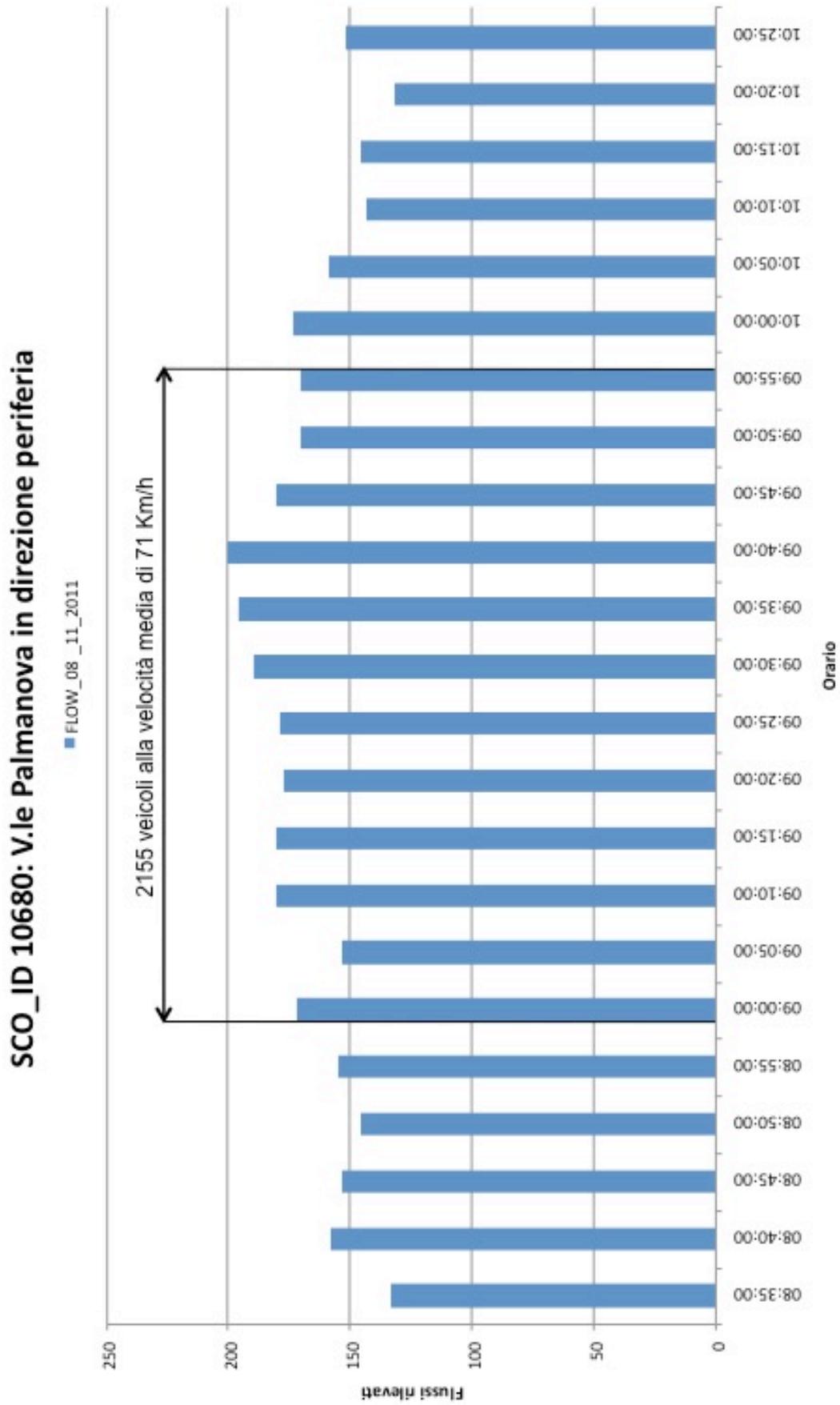


SCO_ID 10679: Via Palmanova in direzione centro

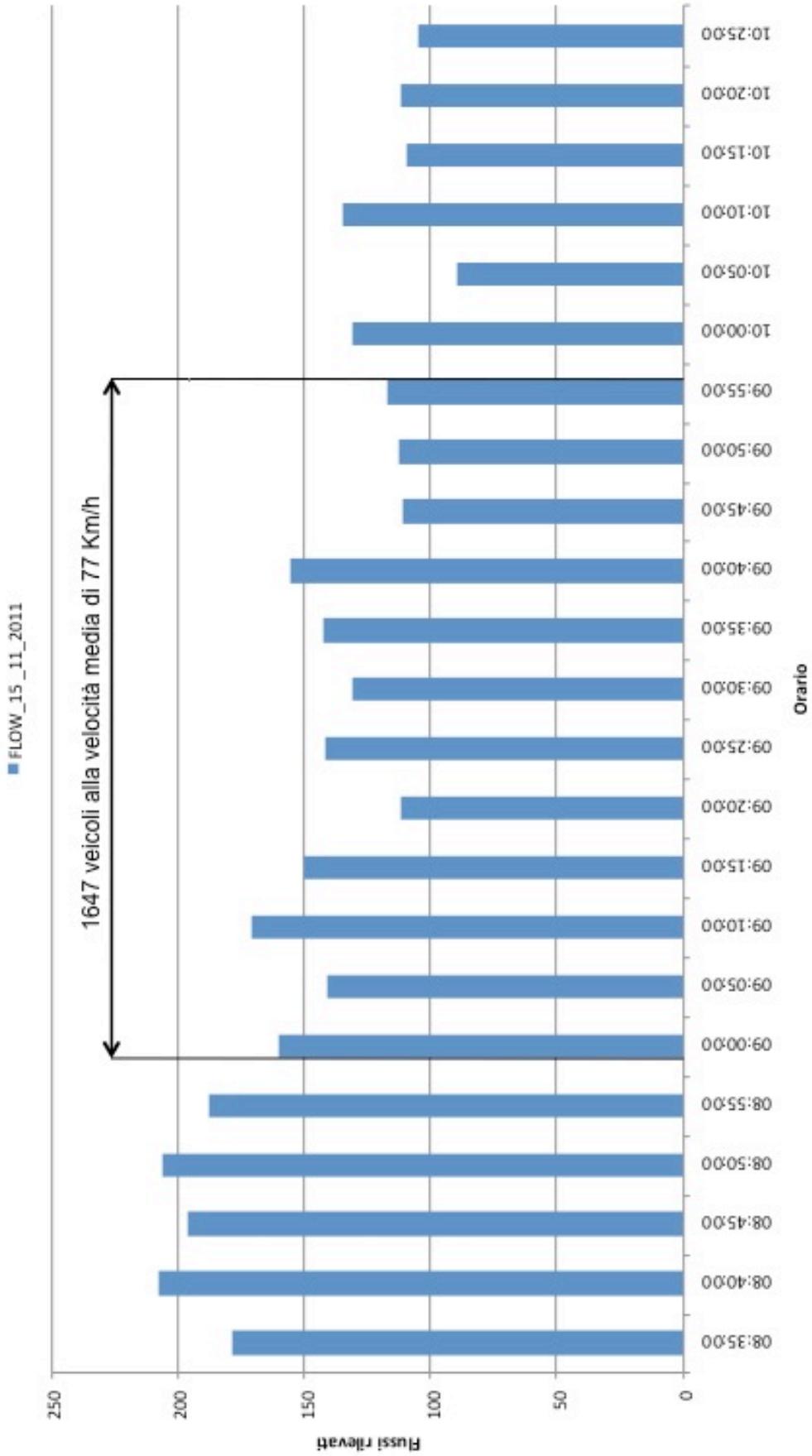


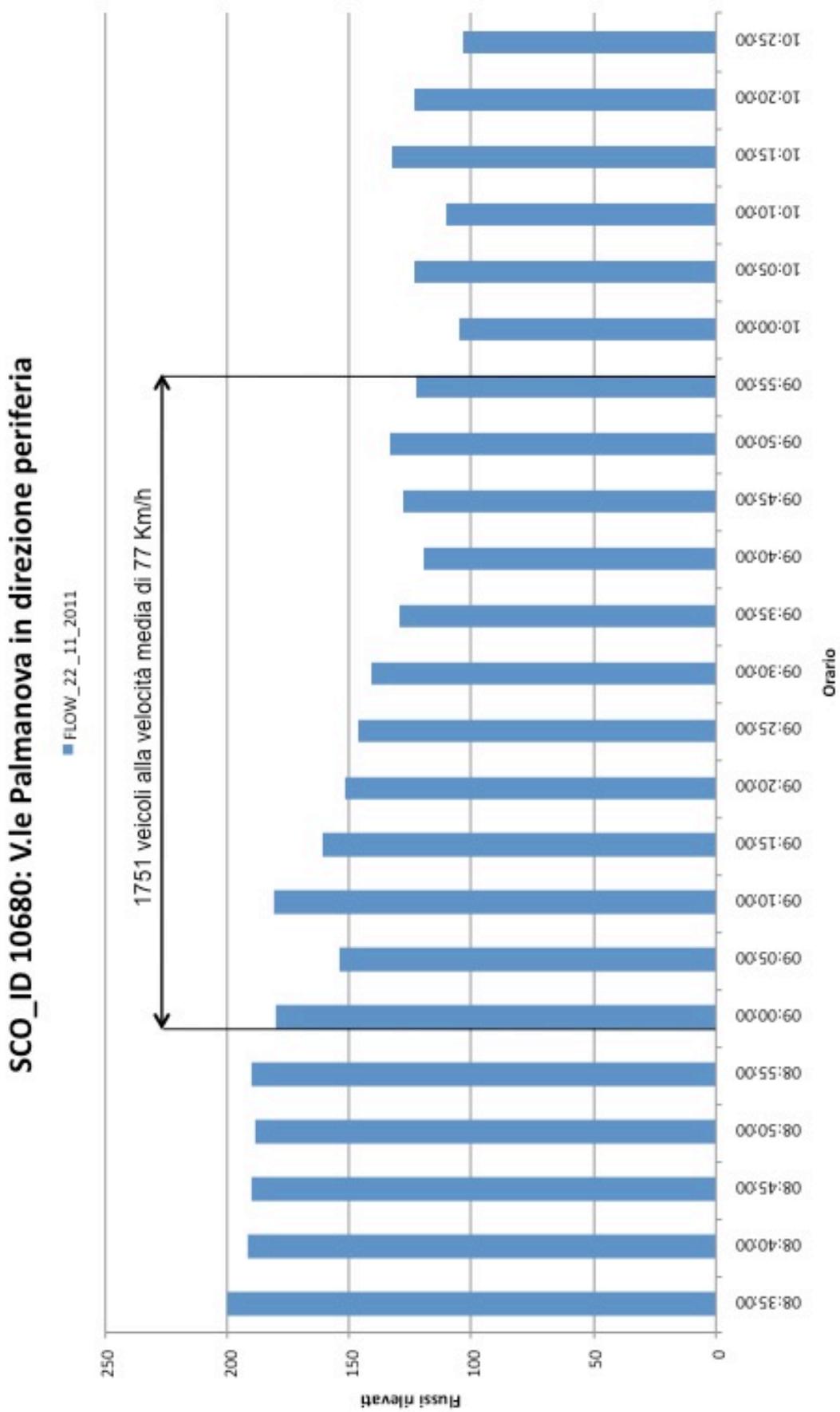
SCO_ID 10680: V.le Palmanova in direzione periferia

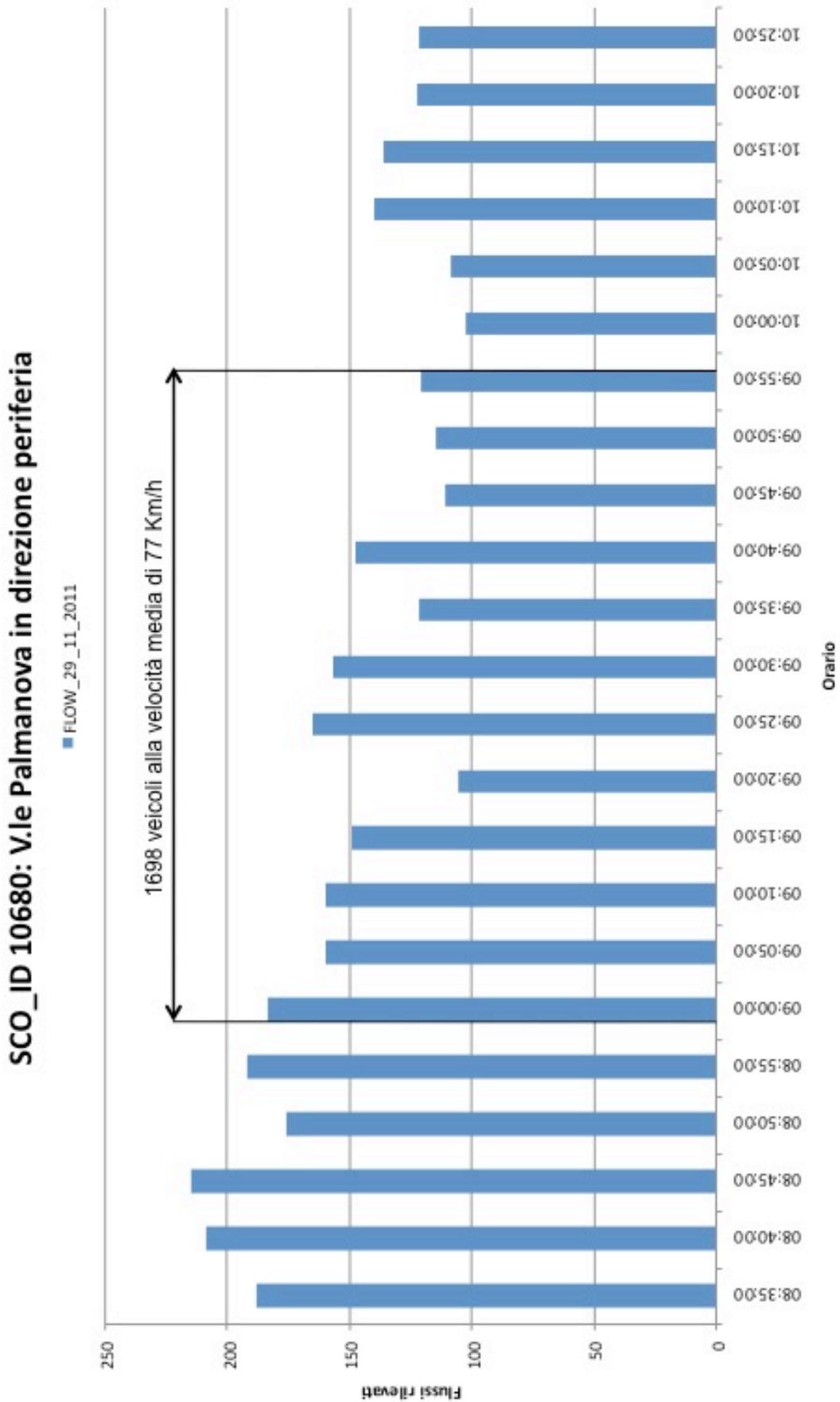




SCO_ID 10680: V.le Palmanova in direzione periferia

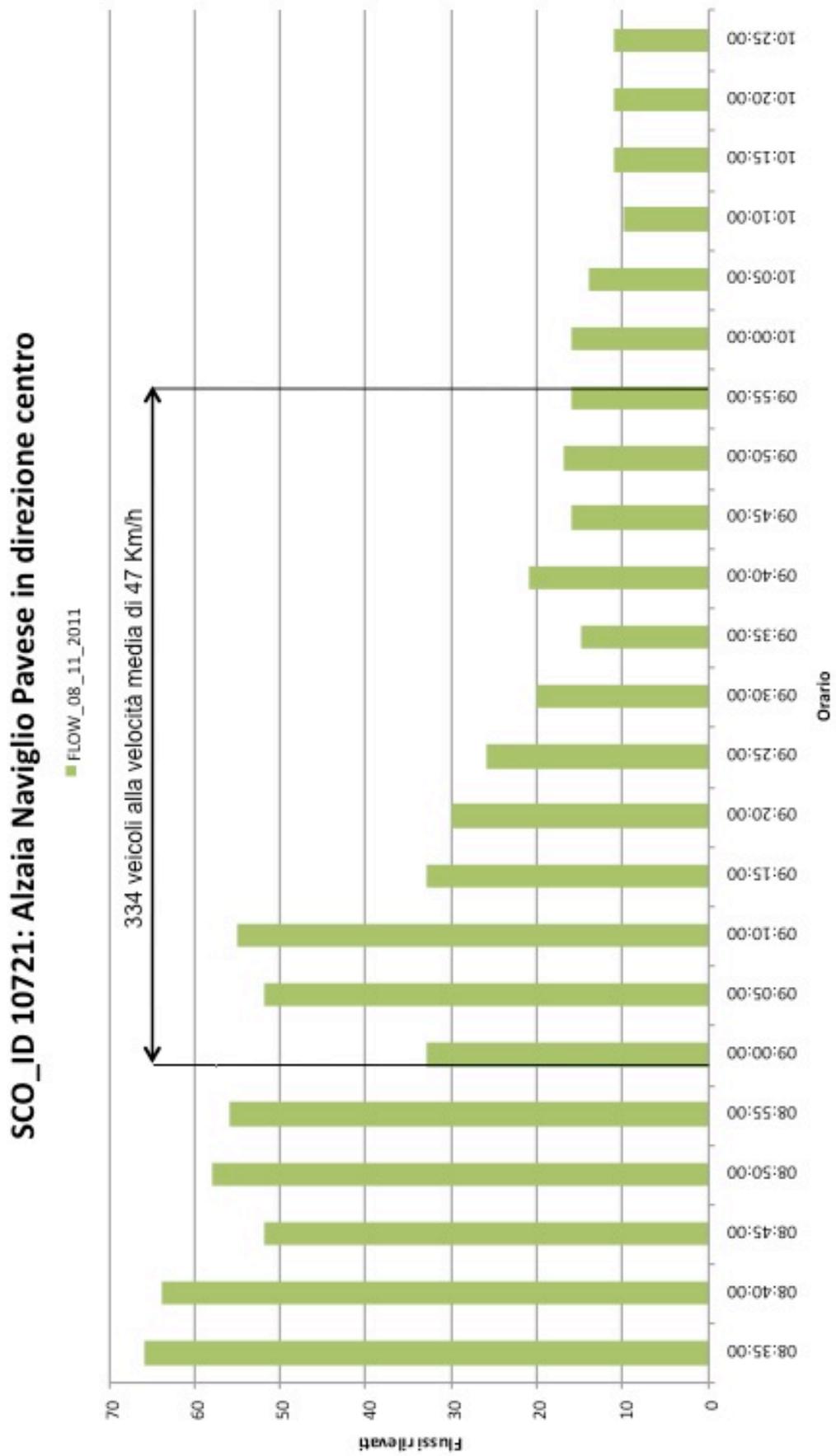


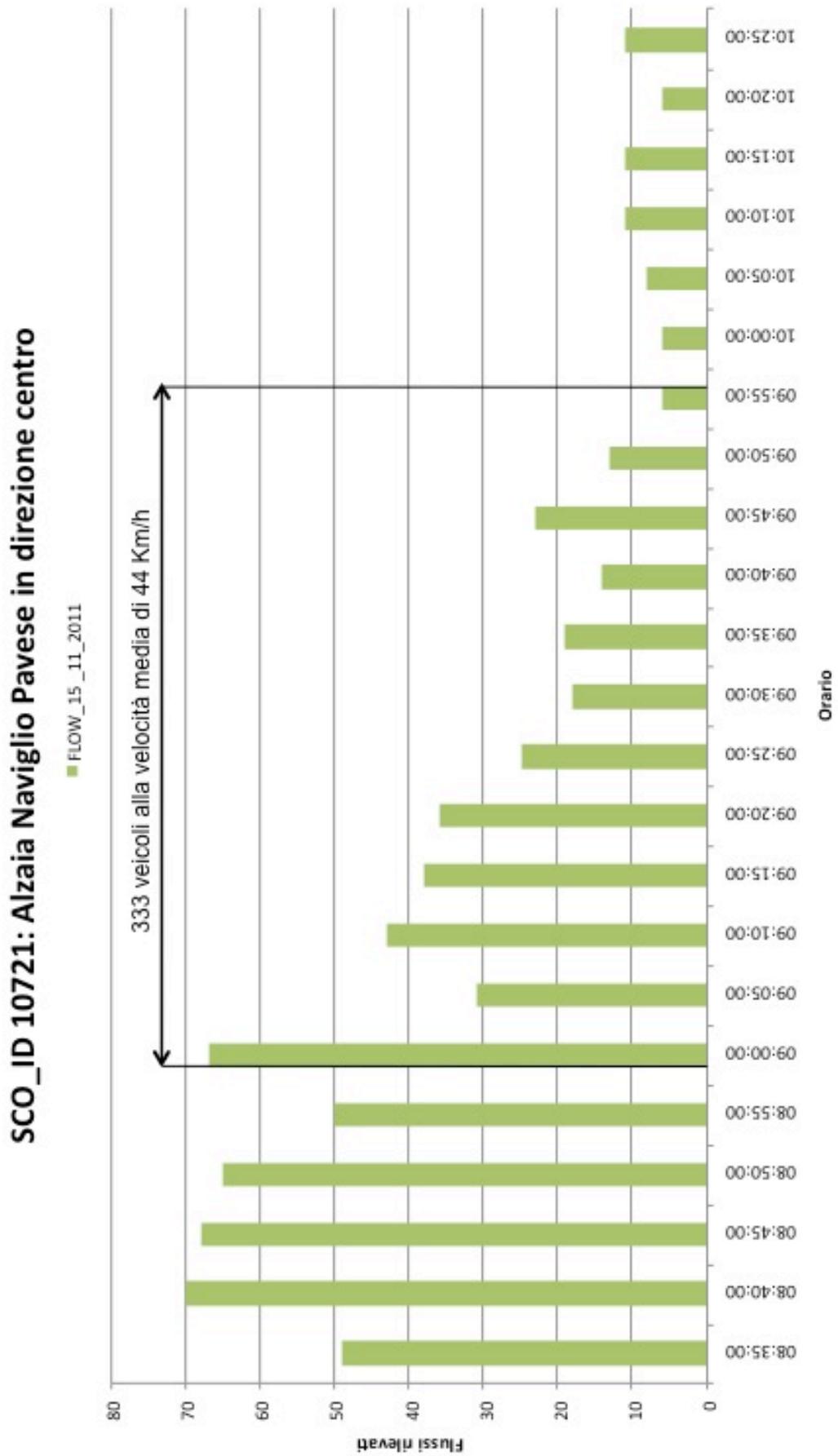




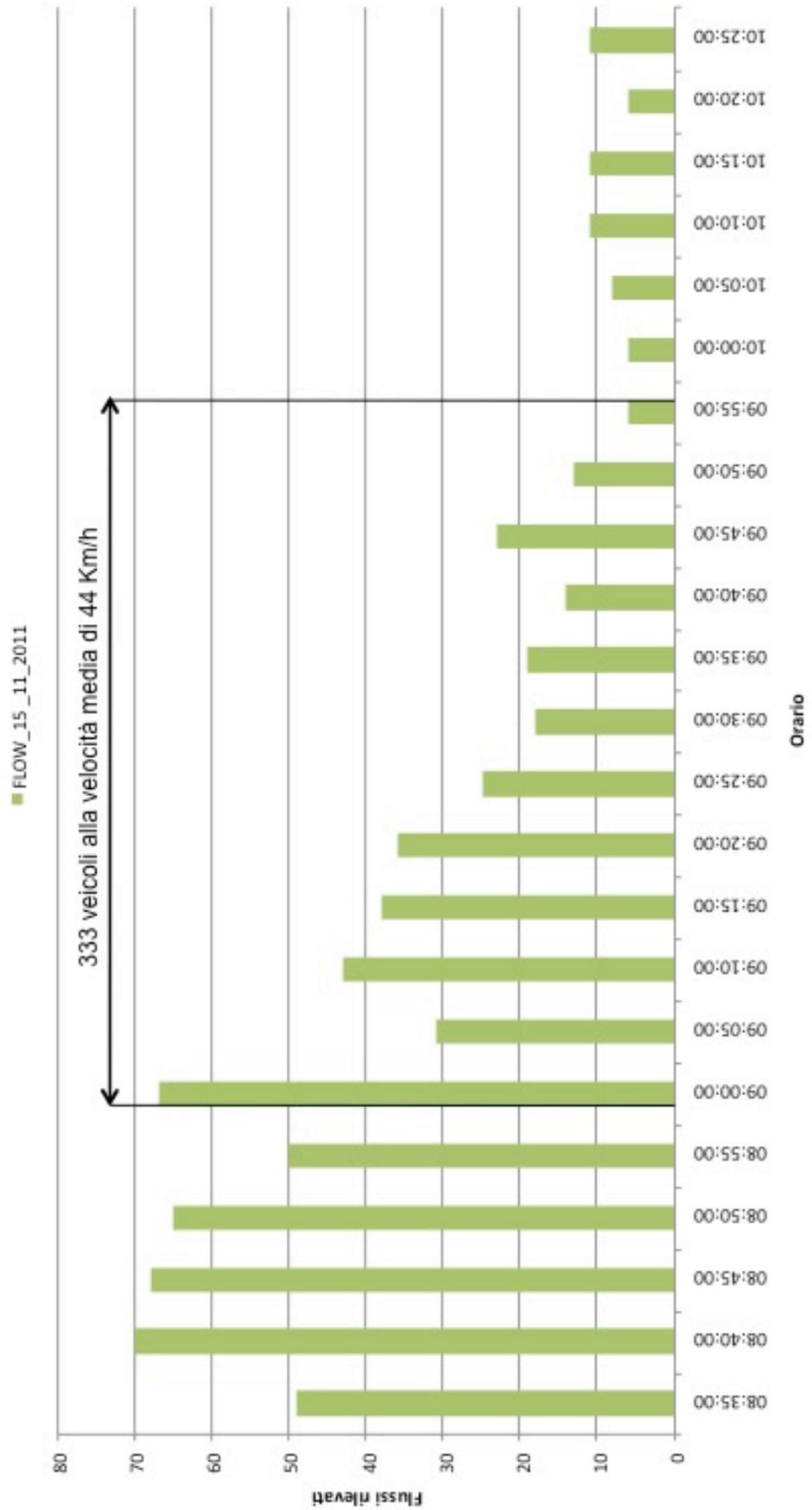
SCO_ID 10721: Alzaia Naviglio Pavese in direzione centro

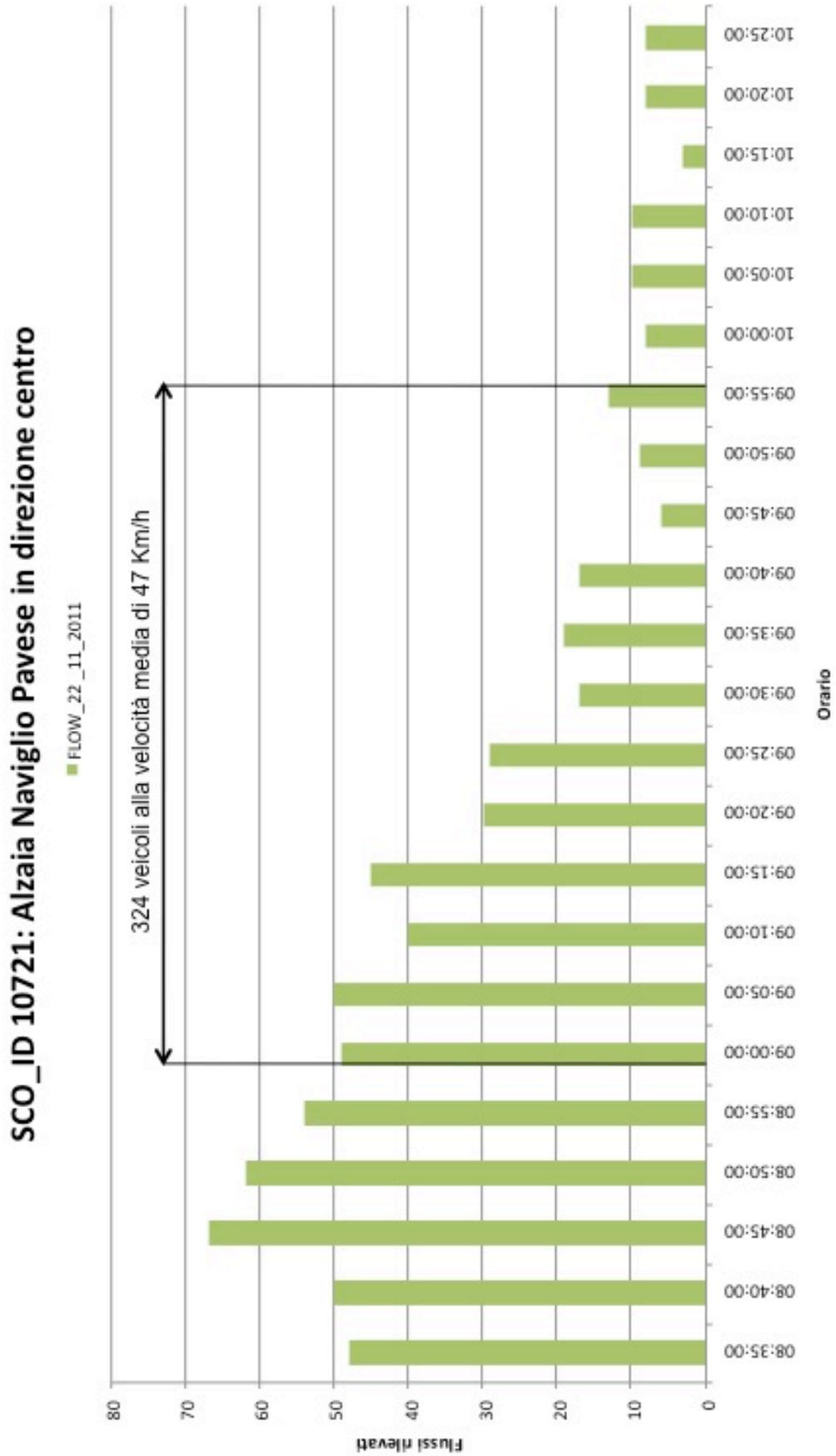






SCO_ID 10721: Alzaia Naviglio Pavese in direzione centro

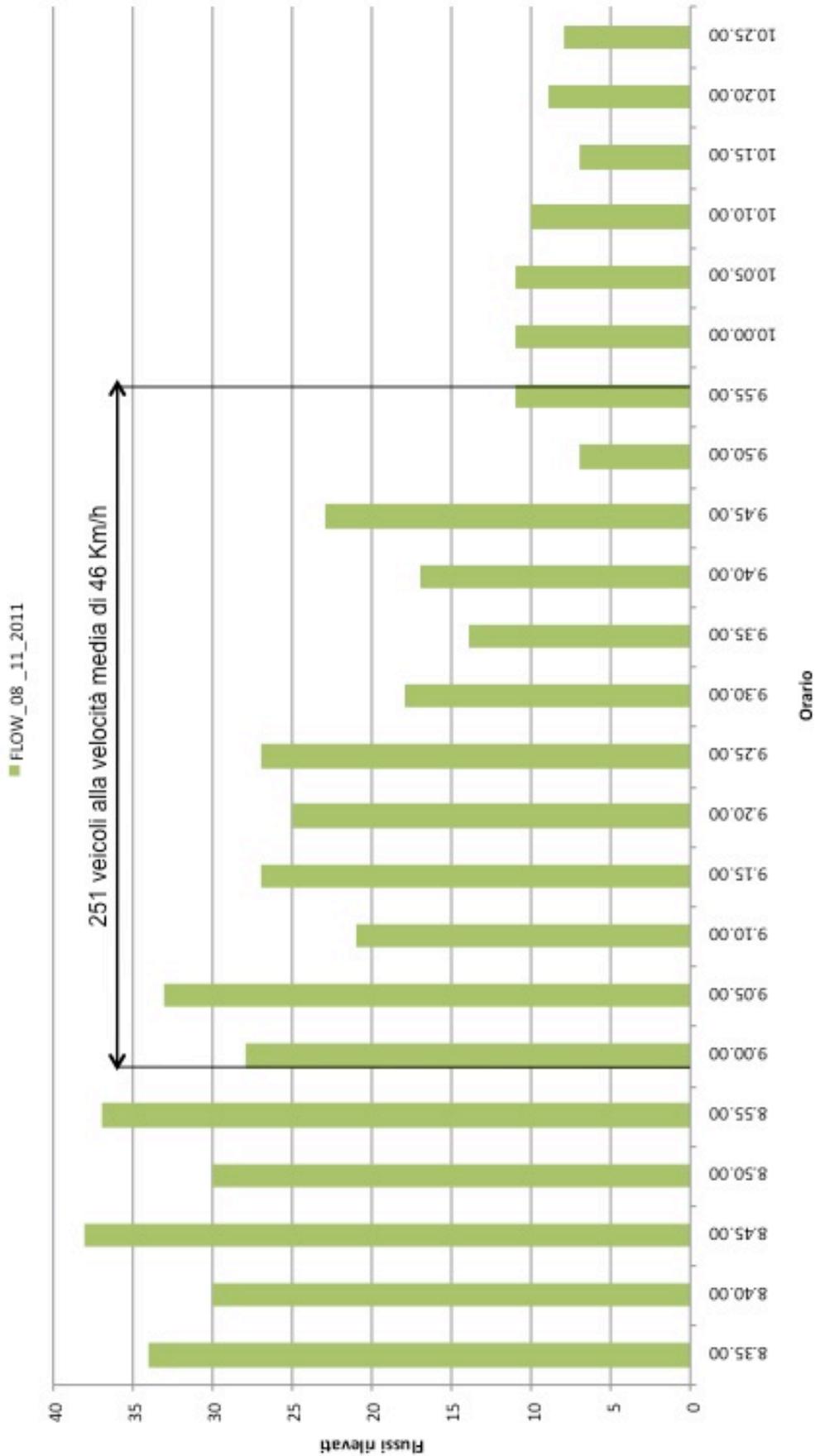




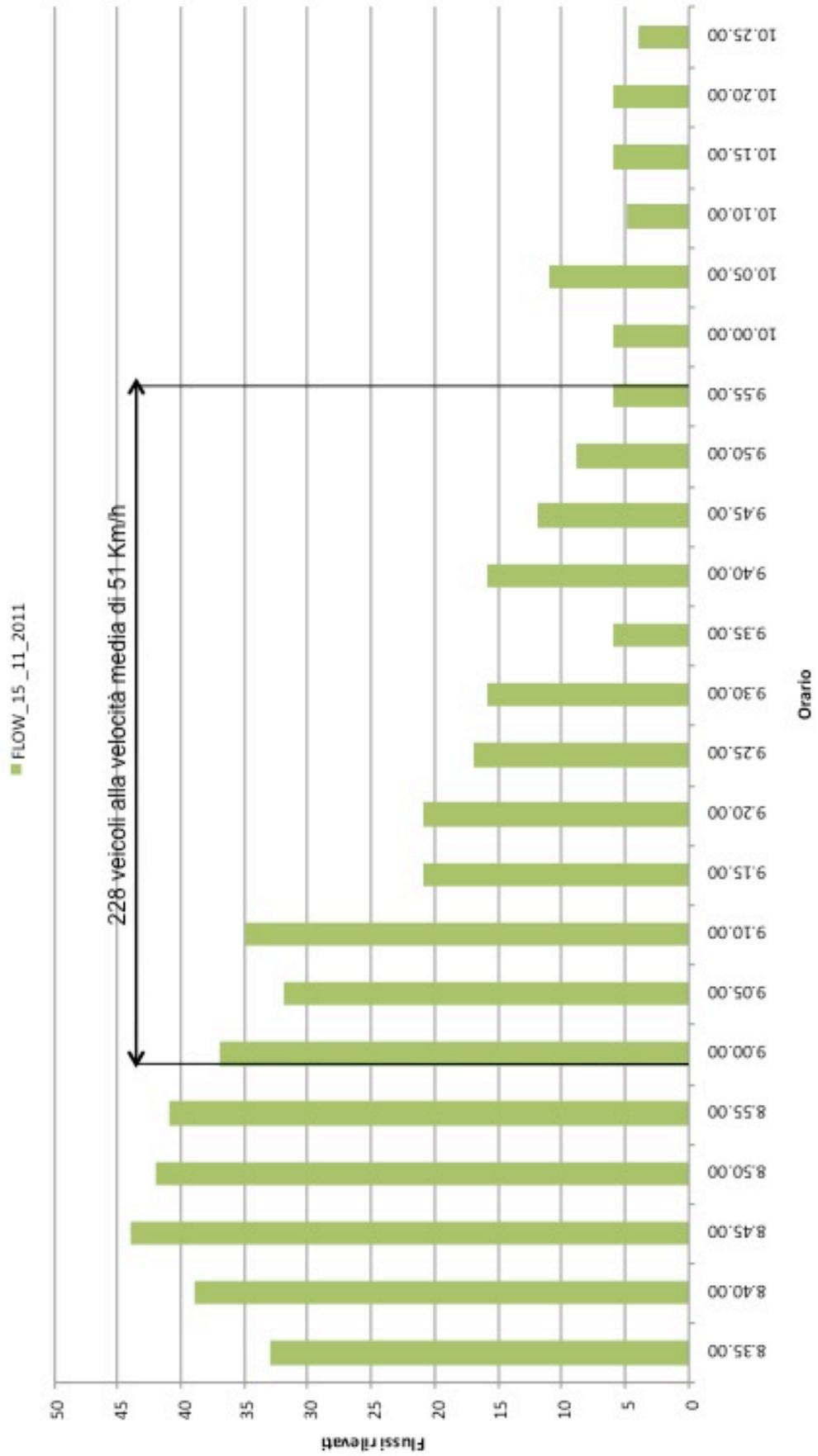
SCO_ID 10722: Alzaia Naviglio Pavese in direzione periferia



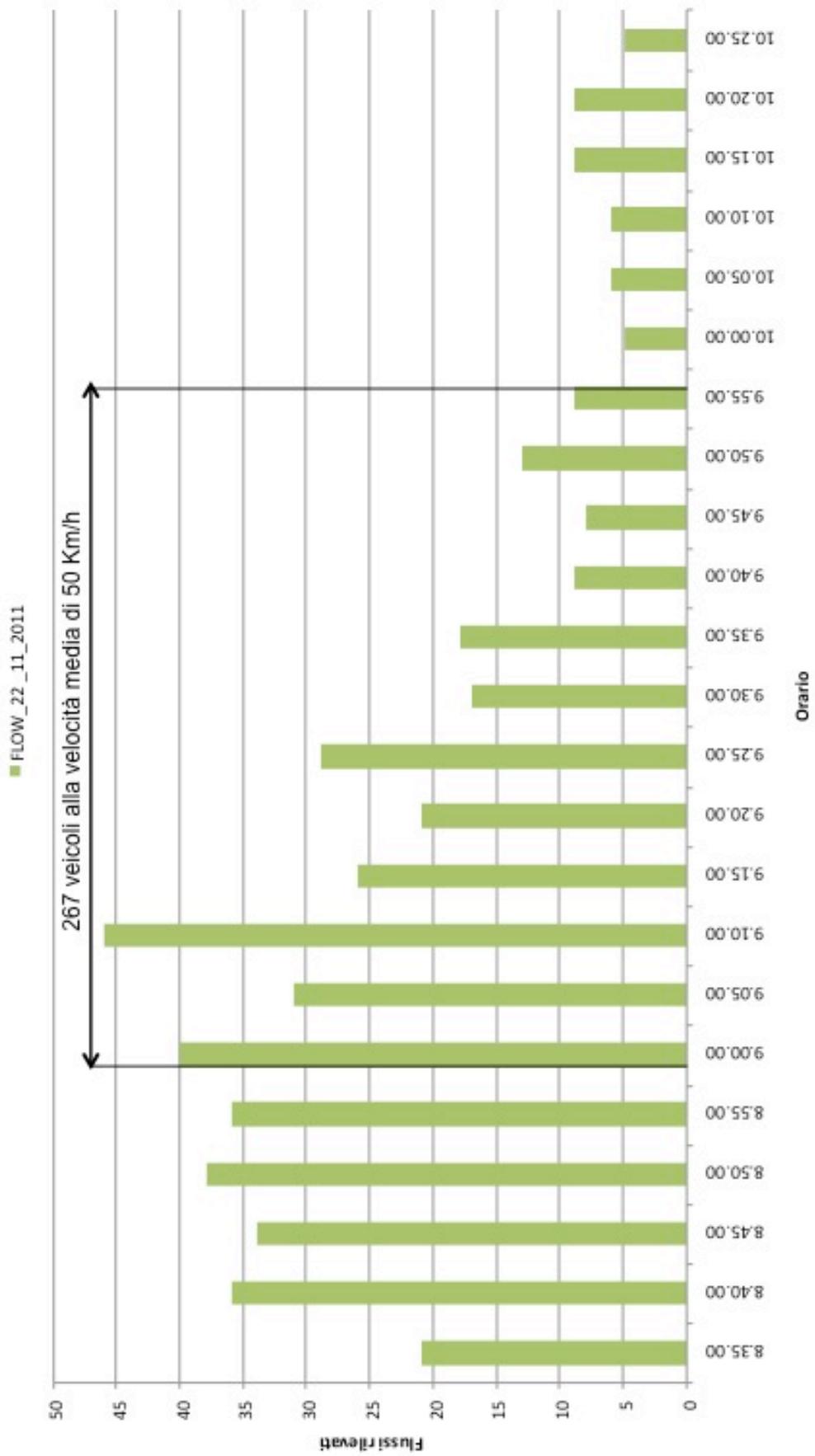
SCO_ID 10722: Alzaia Naviglio Pavese in direzione periferia



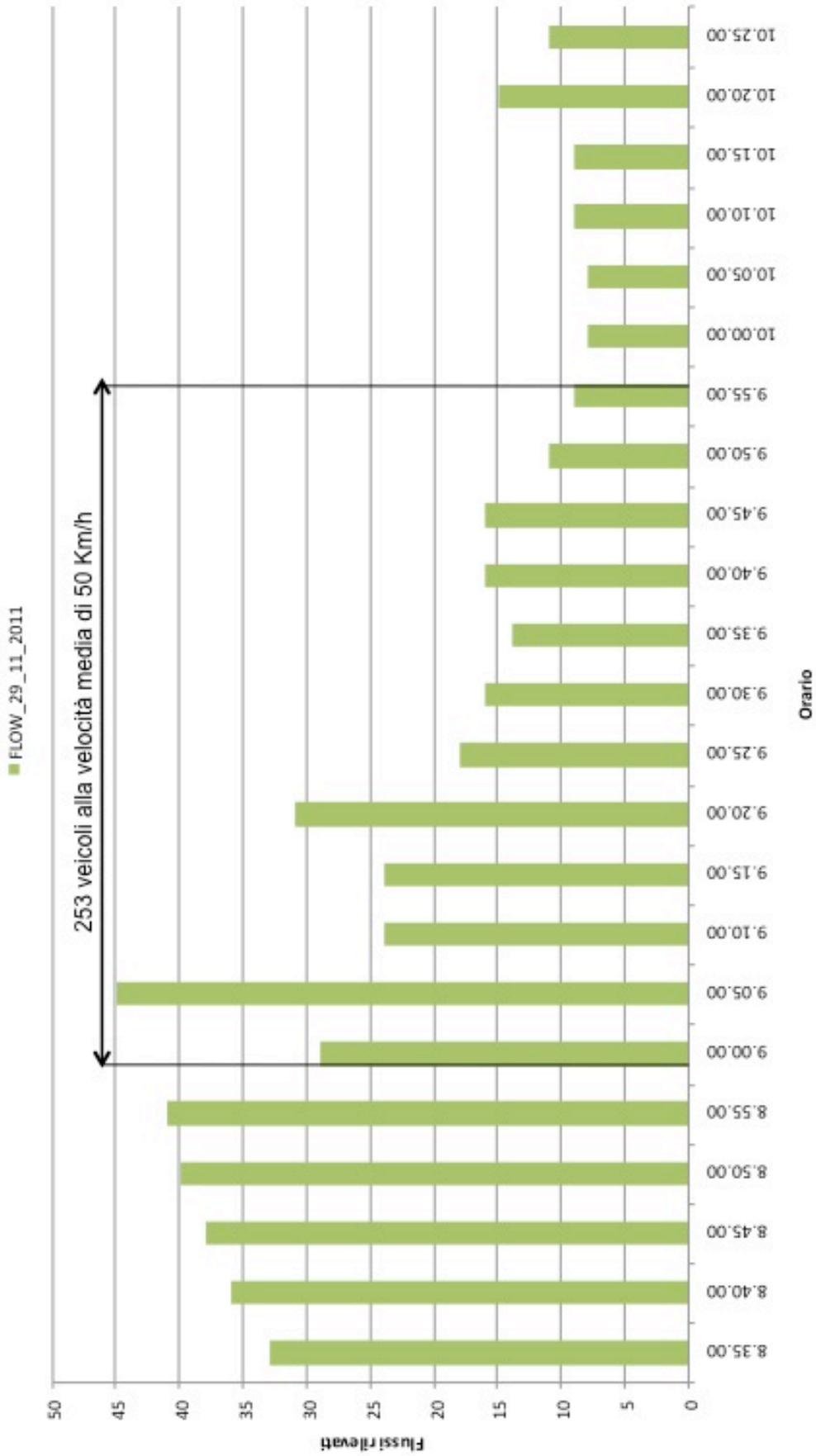
SCO_ID 10722: Alzaia Naviglio Pavese in direzione periferia



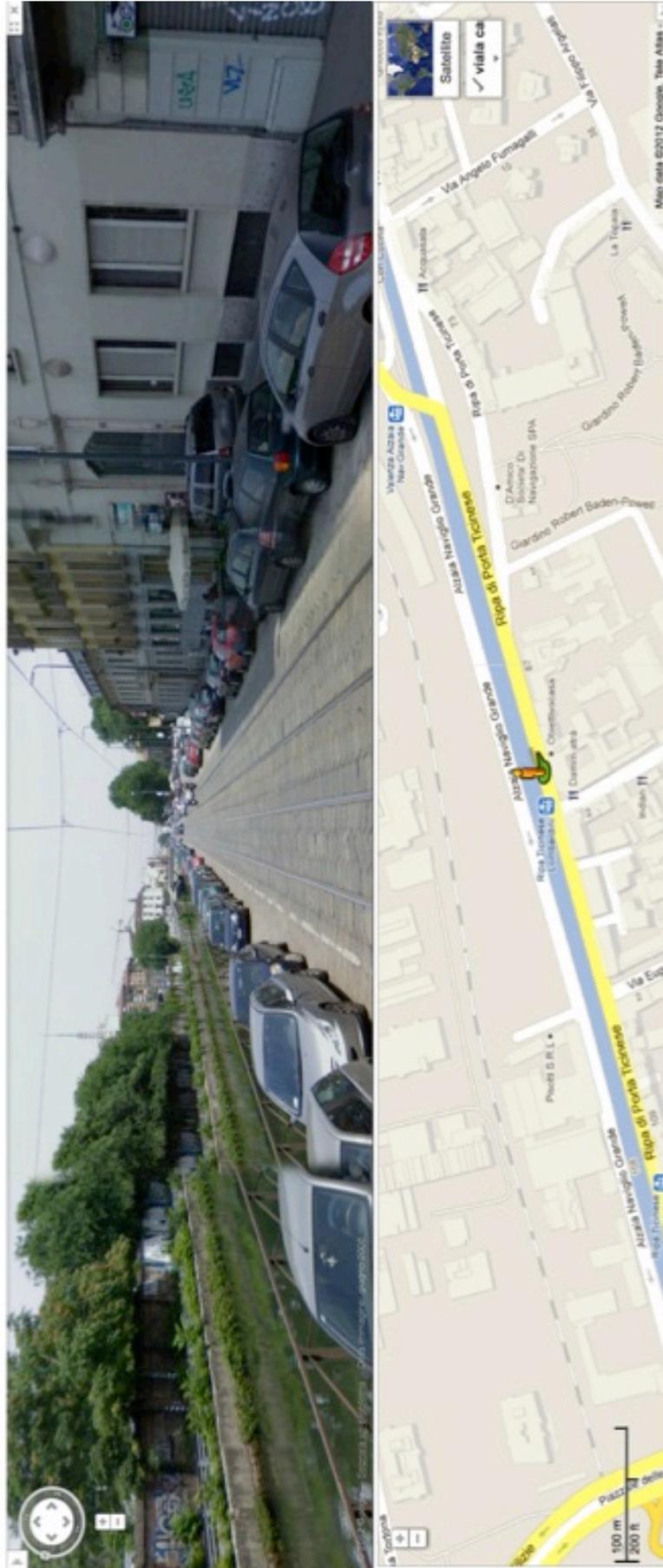
SCO_ID 10722: Alzaia Naviglio Pavese in direzione periferia

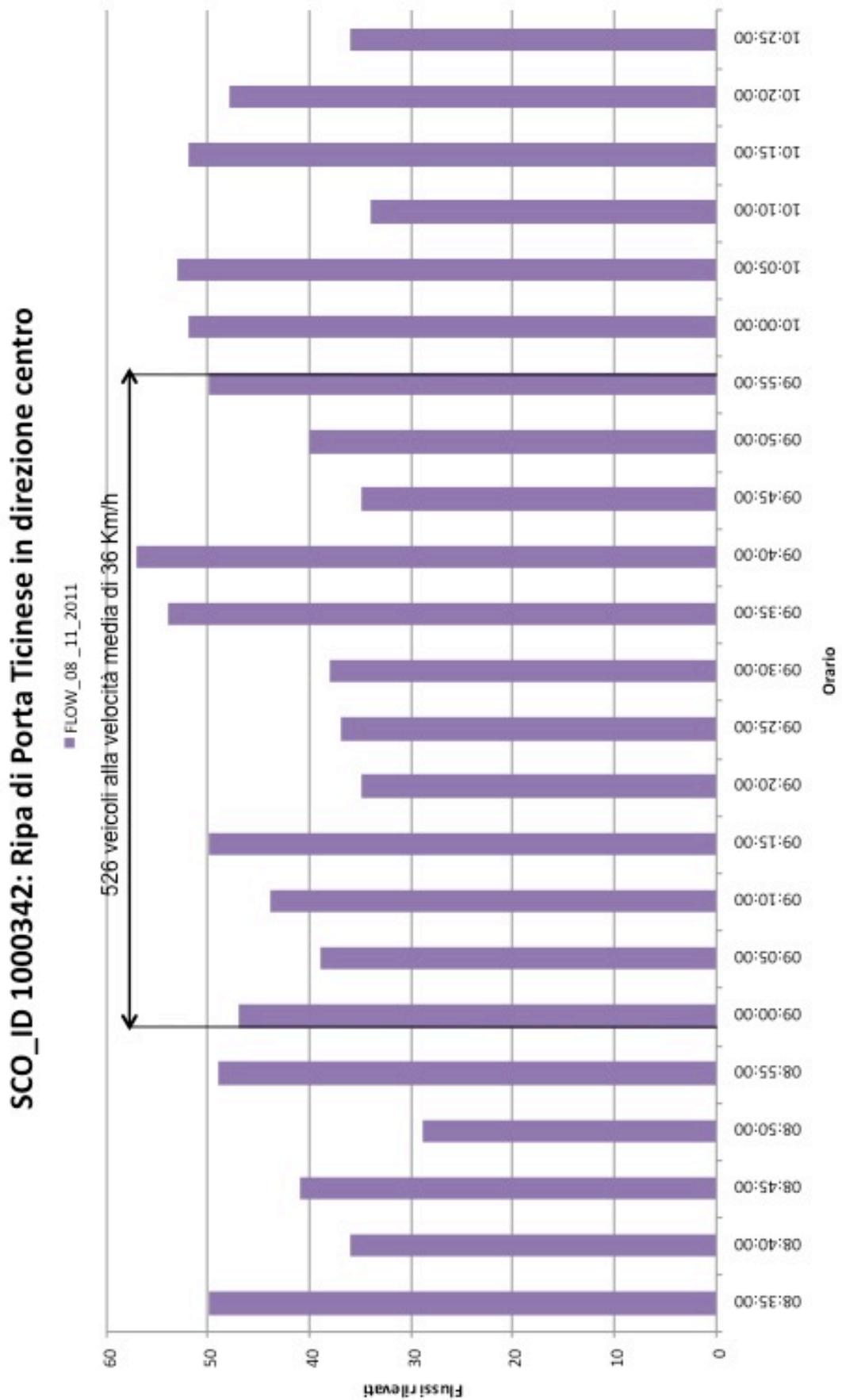


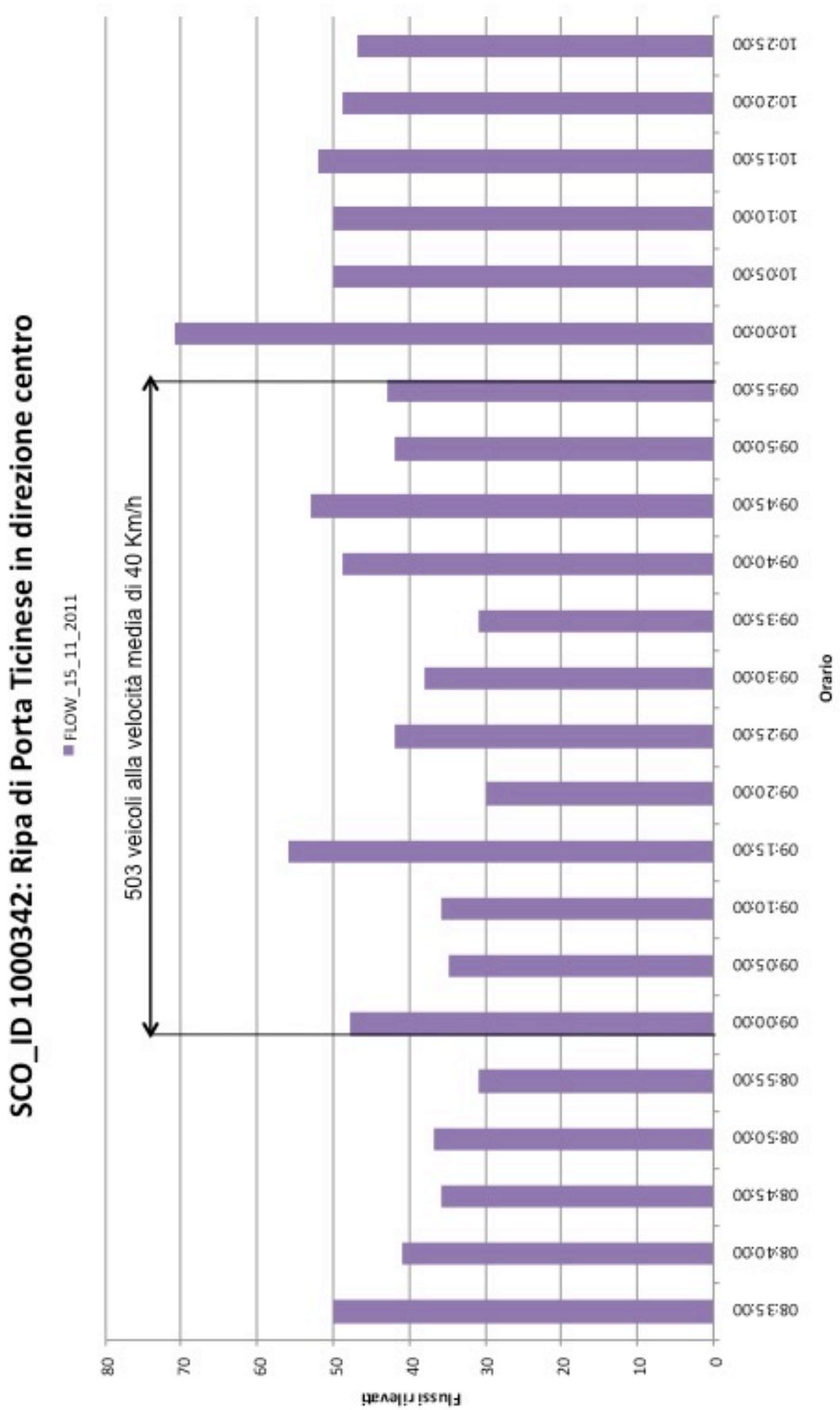
SCO_ID 10722: Alzaia Naviglio Pavese in direzione periferia



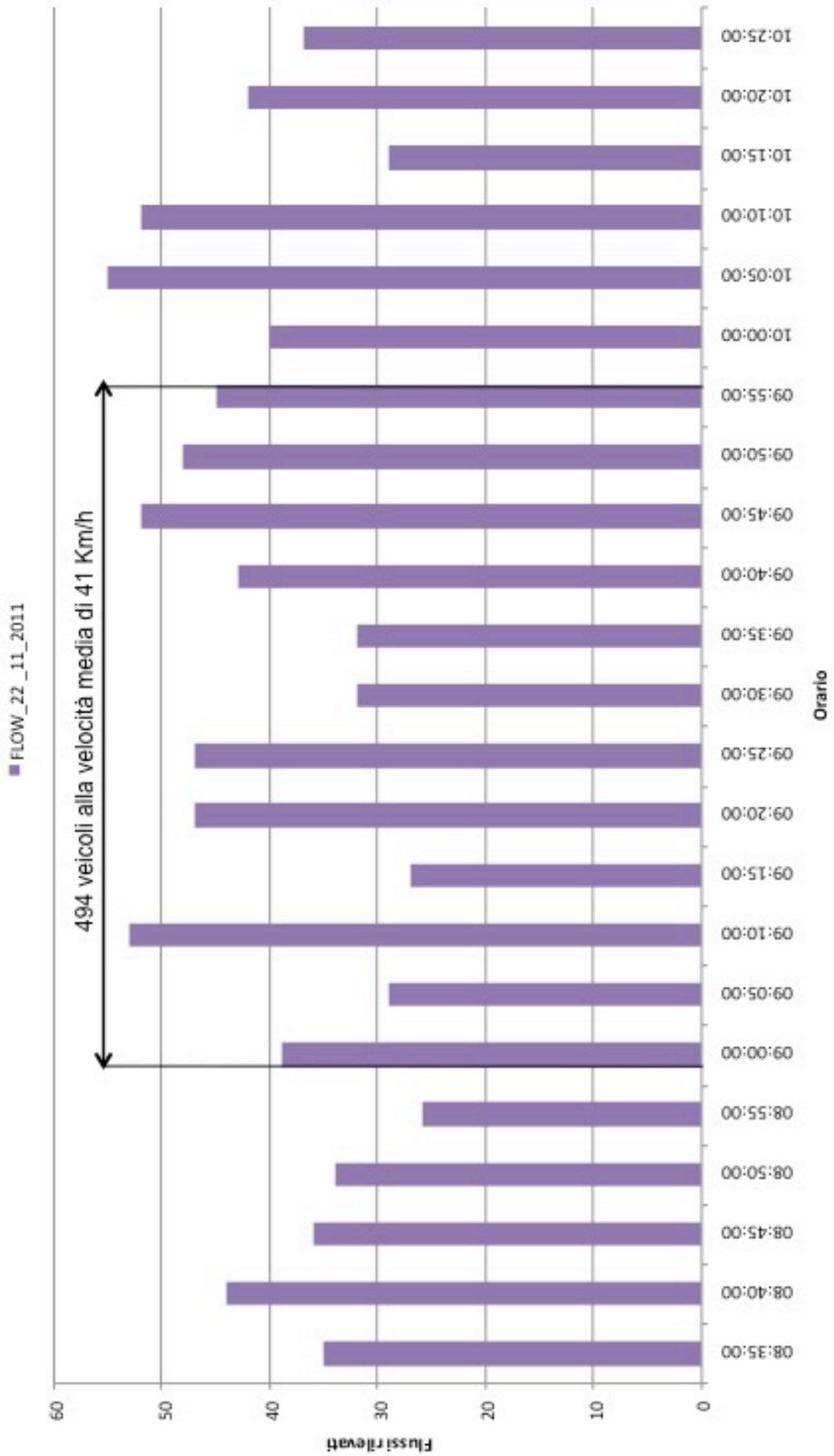
SCO_ID 1000342: Ripa di Porta Ticinese in direzione centro

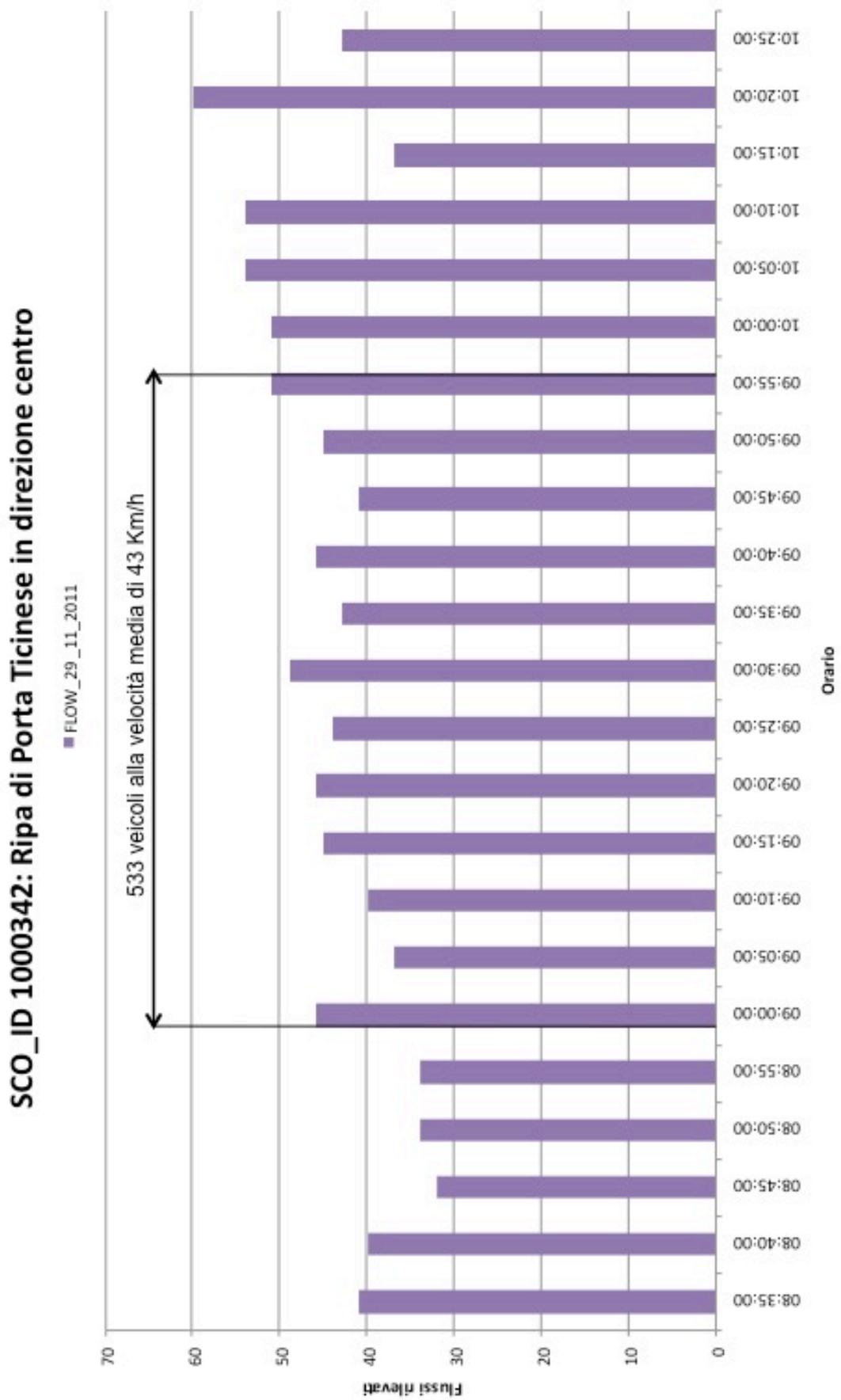






SCO_ID 1000342: Ripa di Porta Ticinese in direzione centro

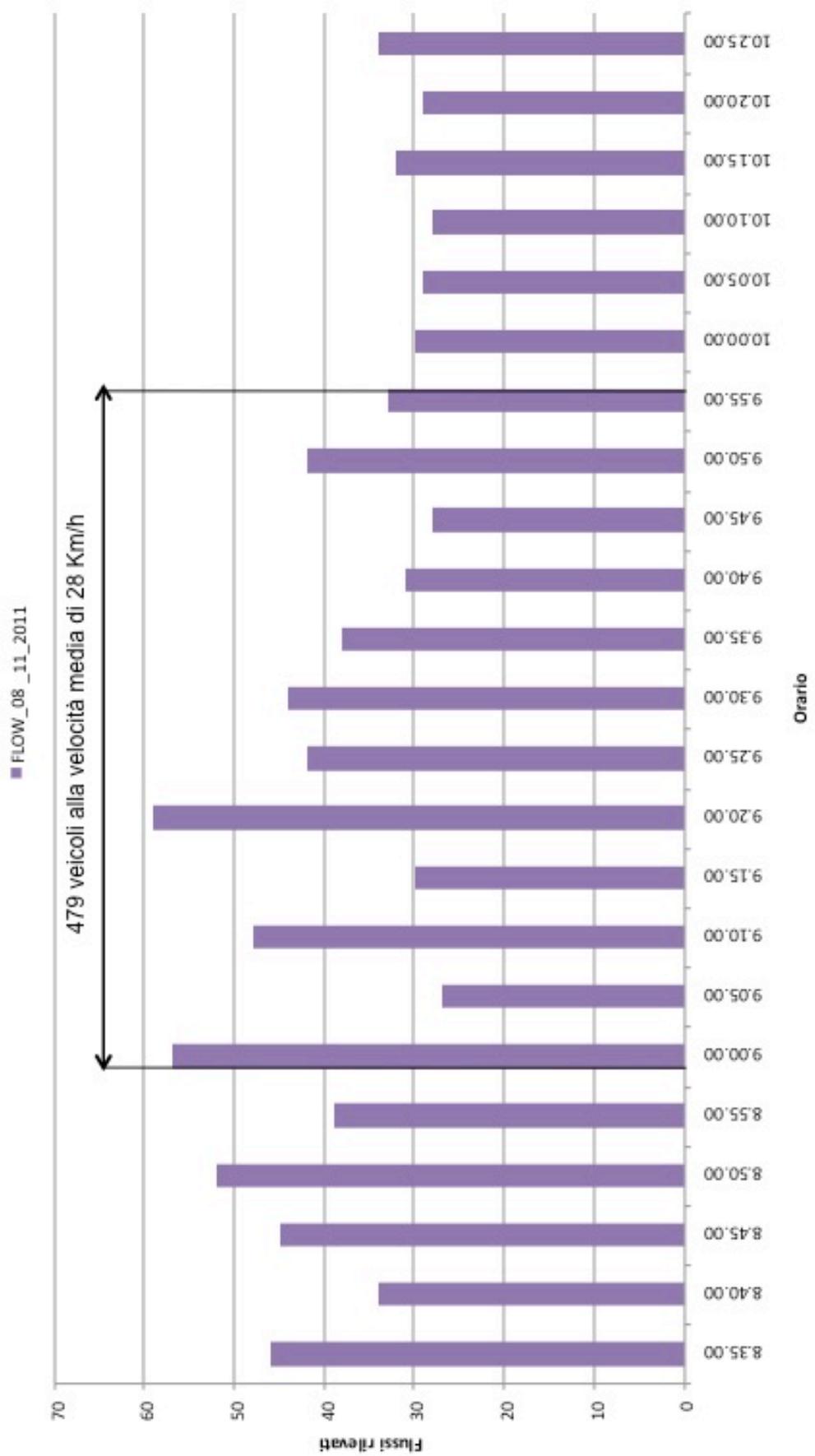


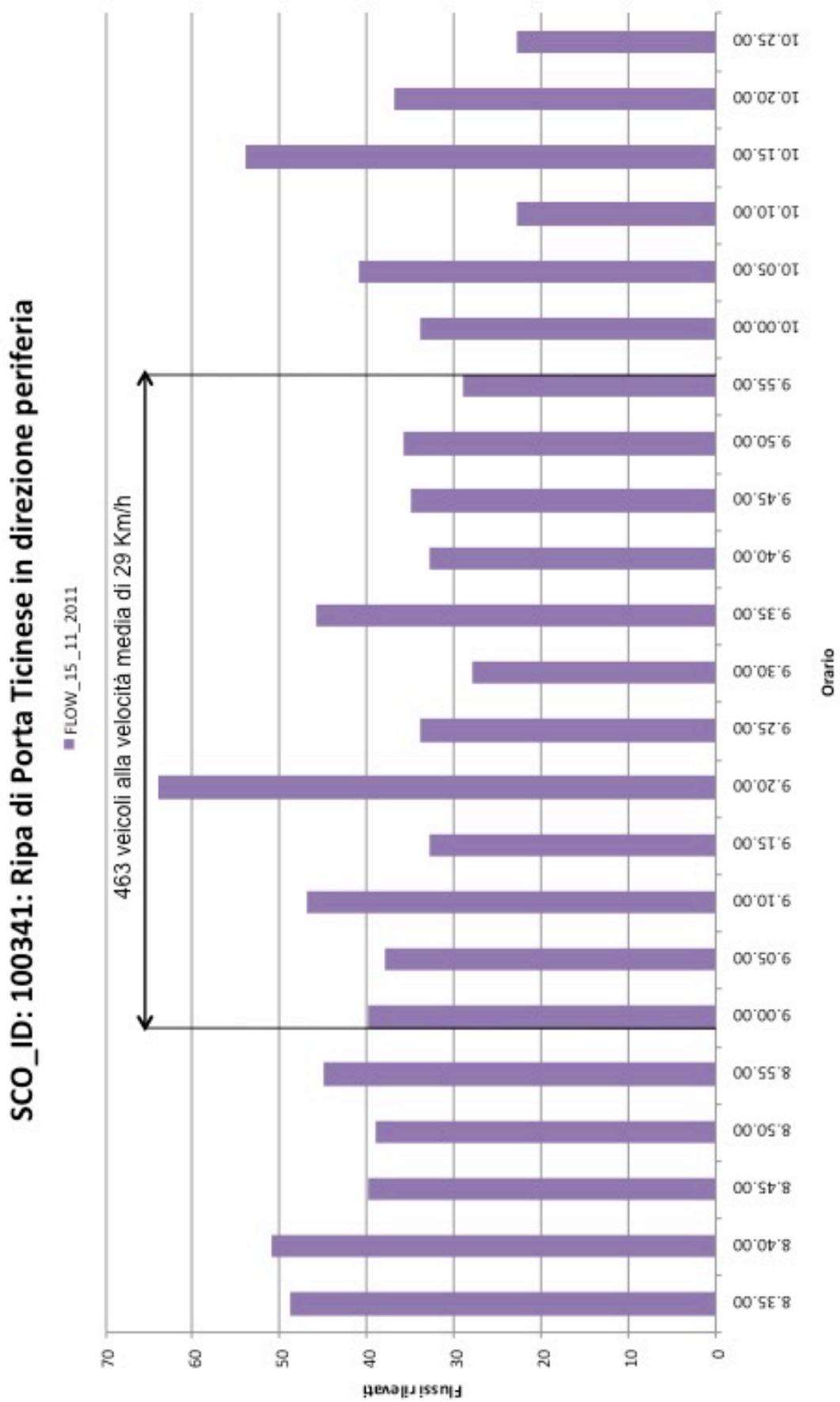


SCO_ID: 100341: Ripa di Porta Ticinese in direzione periferia

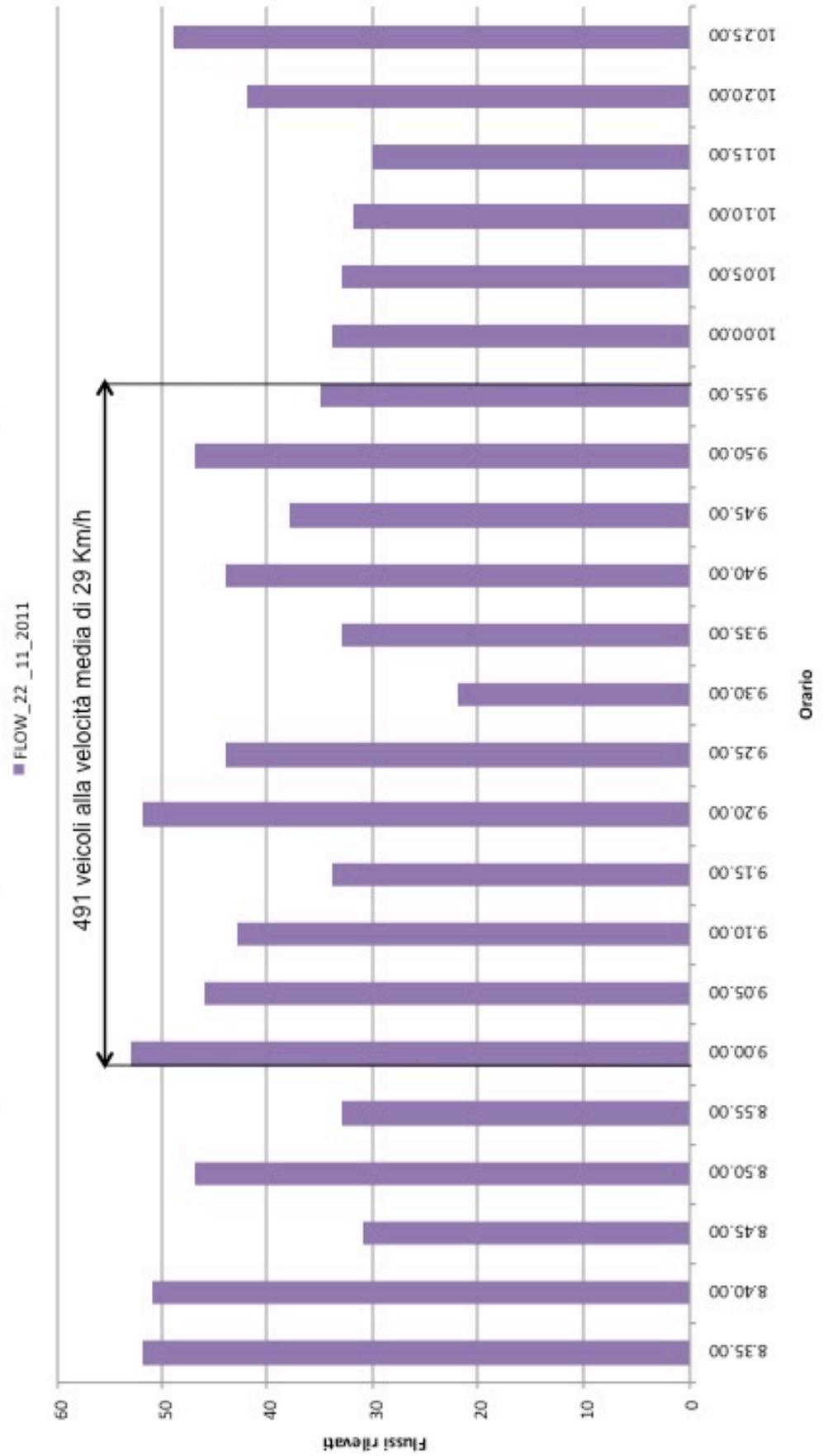


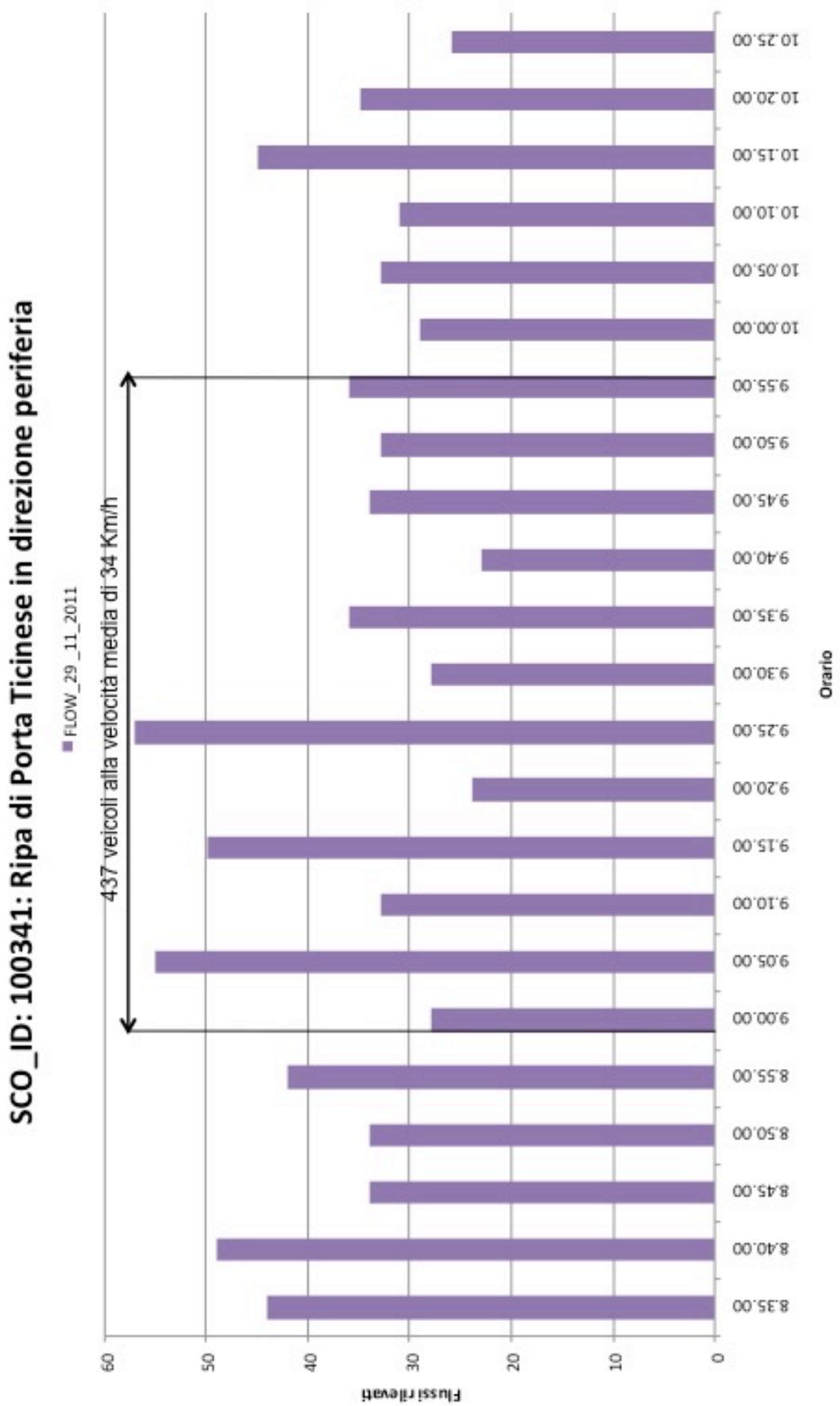
SCO_ID: 100341: Ripa di Porta Ticinese in direzione periferia

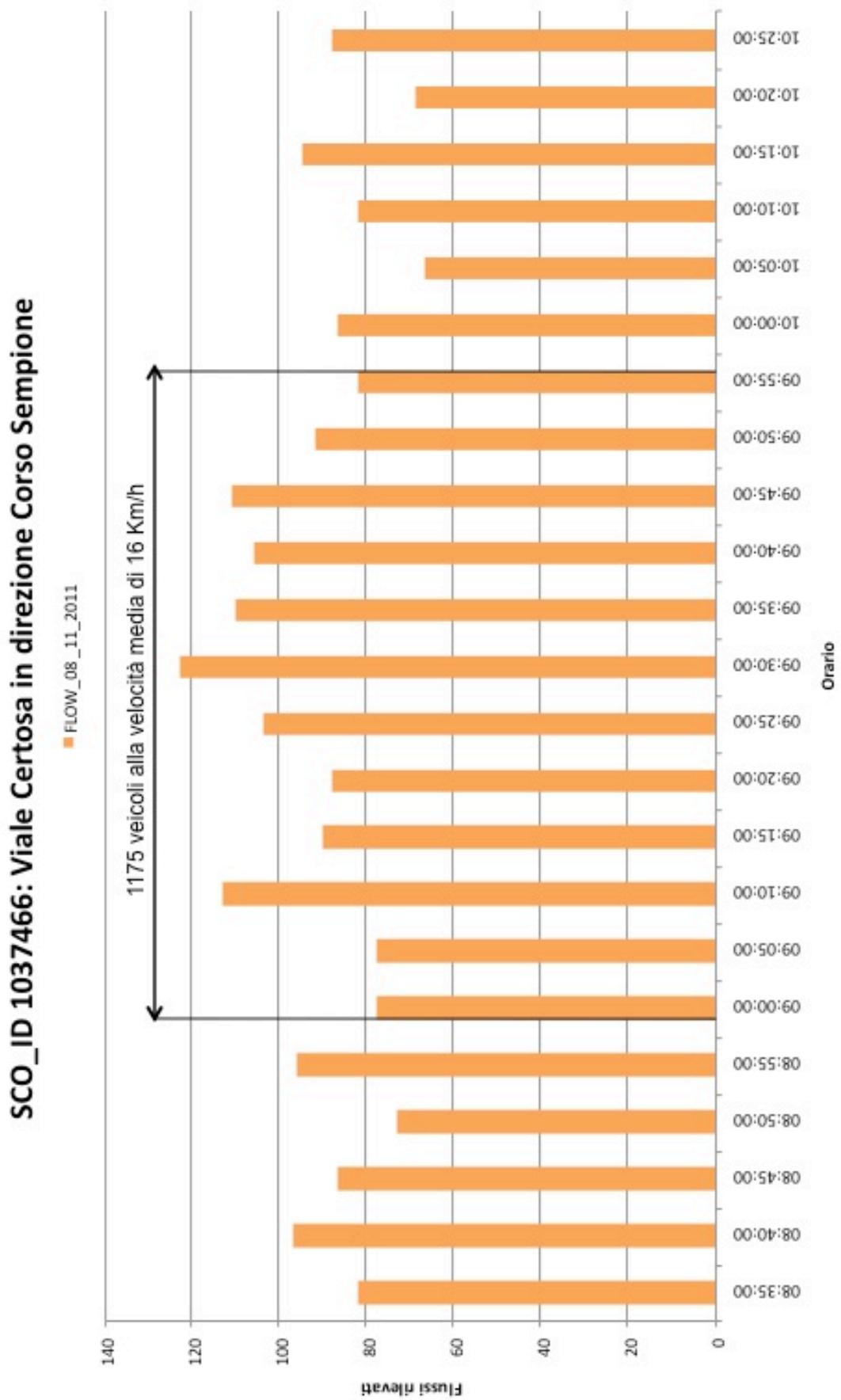




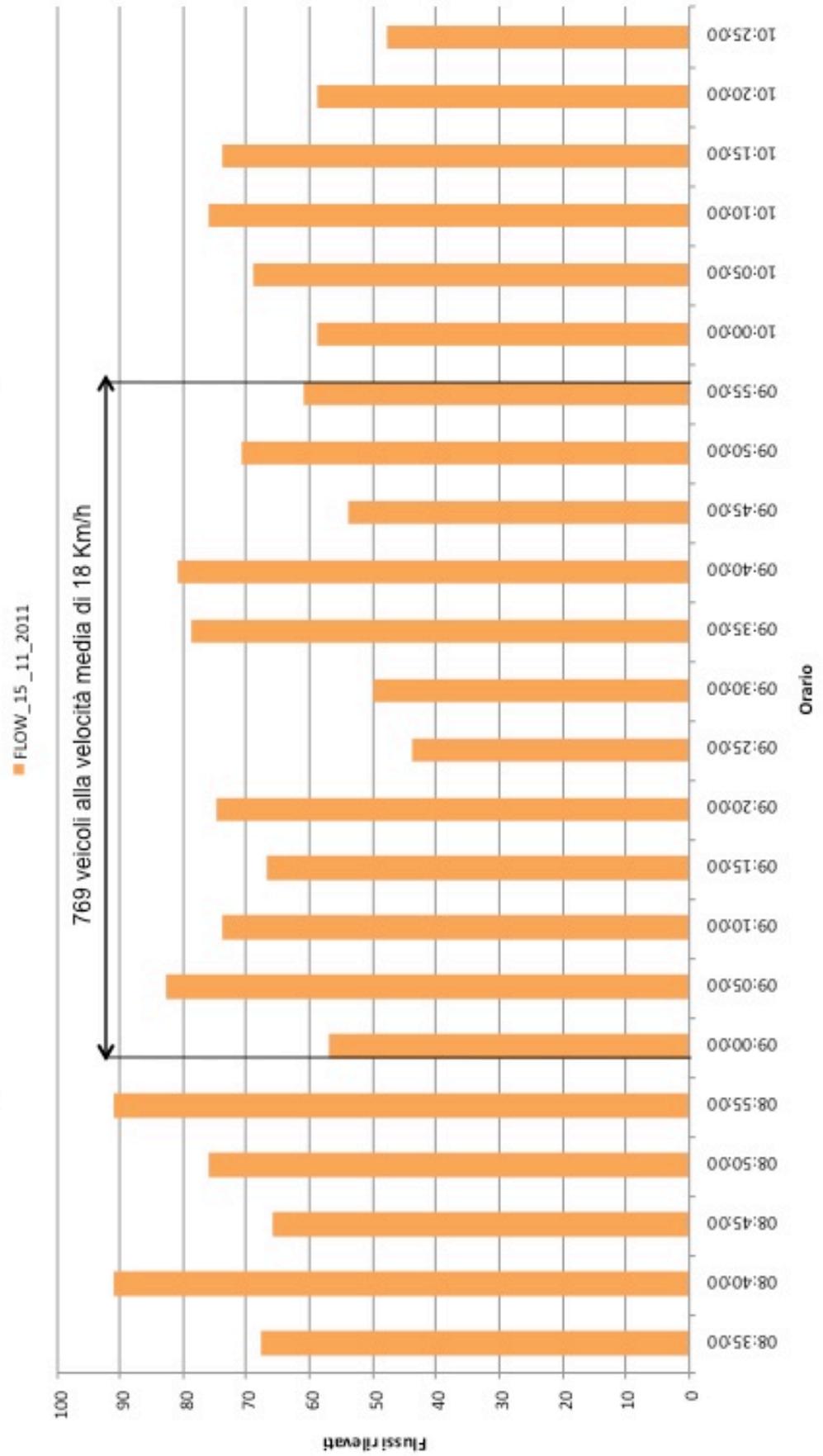
SCO_ID: 100341: Ripa di Porta Ticinese in direzione periferia

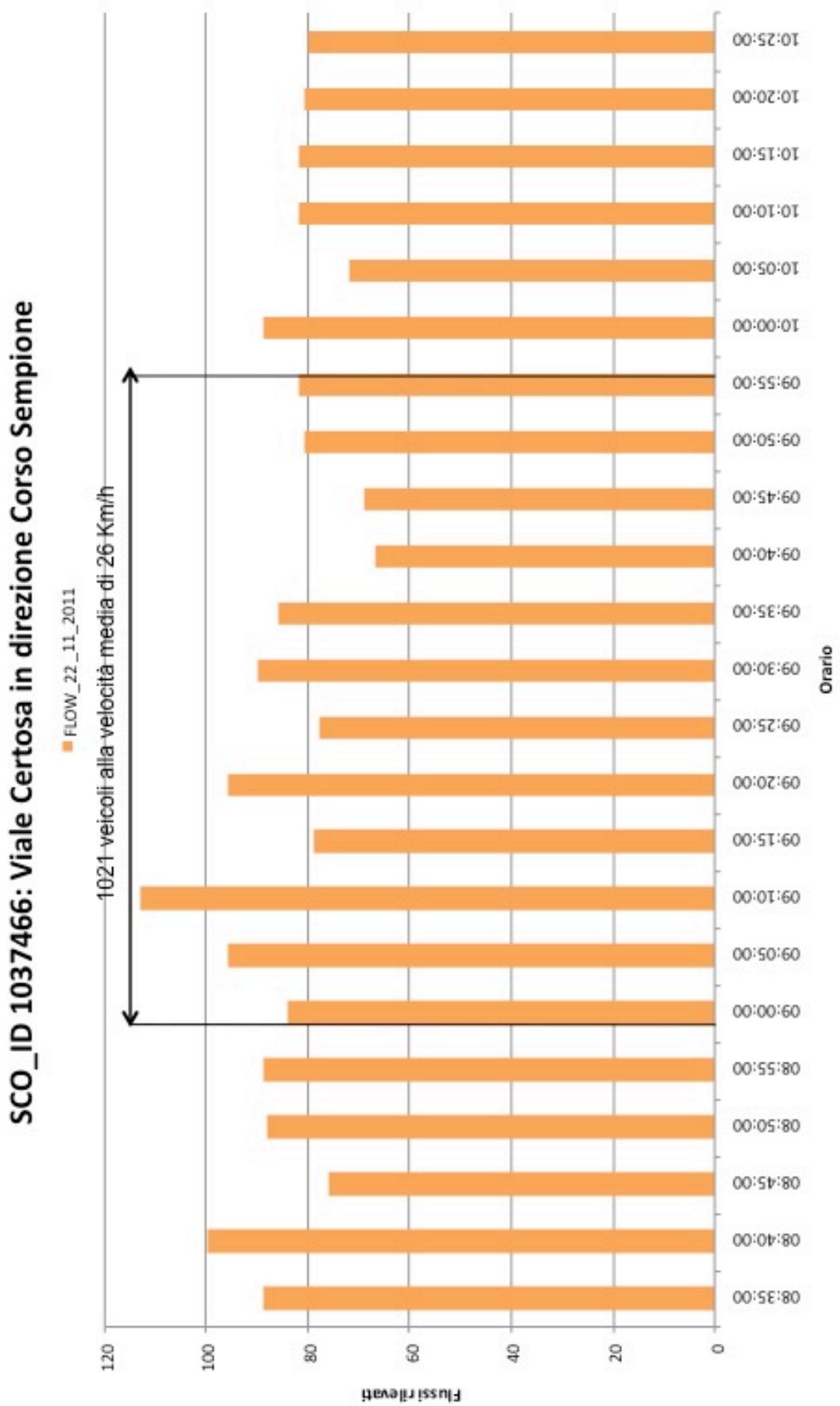


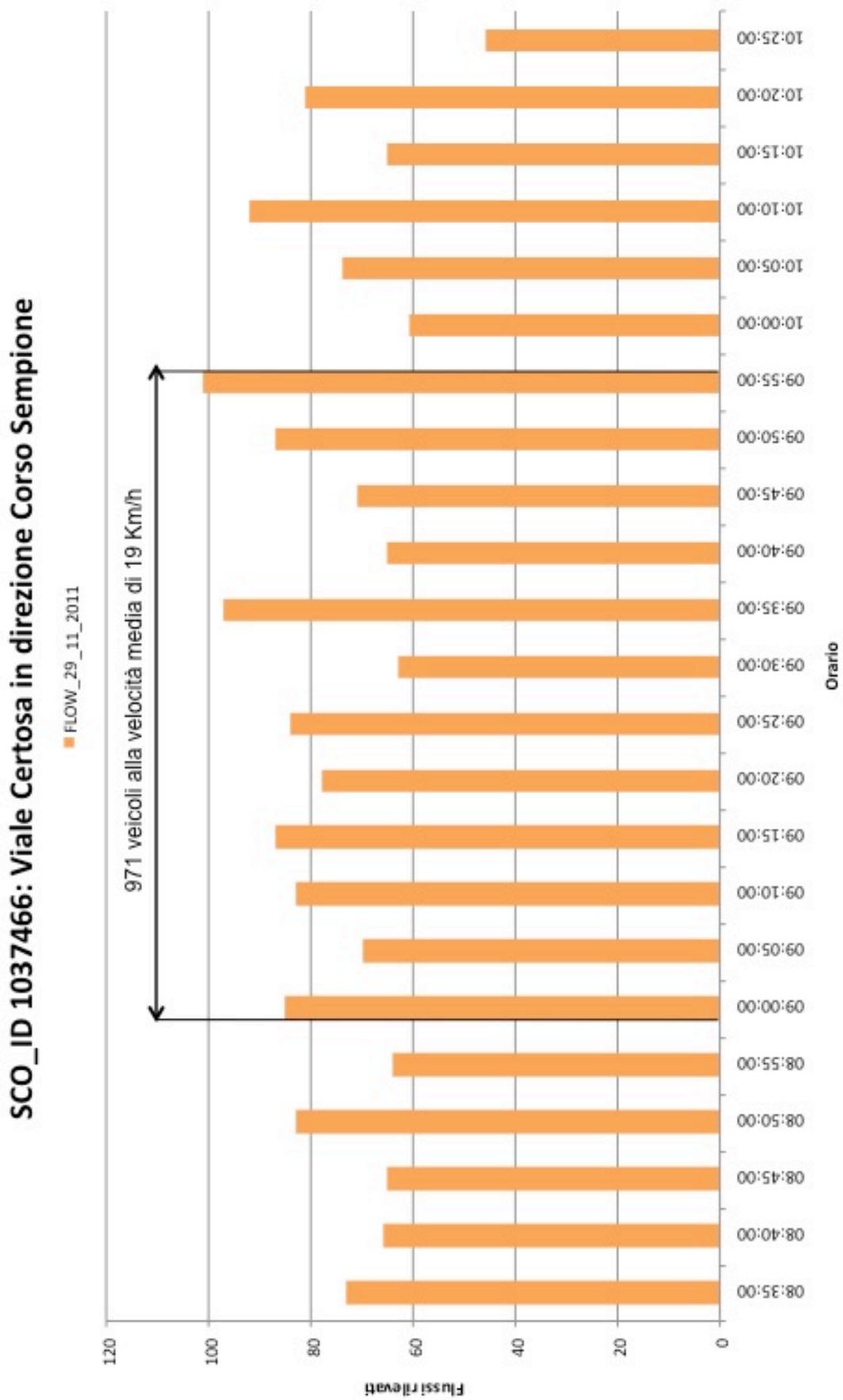




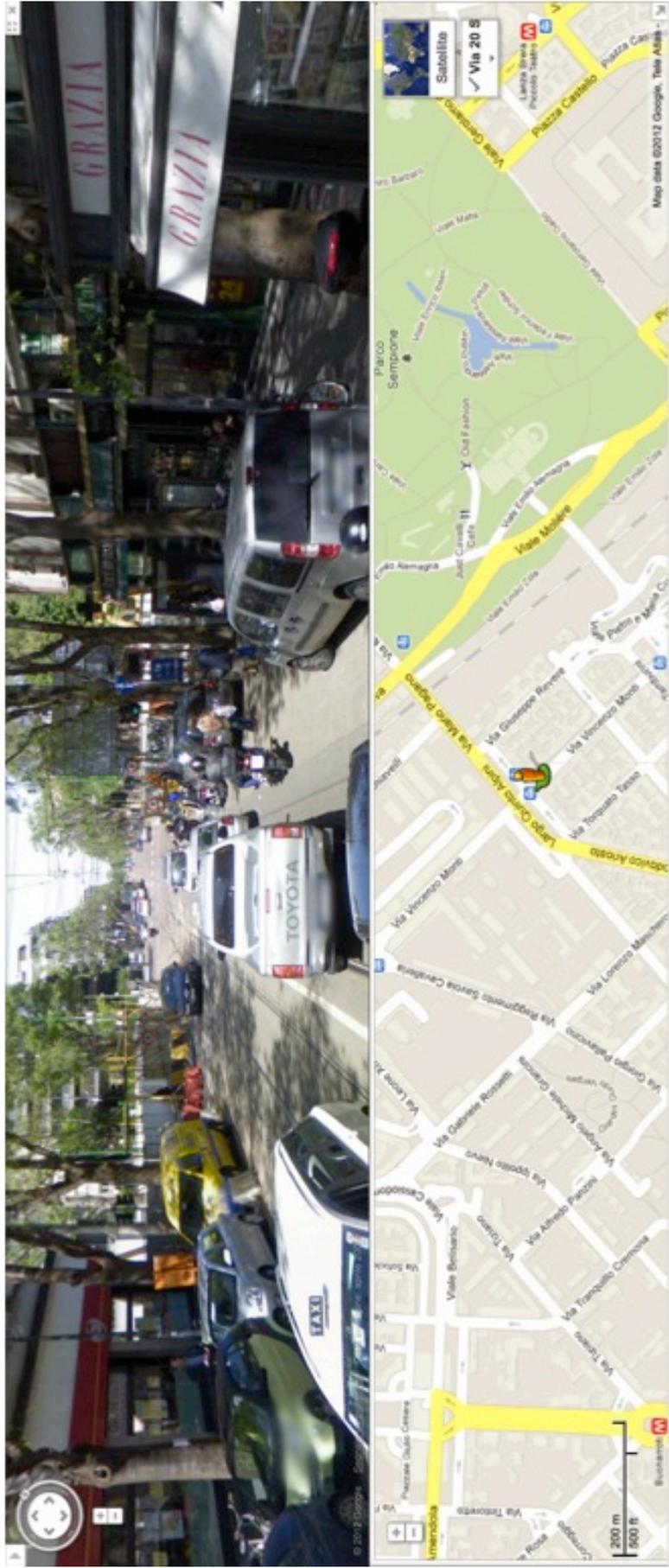
SCO_ID 1037466: Viale Certosa in direzione Corso Sempione

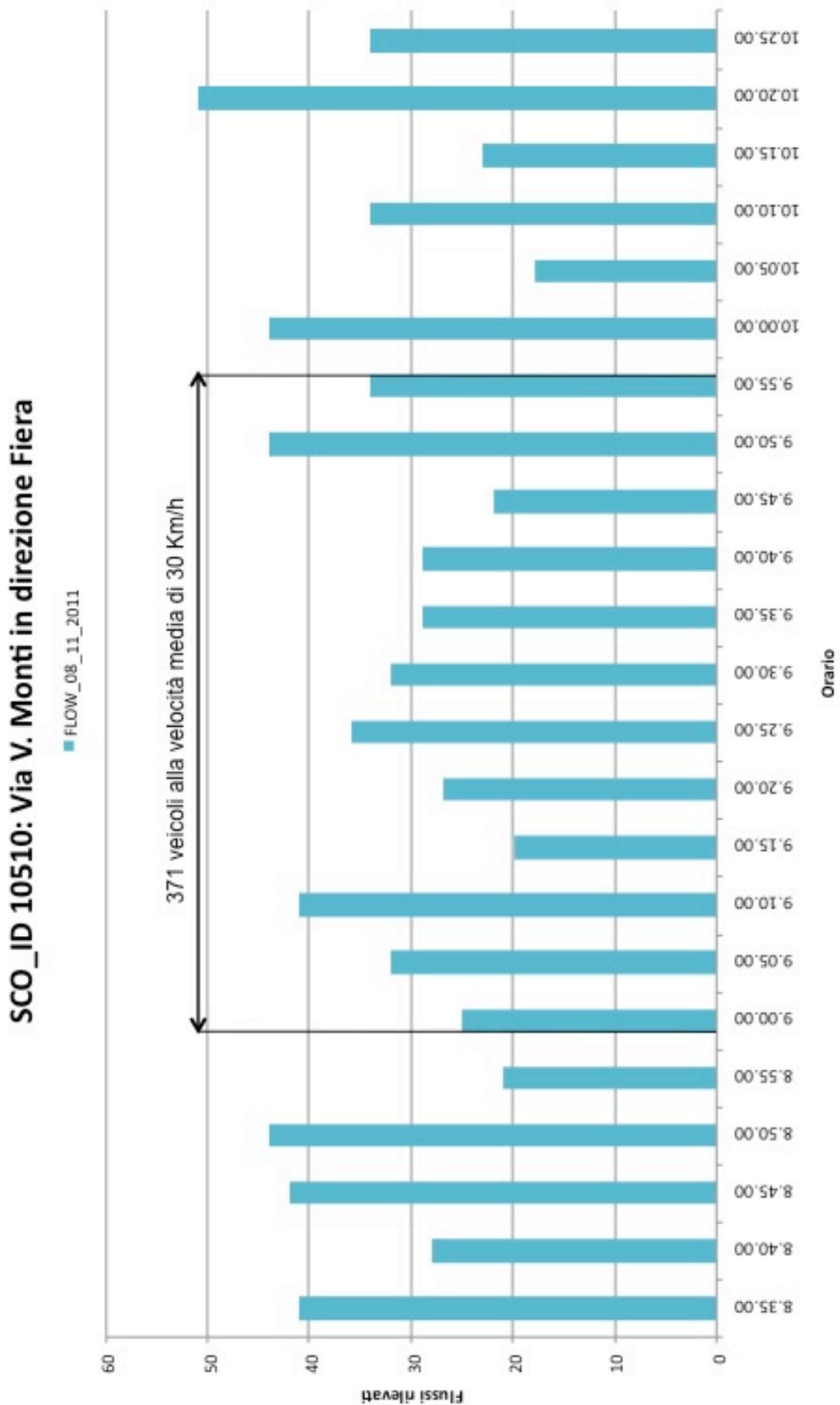


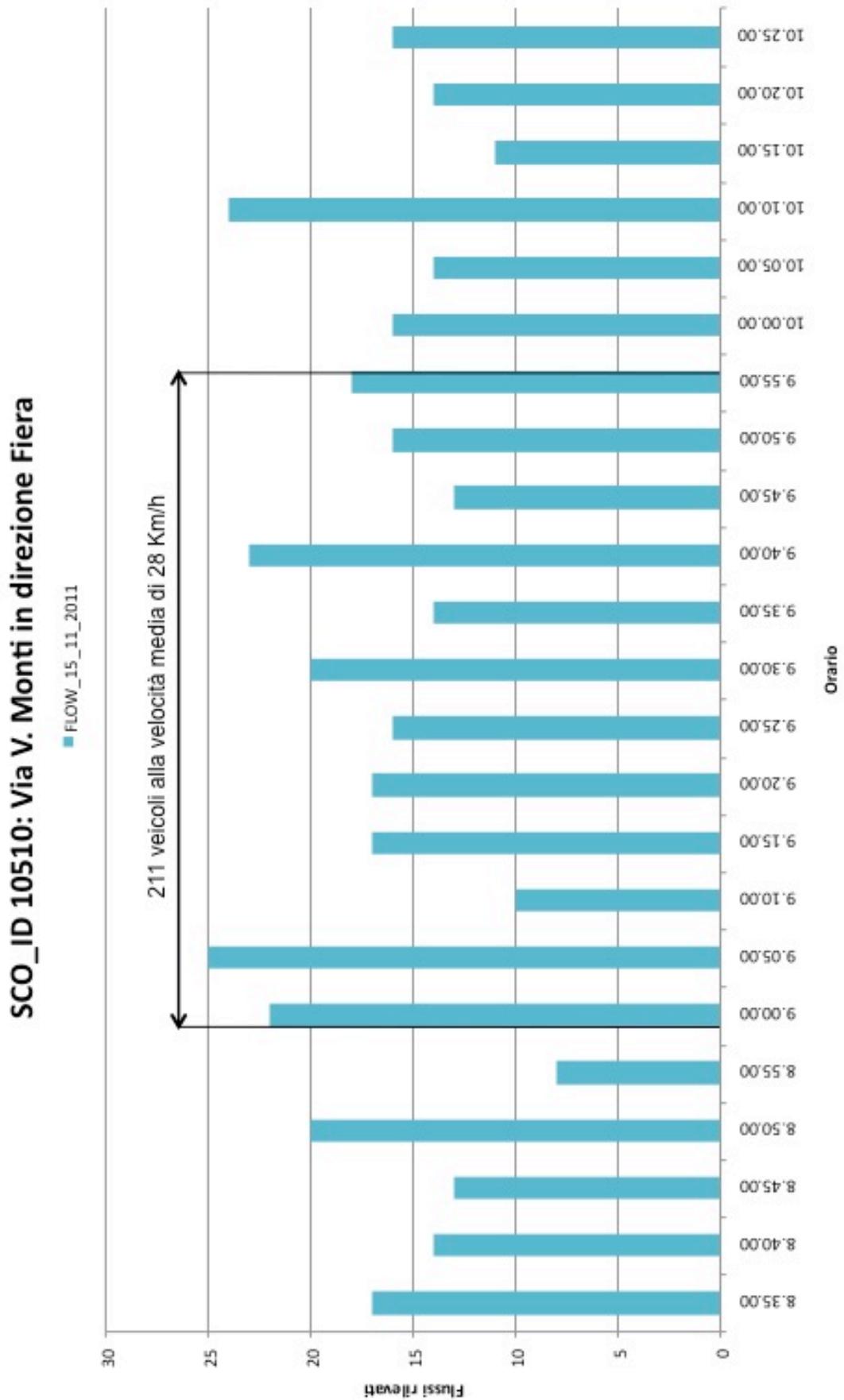


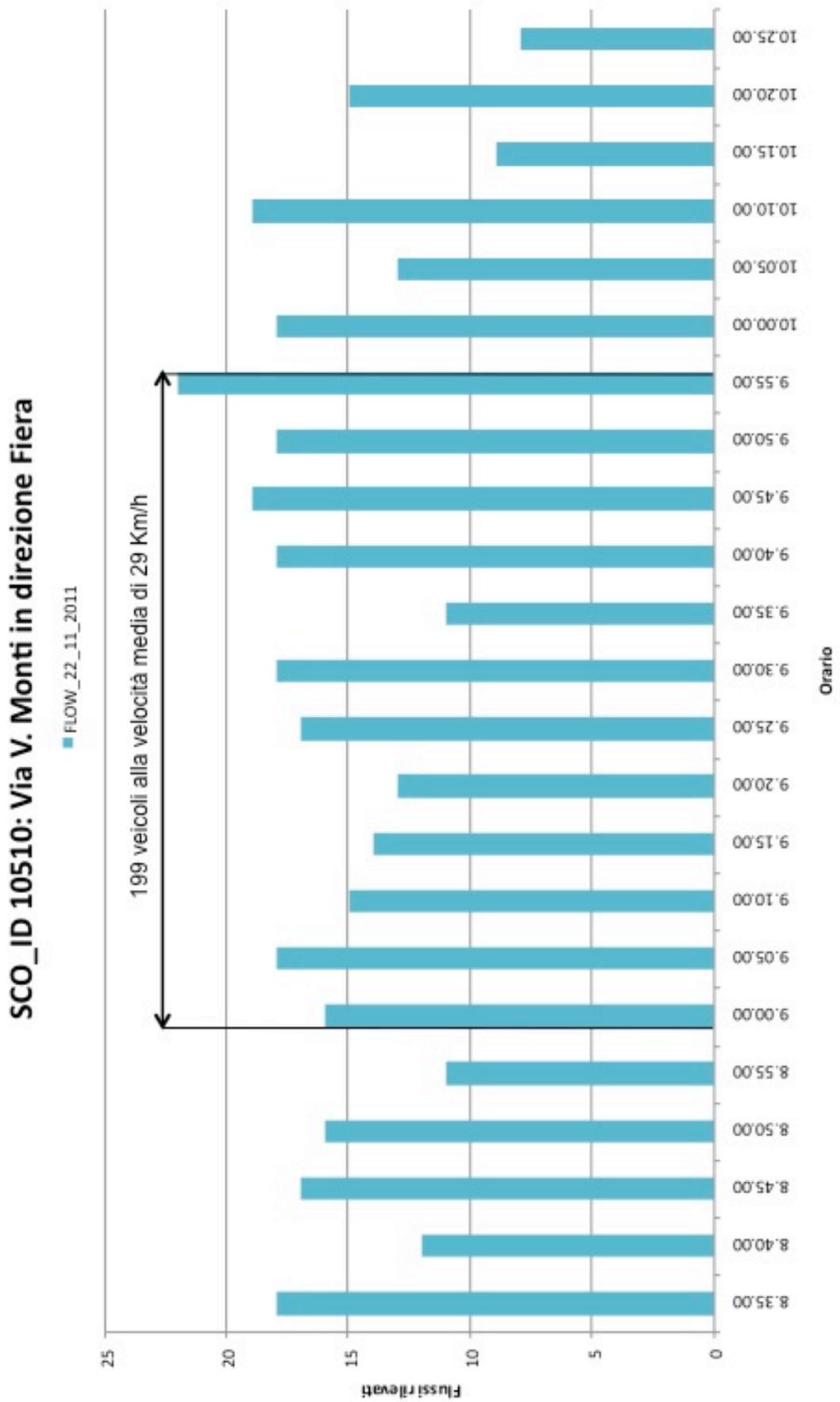


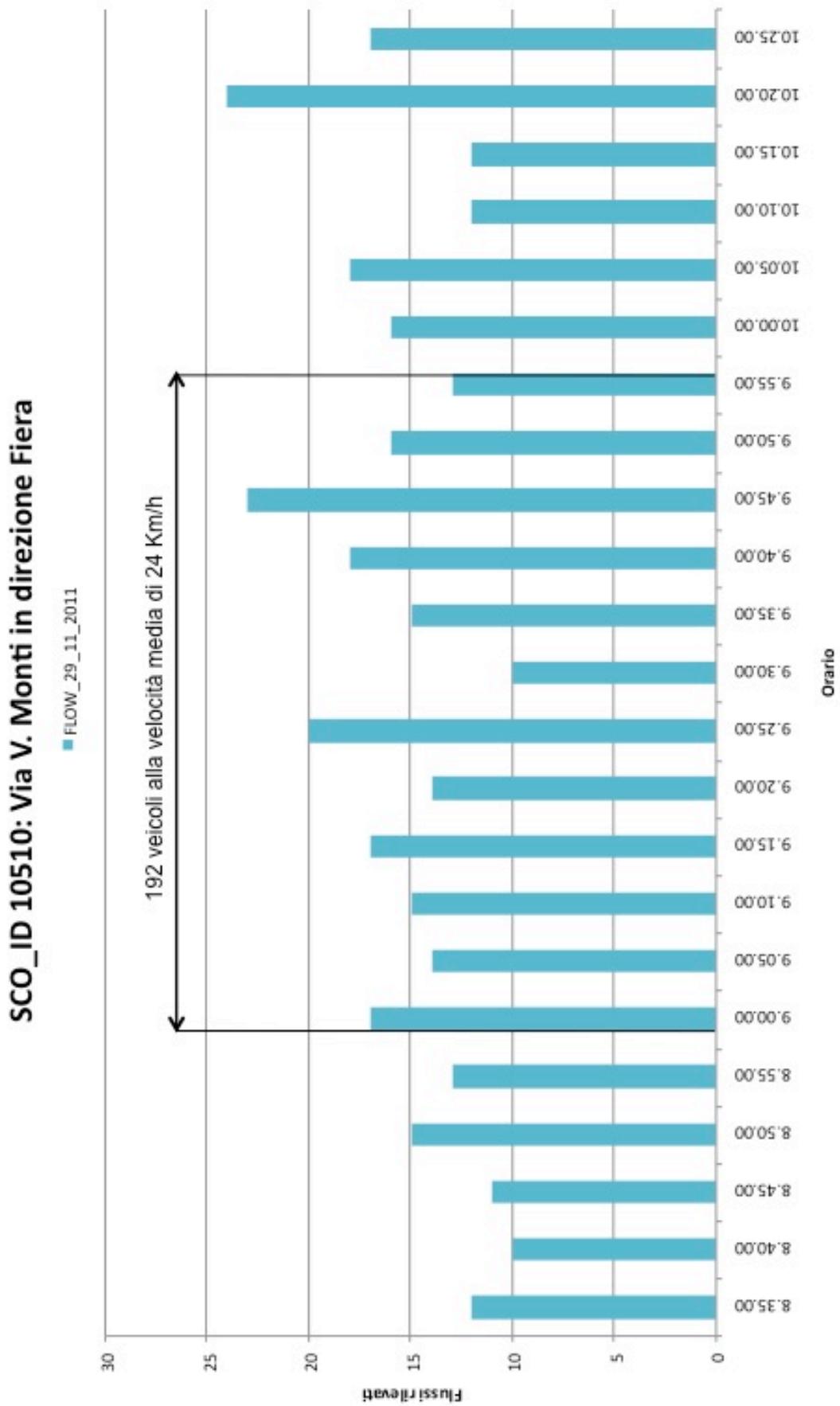
SCO_ID 10510: Via V. Monti in direzione Fiera





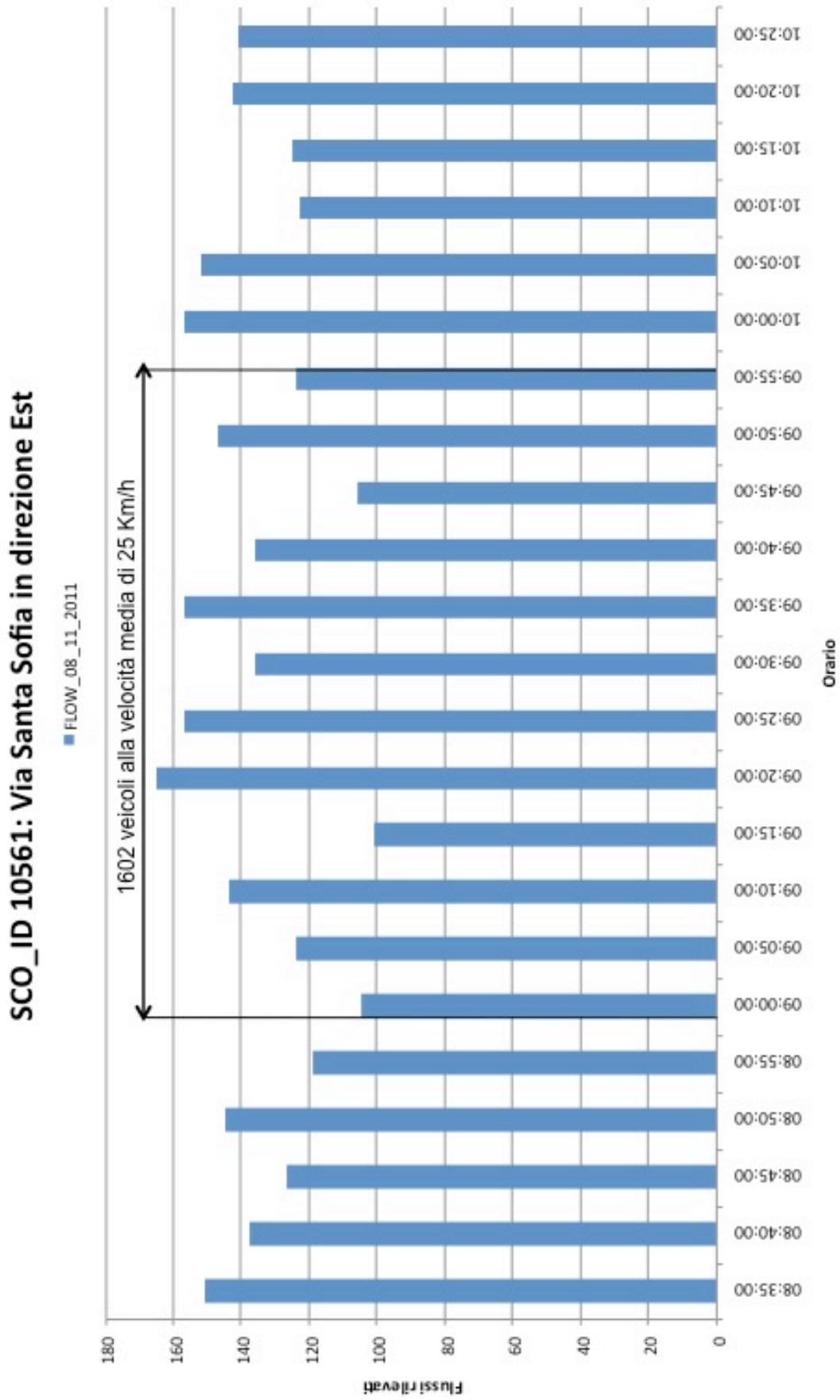


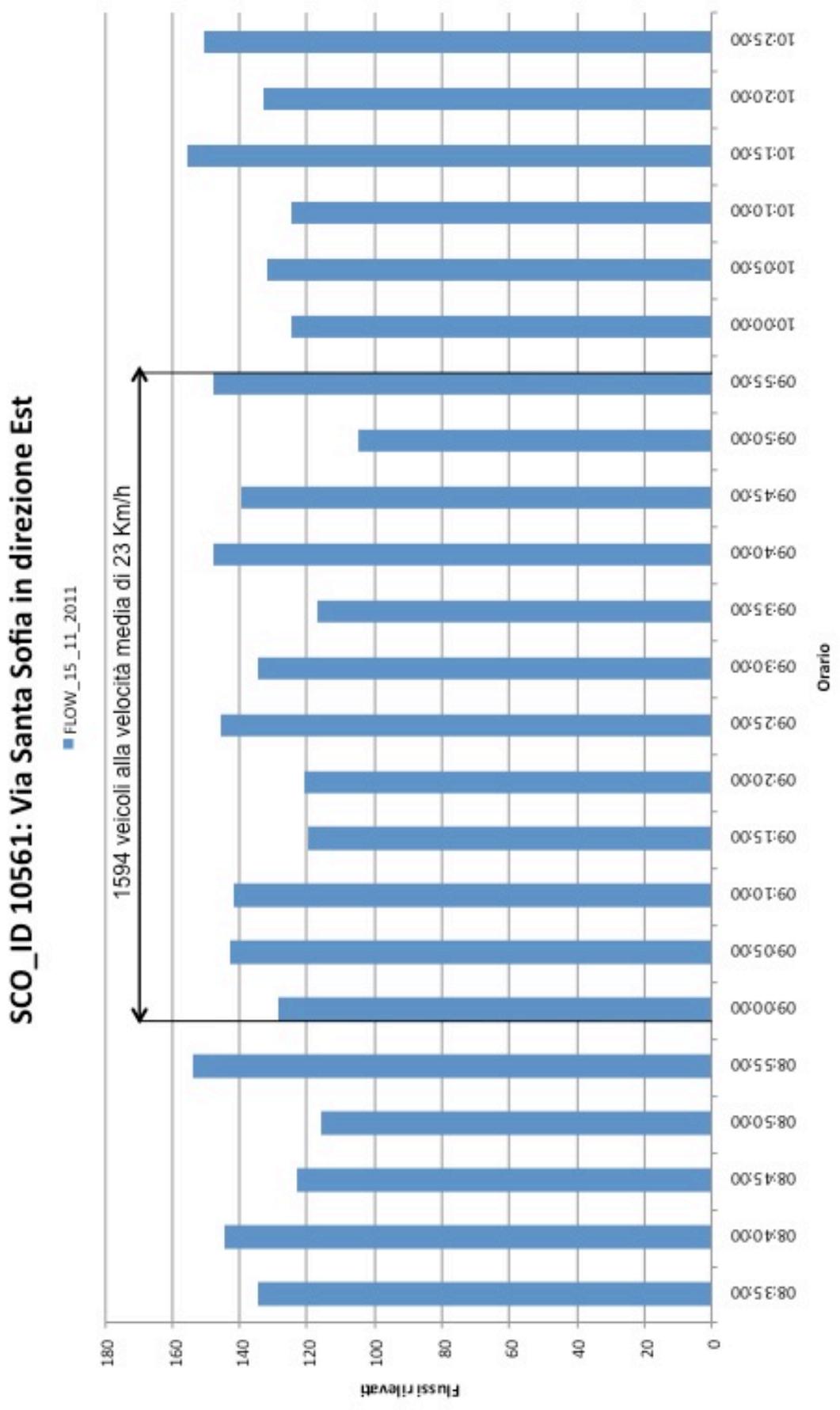


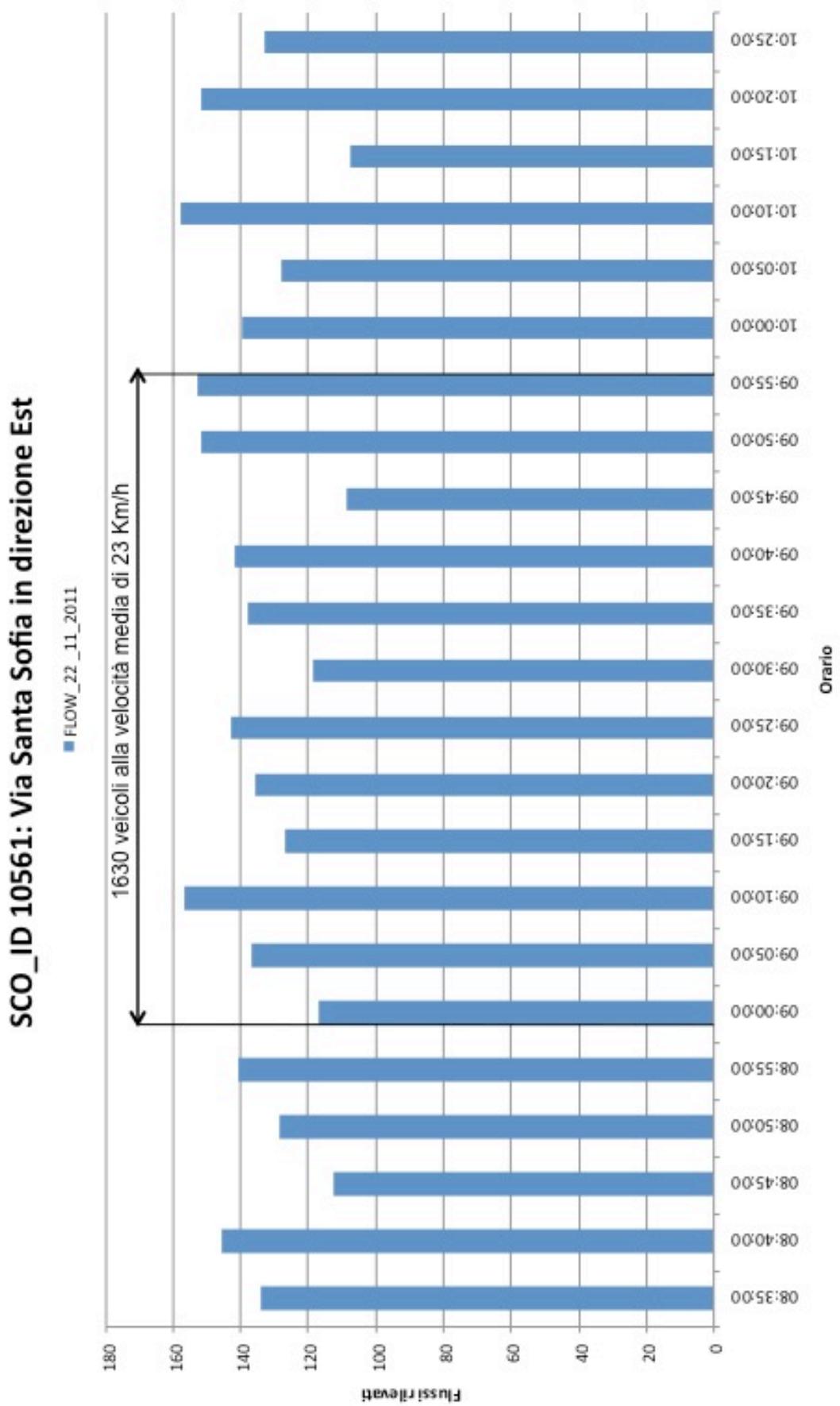


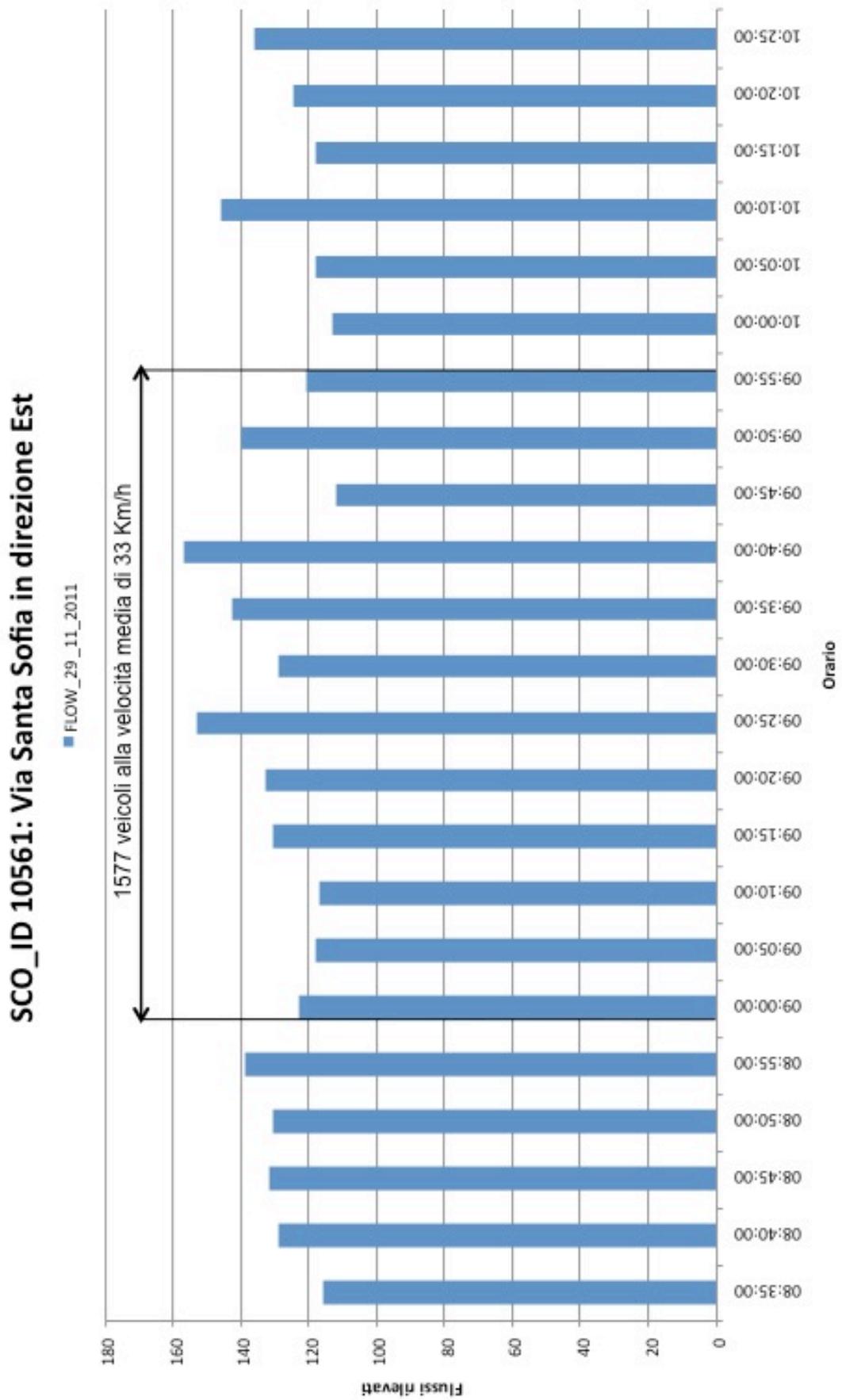
SCO_ID 10561: Via Santa Sofia in direzione Est



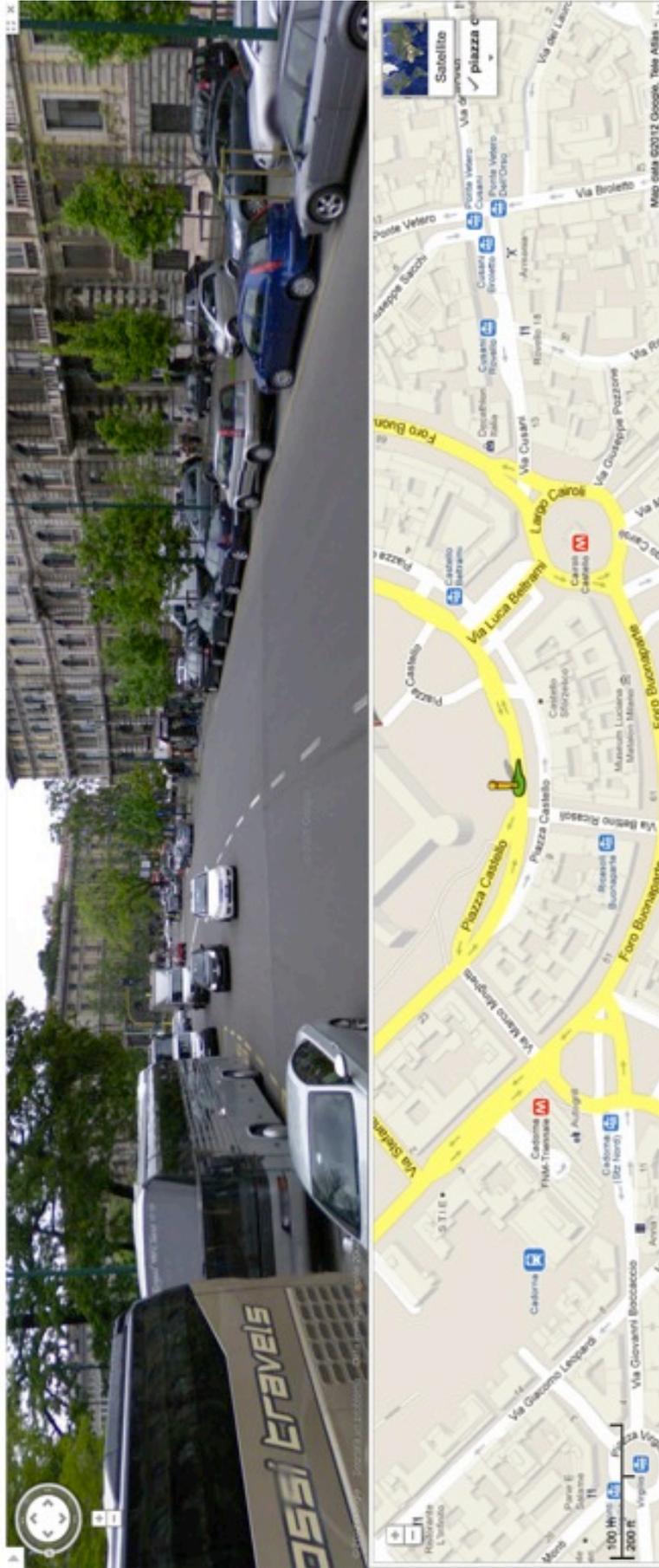




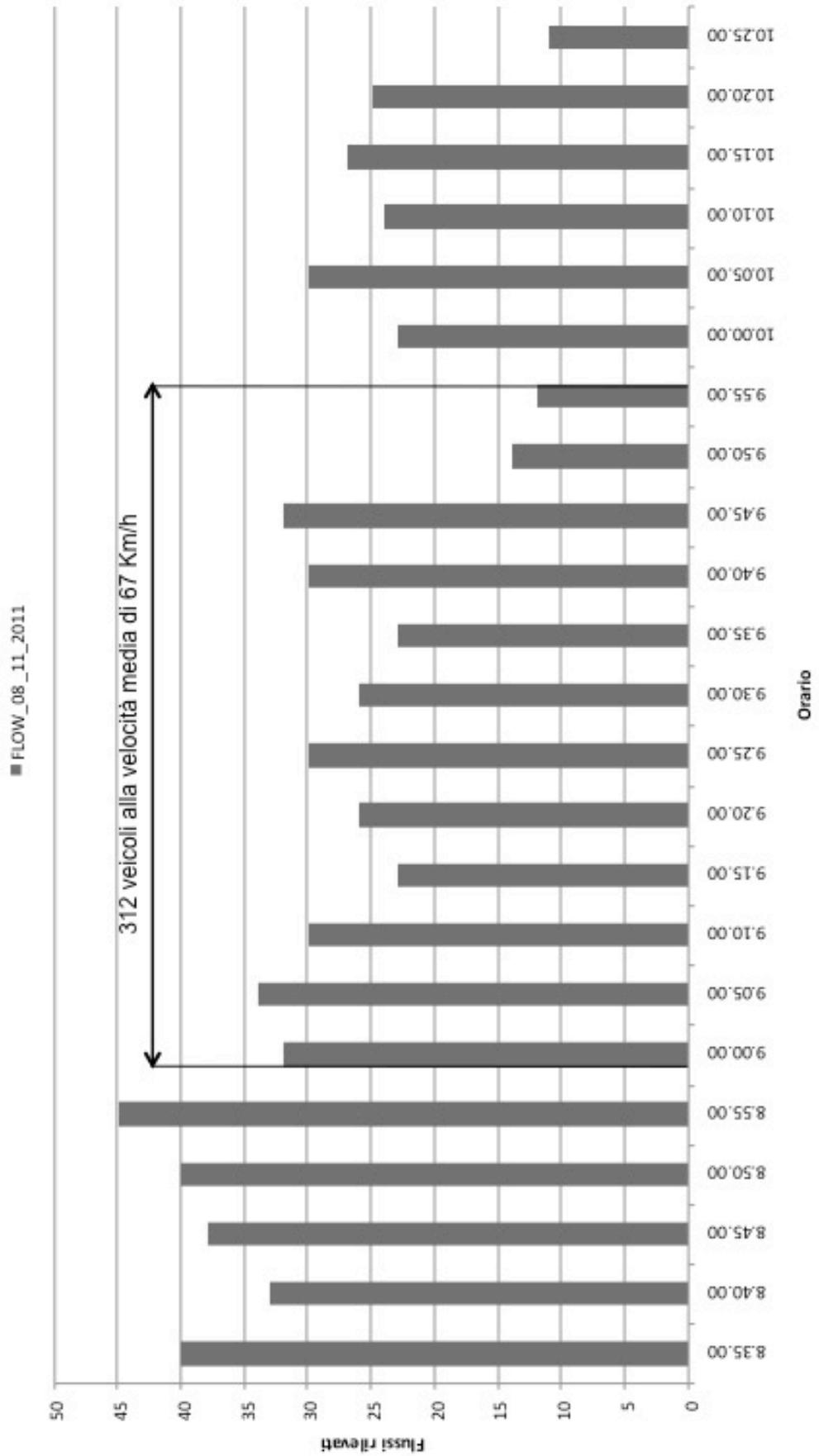




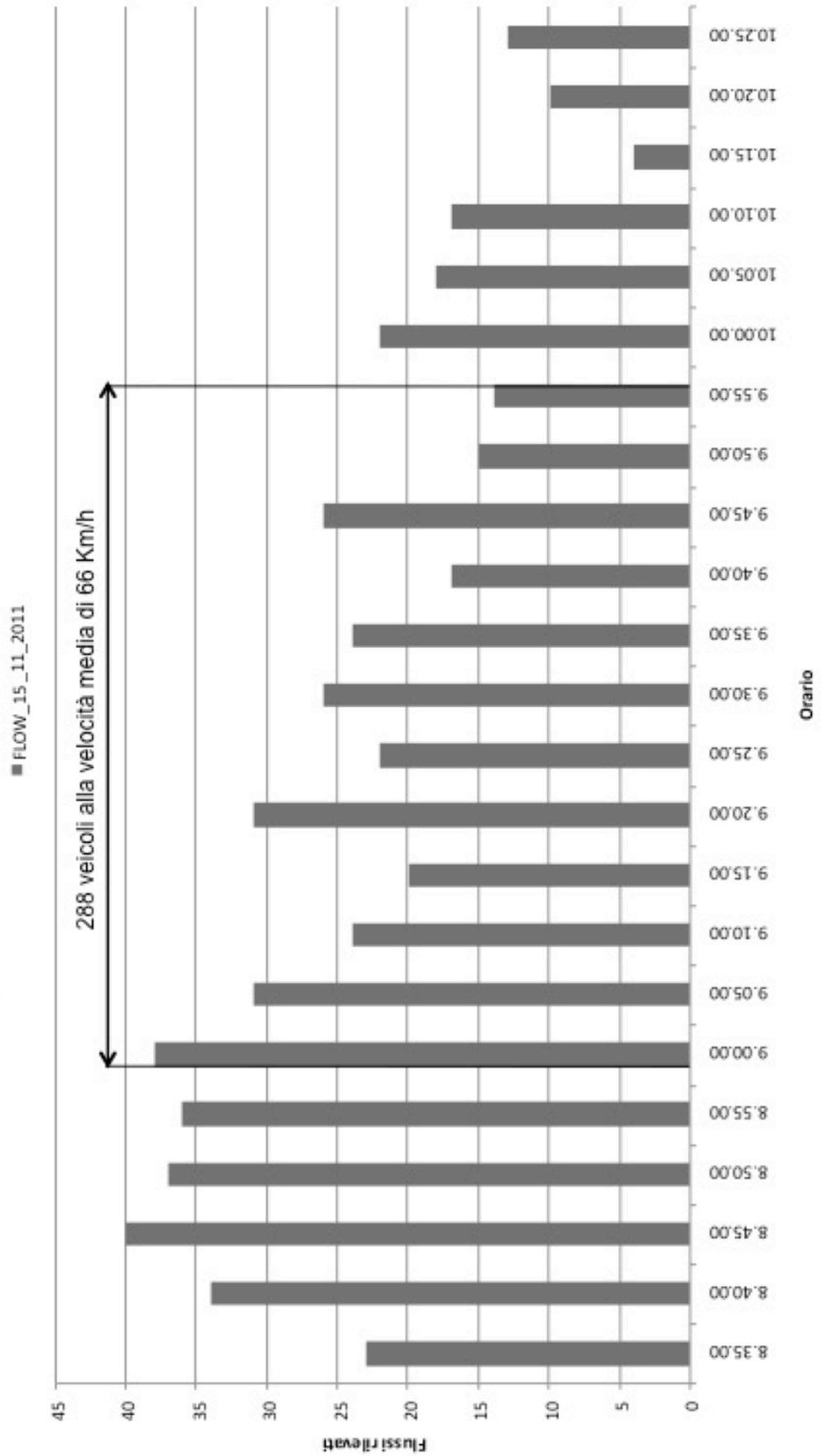
SCO_ID 10563: Piazza Castello in direzione Est



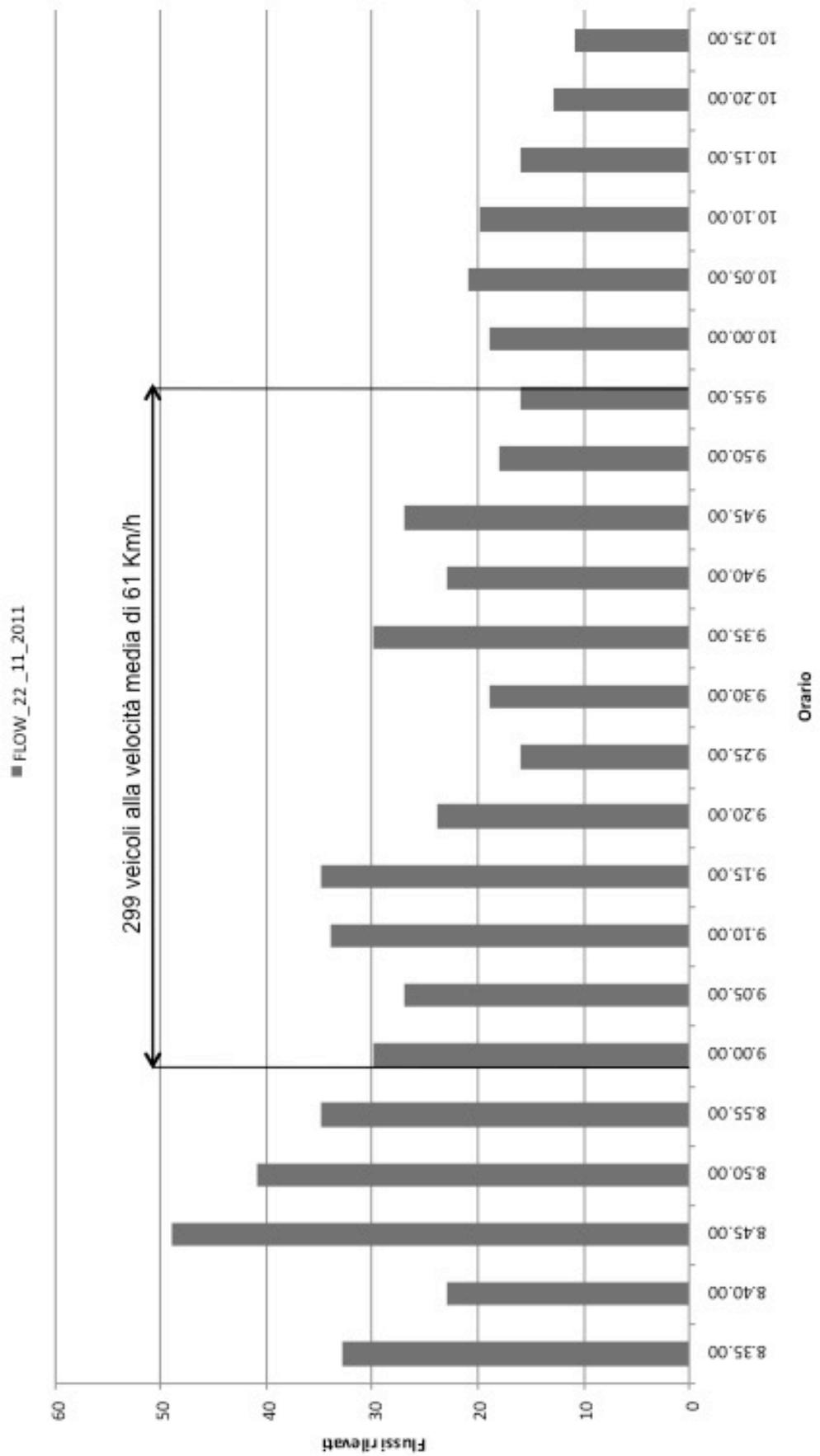
SCO_ID 10563: Piazza Castello in direzione Est



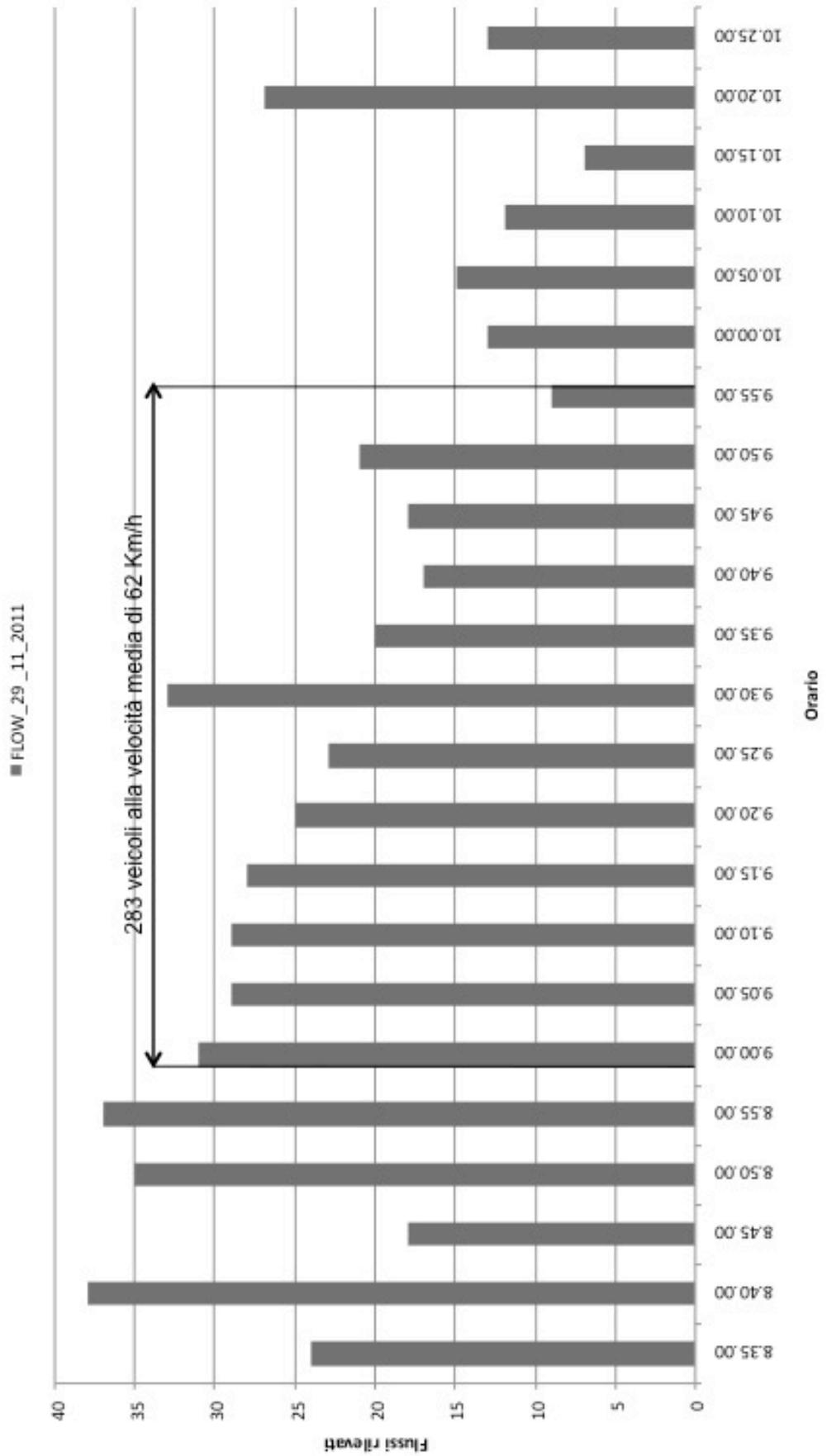
SCO_ID 10563: Piazza Castello in direzione Est



SCO_ID 10563: Piazza Castello in direzione Est



SCO_ID 10563: Piazza Castello in direzione Est



DIREZIONE	FLOW 08 Nov 2011		FLOW 15 Nov 2011		FLOW 22 Nov 2011		FLOW 29 Nov 2011		LOS (Livello di Servizio)
	numero veicoli eq.	velocità media (Km/h)							
CORSO XXII MARZO	EST	1357	27	31	1314	30	1340	31	C
	OVEST	990	20	8	1047	31	885	10	D-E
VIA PALMANOVA	CENTRO	1853	68	72	1848	70	1766	72	A
	PERIFERIA	2155	71	77	1751	77	1698	77	A
ALZAIA NAVIGLIO PAVESE	CENTRO	334	47	44	324	47	327	49	B
	PERIFERIA	251	46	51	267	50	253	50	A
RIPA DI PORTA TICINESE	CENTRO	526	36	40	494	41	533	43	B-C
	PERIFERIA	479	28	29	491	29	437	34	C-D
VIALE CERTOSA	C.so SEMPIONE	1175	16	18	1021	26	971	19	D-E
VIA V. MONTI	FIERA	371	30	28	199	29	192	24	C-D
VIA S. SOFIA	EST	1602	25	23	1630	23	1577	33	C-D
PIAZZA CASTELLO	EST	312	67	66	299	61	283	62	A

5.2 GOOGLE MAPS

Un'altra fonte che ho utilizzato come verifica per l'analisi della congestione a Milano è stata l'opzione di Google Maps relativa al traffico.

L'opzione "traffico" di Google Maps, ormai è presente come applicazione anche per gli smartphone. Google, per calcolare la condizione del traffico, utilizza il principio del crowdsourcing¹⁴. Infatti quando si sceglie di abilitare l'opzione My Location su Google Maps, attraverso il proprio telefono, vengono inviate automaticamente informazioni anonime riguardo la vostra posizione e velocità; inoltre, questa applicazione, è legata a sistemi di navigazione auto (ad esempio Tom-Tom). Sommando tutte le informazioni in arrivo, da migliaia di telefonini nella zona, il sistema ricrea facilmente una simulazione realistica della situazione effettiva delle strade, in tempo reale.

Google ha inoltre aggiunto i dati di traffico in tempo reale di tutti gli USA per le applicazioni mobile. Questo ha però comportato le prime lamentele per la privacy, poichè tutte le volte che viene effettuata una richiesta dati dal GPS del proprio telefonino, viene rilevata la propria posizione e velocità di spostamento, e questi dati vengono diffusi a tutti attraverso Google (Crowdsourcing¹⁷). Google però certifica che i dati che saranno utilizzati avranno forma anonima, velocità e posizione nel caso di aree ad alte densità di traffico, verranno raggruppate insieme in modo da oscurare i dati dei singoli viaggi; ed inoltre, appena ci si sconnette, il percorso verrà completamente perso, e neanche Google potrà più accedere

¹⁷ Il termine crowdsourcing (da crowd, gente comune, e outsourcing, esternalizzare una parte delle proprie attività^[1]) è un neologismo che definisce un modello di business nel quale un'azienda o un'istituzione affida la progettazione, la realizzazione o lo sviluppo di un progetto, oggetto o idea ad un insieme indefinito di persone non organizzate in una comunità pre-esistenti. Questo processo viene favorito dagli strumenti che mette a disposizione il web e viene reso disponibile, in open call, attraverso dei portali presenti sulla rete internet. Il crowdsourcing può essere visto essenzialmente come un modello di produzione e risoluzione dei problemi. Nell'accezione classica del termine, viene richiesta la risoluzione di un determinato problema a un gruppo non definito di persone. Gli utenti, la "crowd" (folla), solitamente si riuniscono in comunità online, le quali forniscono una serie di soluzioni, che vengono poi vagliate dal gruppo stesso alla ricerca delle soluzioni più adatte.

ai dati personali. Il problema però, consiste proprio nell'utilizzo del GPS, infatti verranno segnalate sul sistema le proprie informazioni anche quando, tenendo acceso il GPS, si utilizzano mezzi pubblici (come ad esempio il treno), tracciando così un'errata rappresentazione dei dati.

Questo servizio consente di avere un'accurata visione del traffico, permette infatti agli utenti di essere informati sulla velocità di traffico in ogni via, in ogni angolo, ogni strada secondaria, casello autostradale, influenzando così le proprie scelte di guida, comunicando agli altri utenti quando si è bloccati nel traffico cittadino, avvertirli in autostrada di prendere in considerazione un percorso alternativo, o informare il proprio Comune per le tempistiche delle regolazioni semaforiche.

Quest'idea era già stata adottata da Dash (produttore di dispositivi di navigazione personale), ma la differenza sta nell'ampiezza dell'utenza di Google e la conseguente banca dati; infatti la potenza di questo servizio sta proprio nel fatto che contributo fondamentale viene dato dai numerosi utenti che ne usufruiscono e che forniscono i propri dati. Non serve nessun dispositivo supplementare, da collegare in macchina o al proprio telefono, e non servono neanche software aggiuntivi da acquistare.

Per attivare l'opzione è sufficiente cliccare sul bottone "Traffico" in alto a destra sulla mappa visualizzata: i colori sulle principali arterie ne indicheranno il livello di congestione.

Il verde rappresenta una viabilità scorrevole (velocità di almeno 80 Km/h), il giallo indica una situazione di traffico nella media (velocità tra i 40 e gli 80 Km/h) e il rosso indica rallentamenti (40 Km/h). La situazione peggiore per gli automobilisti sarà indicata dal colore nero, segnale di code e viabilità molto lenta. In assenza di dati non verrà mostrato alcun colore. Inoltre esistono applicazioni più specifiche, come Beat the traffic, che fornisce oltre alla condizione della fluidità del traffico anche gli avvisi sugli incidenti. Una piccola icona rossa e arancione con un punto esclamativo identifica un sinistro appena avvenuto.

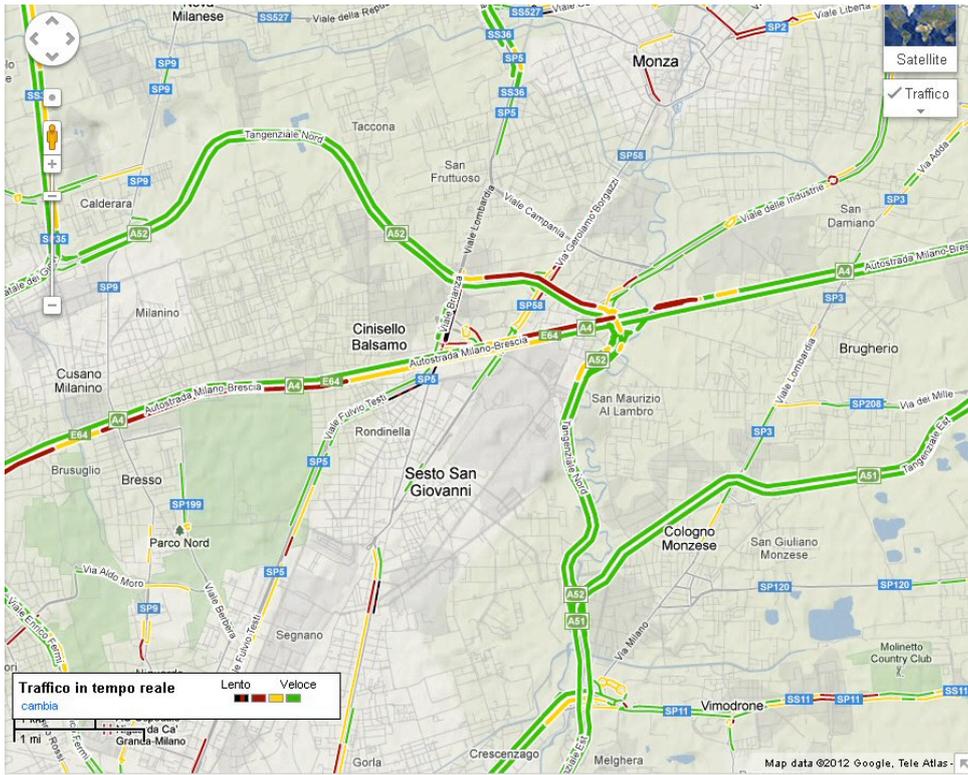
Facendo alcune verifiche, confrontando i dati di traffico di GoogleMaps con quelli forniti dalle telecamere di Quattroruote, si può notare come i risultati siano molto diversi. Va infatti segnalato che alcune schermate di GoogleMaps riportano dei dati inaffidabili dovuti a situazioni, ad esempio incidenti, che possono risalire a qualche ora prima se non addirittura al giorno precedente.

Nel caso ad esempio di Cinisello Balsamo e Trezzano sul Naviglio, si può notare come tra le due schermate ci sia una sostanziale differenza dei dati forniti.

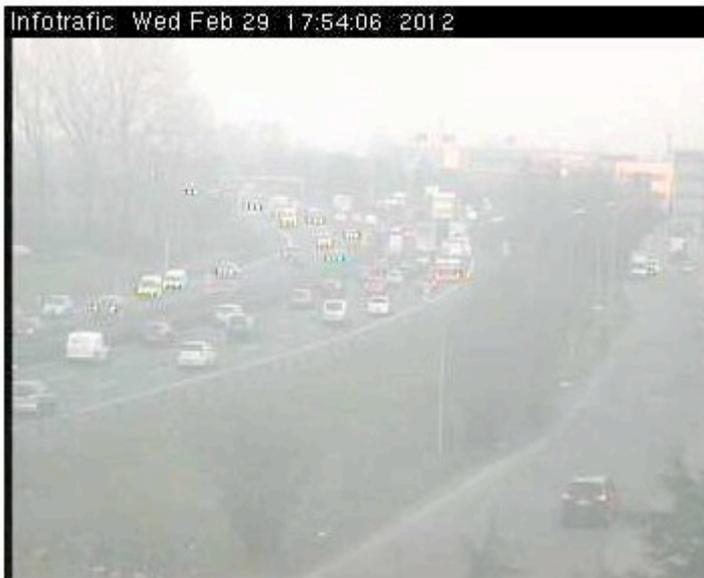


Autostrada A4 Torino-Trieste, tratto stradale tra Cinesello Balsamo e Cormano, in direzione Bergamo, 29/02/2012 h. 11.27¹⁸

¹⁸ Fonte: www.quattroruote.it

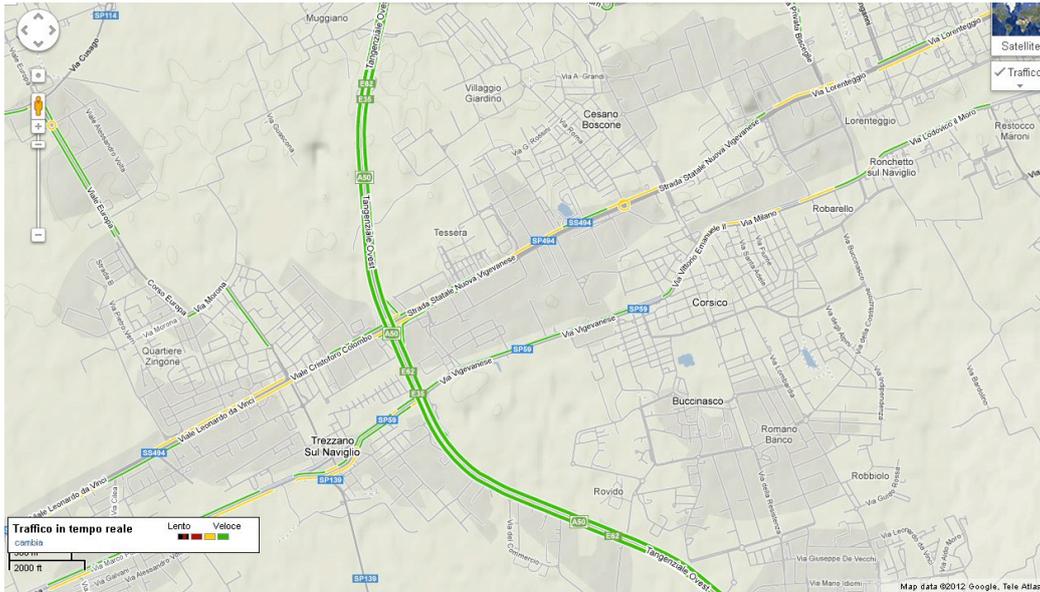


GoogleMaps: Cinisello Balsamo, 29/02/2012 h: 11.27



Tangenziale Ovest, svincolo Trezzano sul Naviglio, verso Bologna 29/02/2012 h: 17.54¹⁴

¹⁴ Fonte: www.quattroruote.it



GoogleMaps: Trezzano sul Naviglio, 29/02/2012 h: 17.54

Questo servizio quindi, risulta essere poco attendibile, in quanto non fornisce un'informazione (come si propone di fare) in tempo reale, ma bensì con una scarso di circa un'ora, perdendo quindi la correttezza dell'informazione servita.

Google per eseguire questa tipologia di servizio si serve delle mappe di TeleAtlas. La collaborazione è iniziata nel giugno del 2008 e durerà per almeno 5 anni. L'accordo prevede l'accesso per Google a tutte le mappe digitali e ai contenuti dinamici in più di 200 Paesi al mondo; inoltre prevede l'utilizzo dei contenuti Tele Atlas per tutti gli attuali e futuri servizi di navigazione e basati sulle mappe per i prodotti nei vari ambiti mobile, online, desktop offerti da Google: Google Maps, Google Earth e Google Maps for Mobile. Tele Atlas è una società che produce mappe digitali per sistemi di informazione geografica (GIS), servizi di localizzazione (LBS), e sistemi navigazione. Tra i suoi clienti, oltre a Google Maps, vi sono Blaupunkt, Map24, MapQuest, Microsoft, e TomTom.

6. CONCLUSIONI

Nel 2004 nella città di Milano (182 kmq) per ogni chilometro quadrato si registravano 6.899 residenti e 4.288 addetti oltre a 5 milioni di spostamenti giornalieri (veicoli commerciali esclusi), di cui più del 50% interni al territorio comunale. La quota di spostamenti su trasporto pubblico era pari complessivamente al 40% che saliva ad oltre il 50% negli spostamenti urbani e ad oltre il 70% per quelli diretti nell'ora di punta entro la cerchia dei Bastioni.

La ZTL per quanto riguardava la politica di regolamentazione dei veicoli commerciali superiori a 7 metri era ed è pari a 16 kmq (9% dell'intera superficie comunale) mentre l'estensione delle principali aree pedonali è complessivamente assai contenuta trattandosi del solo asse centrale costituito da Corso Dante, Cordusio, Via Mercanti, Piazza Duomo, Corso Vittorio Emanuele e, non connesso pedonalmente al primo, il tratto di Via della Spiga.

Si deve inoltre far notare come i provvedimenti di limitazione dei veicoli merci in ambito urbano, realizzati mediante l'istituzione di tre differenti ZTL per la circolazione e le attività di carico/scarico, non abbiano determinato una netta riduzione dei veicoli commerciali in transito così come avrebbe potuto essere la realizzazione di una vasta area a traffico limitato (presente in molte altre città d'Europa): lo stesso PGTU 2003 riportava come vi fosse stato un incremento dei veicoli commerciali pari a +9,8%.

Il PGTU del Comune di Milano pareva non sottolineare a sufficienza l'importante sinergia che deve essere stabilita tra gli attori del processo di pianificazione che indicano le priorità relativamente alle diverse componenti di trasporto (pubblico, privato, ciclopedonale).

Al di là delle dichiarazioni di intento formulate nei Piani del periodo 2001 – 2003 sono stati pochi i precisi interventi a favore della diversione modale e/o per la protezione dei mezzi

pubblici in superficie. Così, a dieci anni di distanza, si deve osservare come siano risultate incongruenti le previsioni di allora relative ad una consistente riduzione delle percorrenze veicolari (e conseguente riduzione delle emissioni) a fronte:

1. dell'istituzione di un preciso regime di circolazione dei flussi di traffico (estensione dei loop);
2. dell'istituzione di alcune isole ambientali che hanno implicato percorsi maggiori per circuitare le aree delimitate;
3. della maggiore congestione dei principali assi di viabilità primaria;
4. dell'assenza di regolamentazione sulla tipologia dei motori dei veicoli commerciali ammessi nell'area centrale, regolamentazione che sino a pochi anni fa atteneva le sole dimensioni e nulla specificava relativamente all'anzianità dei veicoli.

6.1 MOBILITA' E QUALITA' DELLA VITA: LE AZIONI POSSIBILI

Per conseguire una contrazione dei flussi veicolari che oggi insistono sulle principali direttrici di traffico, dovrebbe essere ipotizzata la realizzazione di un sistema per aumentare il coefficiente di occupazione veicolare, pari a 1,23 in Lombardia e 1,17 nell'area milanese, incentivando sia la diversione modale sia forme di car pooling. L'obiettivo è di carattere prevalentemente ambientale e connesso alle minori emissioni prodotte dai veicoli circolanti ma soprattutto è volto a migliorare la qualità della vita delle persone. I risvolti sociali sono a beneficio dell'intera collettività:

- minor tempo di viaggio: un minor numero di veicoli in circolazione innalza conseguentemente la velocità di tutti i veicoli in transito sulla direttrice di traffico, beneficio importante sia per coloro che svolgono trasferimenti operativi con il veicolo privato sia per chi trasporta merci, ma beneficio ancor più rilevante per coloro che utilizzano il sistema di trasporto pubblico, oggi fortemente penalizzato proprio per la bassa velocità commerciale offerta (nel 2004 la velocità media in ambito urbano era pari a 11,3 km/h e 23 km/h circa in ambito extraurbano);
- minor stress giornaliero: rappresenta infatti una conseguenza diretta del minor tempo trascorso nel traffico e nella congestione veicolare. Consente di pianificare al meglio le attività nella giornata, utilizzare il tempo residuo per attività ludico-ricreative o maggior tempo da dedicare agli acquisti (tempo sottratto al trasferimento poiché spesso gli autoveicoli procedono a passo d'uomo);
- minor inquinamento prodotto dai veicoli merci: sulle strade della Regione Lombardia i veicoli commerciali rappresentano percentuali che oscillano tra il 10 e il 14% del totale dei veicoli in transito. Un sistema che contragga le autovetture in circolazione, che si concentrano primariamente lungo i principali assi di comunicazione, apporterebbe benefici immediati connessi ad un aumento della velocità media dei

veicoli commerciali. Questi ultimi infatti produrrebbero minor emissioni a parità di viaggi e merci trasportate. Il significativo risparmio di tempo per tutti gli autotrasportatori può avere ricadute significative su tutto il comparto della logistica delle merci.

7. BIBLIOGRAFIA

- › AA.VV. "Milano-Tra città e metropoli, dinamiche demografiche e scenari futuri"
- › Cataldo, P.Villani, "La mobilità nelle aree metropolitane", in "Qualità dell'ambiente urbano - Primo Rapporto APAT", Roma, 2004
- › ATM, "Carta della mobilità", 2010
- › ATM, "Carta della mobilità", 2011
- › APAT (ora ISPRA AMBIENTE Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), "Qualità dell'ambiente urbano" III Rapporto APAT), Roma, 2006
- › M. Bedogni, A. Pulpito, L. Tosi, "Valutazione nuovi scenari di regolazione degli accessi alla ZTL Cerchia dei Bastioni", AGENZIA MOBILITÀ AMBIENTE E TERRITORIO, Milano, 3/11/2011
- › G. Boatti, E. Prevedello "Trasporti e traffico a Milano. Dove va al nuova amministrazione cittadina?", Atti della Conferenza, Milano, 8 novembre 2006
- › G. Boatti, "Mal d'aria, mal di traffico: curare la città", Il caso di Milano", Franco Angeli Editore, Milano, 2001
- › G. Boatti, "L'Italia dei sistemi urbani", Edizioni Mondadori Electa S.p.a., Milano, 2008
- › R. Camus, "Progetto di impianti semaforici", Trieste, febbraio 2001
- › R. Camus, G.E. Cantarella, Vitetta "Linee Guida per la Progettazione e verifica funzionale delle intersezioni semaforizzate", Maggioli Editore, Sant'Arcangelo di Romagna (RN), 2010
- › Comune di Milano, "Rapporto sulla Qualità dell'Aria del Comune di Milano", Milano, 2005
- › Comune di Milano, "Rapporto sulla Qualità dell'Aria del Comune di Milano", Milano, 2006

- ▶ Comune di Milano, “Programma Urbano dei Parcheggi”, 2000
- ▶ Comune di Milano, “Programma Triennale dei Servizi di trasporto pubblico”, 2001
- ▶ Comune di Milano, “Piano Generale dei Trasporti e della Logistica”, 2001
- ▶ Comune di Milano, “Piano Generale del Traffico Urbano”, 2003
- ▶ Comune di Milano, “Piano Urbano della Mobilità-Stato di attuazione 2006”
- ▶ Comune di Milano, “Piano Urbano della Mobilità, 2001-2010”
- ▶ G. Di Giampietro, G. Plodari, “Comune di Carugate: il traffico sulle strade comunali”, 2007
- ▶ ISPRA, “Qualità dell’ambiente urbano -VI Rapporto ISPRA ”, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma, 2009
- ▶ E. Mariani, P.Villani, “Elementi di Tecnica Stradale. Esercitazioni”, CUSL, Milano, febbraio 2011
- ▶ L. Tosi, C. Caruso, A. Bardeschi “Indagine sulla mobilità delle persone nell’area milanese”, Agenzia Mobilità e Ambiente Milano, 2007
- ▶ P. Villani, “Traffico urbano: criteri di pianificazione e analisi ex post sull’efficacia degli interventi adottati “ Atti del Convegno Nazionale Polizia Locale - Sessione Speciale Mobilità e Sicurezza Stradale - Riccione, Maggioli Editore, settembre 2011
- ▶ P. Villani, "La mobilità nelle aree metropolitane", in Qualità dell’ambiente urbano - Secondo Rapporto APAT, Roma, 2005

8. ALLEGATI

TAV 01 Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Milano

TAV 02 Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Dettaglio 1

TAV 03 Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Dettaglio 2

TAV 04 Analisi Velocità Media, Martedì-Venerdì, 08.30-09.30, Dettaglio 3

TAV 05 Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Milano

TAV 06 Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Dettaglio 1

TAV 07 Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Dettaglio 2

TAV 08 Analisi Velocità Media, Martedì, 17.30-18.30, Dettaglio 3

TAV 09 Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Milano

TAV 10 Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Dettaglio 1

TAV 11 Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Dettaglio 2

TAV 12 Analisi Velocità Media, Venerdì, 17.30-18.30, Dettaglio 3