

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in
Ingegneria Meccanica



Programma di esercizio della stazione di Milano Centrale in funzione
dell'attivazione dell'innesto della nuova linea Venezia

Relatore: Prof. Cristina ROSCIA

Co-relatori: Prof. Alberto MINOIA

Ing. Morris BRENNIA

Tesi di Laurea di:

Giorgio STABILINI Matr. 736224

Anno Accademico 2009 - 2010

Ringraziamenti

Capita alcune volte, che la vita in poco tempo ti dia la possibilità di conoscere persone e vivere esperienze, le quali ti arricchiscono talmente tanto da riuscire a malapena a comprendere quanto si abbia ricevuto.

Questo lavoro rappresenta il termine del mio percorso d'istruzione presso il Politecnico di Milano in Ingegneria meccanica orientamento trasporti che non sarebbe stato possibile se non grazie a numerose persone.

Ritengo più che necessario ringraziare quindi tutto il personale del Reparto Territoriale Movimento di Milano Centrale, a partire dal Capo Reparto Roberto Cavaglieri, che con passione e nonostante gl'impegni, mi ha seguito costantemente nel lavoro, il primo aggiunto Domenico Perricone, gli altri aggiunti di reparto Nicola Mangialardi, PierLuigi Fronti e Antonio Gasbarro nel quale oltre che collega per breve periodo, ho riconosciuto un amico. Non posso poi non citare anche le varie assistenti di reparto come la sig.ra Bueti Antonella e le sig.re Belloni Amanda e Riva Maura che mi hanno accolto e tenuto compagnia in allegria nel loro ufficio. Un ringraziamento anche alla sig.ra Francesca e a tutto il rimanente personale del reparto che mi ha accolto e aiutato in ogni difficoltà.

Un ringraziamento doveroso lo devo rivolgere anche a tutto il personale della Cabina ACEI di Milano Centrale con il quale ho collaborato in tutto questo periodo.

Non sarebbe corretto tuttavia non citare anche il Prof. Longo e l'ing. Medeossi dell' Università di Trieste che hanno permesso lo svolgimento di tutte le simulazioni e la realizzazione di una sostanziale parte del lavoro.

Un sentito ringraziamento anche all'ing. Fabio Barnaba del COER di Milano e l'ing. Massimiliano Toti per la collaborazione prestata nella realizzazione e stesura del lavoro.

In ultimo, ma certamente non meno importante, un sentitissimo ringraziamento all'ing. Alberto Minoia, responsabile del COER di Milano, il quale oltre che avermi dato la possibilità di svolgere una magnifica esperienza e realizzare un sogno, mi ha costantemente aiutato, seguito e indirizzato nonostante gli elevatissimi impegni.

Tutto questo tuttavia, non sarebbe stato possibile se non grazie all'aiuto e ai sacrifici della mia famiglia, di Sara che mi ha supportato e incoraggiato in questi ultimi anni e dei miei compagni di università.

Indice Generale

Introduzione	12
1 Il posto di servizio di Milano Centrale	13
1.1 Premessa	13
1.2 Infrastruttura.....	14
1.2.1 Fascio viaggiatori	14
1.2.2 Piazzaleto Locomotive.....	15
1.2.3 Binari secondari.....	16
1.3 Tecnologia.....	20
1.3.1 Apparati di sicurezza e segnalamento.....	20
1.3.2 Gestione della circolazione	21
1.3.3 Dispositivi di sicurezza	21
1.3.4 Sistemi Informativi	21
1.4 Gestione del posto di Servizio	23
1.4.1 Dirigenza del movimento.....	23
1.4.2 Servizio deviatoi e segnali	25
1.4.3 Manovre e formazione treni	27
1.5 Linee afferenti Milano Centrale	28
1.6 Milano Lambrate	31
2 Le nuove linee Venezia e Malpensa	33
2.1 Le idee progettuali e le proposte.	33
2.2 Quadrivio Turro.....	35
2.3 Le nuove linee e l’impatto su Milano Centrale.....	37
2.4 Varianti al progetto.....	39
2.5 La trazione elettrica e il sistema di controllo	41
3 La circolazione nella stazione di Milano Centrale	45
3.1 Movimenti di Circolazione e di Manovra.....	45
3.2 Tempistica dei movimenti	54
3.2.1 Movimenti di ricovero.	55
3.2.2 Movimenti di Piazzamento	57
3.2.3 Validazione dei dati	60
3.3 Analisi dei Dati	62
4 Il software di simulazione Opentrack	67
4.1 Premessa	67
4.2 Opentrack.....	67
4.3 L’infrastruttura	68

4.3.1	Itinerari.....	71
4.4	Materiale Rotabile	72
4.5	L'orario	77
4.6	Simulazione.....	79
4.6.1	Il moto dei treni	79
4.6.2	Comportamento del sistema di segnalamento.....	83
4.6.3	Gestione itinerari	86
4.7	Risultati.....	88
4.7.1	Train Graph (diagramma di circolazione).....	91
5	L'orario di servizio	93
5.1	Premessa	93
5.2	La redazione dell'orario.....	93
5.3	Il catalogo.....	94
5.3.1	Il Processo di definizione e il catalogo	96
5.3.2	Il catalogo base.....	96
5.3.3	I vantaggi.....	97
5.4	Dal catalogo all'orario	98
5.4.1	Gestione delle conflittualità	99
5.4.2	Variazioni in corso di orario.....	100
5.5	L'orario nei sistemi informatici	101
5.5.1	La ricerca operativa come risolutore dei conflitti.....	106
5.5.2	I prodotti dell'orario di servizio	108
5.6	Orario e capacità di una stazione di testa.....	108
5.6.1	Inquadramento.....	109
5.6.2	La doppia bretella	111
5.6.3	Vincoli di taglio e vincoli di giro	112
5.6.4	Il caso generale.....	114
6	Il nuovo orario 2010/2011 di Milano Centrale.....	115
6.1	Le novità	115
6.2	Le caratteristiche del vecchio orario.....	117
6.3	Gli scenari sviluppati.....	119
6.3.1	Scenario Tutto Venezia.....	119
6.3.2	Scenario Verona via Bologna.....	121
6.4	Le caratteristiche d'impianto e del nuovo orario	123
6.5	Simulazione Opentrack.....	126
6.5.1	L'area di studio e taratura del sistema	127
6.5.2	Confronto e Analisi della simulazione.....	129
6.5.3	Simulazione deterministica	133
6.5.4	Simulazione Stocastica e Stocastica Avanzata.....	136
6.5.5	Conclusioni	143

Conclusioni.....	151
Bibliografia.....	152

Elenco delle Figure

Schema della stazione con indicazione delle bretelle di collegamento	15
Visione satellitare dell'impianto con indicazione dei fasci e dei binari particolari	19
Posizionamento dell'impianto di Milano Centrale e dei fasci di supporto	19
Zone di giurisdizione dei veri banchi.....	26
Schema delle linee del nodo di Milano	29
Piano Schematico della stazione di Milano Lambrate.....	31
Le nuove linee Venezia e Malpensa all'interno del nodo di Milano.....	35
Gli interventi sul quadrivio Turro: in rosso i nuovi interventi e binari, in giallo le demolizioni, in fucsia i nuovi binari dell'anello periferico.....	36
Il progetto della rampa della linea Venezia e la sua contestualizzazione nell'impianto di Milano Centrale: in rosso i nuovi manufatti e binari, in giallo le demolizioni, in fucsia i nuovi binari dell'anello periferico in verde la linea Malpensa	38
La prima proposta d'itinerari per la linea Venezia.....	39
La variante al progetto con illustrazione dei nuovi itinerari e gli itinerari preferenziali	40
Nuove zone TE e nuovi sezionatori per la linea Venezia	42
L'assetto schematico del nodo di Milano con l'introduzione delle linee Malpensa e Venezia	43
Monitor del terminale PIC del DO1 per il comando degli itinerari. gli scudetti indicano il punto d'ingresso nell'impianto, i rettangoli il binario di arrivo. Il colore blu indica treni in partenza e rosso treni in arrivo. I pulsanti all'estrema destra rappresentano le opzioni che si rendono disponibili per il comando dell'itinerario stesso	44
Il QL delle Cabina ACEI di Milano Centrale. Si possono distinguere contemporaneamente gli itinerari di arrivo linea Malpensa, arrivo linea Chiasso, partenza linea Venezia, partenza linea Bologna, arrivo e partenza linea Genova, e due movimenti di manovra. Le strisce rosse rappresentano i binari occupati da materiale rotabile mentre le strisce bianche gli itinerari riservati ai movimenti dei treni	44
Movimenti descritti nel caso A.....	46
Movimenti descritti nel caso B.....	47
Movimenti descritti nel caso C.1	48
Movimenti descritti nel caso C.2 Il movimento tratteggiato non è stato conteggiato	49
Movimenti descritti nel caso D.1.....	49
Movimenti descritti nel caso D.2.....	50
Movimenti descritti nel caso D.3.....	51

Movimento descritto nel caso D.4 con evidenza del “salto della permanente” (linea blu tratteggiata)	52
Movimenti descritti nel caso D.4 per piazzamento dai fasci laterali	52
Movimenti descritti nel caso E.2	53
Grafico di confronto del circolato rispetto ai tempi di specifica	61
Orario grafico del turno locomotive in tettoia	62
Istogramma del numero di manovre nelle 24h suddivise per movimenti di piazzamento e ricovero	63
Istogramma del numero di manovre effettuate nell'impianto in 24h	63
Principio di funzionamento del software Opentrack	68
Rappresentazione di un deviatoio secondo la tecnica del single vertex	69
Rappresentazione di un deviatoio secondo la double vertex technique	69
Rappresentazione grafica di una stazione e di tutti gli apparati di circolazione della linea e di stazione	71
Rappresentazione delle finestre di dialogo per la scelta delle caratteristiche meccaniche ed elettriche dei mezzi di trazione da utilizzare nella simulazione	73
Schermata per la determinazione delle coincidenze e delle scomposizioni dei treni	78
Determinazione della velocità con la tangente	81
A sinistra calcolo della curva di frenatura nel caso di segnale disposto a Via Impedita e a destra, eliminazione della stessa	82
Diagramma di flusso delle operazioni necessarie per autorizzare la partenza del treno	83
Diagramma di flusso delle operazioni per la riservazione d'itinerario	84
Esempio di prenotazione di itinerario con disposizione a via libera del segnale	85
Esempio di prenotazione di itinerario con disposizione a via impedita del segnale	85
Schema a blocchi per la prenotazioni degli itinerari	87
Rappresentazione della scelta degli itinerari per il treno T1	88
Schermata della simulazione di una stazione	89
Tabella di output indicante l'orario di arrivo e partenza effettivo dei treni	90
Visualizzazione dell'occupazione dei blocchi a sinistra e un diagramma di marcia a destra	90
Esempio di M53 grafico	91
Train Graph del circolato di una simulazione	91
Rappresentazione schematica dell'offerta delle tracce	95
Rappresentazione del catalogo base	97
Prospetto delle scadenze per la richiesta delle tracce per il nuovo orario 2012	99
Prospetto richiesta tracce in corso d'orario	101
Schema di flusso dell'applicativo Aster	102
Schermata del profilo piano altimetrico della linea in forma tabellare a sinistra e caratteristica meccanica della locomotiva a destra	103
Tabella di percorrenza di un treno	104

Tempi tecnici da considerare nella definizione dell'orario di servizio differenziati per le diverse tipologie di incompatibilità e sistemi tecnologici di distanziamento in linea.....	105
Identificazione dei conflitti tra la traccia bianca e le altre tracce a sinistra evidenziati in rosso e dell'occupazione delle sezioni di binario per la percorrenza della traccia bianca evidenziati in giallo	106
Rappresentazione grafica del concetto di shift e di stretch	107
A sinistra movimenti d'ingresso e uscita e potenziali casi d'interferenza, a destra analisi delle interferenze nell'allacciamento di materiali e piazzamento di stazione.....	111
A destra rappresentazione della singola e della doppia bretella, a destra allacciamento dei materiali e piazzamento dei treni nel caso di singola e doppia bretella.....	112
strutture di cadenzamento non ammesse.....	113
Insiemi di S.C. possibili con tempi di giro di 10' e cadenzamento ogni 60' ...	114
Descrizione dello scalettamento dei treni tra R per Verona ed ESC per Venezia	117
Movimenti contemporanei del minuto X.25	118
M53 grafico dello scenario tutto Venezia con evidenza degli scalettamenti...	120
M53 grafico dello scenario Verona via Bologna con evidenza delle stazioni elementari	122
Stazioni elementari e fasci ricovero di Milano Centrale.....	123
Incompatibilità di entrambi i movimenti di arrivo e partenza per la linea Venezia con l'utilizzo della stessa bretella	124
Criticità del nuovo itinerario linea Venezia al minuto X.35	125
Criticità del nuovo itinerario linea Venezia al minuto X.25	125
A sinistra orologio delle partenze e arrivi delle linee Malpensa e Torino, a destra itinerari partenze linee Malpensa, Torino e Torino opzionale	126
Situazione del circolato e relativo ritardo dei treni IC ed EC (lunga percorrenza) su scala relativa.....	130
Situazione del circolato e relativo ritardo dei treni regionali e regionali veloci su scala relativa	131
Situazione del circolato e relativo ritardo dei treni regionali e regionali veloci su scala relativa espresso in secondi	132
Analisi del ritardo del circolato nelle stazioni di Pioltello e Milano Centrale .	133
Ritardo medio dei treni pari linea Venezia e regionali Verona nello scenario Verona via Bologna	139
Ritardo medio dei treni dispari linea Venezia e regionali Verona nello scenario Verona via Bologna	140
Ritardo medio dei treni pari linea Bologna con esclusione dei regionali Verona nello scenario Verona via Bologna.....	141
Ritardo medio dei treni dispari linea Bologna con esclusione dei regionali Verona nello scenario Verona via Bologna.....	142

Confronto della ripartizione dei carichi delle linee relativamente ai treni con origine o destinazione Milano Centrale nelle situazioni ante opera e nei due scenari	145
Rappresentazione dei carichi delle linee nei due scenari espressi in numero di treni	146
Confronto della ripartizione dei carichi delle linee all' ingresso di Milano Lambrate nei due scenari.....	147
Orologi dei movimenti delle tre linee Milano Centrale- Milano Lambrate nello scenario Verona via Bologna adottato poi in via definitiva. Si noti le sole contemporaneità ai muti X.25 per la linea Bologna e al minuto X.35 per la linea Genova	148

Elenco delle Tabelle

Tabella esplicativa delle tempistiche riferite ai movimenti di ricovero.....	59
Tabella esplicativa delle tempistiche riferite ai movimenti di piazzamento	59
Tabella relativa dei tempi minimi di presentazione in tettoia	60
Tabella riepilogativa dei movimenti di manovra.....	64
Tabella riepilogativa dei movimenti di manovra suddivisi per fasci di ricovero	64
descrizione della simbologia del Train Graph.....	92
Matrice degli itinerari e dei vincoli.....	111
elenco dei principali ritardi dei treni suddivisi per stazione, della simulazione deterministica dello scenario tutto Venezia.....	136
Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni pari della linea Venezia.....	138
Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni dispari della linea Venezia.....	139
Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni pari della linea Bologna	141
Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni dispari della linea Bologna	142
Confronto tra i treni prodotti nell'orario 2009/2010 e 2010/2011 suddivisi per arrivi e partenze e per categorie di treni prodotti.....	149
Confronto del numero di treni tra gli orari 2009/2010 e 2010/2011 che necessitano di almeno un movimento di manovra esploso per fasci di ricovero	149

Sommario

La realizzazione della nuova linea Venezia come collegamento alternativo alle linee esistenti tra le stazioni di Milano Centrale e Milano Lambrate, ha richiesto che il programma di esercizio della principale stazione milanese per l'orario 2010/2011 fosse progettato attentamente tenendo conto delle sue peculiarità infrastrutturali. Per permettere questo, sono stati analizzati tutti i movimenti dei treni inclusi quelli di manovra, che avvengono nell'impianto. Sono stati prodotti due scenari alternativi di utilizzo della nuova infrastruttura, la cui applicabilità è stata valutata attraverso l'utilizzo del simulatore ferroviario Opentrack che ha consentito di optare per lo scenario migliore per le esigenze di circolazione dell'impianto.

Parole chiave: Milano Centrale, Simulatore Opentrack, Circolazione ferroviaria, Orario ferroviario, Linea Venezia.

Abstract

The new Venezia line, as an alternative connection to the existing line between Milano Centrale and Milano Lambrate stations, needs an update of the service program of the main central station in Milan for the timetable 2010/2011, also considering carefully its infrastructural peculiarities. For this purpose, all rolling stocks movements were analyzed, including station movements. Following, were developed two alternative scenarios for the new infrastructure exploitation which was evaluated through the use of the traffic simulator Opentrack. In this way the best scenario has been chosen considering both the train traffic and the station requirements.

Keywords: Milano Centrale, Opentrack Simulator, Train Movement, Train Timetable, Venezia Line.

Introduzione

Il lavoro proposto in questa tesi di laurea, è il frutto del tirocinio svolto presso la Struttura Esercizio della sede di Milano della società RFI, gestore dell'infrastruttura ferroviaria nazionale del gruppo Ferrovie dello Stato. L'obiettivo di questo lavoro consiste nello studio del programma di esercizio della stazione di Milano Centrale in funzione del nuovo innesto indipendente della linea Venezia rispetto alla linea Bologna. La mia esperienza presso il Reparto Territoriale Movimento di Milano Centrale dall'aprile 2010 sino a gennaio 2011, ha permesso dapprima lo studio e la conoscenza dell'impianto ferroviario, condizione necessaria per procedere allo studio del programma di esercizio della stazione, entrato in vigore con il cambio orario 2010/2011 in data 12 dicembre 2010. La prima parte del lavoro, che corrisponde quanto sviluppato nel tirocinio durante il periodo maggio - giugno, consiste essenzialmente nella descrizione analitica dell'impianto, delle sue caratteristiche infrastrutturali e dell'organizzazione che sta alla base del processo produttivo all'interno della stazione. Segue una descrizione degli interventi infrastrutturali che sono stati realizzati e portati a compimento in data 27 giugno 2010. La seconda parte del lavoro di tesi, sviluppata nell'estate 2010, consiste nell'analisi di tutti le fasi di circolazione e manovra dei treni programmati nell'impianto di Milano Centrale. Lo studio del nuovo orario di servizio della stazione ha occupato tutta la parte terminale del 2010. In questo periodo sono stati sviluppati due scenari di esercizio, descritti dettagliatamente nell'ultimo capitolo della tesi. I due scenari sono stati successivamente oggetto di uno studio di simulazione, grazie alla collaborazione con l'Università di Trieste, svolto tramite l'utilizzo di un simulatore ferroviario sviluppato dal Politecnico Federale di Zurigo. I risultati ottenuti hanno permesso di valutare le diverse caratteristiche offerte dai due differenti scenari, col fine di procedere alla scelta del più performante da applicare al programma di esercizio della stazione rendendolo operativo al cambio dell'orario 2010/2011. I risultati delle simulazioni prodotte e le motivazioni che hanno portato alla scelta di uno dei due scenari sono descritte nella parte finale della tesi.

Capitolo 1

Il posto di servizio di Milano Centrale

L'impianto di Milano Centrale è la stazione simbolo di Milano, nonché il punto di attestazione dei principali collegamenti nazionali e internazionali facenti capo alla metropoli lombarda. L'attuale impianto, nella sua concezione originale, è stato progettato all'inizio degli anni '20 in sostituzione della vecchia stazione di Milano Centrale oramai soffocata dall'espandersi della città e quindi senza possibilità di ulteriori sviluppi, già necessari ed evidenti nei primi anni del XX sec. Fin da un primo sguardo si può notare la lungimiranza dei suoi progettisti, i quali svilupparono un progetto che potesse dare la possibilità di gestire numerosi movimenti, nonché l'attestazione di centinaia di convogli, e che ancor oggi permette il passaggio ed il movimento di milioni di passeggeri/anno.

La stazione è una stazione di testa e questo ne complica molto la sua gestione, in quanto oltre ai numerosi movimenti di attestazione dei treni, sono necessari numerosi movimenti di manovra per il ricovero e l'attestazione dei materiali. Ne consegue che, per sfruttare al massimo le sue potenzialità, si rende necessario una gestione accurata e meticolosa dei vari movimenti, nonché un approfondito e puntuale studio della loro programmazione.

Si analizzerà, in seguito, da prima l'infrastruttura esistente e, in sequenza, la tecnologia attuale e la gestione della stazione.

1.1 Premessa

In seguito all'emanazione della direttiva europea 440/91 che ha imposto la separazione tra il gestore dell'infrastruttura e l'impresa ferroviaria gestore del servizio di trasporto, l'azienda Ferrovie dello Stato, è stata trasformata in una holding, all'interno della quale sono nate varie aziende.

In particolare con il recepimento della direttiva suddetta, nonché di ulteriori direttive seguenti, attraverso il Decreto Legislativo 188/2003 sono state istituite, all'interno di Ferrovie dello Stato, il gestore dell'infrastruttura RFI (Rete Ferroviaria Italiana) e l'impresa ferroviaria Trenitalia (IF Trenitalia) che, rispettivamente, si occupano della gestione della rete ferroviaria nazionale nel suo insieme (circolazione e manutenzione/progettazione) e della gestione del servizio di trasporto. All'interno della stazione di Milano Centrale, sono presenti entrambi i soggetti per esercitare le attività di loro competenza. Oltre alle principali società evidenziate sono nate in seguito altre società, finalizzate alla gestione/manutenzione degli stabili delle principali stazioni italiane (Grandi stazioni, Centostazioni), società d'ingegneria ferroviaria (Italferr), o di scopo (TAV).

Per comprendere al meglio quindi una struttura complessa come Milano Centrale sarà perciò indispensabile ricordare costantemente tale suddivisione.

1.2 Infrastruttura

La stazione di Milano Centrale o, come più propriamente detto, Posto di Servizio di Milano Centrale, è una stazione di testa a cui si attestano 24 binari a servizio dei viaggiatori, non tutti della stessa lunghezza. A corredo ed ausilio di tale fascio di binari, nel posto di servizio sono presenti altri due fasci, così denominati: piazzaleto locomotive e binari secondari.

1.2.1 Fascio viaggiatori

Il fascio di attestazione come tutto il piazzale si trova ad una quota di 7,5 m dal piano di campagna così da non costituire una cesoia all'interno del tessuto urbano cittadino. Su tutti i binari sono presenti sistemi d'informazione al pubblico sonoro e visivo. I 24 binari di attestazione dei treni sono collegati alle linee affluenti al posto di servizio di Milano Centrale, nonché ai binari di gestione dei movimenti 1°- 2° e 3° Nord, da tratti di binario denominati "bretelle".

Al piazzale giungono infatti lato est 2 coppie di binari di linea provenienti dalla stazione di Milano Lambrate, corretto tracciato delle linee da Genova e Bologna, che s'innestano nel piazzale rispettivamente dall'esterno verso l'asse di simmetria della stazione. In maniera simmetrica lato Ovest giungono altrettante coppie di binari, prosecuzione delle linee Novara e Chiasso, oltre alla linea "Circolazione locomotive" lato est a fianco alla linea Chiasso.

Tali bretelle permettono l'attestazione dei convogli da tutti i binari di linea a tutti i binari di tettoia e, con movimenti di manovra, ai parchi di ricovero del materiale.

In particolare sono presenti quattro bretelle, parallele a due a due chiamate rispettivamente bretella interna ed esterna che s'incrociano lungo l'asse di simmetria del piazzale e collegano i binari di tettoia lato ovest alle linee entranti lato est e viceversa (vedi Figura 1.1).

Ad ausilio della circolazione sono presenti lato tettoia altre 2 coppie di bretelle quasi simmetriche denominate semibretella e piccola bretella che convogliano ai binari centrali 1°- 2° e 3° sud, i binari centrali di tettoia.

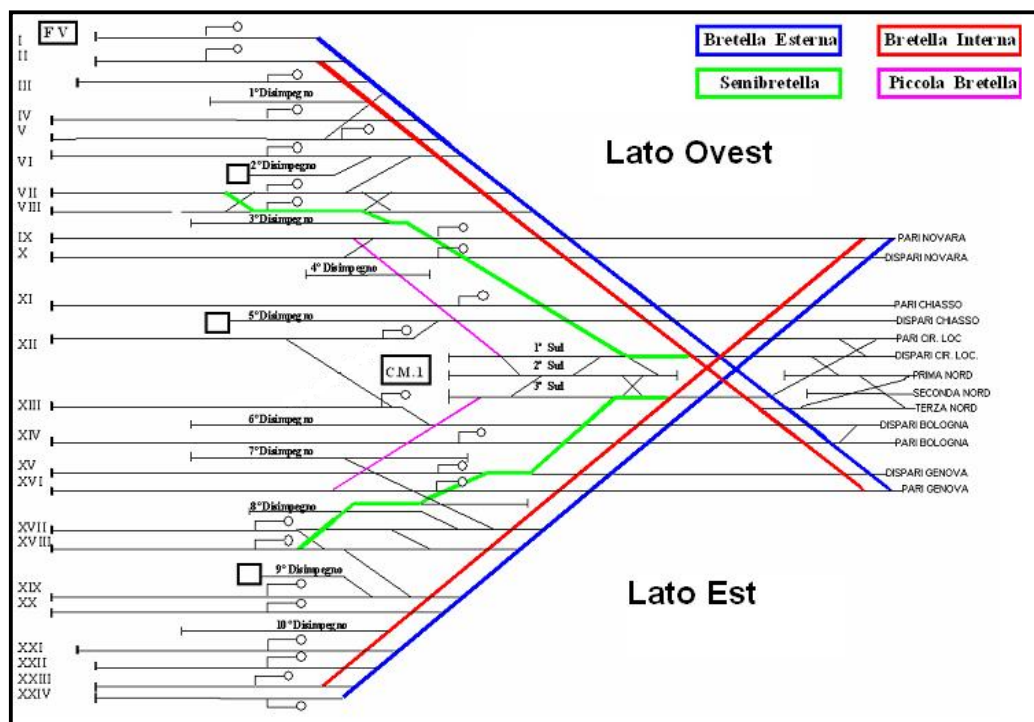


Figura 1.1 Schema della stazione con indicazione delle bretelle di collegamento

Per utilizzare al massimo la potenzialità e la capacità dell’impianto il fascio viaggiatori di 24 binari è stato a sua volta suddiviso in gruppi di utilizzo in modo da attestare i treni in arrivo all’impianto rendendo possibili contemporaneamente più movimenti.

In pratica si è scelto di attestare i treni provenienti o in partenza per le linee Novara/Chiasso ai binari bassi (dall’1 al 7), i treni provenienti da o per la linea Bologna, utilizzata anche dai treni in arrivo da o per Venezia che per entrare in stazione attualmente utilizzano i binari della linea Bologna da Milano Lambrate, ai binari centrali (dall’8 al 16) e i treni provenienti o per la linea Genova ai binari alti (dal 17 al 24) .

In questo modo si rende possibile l’esecuzione di più itinerari contemporanei e, allo stesso tempo, l’effettuazione di diverse attività di ricovero e piazzamento dei convogli.

1.2.2 Piazzale Locomotive

Il piazzale locomotive è situato al lato nord della stazione e corrisponde ad un piazzale di 4 binari costituiti per una sezione dai due binari di circolazione locomotive (proveniente da Milano Greco) e da un’altra coppia di binari definita 1° e 2° sosta, provenienti dall’impianto formazione treno della Martesana. Al piazzale locomotive si attestano i mezzi di trazione provenienti dal deposito

locomotive di Milano Greco Pirelli per l'inoltro successivo verso i binari di tettoia o ai fasci di ricovero e, viceversa, per l'inoltro al deposito locomotive dei mezzi di trazione che hanno ultimato il servizio.

1.2.3 Binari secondari

I binari secondari del Posto di movimento sono a loro volta divisi in tre gruppi

- Binari di disimpegno e tronchi
- Binari dei fasci e dei parchi
- Binari secondari con funzioni specifiche

➤ I binari di disimpegno e tronchi sono binari utilizzati principalmente per la sosta dei veicoli.

Al termine della tettoia, intercalati ai binari viaggiatori, sono presenti 10 binari di disimpegno sui quali si attestano i mezzi di trazione e/o le vetture da agganciare ai treni in arrivo sui binari adiacenti, e che ripartono dopo una breve sosta.

Sul piazzale esistono inoltre altri 15 binari tronchi a servizio dei movimenti di manovra e delle esigenze di movimento di piazzale.

➤ I binari dei fasci e dei parchi sono binari dislocati a lato dei binari di circolazione, che servono per il ricovero dei convogli. Ad ausilio del Posto di Servizio a nord dell'impianto è collocato l'impianto di formazione treno del Parco Martesana che ospita anche le officine per la Revisione Ciclica dei veicoli.

All'interno dell'impianto sono presenti 11 fasci così articolati:

- Fascio A: Fascio composto da 5 binari, di limitata lunghezza, posto a est poco oltre i binari alti di tettoia. E' utilizzato per la semplice sosta dei veicoli e dei mezzi di trazione
- Fascio Poste: Attiguo al Fascio A è composto da 4 binari ed è dotato di un piano di caricamento per i veicoli. E' utilizzato per la semplice sosta
- Fascio Est: E' costituito da 10 binari, quasi tutti dotati di marciapiede con presa di riscaldamento REC e prese di corrente. In tale fascio si ricoverano i treni completi anche per operazioni di pulizia e piccola manutenzione
- Fascio Est Sussidiario: Il fascio è posto a nord del fascio est ed è composto da 9 binari, quasi tutti attrezzati con platee di lavaggio per lo scarico liquidi/reflui, prese REC e di corrente. Tale fascio è utilizzato per il ricovero dei convogli a treno completo e per le attività di pulizia, lavaggio e piccola manutenzione. Tutti i binari lato nord sono collegati ad un'asta di manovra per il disimpegno della locomotiva di manovra e di movimento

- Fascio C: Fascio ubicato poco oltre i primi binari di tettoia costituito da 3 binari e dotato di piano caricatore, è utilizzato per la sosta dei veicoli e dei mezzi di trazione (solo binario 3)
- Fascio Ovest: Localizzato nella parte ovest del piazzale in prossimità del fascio C e dei primi 8 binari di tettoia, è composto da 11 binari dotati di platee di lavaggio, marciapiedi, prese di corrente e di riscaldamento REC. E' utilizzato per il ricovero dei treni completi, pulizia e piccola manutenzione
- Fascio Ovest Sussidiario: Tale fascio è stato ridotto a 10 binari, dai precedenti 12, a causa della costruzione del nuovo innesto della linea Malpensa. Tutti i binari sono dotati di marciapiede e presa REC, è utilizzato per il ricovero dei treni completi e per le attività di pulizia. Come per il fascio Est Sussidiario anche tale fascio è attrezzato con un'asta di manovra per il disimpegno della locomotiva di manovra
- Parco Centrale: Tale Parco, posto a nord dell'impianto in posizione centrale, è stato profondamente modificato in seguito ai lavori inerenti l'innesto della nuova linea Venezia indipendente, all'interno del piazzale di Milano Centrale. Esso è costituito da 12 binari (in origine 19) di diversa lunghezza elettrificati per 2/3 della loro estensione dotati di platea per la raccolta dei liquidi, di prese REC e di corrente. In tale parco si ricoverano i veicoli, per treni a lunga distanza, per le operazioni di pulizia e di piccola manutenzione.
- A est del Parco Centrale è ubicato il parco Officine Manutenzione Veicoli (OMV) del Parco Centrale, formato da 19 binari. All'interno di tale parco trova sede un capannone rialzo all'interno del quale alloggiano 12 binari, un tornio in fossa, un capannone per la pulizia radicale, ed alcuni binari appoggio. Tale parco non è elettrificato e il suo ingresso avviene, tramite un deviatore regolato a mano, dal binario 12 del Parco Centrale

La giurisdizione all'interno dei parchi di ricovero spetta all'IF Trenitalia che opera all'interno in maniera autonoma. Solo nel caso di movimenti di ricovero s'interfaccia con la cabina ACEI che realizza la formazione degli itinerari e la disposizione dei segnali a via libera.

Ad ausilio dell'impianto esistono poi, altri parchi per la formazione, il movimento e la manutenzione dei treni e dei rotabili che si possono così suddividere:

- Parco Vir: Tale parco è posto nei pressi del Parco Martesana, ma distaccato da questo. E' composto da 7 binari non elettrificati ne centralizzati, ma non viene utilizzato per il ricovero di materiale se non di cantiere in quanto il suo controllo risulta esser molto difficoltoso da parte degli agenti della Polizia Ferroviaria.

- Fascio ETR: Fascio ubicato ad ovest del Parco Martesana, ad esso attiguo, ed è composto da 6 binari (in allargamento a 9) tutti serviti di marciapiede, platea di lavaggio, sistemi per lo svuotamento delle ritirate chimiche. Tale fascio è gestito da un sistema ACEI che colloquia direttamente con la cabina ACEI di Milano Centrale, per l'invio e il ricovero dei mezzi ETR500, e permette il movimento degli stessi tramite i segnali bassi di manovra
- Parco Martesana: Il Parco Martesana è un impianto di formazione treno dotato anche di officine di manutenzione, sia per la manutenzione leggera che per quella pesante. Il fascio è ubicato a nord dell'impianto di Milano Centrale e si estende su di un'area di 170.000 m². E' costituito da 36 binari, di cui 13 dotati di platea di lavaggio, uno per lo scarico delle ritirate chimiche, 4 per il semplice ricovero dei mezzi ed il resto a servizio delle Officine Manutenzione Veicoli. Nel Parco Martesana sono infatti presenti due capannoni di manutenzione Veicoli Alta Velocità rispettivamente di 5 e 4 binari, posizionati su colonnine alte 1000 mm per le visite ispettive e di Revisione Ciclica dei rotabili. Tutti i singoli binari sono elettrificati singolarmente e possono essere disalimentati in modo autonomo, a seconda delle lavorazioni da effettuare. Tra i due capannoni posti a ovest dell'impianto è presente il tornio in fossa per la lavorazione delle sale.

A est del piazzale Martesana trova invece collocazione il capannone per la manutenzione veicoli, dove si effettua la Manutenzione Ciclica e Generale delle carrozze Gran comfort, UICX ecc. Tale capannone contiene 4 binari non elettrificati, di cui 2 in fossa, ed è attrezzato per tutte le lavorazioni necessarie di manutenzione. Sempre vicino all' OMV trovano posto le platee di lavaggio dei carrelli.

I movimenti all'interno del parco Martesana e delle officine sono svolti con l'ausilio di deviatori interni in quanto il parco non è attrezzato di sistema centralizzato di gestione del traffico. E' comunque previsto la realizzazione di un sistema centralizzato per la gestione delle manovre.

➤ I binari con funzioni specifiche sono presenti, all'interno del Posto di servizio di Milano Centrale, e servono a permettere lo spostamento dei veicoli tra i vari parchi.

Del gruppo di binari con funzioni specifiche fanno parte:

- Circolazione Interna Est ed Ovest. Tali binari sono posti rispettivamente a lato dei binari delle linee Genova e Novara e permettono il collegamento dei parchi Est/Ovest ai rispettivi parchi sussidiari, senza impegnare il piazzale e le linee di circolazione, per la manovra dei materiali.

- Circolazione Esterna Est ed Ovest. Tali binari sono invece disposti ai lati estremi della stazione e costituiscono rispettivamente il corretto tracciato dei binari 24 ed 1. Tali binari permettono il collegamento tra i fasci e i rispettivi sussidiari nonché con l'anello periferico
- Anello periferico. L'anello periferico è formato da una coppia di binari (a forma di U rovescia) che permette la movimentazione delle locomotive dalla parte est alla parte ovest del piazzale e viceversa, sottopassando le linee in uscita dal posto di movimento senza impedire la circolazione.

All'interno del Posto di Servizio è presente inoltre la sottostazione elettrica di alimentazione della linea di contatto che alimenta il nodo di Milano, in parallelo alle sottostazioni di Rogoredo e di Seregno

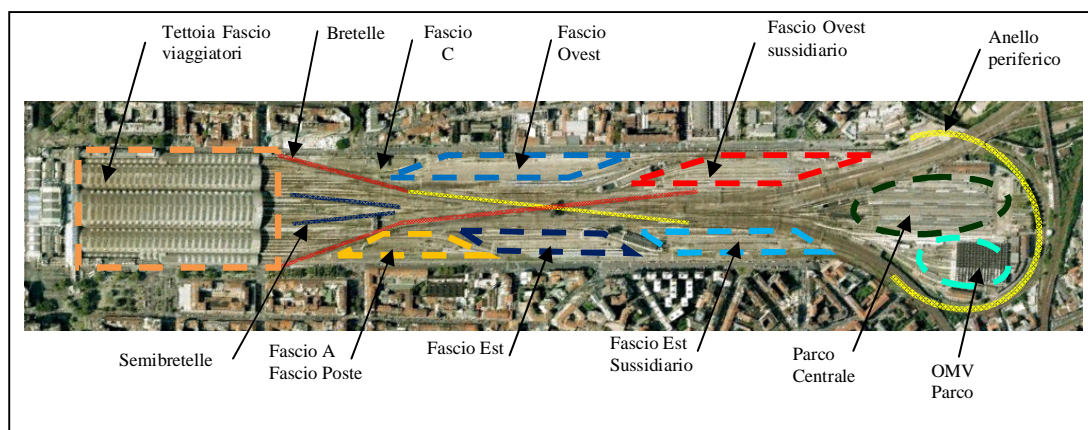


Figura 1.2 Visione satellitare dell'impianto con indicazione dei fasci e dei binari particolari

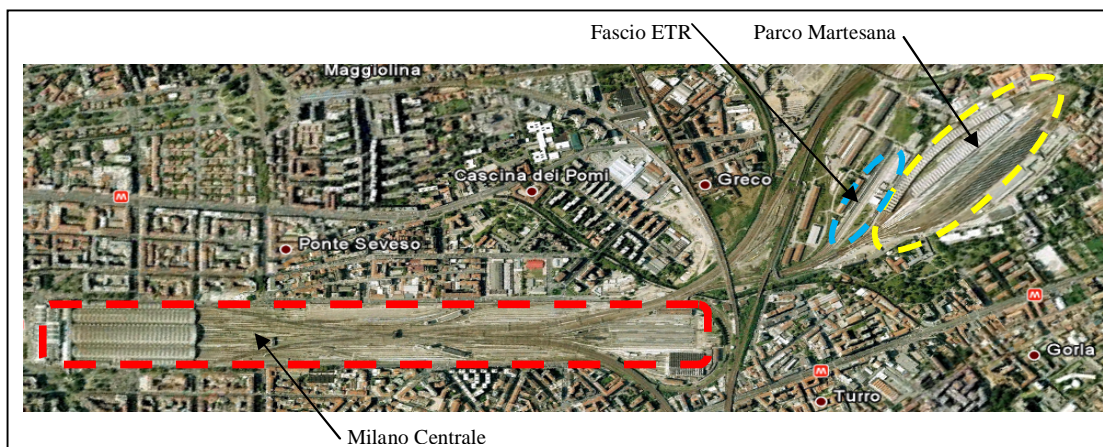


Figura 1.3 Posizionamento dell'impianto di Milano Centrale e dei fasci di supporto

1.3 Tecnologia

1.3.1 ApparatI di sicurezza e segnalamento

Tutti i movimenti del Posto di Servizio di Milano Centrale sono regolati dall'ACEI (Apparato Centrale Elettrico ad Itinerari) con Tabulatore, posto nell'omonima cabina costruita sul piano caricatore del fascio C. All'interno della cabina trova posto, oltre agli impianti tecnologici ed alle aule di servizio, anche la sala operativa, all'interno della quale risiedono i vari Dirigenti Operativi (DO) ed il Dirigente Regolatore (DR), che predispongono gli itinerari e gl'istradamenti di manovra. La sala Relè, che comanda tutti i 505 deviatori del Posto di Servizio, è ubicata al di sotto del piazzale ed ospita 32400 relè, gestiti da vari elaboratori. Negli ultimi anni il Dirigente Operativo di cabina, per il comando degl'itinerari, ha a disposizione anche un sistema computerizzato (PCS), che si interfaccia con la logica a relè, e che serve a velocizzare e a semplificare la formazione degli stessi; in caso di malfunzionamento del sistema PCS è comunque ancora attivabile il tabulatore, che realizza l'itinerario o l'istradamento richiesto.

Con il sistema PCS, per la realizzazione dell'itinerario, il DO deve inserire soltanto il punto di origine e di fine dello stesso, e decidere tra i possibili percorsi resi volta per volta possibili dalla situazione del piazzale. La logica ACEI, infatti, vieta soltanto la formazione di itinerari incompatibili, lasciando ai Dirigenti Operativi la scelta se utilizzare un'alternativa di percorso od un'altra. E' quindi frutto di una buona programmazione generale la funzionalità alla massima efficienza dell'impianto.

Il posto di Servizio di Milano Centrale è un impianto non telecomandabile, tutti i binari dell'impianto sono attrezzati con circuiti di binario per la verifica dell'effettiva occupazione della sezione e la disposizione dei segnali a monte a via impedita. Considerato l'enorme quantità di deviatori esistenti i circuiti di binario hanno anche il compito di blocco di alcuni deviatori in posizione di sicurezza, in modo che eventuali fughe di veicoli, da binari confluenti con l'itinerario predisposto, non mettano a rischio l'esecuzione dell'itinerario o istradamento stesso.

Come precedentemente si è considerato, il Posto di Servizio di Milano Centrale è un impianto all'interno del quale si operano non solo partenze o attestazioni di treni in tettoia (**itinerari**), ma anche manovre di materiali vuoti, da e per il ricovero, e manovre di locomotori isolati (**istradamenti**). Poiché la realizzazione di un istradamento causa inevitabilmente la mancata possibilità di formazione di uno o più itinerari, per ridurre al minimo il tempo intercorrente tra la formazione di questo e l'inizio del moto del veicolo, sulle piantane di ogni segnale di partenza dei binari di tettoia è posizionato un dispositivo di manovra pronta. Tale dispositivo permette di annunciare al Dirigente Operativo (in

seguito DO) che il personale di manovra è effettivamente pronto, richiedendo alla Cabina ACEI l'effettiva realizzazione dell'istradamento.

All'interno del Posto di Servizio sono quindi presenti segnali di prima categoria per il movimento dei treni (itinerari) e segnali di manovra per il movimento dei materiali (istradamenti). Tutti gli itinerari all'interno del Posto di Servizio possono avvenire alla velocità massima di 30 km/h ad esclusione delle partenze in corretto tracciato, linee Bologna e Genova direzione Milano Lambrate, che possono avvenire alla velocità di 60 km/h. I segnali di manovra invece sono suddivisi in segnali alti, che permettono istradamenti anche lunghi dai fasci appoggio fino in tettoia, e segnali bassi che permettono anche piccoli movimenti di manovra. La disposizione a via libera sia dei segnali alti, che dei segnali bassi, è suddivisa tra i diversi operatori dei vari banchi di manovra, della cabina ACEI.

1.3.2 Gestione della circolazione

L'impianto di Milano Centrale per la gestione della circolazione deve interfacciarsi con le linee afferenti e, di conseguenza, i DO devono sempre comunicare con i Dirigenti Centrali (in seguito DC) delle linee di giurisdizione, nonché con i Dirigenti Movimento delle stazioni attigue per la gestione delle varie situazioni di circolazione.

Tutte le linee in uscita dall'impianto, ad esclusione della linea Chiasso e della Linea Circolazione Locomotive, permettono la marcia parallela e quindi la possibilità di utilizzare anche il binario di Destra, una volta invertito il senso di circolazione con l'impianto attiguo, per l'invio o il ricevimento dei treni. La linea "Circolazione Locomotive", invece, è esercitata in regime di Dirigenza Locale tra le stazioni di Milano Greco Pirelli e di Milano Centrale.

1.3.3 Dispositivi di sicurezza

Relativamente alla trazione elettrica tutto il piazzale è suddiviso in 38 zone di alimentazione, che possono essere disalimentate, per l'effettuazioni dei lavori programmati e per la gestione di eventuali guasti. Presso la cabina ACEI è presente un quadro che permette di impedire la formazione degli itinerari che interessino la sezione disalimentata, evitando quindi d'invviare un treno sul binario sede della manutenzione. Rimane tuttavia a disposizione della Cabina la possibilità di manovrare deviatori nella zona disalimentata, solo relativamente alle operazioni di cantiere.

1.3.4 Sistemi Informativi

Il Dirigente Regolatore (in seguito DR) e il Dirigente Operativo della cabina ACEI, ad ausilio del proprio lavoro, hanno a disposizione il sistema di circolazione linea (CCL) e la piattaforma Integrata della circolazione PIC (sistema impianto)

Il sistema controllo circolazione linea (CCL nodo) permette ai dirigenti movimento di visualizzare in tempo reale tutta la circolazione delle linee afferenti alla stazione, nonché la situazione nelle stazioni periferiche all'impianto stesso. L'operatore, grazie a dei monitor che visualizzano la funzione di TRAIN DESCRIBER, ha la possibilità di vedere quali treni occupino i binari di stazionamento e seguirne dinamicamente la marcia. Il sistema si basa sull'annuncio automatico treno (NT) e permette di monitorare la situazione istante per istante. Ogni postazione è dotata di stampante e tastiera e permette, nelle sue funzioni più tecnologiche, anche la trasmissione dei dispacci di movimento e la produzione del modulo M42 (orario reale di arrivo e partenza dei treni). Il Dirigente Regolatore, oltre a visualizzare la circolazione, ha anche il compito di cambiare il Numero Treno, in caso di treno arrivato e pronto per altra destinazione, così da modificare l'informazione anche sul Sistema Impianto

La Piattaforma Integrata Circolazione – Sistema Impianto (PIC-SI), è un sistema computerizzato che permette di gestire tutta la circolazione all'interno dell'impianto. Ogni Dirigente (DO o DR) può avere accesso a determinate funzioni, in base al ruolo ricoperto, previo accreditamento. Il sistema permette di visualizzare la singola attestazione di ogni treno, sia a consuntivo che programmato, la situazione dei treni in impianto, il legame dei materiali ecc.

Grazie al sistema PIC e al sistema CCL gli operatori possono interagire con la banca dati gestione treni nazionale e impartire i vari movimenti, in modo da sfruttare l'impianto alla massima potenzialità.

Dal sistema PIC-SI discendono, attraverso altri sistemi informativi, gli annunci al pubblico, sia sonori che visivi (tele indicatori di partenza, monitor, quadri riepilogativi).

Sempre ad ausilio dei Dirigenti Movimento, la cabina ACEI è dotata di terminali telefonici fax e GSM-R, grazie al quale la cabina può contattare ogni macchinista o capotreno per gestire eventuali emergenze o problematiche legate al licenziamento dei treni. Grazie al terminale GSM-R del personale di bordo dei treni, questi poco prima della partenza, quando ritiene di esser in grado di licenziare il treno presenziato, invia un messaggio sms di Pronto Treno alla cabina, così da informare il DO che può provvedere alla predisposizione dell'itinerario di partenza al treno stesso.

1.4 Gestione del posto di Servizio

1.4.1 Dirigenza del movimento

L'impianto di Milano Centrale movimentata circa 500 treni al giorno. Per lo svolgimento di tutte le manovre inerenti alla circolazione treni e per la programmazione dell'operatività della stazione, la direzione della stessa è strutturata in vari reparti e sottoreparti.

La stazione di Milano Centrale è sede del Reparto Territoriale Movimento.

Il Capo Reparto Territoriale Movimento, insieme alla collaborazione tecnica di vari aggiunti, è il direttore generale del reparto e ne è responsabile sia della programmazione che dell'operatività dello stesso.

Nella Cabina ACEI operano un Dirigente Regolatore (DR) e tre Dirigenti Operativi (DO1, DO2, DO3).

Il Dirigente Regolatore (DR) assume le funzioni di master della cabina e di coordinatore di tutti i Dirigenti Movimento. Esso è responsabile del buon andamento e della regolarità dell'esercizio ferroviario e, conseguentemente, della gestione delle diverse perturbazioni, tale da limitarne gli impatti sulla circolazione.

In caso di lavori, manutenzione degli impianti, disalimentazioni di zone della Trazione Elettrica, impartisce e coordina la sequenza e lo svolgimento delle operazioni di circolazione in situazione degradata. In caso di variazioni di materiale, rispetto al turno programmato, coordina e impartisce ai DO le operazioni da svolgersi per il cambio materiale e/o della locomotiva. Il DR è inoltre il responsabile del cambio N° Treno all'interno del sistema CCL, per i treni che effettuano il cambio banco presso il posto di servizio, e gestisce le variazioni da apportare al sistema d'informazioni al pubblico. In qualità di master della cabina egli è anche il responsabile della sicurezza dei lavoratori presenti nella cabina, ed è tenuto a presentare un rapporto al Capo Reparto Territoriale Movimento ogni qualvolta lo ritenga necessario.

Il Dirigente Operativo 1 (DO1) insieme al DR, è l'altro dirigente movimento a cui viene "affidata" la gestione della cabina. Il DO1 è il responsabile della formazione degli itinerari. Esso è posto in posizione centrale all'interno della cabina davanti al Quadro Luminoso. A sua disposizione ha il sistema PCS, PIC-SI, e il CCL; ha la giurisdizione su tutti gli enti di piazzale per la formazione degli itinerari e per questo è in contatto con tutti i Dirigenti Centrali delle linee afferenti al posto di servizio e con i Dirigenti Movimento delle stazioni limitrofe. E' il responsabile della compilazione dell' M42 (Orario effettivo di partenza e arrivi treni) e può richiedere l'inversione di blocco, per le linee banalizzate, in entrata o uscita dal Pds. Tra le sue funzioni rientra l'abilitazione della pulsantiera, per la gestione della linea Circolazione Locomotive, all'

Apposito Incaricato di Cabina, ed ha in custodia la consegna delle chiavi dei vari fermascambio. E' coadiuvato dal Dirigente Operativo 2 (DO2), il quale espleta le stesse funzione del DO1 in seconda, controfirmando tutti gli eventuali moduli, e alternandosi a questo nelle funzioni di DO1 a metà turno.

Entrambi i DO a fine turno redigono il verbale di consegne che il successivo personale, subentrante in turno, dove leggere prima di prendere servizio.

Il Dirigente Operativo 3 (DO3), è il responsabile di tutti i movimenti di manovra. Egli trova posto nella cabina ACEI in posizione anteriore rispetto ai DO1 e DO2, anch'egli si avvale, per la gestione delle proprie attività, del Quadro Luminoso generale. Ha la funzione di gestire tutti movimenti di manovra e, di concerto con i DO1 e DO2, impartisce ai deviatori la disposizione di opportuni itinerari di manovra. A sua disposizione ha un orario grafico delle manovre programmate del Posto di Servizio. Tra le sue funzioni rientra principalmente la gestione delle priorità delle manovre da eseguire, onde evitare che queste, in caso di scostamento dal programmato, perturbino la circolazione dei treni. Presso la sua postazione risiede una pulsantiera tramite la quale può realizzare i vari istradamenti necessari per la formazione dei treni e la movimentazione dei diversi materiali, tramite i segnali alti di manovra e, di concerto con il DR, può variarne i previsti piazzamenti.

Oltre ai Dirigenti Movimento di Cabina presso il Posto di Servizio, all'interno del Fabbricato Viaggiatori, opera un altro Capostazione, denominato DM Fabbricato, che collabora con la cabina ACEI nella gestione generale dell'impianto e ricopre principalmente la funzione d'interfaccia tra la Cabina e le Imprese Ferroviarie. Oltre a questo, qualora incaricato dalla Cabina ACEI, esegue una visita ispettiva del piazzale, o consegna ai treni le relative prescrizioni per i movimenti in partenza in situazione di degrado dell'impianto (movimenti con segnale a via impedita). Inoltre, in quanto presente sul fascio viaggiatori, è l'attivatore del piano di emergenza generale della stazione stessa.

Nell'impianto esiste inoltre un ufficio denominato "Presidio Prescrizioni"; è un ufficio all'interno del quale operano diversi Dirigenti Movimento, con funzioni diversificate, addetti alla gestione, predisposizione, stampa e validazione delle prescrizioni di movimento (M3 e M40) da consegnare ai treni in partenza dall'impianto, e alcuni Operatori di Circolazione con mansioni di "imbottitura e consegna" coordinati da un responsabile di presidio. Tale ufficio opera anche per gli impianti di Milano Lambrate, Milano Greco e Sesto S. Giovanni (questi ultimi 2 ricadenti nella giurisdizione di altro Reparto Territoriale Movimento).

Al Presidio giungono tutte le informazioni relative ai rallentamenti che si istituiranno sulle linee e nei diversi posti di servizio interessati dai treni che nascono dagli impianti gestiti per competenza del Presidio stesso. Questo provvederà quindi a redigere i relativi moduli prescrizioni (M40 e M3) da

consegnare alle Imprese Ferroviarie e a darne comunicazione ai DM delle stazioni di giurisdizione

Come detto la gestione della circolazione delle linee afferenti al Posto di Servizio di Milano Centrale è regolata da Dirigente Centrale con cui il DO1 e il DR sono sempre in contatto per la gestione della circolazione e delle eventuali anomalie.

Caso particolare riveste invece la circolazione sulla linea Circolazione Locomotive. Tale linea è gestita in Dirigenza Locale dai Posti di Servizio di Milano Centrale e Milano Greco, e di conseguenza la gestione delle disalimentazioni, carrelli in linea, lavori avviene di concerto esclusivo tra il DO3 e il deviatore del Deposito Locomotive di Milano Greco Pirelli. L'istradamento delle locomotive isolate, su detta linea, è gestito dall'Apposito Incaricato, che può operare grazie all'apposita pulsantiera che gli viene abilitata dal DO1. Qualora le esigenze lo rendano necessario, esempio necessità di utilizzo della linea per movimenti di treni causa interruzione linea Chiasso, il DO1 deve rilevarne la gestione, per l'invio dei treni verso il posto di Servizio di Milano Greco Pirelli.

1.4.2 Servizio deviatori e segnali

L'impianto di Milano Centrale ogni giorno deve eseguire un certo numero di manovre programmate e non, a seconda delle esigenze dell'Impresa Ferroviaria. Generalmente la quantità di manovre non programmate è non trascurabile, in quanto esigenze e perturbazioni della circolazione richiedono il cambiamento immediato della programmazione. I movimenti di manovra degli impianti centralizzati, sia di giurisdizione RFI che dell'Impresa Ferroviaria, sono di competenza della cabina ACEI che manovra tutti i deviatori e l'apertura dei segnali alti e bassi.

Per la gestione di tutte le manovre sono presenti in Cabina ACEI 4 operatori con il ruolo di Deviatori, 1 operatore con la funzione di Apposito Incaricato (AI) e 1 operatore con il ruolo di Deviatore di Sussidio.

Tutti i Deviatori e l'Apposito Incaricato lavorano sotto la responsabilità del Dirigente Operativo 3. I movimenti con i segnali Alti di manovra sono comandati dal DO3 e dall'Apposito Incaricato.

In particolare il DO3 genera gli istradamenti dai binari di tettoia al Parco Centrale o all'impianto di formazione treno della Martesana, mentre l'Apposito Incaricato genera gli istradamenti dal Deposito Locomotive e dal Piazzale locomotive alle varie zone di piazzale. Con i segnali alti di manovra sono possibili solo i seguenti istradamenti:

- dai 24 binari di tettoia al Parco Centrale e al Piazzale locomotive e viceversa
- dai binari 1-9 al Fascio Ovest sussidiario e alla circolazione esterna Ovest e viceversa

- dai binari 17- 24 al Fascio Est sussidiario e alla circolazione esterna Est e viceversa

Per permettere tutti gli istradamenti possibili sono presenti, lungo tutto il piazzale, i segnali bassi di manovra. Poiché la quantità degli enti interessati sarebbe troppo elevata per esser gestita da un singolo tecnico della circolazione, tutto il piazzale è suddiviso in 4 zone, ognuna della quali gestita da un apposito Deviatore, che ha a disposizione una propria pulsantiera e un Quadro Luminoso.

- La Zona 1 ha giurisdizione sui binari bassi di tettoia, i fasci C, Ovest, Ovest Sussidiario e le Circolazioni Ovest
- La Zona 2 ha giurisdizione sui binari centrali di tettoia le aste 1, 2 e 3 Sud, e relativi tronchi
- La Zona 3 è speculare alla Zona 1 e ha giurisdizione sui binari alti di tettoia, i Fasci Poste, A, Est, Est Sussidiario e le Circolazioni Est
- La Zona 4 ha giurisdizione sul Parco Centrale, le aste 1, 2 e 3 Nord, e relativi tronchi.
- L'apposito Incaricato ha giurisdizione sulla linea Circolazione Locomotive, sul Piazzale Locomotive e sull'anello di circolazione, attualmente fuori servizio.

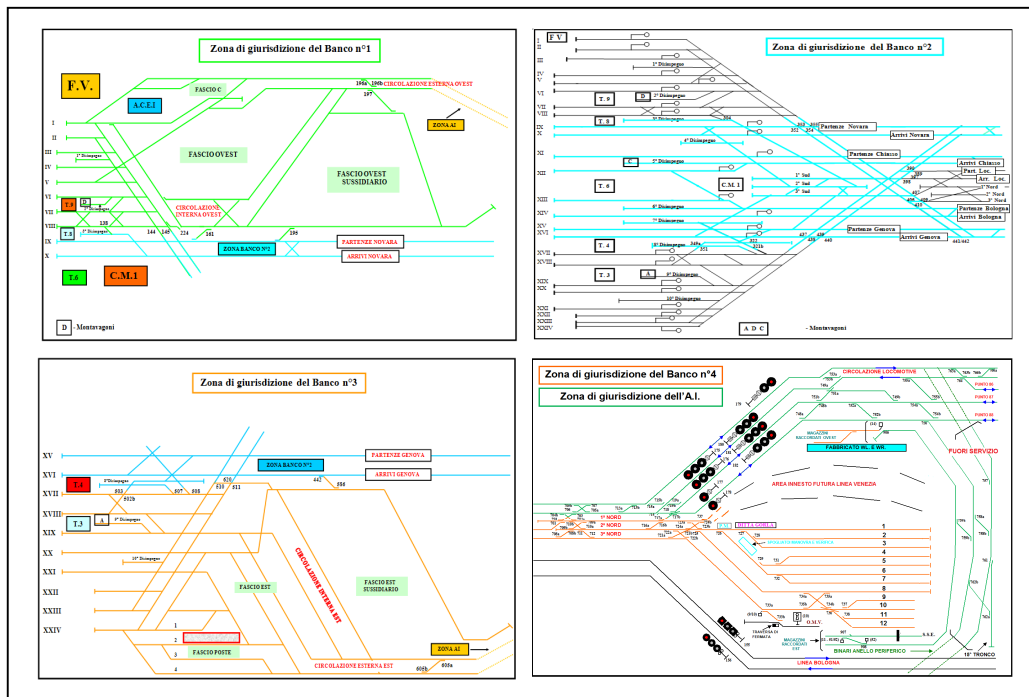


Figura 1.4 Zone di giurisdizione dei veri banchi

I deviatori di tutti quattro i banchi, d'intesa con i Dirigenti Operativi 1 e 3, costruiscono gli istradamenti per i materiali, in modo compatibile rispetto alla

circolazione dei treni nel piazzale. Essi comandano i movimenti di manovra eseguiti con segnali bassi nella zona di loro competenza e possono quindi operare, quando necessita, anche lo sbloccamento artificiale degli istradamenti, eseguire le manovre in regime di deviatore bloccato e generare un istradamento lungo con i segnali bassi, qualora il DO3 o l'AI non possano provvedervi tramite l'uso dei segnali alti.

I Deviatori, se devono costruire un istradamento su zone di competenza di due banchi attigui, prenderanno opportuni accordi tra loro, d'intesa con il DO3. In particolare il deviatore responsabile degli istradamenti della Zona 2, dopo aver concordato il movimento con il DO3, per i movimenti di ricovero, dovrà opportunamente accordarsi anche con il deviatore della Zona 4 e con l'AI.

I Deviatori delle Zone 1 e 3 sono coadiuvati, nell'esercizio delle proprie funzioni, da un Operatore Specializzato che li sussidia per gli accertamenti da compiere sul piazzale, nel caso di gestione di particolari guasti/anormalità agli enti di piazzale.

L'operatore con funzione di Apposito Incaricato, non ha un quadro luminoso zonale proprio e, pertanto, per l'effettuazione del proprio lavoro, si avvale del Quadro Luminoso generale. Esso gestisce gli istradamenti da e verso il Piazzale Locomotive e per l'impianto della Martesana, attraverso l'utilizzo delle bretelle e delle Circolazioni Est/Ovest sempre con l'obiettivo di effettuare movimenti compatibili con la circolazione dei treni.

1.4.3 Manovre e formazione treni

Le attività di manovra si differenziano in attività svolte secondo il programma di manovra e attività svolte secondo necessità contingenti derivante da imprevisti.

Le prime sono le attività già programmate che vengono redatte congiuntamente al cambio orario, le seconde, che rappresentano la maggior parte delle manovre, sono invece movimenti generati dalle esigenze del momento su richiesta dell'Impresa Ferroviaria.

Nel piazzale sono presenti 6 locomotive permanenti di manovra operate da dipendenti dell'IF aventi la qualifica di Capo Nucleo. Nel piazzale sono posti poi 6 posti di manovra che coordinano una squadra di manovra. In particolare:

- Il posto CM 5, posto tra il fascio Est e l'omonimo fascio sussidiario, che coordina le manovre su tutto il Fascio Est ed Est Sussidiario
- Il posto CM 6, speculare al CM5, coordina le manovre su tutto il Fascio Ovest ed Ovest Sussidiario
- Il posto CM 8, posto tra i binari 18 e 19 sotto tettoia, sede di un capo nucleo che coordina tutti i movimenti di manovra dei binari dal 13 al 24
- Il posto CM 9, posto anch'esso sotto tettoia tra i binari 6 e 7, sede di un capo nucleo che coordina i movimenti di manovra dei binari dal 1 al 12
- Il posto CM 10, posto presso il Parco Centrale, dove opera un Capo Nucleo con giurisdizione su tutto il Parco Centrale

- Il posto presso il Parco Martesana, presso cui opera una squadra, che coordina e gestisce il movimento su tutti i binari del parco.

In tutto il piazzale i movimenti di manovra sono ammessi ad una velocità massima di 30 km/h tranne per l'anello periferico dove a causa dei ristretti raggi di curvatura la velocità massima ammessa è di 10 km/h.

Gli istradamenti dei materiali sono creati nel senso opposto del loro impegno, con la particolarità di predisporre a via libera il primo segnale che incontra il veicolo in manovra, solo dopo che il deviatore o il DO3 (a seconda che si tratti di un istradamento tramite l'uso di segnali bassi o alti) avrà ricevuto conferma, dal manovratore, del pronto manovra.

1.5 Linee afferenti Milano Centrale

Il nodo ferroviario di Milano ha ricevuto, in linea di massima, l'attuale configurazione con la ristrutturazione generale dell'epoca fascista e l'attivazione in servizio commerciale della stazione di Milano Centrale nel 1931. Tutte le linee afferenti il nodo (con l'esclusione della linea Lecco, linea Varese che si attestano alla stazione di Milano Porta Garibaldi e linea Mortara che si attesta alla stazione di Milano Porta Genova) hanno origine dalla stazione di Milano Centrale. Le stazioni del nodo sono inoltre collegate da una linea di cintura che permette di bypassare la stazione di Milano Centrale. Per quanto concerne in maniera diretta il traffico relativo a Milano Centrale caso particolare è rappresentato dalla linea Venezia (sia lenta che diretta). Questa infatti ha origine dal Posto di Servizio di Milano Lambrate per cui i treni in partenza per tale direzione e aventi origine Milano Centrale, o viceversa, impegnano la linea Bologna tra le stazioni di Milano Centrale e Milano Lambrate

Il posto di Servizio di Milano Centrale è collegato a 4 linee direttrici e una linea Circolazione Locomotive.

I segnali di partenza interni sono forniti d'indicatore di direzione per informare il macchinista della linea verso cui viene istradato.

➤ Linea Chiasso

La linea direzione Chiasso è una linea a doppio binario tra Milano Centrale e Milano Greco Pirelli. La linea è esercitata in Dirigenza Centrale e non permette la circolazione dei treni su entrambi i binari (linea non banalizzata) Sulla linea Chiasso, esistono 2 sezioni di Blocco Automatico delimitate da segnalamento di 1^a Categoria "Concatenato". La linea è inoltre attrezzata con il Blocco elettrico Automatico a Correnti Codificate per la ripetizione dei segnali in cabina. Tale linea è considerata affiancata alla linea Circolazione locomotive solo per i treni composti assimilabili a locomotive isolate.

➤ Linea Circolazione Locomotive

La linea direzione Circolazione Locomotive è una linea a doppio binario tra Milano Centrale e Milano Greco Pirelli ad uso principalmente del ricovero o invio materiali dal deposito locomotive di Milano Greco Pirelli. La linea è esercitata in Dirigenza Locale e non permette la circolazione dei treni su entrambi i binari (linea non banalizzata) Sulla linea Circolazione Locomotive, esistono 3 sezioni di Blocco Automatico delimitate da segnalamento di 1^a Categoria "Concatenato". La linea è attrezzata con il Blocco elettrico Automatico a Correnti Fisse e non permette la ripetizione dei segnali in cabina. Tale linea è considerata affiancata alla linea Chiasso solo per i treni composti assimilabili a locomotive isolate o, a richiesta del DO1 di Milano Centrale, qualora non possa svolgersi la circolazione sulla linea Chiasso previa concertazione con la stazione di Milano Greco Pirelli.

➤ Linee Bologna / Genova

Le linee direzione Bologna / Genova sono linee a doppio binario affiancate tra Milano Centrale e Milano Rogoredo. Le linee sono esercitate in Dirigenza Centrale e permettono la circolazione dei treni su entrambi i binari (linea banalizzata) Sulla linee Bologna / Genova, tra Milano Centrale e Milano Lambrate, esistono 2 sezioni di Blocco Automatico delimitate da segnalamento di 1^a Categoria "Concatenato". Le linee sono inoltre attrezzate con il Blocco elettrico Automatico a Correnti Codificate per la ripetizione dei segnali in cabina. Essendo le linee affiancate sino alla stazione di Milano Rogoredo per i treni direzione Bologna Genova e fino a Milano Lambrate per i treni direzione Venezia, i convogli possono esser istradati su entrambe le linee con il compito di smistare i treni sulla corretta direzione ad opera dei DM dei posti dove le linee divergono

Considerato, come detto, che le potenziali interferenze relative al traffico della linea Venezia insistono sull'impianto di Milano Lambrate è utile farne una breve descrizione.

1.6 Milano Lambrate

L'impianto di Milano Lambrate è una stazione passante dotata di 12 binari per il servizio viaggiatori, tutti di corsa. Da tale stazione in direzione sud dipartono 6 linee tutte a doppio binario mentre lato nord 4 linee a doppio binario. Presso l'impianto è inoltre presente un fascio di ricovero treni di 6 binari.

In particolare le coppie di binari XII-XI e X-IX sono il corretto tracciato rispettivamente delle linee Genova e Bologna mentre le coppie di binari VIII-VII e VI-V sono i binari di attestazione delle linee Venezia Diretta e Venezia Lenta, con proseguimento per i binari VIII-VII in corretto tracciato verso la linea di cintura.

Le potenziali interferenze più significative si riscontrano nel ricevimento dei treni dalla linea Venezia per Milano Centrale (e viceversa), in quanto i convogli devono affrontare i gruppi di scambi che collegano la coppia di binari VIII-VII alla coppia IX-X, impedendo contemporaneamente transiti di treni per la linea Bologna e limitando anche i treni per Venezia che non effettuano servizio viaggiatori presso la stazione di Milano Lambrate alla velocità massima ammessa dai deviatori di 60 km/h.

Tale problematicità nei momenti più critici può essere causa di ritardi per l'impossibilità d'inviare i treni a causa del transito contemporaneo di altri treni con itinerario interferente.

Per la situazione impiantistica inoltre è impossibile predisporre itinerari dai binari XII e XI verso la linea Venezia (sia lenta che veloce) complicando ulteriormente la situazione.

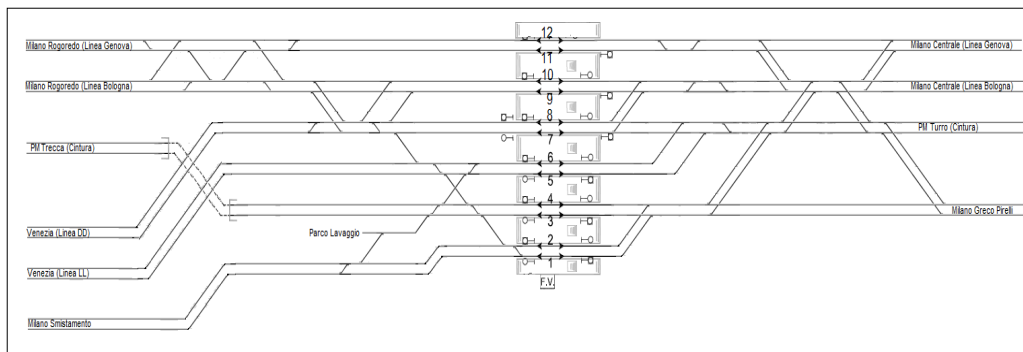


Figura 1.6 Piano Schematico della stazione di Milano Lambrate

A dirigenza dell'impianto sono posti un Dirigente Movimento Operativo coadiuvato da un Dirigente Movimento Coadiutore e un Dirigente Movimento Esterno. L'impianto è fornito di logica ACEI a tabulatore su cui agisce il Dirigente Operativo 1 (in seguito DO1) per la formazione degli itinerari. Il DO1 si avvale della collaborazione del Dirigente Operativo Coadiutore qualora la situazione lo renda necessario per lo svolgimento di tutte le operazioni.

Per l'inoltro dei convogli il DM si deve relazionare con i Dirigenti Centrali delle varie linee afferenti e con il Dirigente Centrale Operativo della linea Venezia Lenta. La postazione del dirigente è comunque fornita anche di terminale CCL per permettere una migliore visualizzazione della circolazione al fine di risolvere nel più breve tempo possibile eventuali criticità di circolazione.

Capitolo 2

Le nuove linee Venezia e Malpensa

2.1 Le idee progettuali e le proposte.

Il progetto di realizzazione delle nuove linee Malpensa e Venezia trova sviluppo già negli anni '80 per quanto riguarda la linea Venezia e negli anni '90 per quanto riguarda la linea Malpensa. L'esigenza di sviluppare tali progetti è nata in quanto con lo sviluppo dell' AV italiana da un parte, e la realizzazione del pacchetto d'infrastrutture legato al progetto "Malpensa 2000" dall'altra, si necessitava che la principale stazione milanese potesse disporre di linee indipendenti in uscita dall' impianto per tutte le direzioni servite. Tuttavia, anche se come progetto preliminare è stato abbozzato temporalmente prima quello avente come oggetto la linea Venezia, la realizzazione della linea Malpensa ha avuto una velocizzazione dovuta alla necessità di collegare l'aeroporto della Malpensa alla stazione di Milano Centrale e non solo alla stazione Cadorna delle Ferrovie Nord. Le soluzioni vagliate sono state molteplici che prevedevano sia la realizzazione di un innesto tra la linea Novara e la linea Milano-Saronno poco oltre la stazione di Milano Bovisa, sia la realizzazione di un collegamento tra la linea RFI e FERROVIENORD presso la stazione di Busto Arsizio. Tuttavia la presenza d'impedimenti progettuali e mancanza di fondi hanno indirizzato le strutture progettuali di RFI e ITALFERR a prevedere una soluzione che permettesse il collegamento tra le reti dei diversi gestori tramite un percorso via bivio Turro, bivio Mirabello, Milano Porta Garibaldi, quadrivio Gisolfi. Tale soluzione è stata preferita alle precedenti poiché prevede la realizzazione d'infrastrutture in aree per lo più già di proprietà ferroviaria e utilizza già parte dell'infrastruttura esistente. La soluzione consiste nella realizzazione di un nuovo tratto di binario di circa 3000 metri tra le stazioni di Milano P.G. e Milano Bovisa che costituisce un itinerario indipendente rispetto alla linea storica in uscita dalla stazione di Milano P.G., e un tratto di binario in viadotto di circa 1500 metri tra le stazioni di Milano Centrale e bivio Turro. Contemporaneamente per permettere l'innesto nella linea di cintura, l'ex bivio Turro è stato radicalmente modificato sia planimetricamente per permettere l'innesto della nuova linea, che a livello tecnologico con l'installazione di un nuovo sistema di centralizzato di gestione della circolazione.

Si è dimostrata delicata anche la progettazione dell'innesto della linea all'interno di Milano Centrale in quanto le opzioni vagliate prevedevano due distinte soluzioni. La prima, una prosecuzione in corretto tracciato lungo i binari della circolazione esterna Ovest fino ai binari 1 e 2 di tettoia che, se

funzionalmente risultava la meno impattante sull'impianto, non permetteva l'accesso agli altri binari di stazione. La seconda prevede la discesa della rampa a lato dell'ingresso della linea Torino innestandosi poi su questa con un bivio a raso come prosecuzione delle bretelle esterna ed interna discendenti. Tale soluzione ha reso necessario l'eliminazione dei primi due binari del fascio Ovest ma permette il collegamento della linea a tutti i binari di tettoia. La soluzione proposta ed accettata anche per ragioni tecniche è stata quindi la seconda

Il progetto della linea Venezia come detto è stato sviluppato già negli anni '80 contemporaneamente al progetto AV. Tuttavia il progetto è stato più volte rivisto e modificato in funzione delle varie criticità che si delineavano ogni volta che ci si accingeva al passaggio dalla fase preliminare a quella esecutiva. Le soluzioni studiate prevedevano due diverse opzioni. La prima prevedeva la costruzione di un tratto a doppio binario in viadotto in affiancamento a quello esistente delle linee Bologna e Genova. Il tratto a doppio binario si sarebbe distaccato tramite bivio a raso dalla linea di cintura poco oltre il segnale di protezione di Milano Lambrate e si sarebbe innestato nell'impianto di Milano Centrale tra il binario dispari della linea Bologna e l'asta di manovra 3° Nord. Tale soluzione tuttavia richiedeva la demolizione di parte delle abitazioni a lato di Viale Monza e necessitava di espropriare parte del suolo sia privato che pubblico con conseguente aumento dei tempi. La seconda soluzione, poi adottata, prevede invece che la linea si sviluppi come prosecuzione in corretto tracciato dei binari arrivi locomotive e 1° asta Nord verso il parco centrale e tramite una serie di deviatori si inerpichi su di una rampa fino a raggiungere la linea di cintura. Il progetto prevede di ricavare la rampa di accesso in luogo dei binari alti del parco centrale e contestualmente alla loro soppressione di scavalcare, tramite monolite, l'anello periferico e innestarsi tramite bivio a raso sulla linea di cintura nei pressi dell'ex bivio Turro. La seconda soluzione sebbene molto impattante per l'impianto, tuttavia prevedeva la realizzazione di manufatti solo all'interno di aree già assegnate al sedime ferroviario e senza necessitare ulteriori espropri. Inoltre le modifiche che si rendeva necessario apportare al bivio Turro per l'innesto della linea Venezia potevano essere consequenziali ai lavori necessari per la linea Malpensa costituendo un Quadrivio completamente comandato dal medesimo apparato centrale di circolazione. In considerazione degli esigui tempi disponibili e della limitata disponibilità di risorse è stata adottata la seconda soluzione di cui è stato redatto il progetto definitivo.

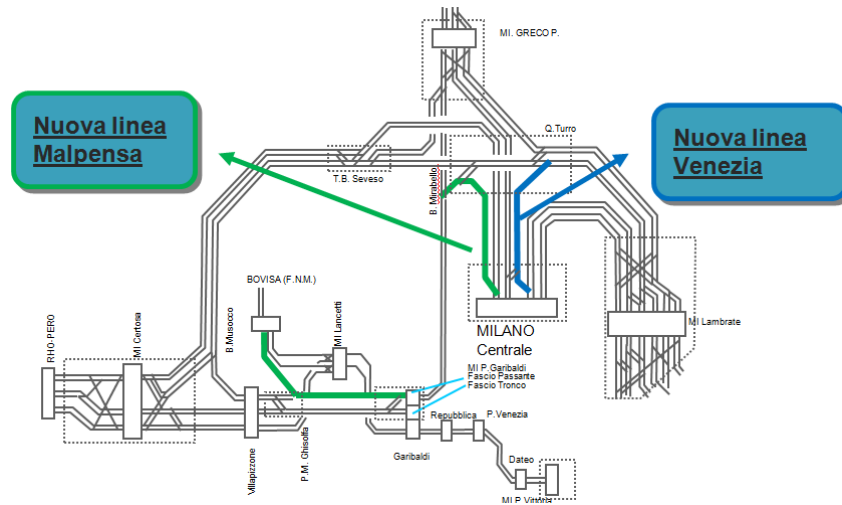


Figura 2.1 Le nuove linee Venezia e Malpensa all'interno del nodo di Milano

2.2 Quadrivio Turro

La realizzazione delle idee progettuali sia della linea Venezia che della linea Malpensa hanno avuto come fase preliminare la modifica sostanziale dell'ex Bivio Turro. Tale bivio posto a nord dell'impianto, originariamente non interessava la circolazione di treni per e da Milano Centrale ed era costituito solo da un bivio a raso tra la linea di Cintura e la bretella di collegamento con il bivio Mirabello che permetteva, e permette tuttora, d'inoltrare i treni verso Milano Porta Garibaldi. Tale bivio era in regime di telecomando da Milano Lambrate il quale istradava i treni verso le due direzioni. L'innesto delle due linee ha richiesto innanzitutto la realizzazione di un nuovo sistema di gestione della circolazione, più moderno e molto differente tecnologicamente rispetto al precedente in quanto predisposto già per il telecomando da parte del Dirigente Centrale Operativo d'area. In secondo luogo, per permettere l'istallazione dei deviatori d'innesto della linea Malpensa, è stato necessario rettificare il tracciato in curva presente tra il bivio Turro e il bivio Mirabello. Questa necessità ha richiesto che il sedime del viadotto venisse allargato sul lato interno della curva onde permettere la rettifica del tracciato e la disposizione del doppio bivio secondo i regolamenti di circolazione.

La realizzazione dell'innesto della linea Venezia ha invece comportato una serie di operazioni a latere che hanno comportato anche il fuori servizio parziale dei binari di cintura. Infatti, per permettere il varo dei due deviatori che costituivano l'innesto della linea Venezia, per mancanza della distanza minima si è reso necessario arretrare i deviatori dell'originale bivio Turro verso bivio Seveso il che ha coinciso con il rifacimento parziale del viadotto che ospita il bivio. In seguito sempre per ottemperare alle disposizioni in merito, si è reso necessario la rettifica di una porzione di 250 metri della linea di cintura. La rettifica, in

quanto prevedeva la realizzazione in un sedime completamente all'esterno del viadotto, ha richiesto la realizzazione ex novo di un viadotto a lato del precedente sul quale si è provveduto a realizzare prima il binario con relativo deviatore fuori opera, e poi a inserire in servizio lo stesso con deviatori immobilizzati sino all'attivazione ufficiale della linea.

La configurazione fino a qui sviluppata permette che vengano inoltrati i treni da Milano Lambrate solo uno alla volta. Per realizzare la partenza o l'arrivo contemporaneo di entrambe le relazioni è stata prevista una seconda fase di lavori che consiste nell'inserimento di una doppia comunicazione sia per il binario pari che dispari tra i binari di cintura e i binari della relazione Greco Pirelli-Milano Lambrate. Per realizzare tuttavia tale doppia comunicazione, è necessario anche in questo caso rettificare il tracciato con conseguente allargamento del viadotto, in aggetto rispetto al precedente onde permettere la realizzazione della sede dei nuovi binari pari e dispari. La modifica di bivio Turro (che con la nuova configurazione ha assunto il nome di quadrivio/posto di comunicazione Turro) ha coinciso anche con la modifica del attrezzaggio tecnologico. È stata infatti permessa l'inversione di blocco (con conseguente autorizzazione di marcia sul binario di destra) sia del tronco di linea quadrivio Turro-Milano Centrale che Milano P.G.-Milano Centrale onde permettere sia il ricevimento che l'istadamento contemporaneo di due treni sulla medesima relazione. L'impianto inoltre è stato posto in regime di telecomando dal posto di movimento di Triplo Bivio Seveso in attesa della realizzazione del Dirigente Centrale Operativo di nodo.

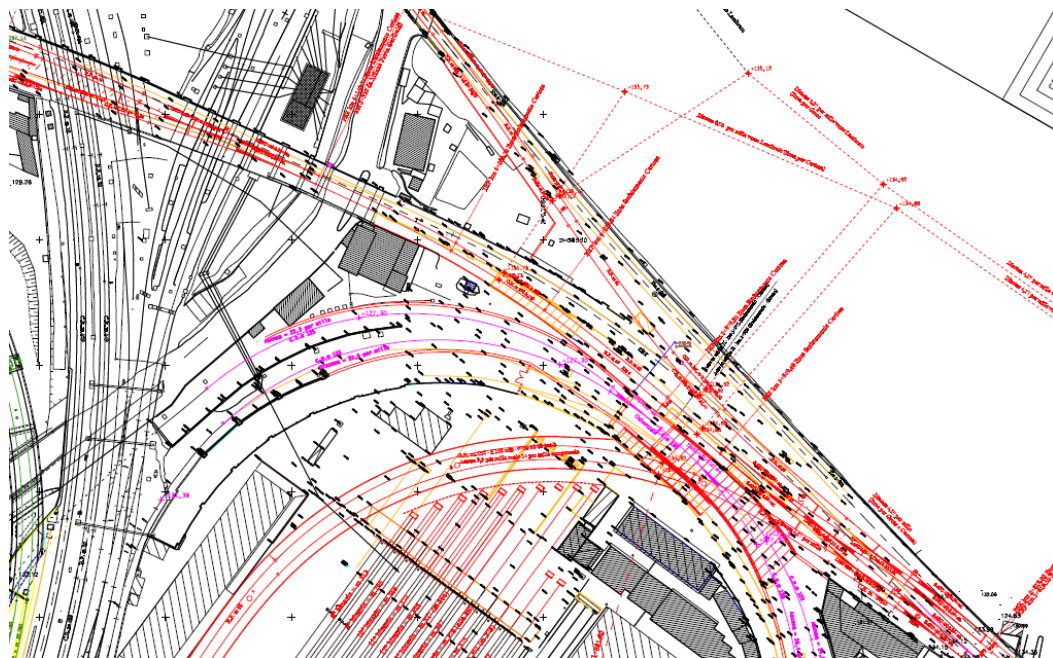


Figura 2.2 Gli interventi sul quadrivio Turro: in rosso i nuovi interventi e binari, in giallo le demolizioni, in fucsia i nuovi binari dell'anello periferico

2.3 Le nuove linee e l'impatto su Milano Centrale

La realizzazione delle nuove linee ha costituito per l'impianto di Milano Centrale una grossa modifica sia dei fasci di ricovero e piazzamento che dei binari di circolazione. Per comprendere la portata degli interventi effettuati si suddivide la trattazione nei lavori realizzati per le due linee.

Linea Malpensa

Come detto la nuova linea Malpensa s'inserisce tramite viadotto all'interno dell'impianto in affiancamento alla linea Torino. La realizzazione dell'opera ha coinciso inizialmente con la posa fuori servizio dell'anello periferico e del fascio di ricovero Ovest Sussidiario. Onde permettere la realizzazione della rampa di inoltro sul viadotto infatti è stato necessario modificare il fascio sopprimendo i primi due binari dello stesso e realizzando una nuova asta di manovra lato nord con conseguente diminuzione anche della lunghezza dei binari. In seguito è stato realizzato il viadotto di collegamento con il Quadrivio Turro la cui rampa inizia a inerparsi verso il quadrivio già in affiancamento alla linea Torino. Oltre al viadotto è stato necessario realizzare anche due monoliti. Il primo in aggetto a quello delle linee Torino Chiasso e Circolazione locomotive per scavalcare l'anello periferico e garantirne l'utilizzo anche a fine lavori, il secondo per superare il naviglio della Martesana che lambisce l'impianto. Lo stretto raggio di curvatura (raggio medio 210 metri) ha inoltre richiesto che fosse realizzata la sopraelevazione della rotaia esterna e la velocità fosse limitata a 60 km/h (in funzione anche della velocità massima ammessa dai deviatori del quadrivio Turro). L'innesto di tale linea sull'impianto, come detto, è realizzata tramite un bivio a raso prosecuzione delle bretelle esterna ed interna discendenti. Questo ha comportato anche che fosse necessario lo sdoppiamento della comunicazione tra i binari pari e dispari della linea Torino già esistenti e la rilocalizzazione separata a monte dell'intersezione. Per permettere inoltre il l'ingresso nel fascio Ovest Sussidiario dai binari centrali di tettoia tramite l'utilizzo della bretella interna, è stata realizzata una comunicazione semplice tra il binario dispari della linea Malpensa e la circolazione interna ovest.

Linea Venezia

Gli impatti della realizzazione della linea Venezia sull'impianto di Milano Centrale sono stati maggiori rispetto a quelli relativi ai lavori della linea Malpensa. Il progetto come si è detto prevede la realizzazione della rampa di collegamento al quadrivio Turro utilizzando il sedime degli ex primi 7 binari del parco centrale in affiancamento agli ex magazzini approvvigionamenti. Per permettere ciò è stato eliminato il carrello trasbordatore posto al termine del parco e la fossa di scorrimento è stata riempita allungando i binari fino all'anello periferico con l'istallazione di paraurti di cemento. Le prime operazioni necessarie alla lavorazione hanno consistito nel fuori servizio dei primi binari del fascio di ricovero suddetto e nell'interruzione del binario

denominato “seconda sosta” che confluiva precedentemente sull’asta prima nord. La rampa è stata realizzata con materiale di riporto e scavalcando con un monolite realizzato sul posto, il binario del anello periferico già fuori servizio per i lavori relativi alla linea Malpensa. La rampa ha una pendenza di 9,9‰ reale (14‰ compensato) e un raggio medio di 152 metri. Ciò ha richiesto come per la linea Malpensa che fosse prevista la sopraelevazione massima della rotaia esterna limitando la velocità massima a 60 km/h anche in funzione dei deviatori del quadrivio Turro da percorrersi sul ramo deviato. Sono seguiti poi i lavori per la realizzazione della comunicazione semplice con il binario di seconda sosta. Tale comunicazione nella prima versione del progetto, prevedeva l’innesto come semplice confluenza su un binario di circolazione che però avrebbe comportato l’impossibilità di un movimento di manovra sul binario seconda sosta contemporaneamente ad una partenza. Si è previsto di conseguenza l’inserimento di un paraurti di cemento ed un tronchino (vedi capitolo 2.4). In seguito è stato riprogettato l’innesto ai binari alti del Parco Centrale per non interferire con la rampa. La realizzazione della nuova comunicazione tra il binario pari della nuova linea Venezia e il binario “seconda sosta” ha permesso inoltre di modificare una seconda comunicazione permettendo un istradamento dal binario seconda sosta all’asta 3° nord. In considerazione del fatto che le aste in seguito sarebbero state percorse non più solo da materiali in manovra ma anche da treni in servizio è stato rinnovato tutto l’armamento comprensivo dei deviatori sostituendo il tutto con armamento UNI 60.

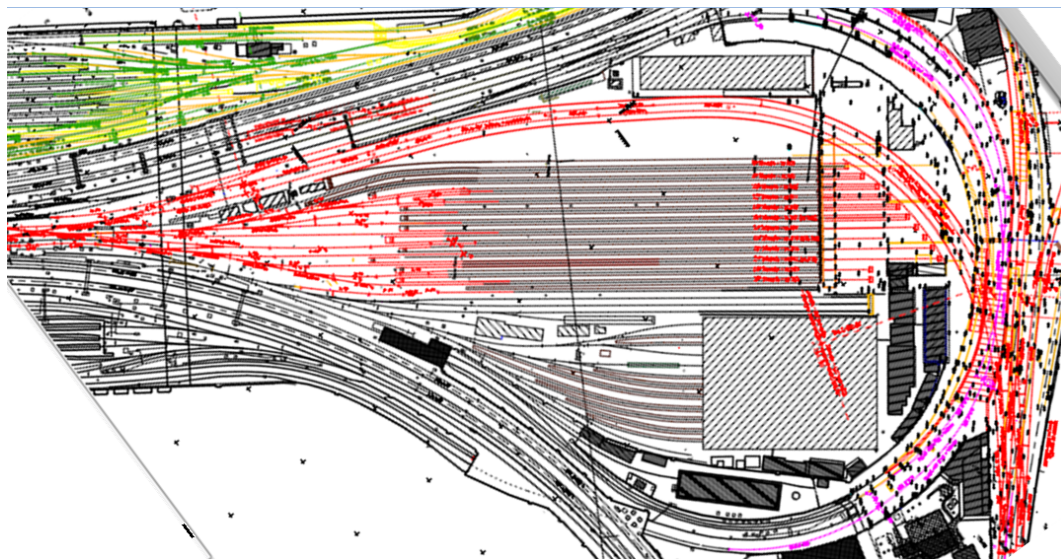


Figura 2.3 Il progetto della rampa della linea Venezia e la sua contestualizzazione nell'impianto di Milano Centrale: in rosso i nuovi manufatti e binari, in giallo le demolizioni, in fucsia i nuovi binari dell'anello periferico in verde la linea Malpensa

2.4 Varianti al progetto

La scelta degli itinerari da far percorrere ai treni in arrivo e partenza per la linea Venezia ha costituito un secondo elemento di revisione e modifica del progetto originale sia per quanto riguarda la logica di comando degli itinerari che fisicamente dell'infrastruttura vera e propria. La prima versione del progetto prevedeva infatti che gli itinerari di arrivo e partenza per la linea Venezia utilizzassero rispettivamente le radici lato tettoia dei binari 1° nord e arrivi locomotive. Questa scelta rilegava, nel caso di movimenti di arrivo e partenza linea Venezia, le aste 2° e 3° nord per l'uscita dal parco Centrale e solo il binario partenze locomotive per tutti i movimenti per il deposito locomotive di Greco Pirelli e l'impianto della Martesana. Inoltre la confluenza diretta del binario di seconda sosta sul binario dispari della linea Venezia inibiva di fatto la realizzazione di movimenti che si attestassero ai segnali alti di manovra o segnali bassi dei primi due binari del Piazzaleto locomotive in quanto non erano rispettati i principi di sicurezza descritti negli articoli 7 e 8 del Regolamento Circolazione Treni.

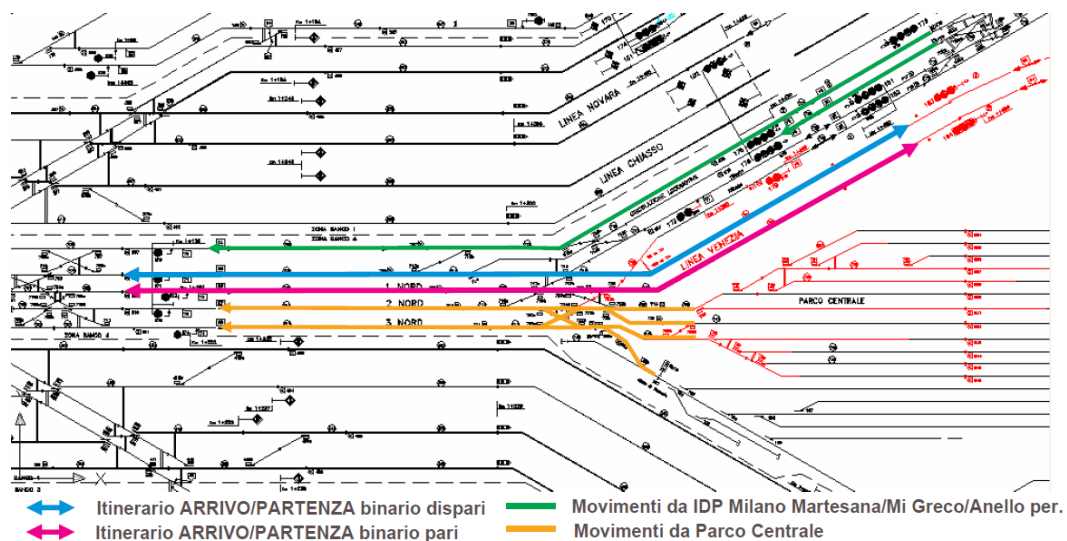


Figura 2.4 La prima proposta d'itinerari per la linea Venezia

Tali criticità hanno richiesto la revisione del progetto con l'introduzione di alcune modifiche che permettessero una migliore gestione dell'impianto. L'analisi ha subito mostrato che il Parco Martesana avrebbe sofferto enormemente per tali scelte progettuali e di conseguenza si è proposto di far "slittare" gli itinerari per la linea Venezia di un binario. In pratica, l'itinerario di partenza avrebbe percorso, tramite doppia comunicazione, l'asta 1° Nord mentre l'itinerario di arrivo avrebbe percorso l'asta 2° Nord. L'itinerario di arrivo si sarebbe poi avvicinato all'incrocio centrale delle bretelle (ex cabina C) dal di sotto seguendo la prosecuzione dell'asta 2° Nord, mentre le partenze dal di sopra

segundo la prosecuzione degli arrivi locomotive. La revisione ha richiesto che in uscita dai nuovi primi 7 binari del parco Centrale fosse posizionata una scarpa fermacarri che avrebbe intercettato veicoli, i quali in caso di fuga incontrollata dal Parco Centrale, non occupassero binari riservati temporaneamente a itinerari di arrivo e partenza. Inoltre la modifica delle casse di manovra di alcuni deviatoi ha permesso d'indirizzare eventuali fughe da altri binari del parco Centrale sull'asta 3° Nord.

La seconda richiesta effettuata è consistita nella realizzazione di un tronchino al termine del binario di seconda sosta e l'inserimento di una comunicazione doppia tra questo e il binario dispari della linea Venezia. Ciò ha permesso che, nel caso si svolgesse un movimento lungo l'itinerario dispari della linea Venezia, si potessero attestare i veicoli ai binari prima e seconda sosta in quanto i deviatoi opportunamente posizionati e la presenza del tronchino rendono di fatto i due itinerari indipendenti (come richiesto dagli articoli 7 e 8 dell'RCT). Lo sdoppiamento inoltre di alcune coppie di deviatoi ha permesso che si potessero svolgere contemporaneamente movimenti di manovra lungo i binari circolazione locomotive e arrivi e partenze per la linea Venezia assolvendo alla richiesta di posizione dei deviatoi laterali. Al fine di rendere possibili ulteriori movimenti di manovra nel caso non siano richiesti contemporaneamente arrivi e partenze per la nuova linea, sono poi stati previsti degli itinerari preferenziali che permettono, nel caso di partenze lungo la linea Venezia, l'utilizzo contemporaneo degli arrivi e partenze locomotive e l'asta 1° Nord per agevolare il parco Martesana o, in caso di arrivi lungo la linea Venezia, l'utilizzo delle aste 2° e 3° Nord per agevolare il Parco Centrale. Tali itinerari alternativi, tuttavia non sono stati implementati all'interno della logica di emergenza in quanto avrebbe richiesto la modifica delle pulsantiere normali e di emergenza. E' stata dunque prevista l'implementazione solo al terminale PIC-SI.

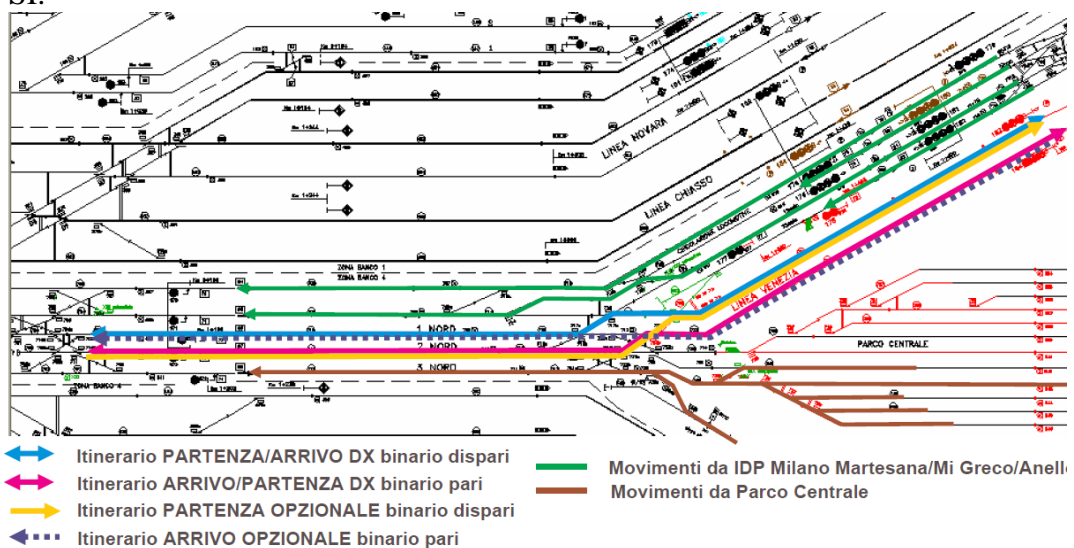


Figura 2.5 La variante al progetto con illustrazione dei nuovi itinerari e gl'itinerari preferenziali

2.5 La trazione elettrica e il sistema di controllo

La realizzazione delle due nuove linee e le modifiche al piazzale hanno inoltre comportato la modifica delle zone di trazione elettrica e della logica di controllo degli enti del piazzale. L'introduzione della nuova linea Malpensa ha infatti richiesto che i due binari della linea Malpensa appartenessero a due zone con alimentazione separata. Tale richiesta proviene dal fatto che in caso di fuori servizio o comunque mancanza di alimentazione elettrica per uno dei due binari di circolazione, il binario attiguo possa essere utilizzato per il transito dei treni. Ciò ha comportato l'introduzione di una zona TE in più sulla linea Torino.

Più articolata si è invece rivelata la definizione delle zone di trazione elettrica per la linea Venezia. Fermo restando il fatto che i due binari di corsa debbano appartenere a due zone TE distinte sino al raggiungimento della zona 10, i nuovi itinerari vanno ad interessare aree fino all'attivazione ad uso esclusivo delle operazioni di manovra, e quindi alimentate da zone TE globali. L'itinerario proposto in revisione e poi attuato prevede che avvenga impegnando le aste 1° e 2° Nord salvo poi, tramite l'utilizzo di due doppie comunicazioni, raggiungere i binari della rampa di accesso al quadrivio Turro. E' divenuto necessario quindi inserire due Zone TE che ricalcassero gl'itinerari dei binari dispari e pari della linea Venezia e l'inserimento di vari sezionatori aerei per permettere l'isolamento tra le varie sezioni. Un'altra particolarità della linea Venezia risiede nel posizionamento dei portali di accesso all'impianto. Tali portali che permettono sia il sezionamento elettrico che meccanico devono essere posti a valle dei segnali di protezione di 1° categoria. Tuttavia è stato necessario, per ottemperare alle direttive in merito, posizionare gli stessi all'interno dei due portali con conseguente creazione di un falso portale e l'inserimento di comunicazioni elettriche e sezionatori per rispettare i regolamenti di circolazione.

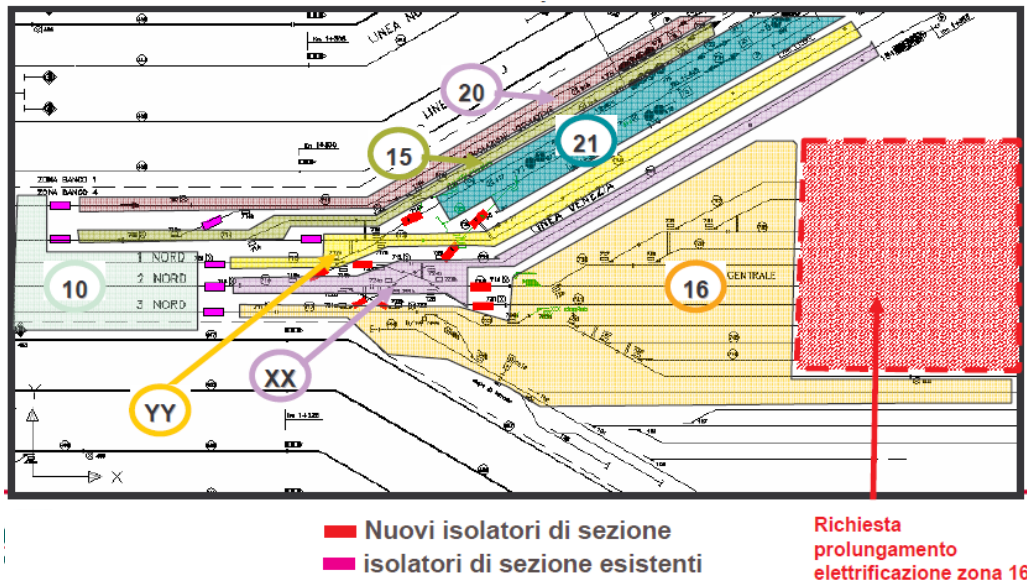


Figura 2.6 Nuove zone TE e nuovi sezionatori per la linea Venezia

In seguito all'eliminazione del carrello trasbordatore del Parco Centrale lo stesso è divenuto un fascio privo di aste di manovra. A causa della presenza del carrello stesso la parte terminale del piazzale era priva di elettrificazione e la manovra avveniva, e avviene tuttora, solo con l'utilizzo di locomotori diesel. Tuttavia il parco nella nuova configurazione, viene utilizzato per il ricovero di materiali bloccati che però, a causa dell'attuale configurazione, devono necessariamente avere la locomotiva lato tettoia. Per eliminare tale necessità è previsto in seguito la prosecuzione dell'elettrificazione della zona 16 fino ai paraurti dei binari di ricovero.

Alle modifiche inerenti la trazione elettrica sono seguite poi le modifiche lato Impianti e Segnalamento (IS). L'introduzione dei nuovi itinerari ha richiesto la realizzazione di nuovi armadi IS e l'installazione di nuovi relè per permettere la realizzazione degli itinerari sopradetti. Al fine di permettere l'inserimento delle pulsantiere di richiesta d'inversione del blocco, per le nuove linee è stato modificato il quadro di richiesta da parte degli operatori. E' seguita la modifica sia dei quadri luminosi che dei terminali video PIC di comando degli itinerari nonché del banco 4 per il comando e l'inserimento dei nuovi deviatori. Vista l'elevata quantità di modifiche da apportare, la scelta d'itinerario preferenziale per la linea Venezia può avvenire solo tramite terminale video e non tramite la pulsantiera di emergenza. Per evitare l'effettuazione di manovre che potessero compromettere la regolarità della circolazione linea Venezia il posto di Apposito Incaricato, DO3 e banco 4 sono stati dotati di terminale video PIC con indicazione dei treni istradati via linea Venezia. In ultimo con la modifica delle

zone TE è stato rinnovato il quadro e i comandi d'inibizione degli itinerari nelle zone disalimentate.

In ultimo sul piazzale è stato modificato l'indicatore di direzione con l'introduzione di due nuove numerazioni. Le nuove numerazioni corrispondenti alle diverse linee in vigore dal 27/06/2010 sono:

1. linea Malpensa
2. linea Viaggiatori (Ex linea Torino)
3. linea Chiasso
4. linea Circolazione Locomotive
5. linea Venezia
6. linea Bologna
7. linea Genova

Ogni segnale di partenza è poi stato modificato introducendo la seconda luce di segnalamento in modo da poter segnalare già in partenza se sia già stato formato l'itinerario di prosecuzione nei posti limitrofi preavvisando il riconoscimento non più solo sotto il segnale di protezione del posto di movimento.

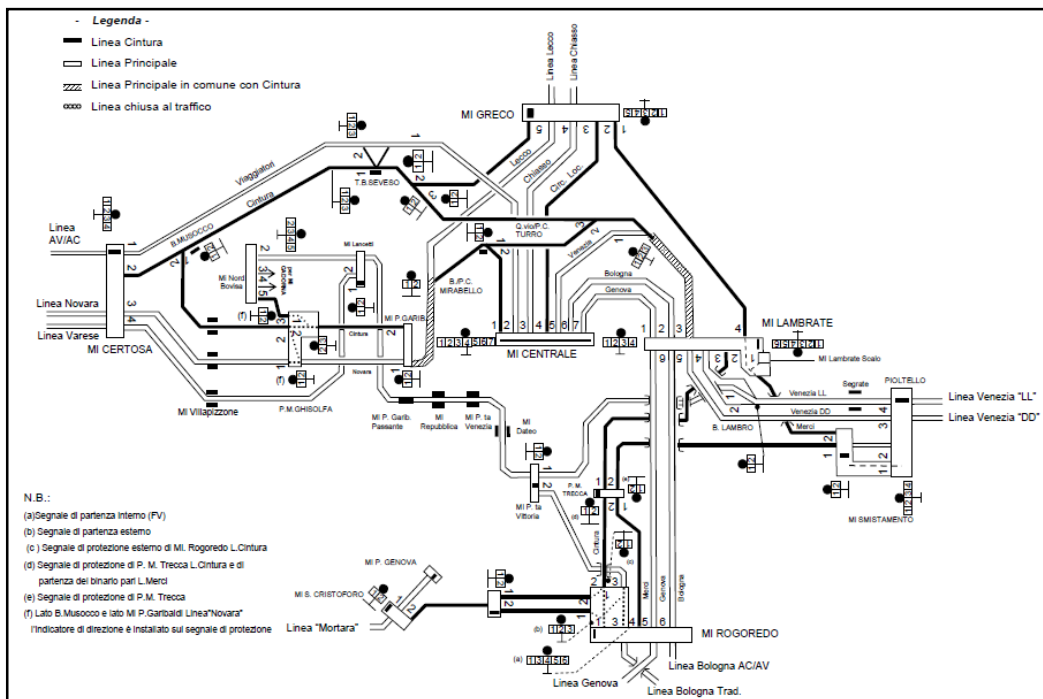


Figura 2.7 L'assetto schematico del nodo di Milano con l'introduzione delle linee Malpensa e Venezia



Figura 2.9 Il QL delle Cabina ACEI di Milano Centrale. Si possono distinguere contemporaneamente gl'itinerari di arrivo linea Malpensa, arrivo linea Chiasso, partenza linea Venezia, partenza linea Bologna, arrivo e partenza linea Genova, e due movimenti di manovra. Le strisce rosse rappresentano i binari occupati da materiale rotabile mentre le strisce bianche gl'itinerari riservati ai movimenti dei treni

Ora Prevista	Rit. Prev.	Treno	Orario Prog	PO	Itinerario	PF	Comando	Opzioni Itinerario
16.33.16	+3,0	2193	16.30.00	19	19-57-BI	57	✓ 19-57-BI	BE BI
16.35.00	0,0	9735	16.35.00	10	10-55-SI	55	✓ 10-55-SI	BE BI SE SI
16.35.00	0,0	9821	16.35.00	16		57	Annulla	BE BI SB
16.40.00	+5,0	2102	16.35.00	56	56-14-CT	14	✓ 56-14-CT	CT
16.40.00	0,0	2658	16.40.00	58		21	Annulla	BE BI
16.40.00	+10,0	20272	16.30.00	58	58-22-BE	22	✓ 58-22-BE	BE BI
16.42.00	+7,0	24949	16.35.00	74		2	Annulla	BE BI
16.45.00	0,0	2282	16.45.00	56		19	Annulla	BE BI
16.45.00	0,0	9524	16.45.00	56		13	Annulla	BE BI
16.50.00	+5,0	2017	16.45.00	52		4	Annulla	BE BI
16.50.00	0,0	2628	16.50.00	84		12	Annulla	✓ PR BE BI SE SI FI
16.52.00	0,0	2151	16.52.00	52		1	Annulla	BE
16.54.30	-0,5	9730	16.55.00	84		6	Annulla	✓ PR BE BI
16.55.00	0,0	24952	16.55.00	2		73	Annulla	BE BI
16.56.30	-2,5	9618	16.59.00	56		5	Annulla	BE BI
17.00.00	0,0	9631	17.00.00	15		57	Annulla	CT
17.00.30	+10,5	19	16.50.00	54		9	Annulla	BE BI SB
17.05.00	0,0	24951	17.05.00	74		2	Annulla	BE BI
17.05.00	0,0	2039	17.05.00	17		55	Annulla	BE BI SB

Figura 2.8 Monitor del terminale PIC del DO1 per il comando degli itinerari. gli scudetti indicano il punto d'ingresso nell'impianto, i rettangoli il binario di arrivo. Il colore blu indica treni in partenza e rosso treni in arrivo. I pulsanti all'estrema destra rappresentano le opzioni che si rendono disponibili per il comando dell'itinerario stesso

Capitolo 3

La circolazione nella stazione di Milano Centrale

La prima parte relativa allo studio dell'esercizio della nuova bretella per l'ingresso alternativo della linea Venezia nella stazione di Milano Centrale riguarda l'analisi dell'attuale programma di esercizio.

Un impianto come Milano Centrale punto di partenza e di arrivo di numerosi treni, gestisce indubbiamente un'elevata quantità di movimenti, indicativamente almeno due per ogni treno (uno di arrivo dalle linee presso la stazione e uno di partenza dalla stazione stessa). Tuttavia questa situazione ideale non si verifica sempre in quanto molti materiali in servizio che terminano la corsa presso tale impianto non svolgono immediatamente dopo l'arrivo un altro servizio viaggiatori (treno in ribattuta), ma devono essere condotti a ricovero. Similmente un treno avente origine dalla stazione di Milano Centrale il cui materiale non è effettuato dal materiale che ha svolto un treno immediatamente precedente, deve essere piazzato sui binari di tettoia tramite un movimento di piazzamento.

3.1 Movimenti di Circolazione e di Manovra

Per comprendere meglio la circolazione è opportuno suddividere i movimenti sia per tipologia che per caratteristiche.

Movimenti di Circolazione

Per movimenti di circolazione s'intendono i movimenti di arrivo e partenza di un treno. Tale movimento è comandato dal Dirigente Operativo 1 e Dirigente Operativo 2 della cabina ACEI, e non può essere parzializzato (cioè non può essere fatto per fasi ma prevede che venga percorso tutto ininterrottamente dal segnale di protezione al binario di arrivo o dal binario di partenza sino al segnale di piena linea).

Movimenti di Manovra

Per movimenti di manovra s'intendono tutti quei movimenti che non interessano treni e quindi che non interessano materiali che stanno svolgendo servizio passeggeri/commerciale. La maggior parte dei movimenti di manovra sono costituiti da movimenti di ricovero dei materiali, dopo che hanno svolto servizio viaggiatori presso i marciapiedi di stazione, che vanno dai binari di tettoia ai

binari di ricovero presso i fasci e da movimenti di piazzamento dei materiali dai fasci ricovero ai binari di tettoia al fine di effettuare servizio viaggiatori. Oltre ai movimenti elencati fanno però parte dei movimenti di manovra anche i movimenti di spostamento delle locomotive di stazione adibite permanentemente alla manovra e i movimenti dei locomotori isolati da e per il deposito locomotive presso la stazione di Milano Greco Pirelli.

Una considerazione importante è che tutti i movimenti di manovra vengono identificati dal numero del treno per cui sono fatti tali movimenti. Ogni movimento di manovra sarà quindi caratterizzato dal numero del treno corrispondente, e dunque ogni materiale/treno che effettua servizio presso Milano Centrale effettua quindi sicuramente un movimento di circolazione ma non necessariamente un movimento di manovra. Per determinare quanti movimenti sono necessari per ogni materiale/treno bisogna analizzare tutti i casi di possibile allacciamento dei materiali.

1. CASO A 1 movimenti di circolazione, 0 movimenti di manovra.

Tale caso è tipico dei materiali che effettuano sosta presso il marciapiede tra un servizio ed il successivo e non prevedono ricovero o piazzamento del treno. Il materiale in arrivo sarà quindi il materiale che eseguirà il treno successivo non necessariamente per la stessa destinazione da cui è giunto. Questo caso è tipico ma non esclusivo, dei materiali regionali e ETR e prevede solo un movimento di circolazione per treno (1 di arrivo e 1 di partenza) per complessivi 2 movimenti per materiale.

Per l'effettuazione di tale caso **condizione indispensabile** è la bidirezionalità del treno ovvero la presenza di cabina di guida su entrambi gli estremi del treno.

Caso particolare se il treno effettua solo sosta presso l'impianto ma non termina la corsa ne ha origine dall'impianto stesso. In questo caso il n° del treno rimane lo stesso ma effettua 2 movimenti di circolazione (per es. ESAV Torino-Milano-Roma)

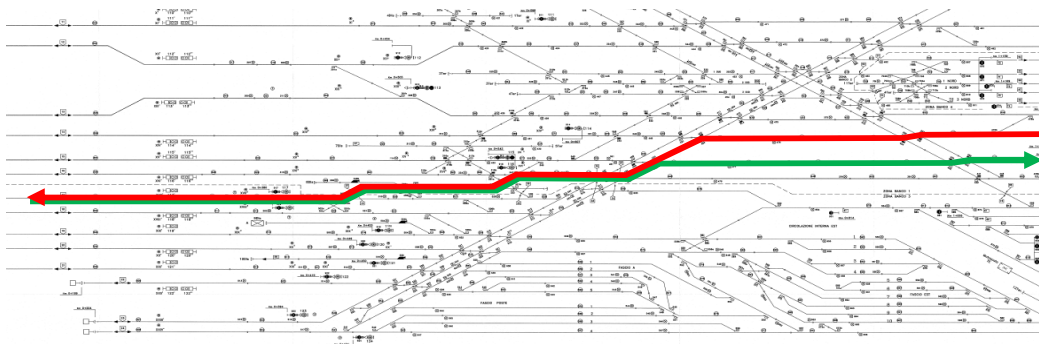


Figura 3.1 Movimenti descritti nel caso A

2. CASO B 1 movimento di circolazione, 1 movimento di manovra

Tale situazione è il caso di materiali che giunti all'impianto non effettuano immediatamente un altro servizio viaggiatori o ripartono per altra destinazione, ma devono esser condotti a ricovero. Al contrario è il caso di materiali che vengono piazzati sui binari di tettoia dai fasci di ricovero per l'effettuazione di un servizio commerciale.

Anche questa è la situazione tipica, ma non esclusiva, dei materiali che effettuano trasporto regionale che a differenza di prima, trascorrono buona parte della giornata presso l'impianto di Milano Centrale. Anche in questo caso è necessaria la condizione di bidirezionalità e quindi la presenza di cabine di guida a entrambi gli estremi del convoglio.

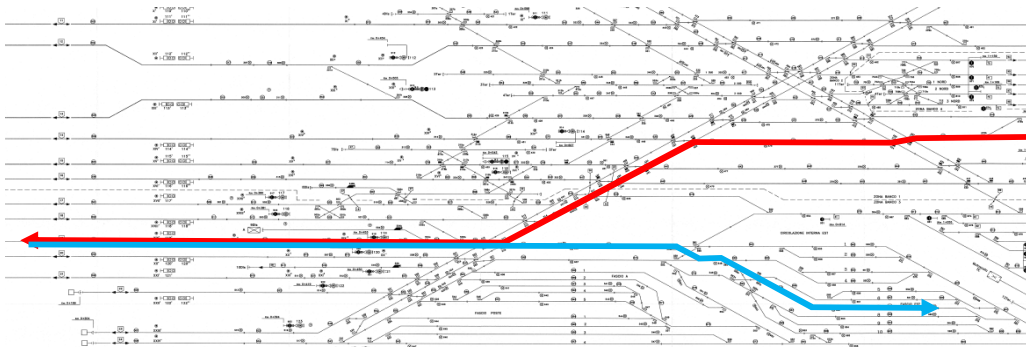


Figura 3.2 Movimenti descritti nel caso B

3. CASO C 1 movimento di circolazione, 2 movimenti di manovra

All'interno di questa casistica vi sono numerosi casi che conviene, per maggior chiarezza, esplicitare singolarmente:

➤ CASO C.1 Ricovero materiali da parte della locomotiva titolare con sosta presso i binari di disimpegno

In questo caso dopo l'arrivo del treno, il materiale viene spinto dalla locomotiva titolare presso uno dei fasci di ricovero, viene separata la locomotiva che poi autonomamente raggiunge i binari di disimpegno con un'unica manovra dove verrà ricoverata la locomotiva da parte del Personale di condotta.

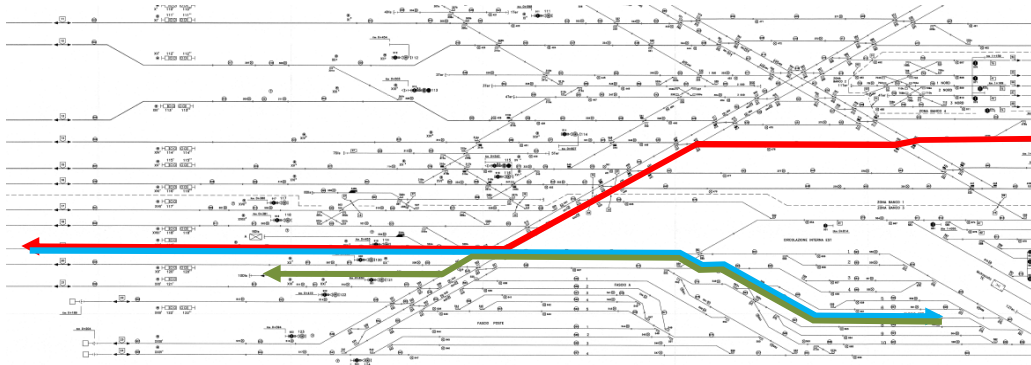


Figura 3.3 Movimenti descritti nel caso C.1

➤ CASO C.2 Piazzamento materiali da parte della locomotiva titolare con sosta presso i binari di disimpegno

Tale caso è l'opposto del caso precedente ovvero per il piazzamento di un treno in tettoia, la locomotiva che si trova a sostare presso un binario di disimpegno raggiunge autonomamente il materiale che forma il treno presso il fascio dove è ricoverato, viene agganciata in testa al treno con conseguente prova freno, e successivamente spinge il treno, ora completo, sui binari di tettoia per effettuare il servizio viaggiatori. In questo caso non è stato contato il movimento di retrocessione della locomotiva isolata alla testa del materiale in quanto è un movimento che avviene all'interno dei fasci di ricovero e non interessa punti critici per la circolazione della stazione.

Particolarità importante è che tale situazione a causa della conformazione del piazzale di Milano Centrale può avvenire solo presso i fasci laterali o presso il fascio di formazione treno della Martesana in quanto sono tutti fasci muniti di asta di manovra per il movimento di retrocessione dei locomotori finalizzato all'aggancio della locomotiva alla testa del treno.

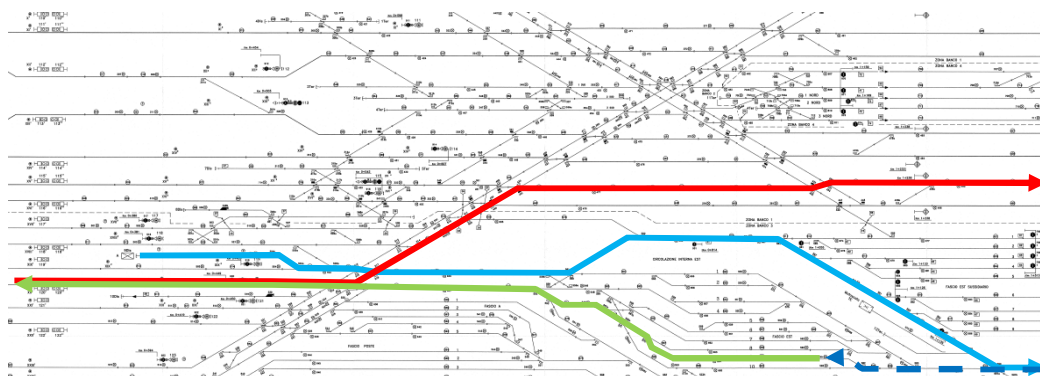


Figura 3.4 Movimenti descritti nel caso C.2 Il movimento tratteggiato non è stato conteggiato

CASO D 1 movimento di circolazione, 3 movimenti di manovra

Questa casistica racchiude quasi la totalità dei movimenti necessari per l'effettuazione di treni costituiti con materiali ordinari ovvero locomotiva più carrozze e rappresenta un'elevata percentuale di tutti i movimenti di manovra che si effettuano all'interno del posto di servizio. Visto l'elevato numero di casi, è bene analizzarli singolarmente:

➤ CASO D.1 Ricovero materiali da parte della locomotiva permanente di manovra e locomotiva diretta al Deposito Locomotive

Una volta giunto il treno in tettoia ed espletate tutte le operazioni da svolgersi presso il marciapiede, la locomotiva permanente di manovra si sposta dal fascio a cui normalmente è assegnata e si porta in coda al treno per l'aggancio. Il materiale viene quindi separato dalla locomotiva titolare e viene trainato nel fascio di ricovero. Una volta liberato il binario di tettoia la locomotiva isolata, seguendo i segnali di manovra si avvia verso il deposito locomotive. Tale situazione tuttavia è poco frequente in quanto spesso il materiale viene ricoverato dalla motrice titolare come descritto nel caso seguente.

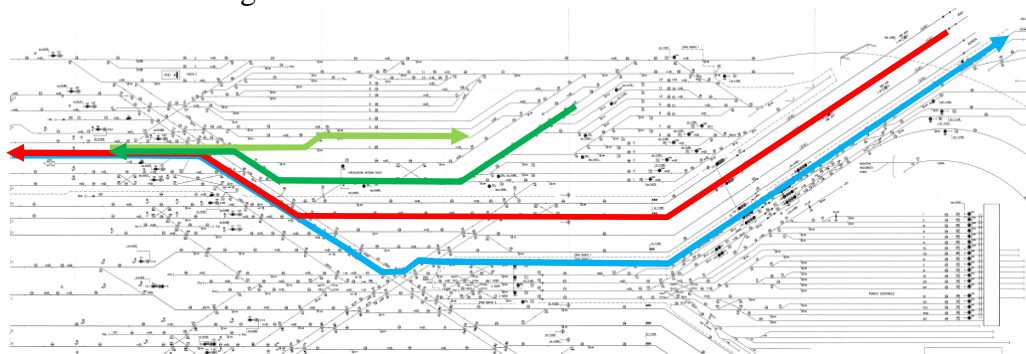


Figura 3.5 Movimenti descritti nel caso D.1

- CASO D.2 Ricovero materiale da parte della locomotiva titolare e locomotiva titolare diretta al Deposito Locomotive

Questo caso è il più frequente per movimenti di ricovero. Il treno giunto sui binari adibiti al servizio viaggiatori ed espletate tutte le formalità viene spinto dalla locomotiva titolare al fascio di ricovero. Posizionato il materiale sul binario del fascio, la locomotiva viene separata dal materiale e retrocede ai binari di tettoia o disimpegno se il ricovero avviene presso i fasci laterali, al piazzale locomotive se il ricovero avviene presso il Parco Martesana o ai segnali alti delle aste nord se il ricovero avviene presso il Parco Centrale. Da qui poi il personale di condotta effettua il cambio banco e si muove in senso contrario per raggiungere il deposito locomotive di Milano Greco Pirelli.

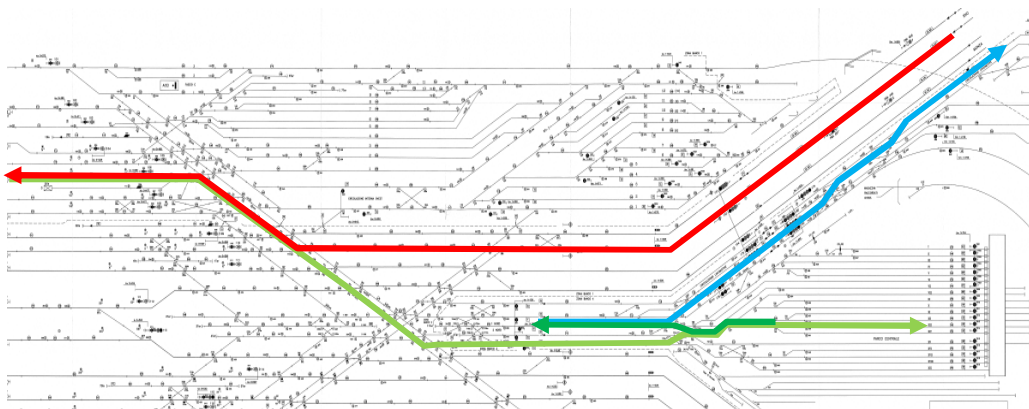


Figura 3.6 Movimenti descritti nel caso D.2

- CASO D.3 Piazzamento materiale da parte della locomotiva titolare e locomotiva titolare proveniente dal Deposito Locomotive

Tale caso si verifica per i tutti i treni che vengono composti nei fasci laterali e nel parco Martesana ed effettuano prova freno presso tali fasci. La locomotiva isolata provenendo dal Deposito Locomotive raggiunge il piazzale locomotive se il materiale per l'effettuazione del treno si trova nel fascio Martesana o i binari di disimpegno/tettoia se il materiale è ricoverato presso i fasci laterali. In seguito si avvia in senso opposto all'interno del fascio ad impegnare l'asta di manovra e quindi retrocedere fino alla testa del treno per l'aggancio della locomotiva e prova freno. Effettuate tutte le verifiche necessarie il treno viene quindi spinto dalla locomotiva titolare sui binari di tettoia per il carico passeggeri. Anche in questo caso non è

stato contato il movimento di retrocessione della locomotiva isolata alla testa del materiale in quanto è un movimento che avviene all'interno dei fasci di ricovero e non interessa punti critici per la circolazione della stazione.

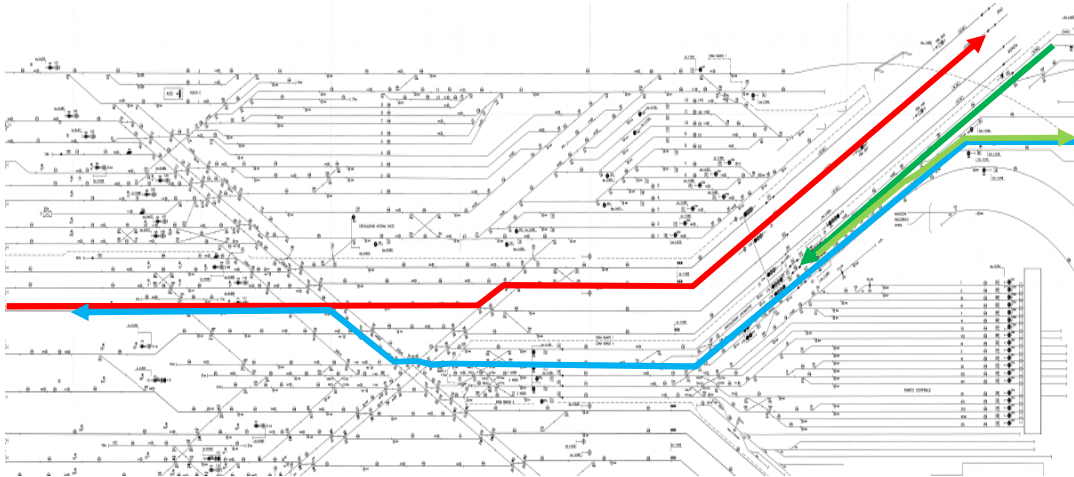


Figura 3.7 Movimenti descritti nel caso D.3

- CASO D.4 Piazzamento materiale da parte della locomotiva permanente e locomotiva titolare proveniente dal Deposito Locomotive

Tale caso si verifica per il piazzamento di materiali ordinari ricoverati presso il Parco Centrale e presso i fasci laterali. Il materiale ricoverato al Parco Centrale che effettuerà il treno viene prelevato dalla locomotiva permanente di manovra assegnata generalmente al fascio di stazionamento e portato sulle aste nord. Una seconda permanente aggancia il treno in coda contemporaneamente allo sgancio della permanente in testa e la sua liberazione. Questa operazione definita “salto della permanente” è necessaria in quanto una volta posizionato il materiale sui binari di tettoia, se questo è stato trainato, la locomotiva di manovra vi rimane “imprigionata” nel binario sino alla liberazione dello stesso conseguente alla partenza del treno. Tuttavia in quanto tale operazione che si svolge presso le aste nord, in caso di piazzamenti di materiali in ritardo rispetto all’orario programmato non viene effettuata. All’interno della raccolta dati tale movimento non è stato contato in quanto interessa solo le aste nord e i binari di 1° e 2° sosta. Nel caso il materiale sia ricoverato presso i fasci laterali non è necessaria l’operazione di salto della permanente in quanto la locomotiva impegnando le rispettive aste di manovra può posizionarsi sempre in coda al materiale e spingere questo sui binari di tettoia. Una volta posizionato il materiale sul binario di tettoia, la

locomotiva adibita permanentemente alla manovra viene sganciata e inoltrata al fascio di deposito. Contemporaneamente la locomotiva titolare giunge dal Deposito Locomotive al binario di stazionamento del materiale per l'aggancio della locomotiva, prova freno e spunta del materiale. Il treno quindi completo può quindi partire all'orario previsto per la propria destinazione

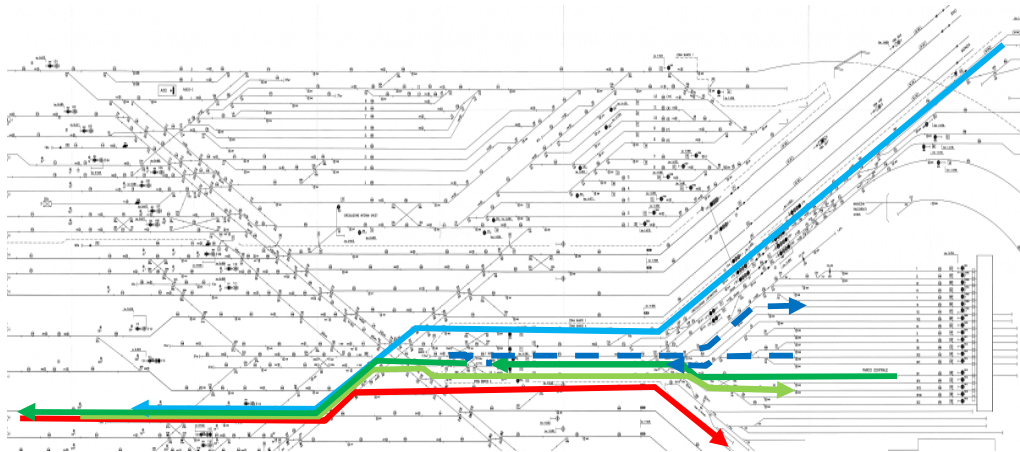


Figura 3.8 Movimento descritto nel caso D.4 con evidenza del “salto della permanente” (linea blu tratteggiata)

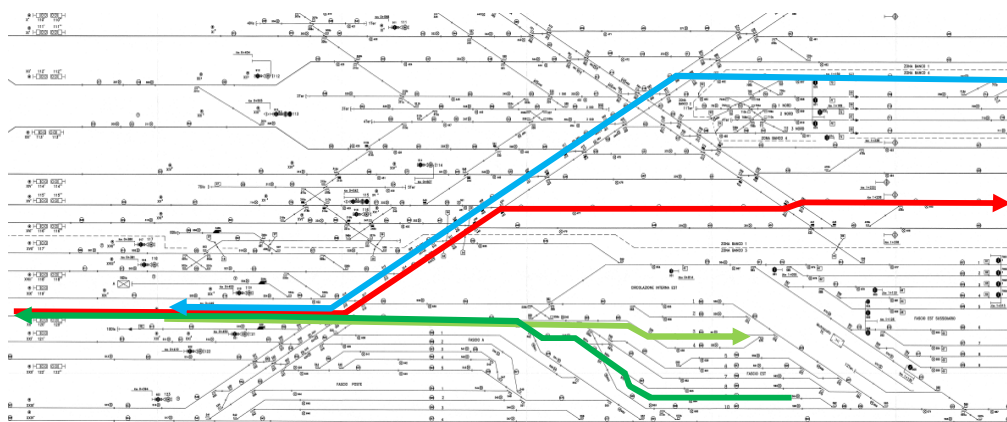


Figura 3.9 Movimenti descritti nel caso D.4 per piazzamento dai fasci laterali

4. CASO E 1 movimento di circolazione, 4 movimenti di manovra
 Questa casistica racchiude i casi non elevati di movimenti necessari per l'effettuazione di treni composti da materiali ordinari ricoverati/piazzati con locomotiva permanente di manovra la cui locomotiva non proviene o ha destinazione il deposito locomotive ma viene immobilizzata in uno dei binari di disimpegno. E' utile la distinzione tra ricovero e piazzamento.

➤ CASO E.1 Ricovero materiale da parte della locomotiva permanente e locomotiva titolare destinata ai binari di disimpegno

Giunto il treno in stazione la locomotiva permanente di manovra esce dal fascio di ricovero di assegnazione e si porta alla coda del treno aggancia il materiale e lo traina sul binario del fascio di ricovero. Una volta liberato il binario la locomotiva titolare per posizionarsi in un binario di disimpegno che non possa raggiungere direttamente dal binario di stazione deve procedere sino ad un binario di attestazione che può esser costituito dalle circolazioni esterne dei fasci o dalle aste nord, effettuare il cambio banco, e procedere in direzione opposta verso il binario di disimpegno.

➤ CASO E.2 Piazzamento materiale da parte della locomotiva permanente e locomotiva titolare proveniente dai binari di disimpegno

Tale situazione è speculare rispetto alla precedente. Il materiale viene piazzato sui binari di tettoia spinto dalla permanente che ha prelevato il materiale dal fascio di ricovero, immobilizza, sgancia il materiale e ritorna la fascio di provenienza.

Contemporaneamente la locomotiva titolare uscito dal binario di disimpegno, se non può raggiungere direttamente il binario di stazione dove si trova il materiale, procede sino ad un binario d'attestazione costituito o dalle aste nord o dalle circolazioni esterne dei fasci e quindi effettuato il cambio banco procede sino al materiale per aggancio locomotiva e prova freno.

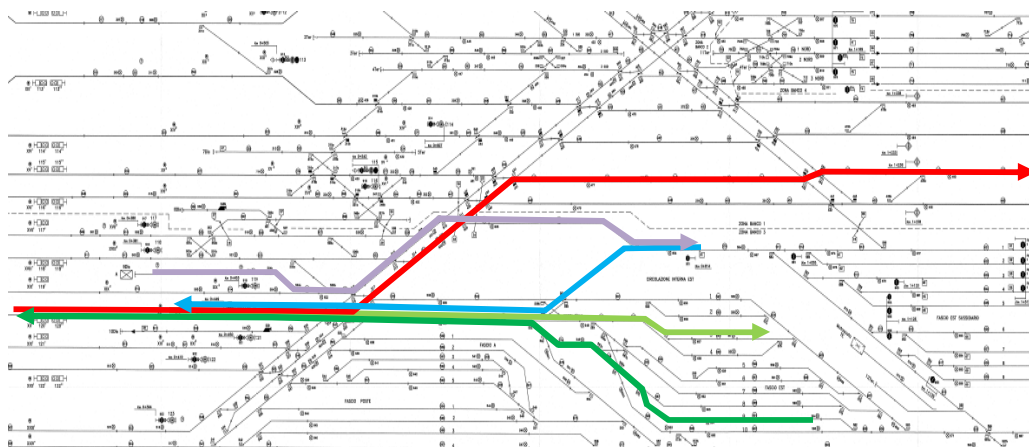


Figura 3.10 Movimenti descritti nel caso E.2

5. CASO F Casi particolari

All'interno dei casi particolari si racchiudono tutti quei movimenti di manovra o che non prevedono il ricovero o piazzamento di materiali o non prevedono affatto movimenti di circolazione.

➤ CASO F.1 Treno effettuato con materiale ordinario senza ricovero

Tale caso può essere definito un caso misto in quanto il materiale in arrivo che ha svolto servizio viaggiatori non viene trainato o spinto a ricovero ma svolge immediatamente il successivo treno. Non essendo però materiale bidirezionale necessita il cambio della locomotiva. Prima di effettuare il servizio successivo la locomotiva titolare si porta sul binario dove staziona il materiale attraverso 1 movimento di manovra se proviene dal Deposito locomotive o da un binario di disimpegno direttamente collegato al binario di stazionamento del materiale, oppure tramite 2 movimenti di manovra qualora si trovi su altri binari di disimpegno attraverso le stesse manovre dei locomotori provenienti da binari di disimpegni esposti al punto precedente. Giunto al binario avviene lo sgancio della locomotiva del treno precedente, l'aggancio della locomotiva titolare del successivo treno e la prova freno. Partito il treno e liberato il binario, la locomotiva titolare del treno precedente tramite 1 movimento di manovra raggiunge il Deposito Locomotive o il binario di disimpegno se direttamente collegato, oppure tramite 2 movimenti di manovra raggiunge il binario di disimpegno come illustrato nel punto precedente.

➤ CASO F.2 Casi che non prevedono movimenti di circolazione

Situazioni che non prevedono movimenti di circolazione sono casi di spostamento di materiali da un punto ad un altro della stazione oppure movimenti di locomotori isolati dai disimpegni per il Deposito locomotive che però non sono stati conteggiati a causa dell'esiguo numero e della loro assoluta non programmazione. Tuttavia bisogna predisporre degli intervalli di tempo all'interno della giornata per la loro effettuazione.

3.2 Tempistica dei movimenti

Per ogni Posto di Servizio gestito da RFI tutti i movimenti sono programmati e schedati all'interno del Prospetto Entrata e Uscita Treni (Mod M53) opportunamente redatto dal Reparto Territoriale Movimento che gestisce la stazione. In tale documento sono indicati tutti i treni che svolgono servizio presso il Posto di Servizio con indicazione dell'orario di arrivo, binario di

ricevimento/partenza, periodicità, sosta materiale, turno materiale, composizione, tipologia di manovra se necessaria. Il modello M53 è frutto di un attenta programmazione in funzione delle esigenze/caratteristiche della stazione e in modo di poter sfruttare a pieno regime e nelle sue massime potenzialità la stazione stessa. Dal modello M53 si estraggono tutti i treni che, da programma, richiedono almeno un movimento di manovra e per ogni singolo treno si è provveduto a definirne tutti i movimenti necessari ad ogni Punto Orario. Per Punto Orario s'intende un luogo del piazzale della stazione che deve essere impegnato dal treno ad un preciso istante orario o entro un preciso istante.

Per ogni singolo treno si è provveduto quindi inizialmente a descrivere e conteggiare tutti i movimenti di manovra necessari differenziandosi in tutti i casi precedentemente esposti.

Identificati tutti i singoli movimenti per ogni treno, si è provveduto a definire tutti gli istanti orario in cui impegnare i Punti Orario finalizzati a far sì che il treno possa partire secondo quanto programmato nel caso di piazzamento di materiale, o a iniziare tutte le operazioni di ricovero a partire dall'orario di arrivo del materiale, per quanto riguarda i treni in arrivo. Considerando che i movimenti di manovra possono essere parzializzati si è provveduto a definire gli istanti orario solo per i punti in cui si effettua l'inversione della marcia del convoglio e non per i punti di transito.

Un prima divisione necessaria per definire gli istanti d'inizio dei movimenti è suddividerli in movimenti di ricovero e movimenti di piazzamento.

3.2.1 Movimenti di ricovero.

Per definire l'istante temporale d'inizio del movimento di ricovero bisogna comprendere presso quale fascio viene portato a ricovero il materiale. Se il materiale viene ricoverato presso i fasci laterali (generalmente materiale per servizio regionale) il movimento di ricovero del materiale può avvenire dopo 20 min. dall'orario di arrivo del treno altrimenti se ricoverato presso il parco centrale o l'impianto Martesana il ricovero avviene dopo 30 minuti dall'arrivo del treno (materiale per servizio a lunga percorrenza). Questi tempi sono necessari per espletare tutte le operazioni di scarico passeggeri e preparazione del convoglio per la manovra. Nell'ipotesi di ricovero di materiale bidirezionale (CASO B) questi sono gli unici movimenti di manovra richiesti. Nel caso di ricovero di Materiale Ordinario (MO) presso i fasci si sono stabiliti altri istanti orario a partire dall'orario d'inizio del movimento di ricovero.

Nel ricovero di MO presso il Parco Centrale (CASO D.2), dall'istante d'inizio del movimento di manovra sono stati conteggiati 10 minuti di percorrenza dal binario di tettoia al binario del fascio e altri 10 minuti per lo sgancio della locomotiva titolare (per un totale di 20 minuti) dopo i quali la locomotiva è autorizzata al movimento di regressione fino ai segnali alti di manovra delle aste Nord.

Se il materiale viene ricoverato presso il parco Martesana sono stati conteggiati 20 minuti di percorrenza e 10 minuti per lo sgancio della locomotiva titolare (per un totale di 30 minuti) dopo il quale la locomotiva può ritornare ai segnali alti del Piazzale Locomotive. Per il raggiungimento di questi punti orario sono stati conteggiati 5 minuti di percorrenza (per un totale di 25 minuti per il ricovero in Parco Centrale e 35 minuti per il ricovero in Martesana) dopo i quali la locomotiva, invertito il verso di percorrenza, può esser autorizzata a riprendere la marcia nel senso contrario per esser inviata tramite la linea Circolazione Locomotive al Deposito Locomotive.

Nel caso di ricovero di MO presso i fasci laterali sono invece stati conteggiati, sempre dall'istante d'inizio del movimento di manovra, 5 minuti di percorrenza per lo spostamento del materiale dai binari di tettoia ai binari del fascio di ricovero e 5 minuti per lo sgancio della locomotiva e l'immobilizzo del convoglio (per un totale di 10 minuti) dopo il quale la locomotiva può iniziare il movimento di regressione su uno dei binari di tettoia o di disimpegno. Per il raggiungimento di tali punti orario, sono stati conteggiati ancora 5 minuti di percorrenza (per un totale di 15 minuti) al termine del quale la locomotiva può invertire la marcia e tramite i segnali alti di manovra o i segnali di 1° categoria, esser inviata, percorrendo la linea circolazione locomotive, al deposito locomotive.

Se il ricovero del materiale invece avviene tramite l'utilizzo della locomotiva di stazione adibita permanentemente alla manovra (CASO D.1) gl'istanti temporali sono conteggiati in modo diverso. Per iniziare il movimento di ricovero all'ora prevista è stato conteggiato che 10 minuti prima dell'inizio del movimento di manovra, la locomotiva deve esser giunta al binario di tettoia per l'aggancio del materiale. Conteggiando 5 minuti per percorrere l'istadamento dal fascio di stazionamento al binario di tettoia, la locomotiva, 15 minuti prima dell'inizio del movimento di ricovero, deve esser inoltrata al binario del fascio viaggiatori. Complesate le operazioni di ricovero la locomotiva isolata che ha trainato il treno, dopo 10 minuti dall'inizio del movimento di manovra, può esser inviata al deposito locomotive.

Nel caso in cui la locomotiva non deve esser inoltrata al deposito locomotive ma ad uno dei binari di disimpegno (CASO C.1), se effettua il ricovero del materiale, una volta sganciata dalle vetture, può esser inoltrata da subito al binario di sosta, considerando che per coprire la percorrenza dal fascio al binario di disimpegno sono stati conteggiati 5 minuti. Se invece la locomotiva non deve effettuare nessun movimento di ricovero (CASO F.1), per raggiungere il binario di sosta deve effettuare 2 movimenti di manovra, come illustrato nei casi sopra, della durata di 5 minuti cadauno. Tuttavia tali movimenti, interferendo con la circolazione dei treni non è necessario che siano conseguenti ma possono essere

effettuati nel rispetto del principio di non compromissione della circolazione ferroviaria.

3.2.2 Movimenti di Piazzamento

Per la definizione degli istanti temporali dei movimenti di piazzamento invece si è proceduto alla definizione degli istanti a partire dall'orario di partenza del treno.

Innanzitutto si è stabilito un orario minimo di presentazione in tettoia prima della partenza dei treni, tale per cui si possano svolgere tutte quelle sequenze di operazioni da permettere la partenza puntuale del treno. Per tale ragione si è conteggiato come tempi minimi di piazzamento in tettoia 50 minuti per i treni effettuati con MO e che devono effettuare prova freno in tettoia, 30 minuti per i materiali bidirezionali o MO che hanno effettuato la prova freno presso il fascio di formazione e 20 minuti per i treni ETR o che svolgono servizio regionale (quindi materiale bidirezionale).

Per consentire il piazzamento dei materiali che effettuano servizio regionale (bidirezionale) generalmente ricoverati presso i fasci laterali, sono stati conteggiati 5 minuti di percorrenza, per cui 25 minuti prima della partenza del treno il materiale deve essere istradato verso i binari di tettoia (CASO B). Per il piazzamento dei materiali ETR o bidirezionali in servizio passeggeri a lunga percorrenza, pur necessitando degli stessi movimenti di manovra poiché devono effettuare il carico delle vivande, 45 minuti prima della partenza iniziano il movimento di manovra per esser posizionati lungo binari di tettoia.

Nel caso invece di treni effettuati con MO bisogna scindere i casi a seconda della provenienza del materiale e quindi del luogo dove viene effettuata la prova freno.

Nella situazione in cui il materiale sia ricoverato presso l'impianto formazione treno della Martesana (CASO D.3) e abbia effettuato la prova freno e aggancio locomotiva presso tale impianto, 45 minuti prima della partenza deve iniziare il movimento d'oltro sui binari di tettoia. Per effettuare la prova freno la locomotiva deve presentarsi alla testa del convoglio minimo 30 minuti prima dell'inizio del movimento di piazzamento (75 minuti prima della partenza), e di conseguenza, essendo stati conteggiati 10 minuti di percorrenza per inoltrare la locomotiva dal Piazzalotto Locomotive alla testa del treno, 85 minuti prima della partenza la locomotiva deve esser pronta ai segnali alti di manovra del Piazzalotto Locomotive. Impiegando ulteriori 5 minuti di percorrenza dal punto di termine della linea Circolazione Locomotive (ingresso zona di giurisdizione cabina ACEI) al Piazzalotto Locomotive, 90 minuti prima della partenza la locomotiva si deve annunciare alla protezione di Milano Centrale in modo tale da poter effettuare tutte le operazioni necessarie nei tempi previsti al fine di licenziare il treno in orario.

Nel caso il materiale per l'effettuazione del treno sia ricoverato presso il Parco Centrale o i parchi laterali e sia piazzato con l'utilizzo della locomotiva permanente di manovra (CASO D.4), 60 minuti prima della partenza del treno il materiale inizia il movimento di piazzamento. Come già detto non vengono conteggiati gli istanti temporali dell'operazione di "salto" della locomotiva adibita permanentemente alla manovra (solo per il Parco Centrale). Conteggiati 5 minuti di percorrenza e 5 minuti per lo sgancio della locomotiva, dopo 10 minuti dall'istante d'inizio del movimento di manovra, (50 minuti dalla partenza del treno) la locomotiva adibita alla manovra, invertita la marcia, si avvia al fascio di provenienza.

Se la locomotiva titolare del treno proviene dal Deposito Locomotive 50 minuti prima della partenza del treno deve presentarsi ai segnali di protezione di Milano Centrale in modo da poter essere subito inoltrata al binario di tettoia ed effettuare l'aggancio della locomotiva e la prova freno presso il binario di marciapiede (tempo necessario 30 minuti). Ovviamente tale operazione può essere effettuata solo se la locomotiva di manovra che ha spinto il treno sia già stata inoltrata al fascio di ricovero.

Nel caso in cui il materiale non venga spinto ai binari di tettoia dalla locomotiva adibita permanentemente alla manovra ma venga trainato, la locomotiva staziona sul binario di tettoia fino alla partenza del treno e solo dopo 10 minuti dalla partenza potrà essere inoltrata al fascio di provenienza.

Non sempre la locomotiva titolare del treno proviene però dal deposito locomotive ma anche dai binari di disimpegno. Se la locomotiva in disimpegno deve effettuare l'aggancio di materiale e prova freno presso il Parco Martesana o i fasci laterali (CASO C.2), 90 minuti prima della partenza del treno dovrà muoversi in direzione del fascio per portarsi alla testa del materiale ed effettuare l'aggancio al treno. Se invece il materiale è stato piazzato sui binari di tettoia dalla locomotiva di manovra, 50 minuti prima della partenza deve uscire dal binario di disimpegno ed effettuare i due movimenti di manovra (CASO E.2) entro 10 minuti, in modo da presentarsi alla testa del convoglio 40 minuti prima della partenza e poter effettuare a prova freno nei tempi previsti.

Il caso E.1 non si effettua mai e il caso D.1 in realtà non si verifica quasi mai (solo 3 treni) in quanto si tende a sfruttare la locomotiva titolare del treno per ricoverare il materiale presso il fascio di ricovero sia se questo sia poi diretto al deposito locomotive o ad un binario di disimpegno.

Un riassunto degli istanti temporali dei movimenti di ricovero e piazzamento si può trovare nelle Tabella 3.1, Tabella 3.2, Tabella 3.3.

Tabella 3.1 Tabella esplicativa delle tempistiche riferite ai movimenti di ricovero

Istanti orario dei movimenti di ricovero (dall'ora di arrivo del treno)		
Inizio movimento di manovra	+ 20 min	per i fasci laterali
Inizio movimento di manovra	+ 30 min	per il Parco Centrale /Parco Martesana
Inizio movimento PC - aste nord	+ 50 min	
Inizio movimento Parco Martesana – Piazzaleto	+ 60 min	
Inizio movimento fasci laterali – binari tettoia / disimpegno	+ 10 min	
Inizio movimento aste nord – deposito locomotive	+ 55 min	
Inizio movimento Piazzaleto – deposito locomotive	+ 65 min	
Inizio movimento binari tettoia /disimpegno – deposito locomotive	+ 15 min	
Inizio movimento locomotiva di manovra fascio ricovero- binari tettoia	+ 5 min	per i fasci laterali
Inizio movimento locomotiva di manovra fascio ricovero- binari tettoia	+ 15 min	per il Parco Centrale /Parco Martesana
Inizio movimento locomotiva isolata binari tettoia – deposito locomotive	+ 30 min	per i fasci laterali
Inizio movimento locomotiva isolata binari tettoia – deposito locomotive	+ 40 min	per il Parco Centrale /Parco Martesana

Tabella 3.2 Tabella esplicativa delle tempistiche riferite ai movimenti di piazzamento

Istanti orario dei movimenti di piazzamento (dall'ora di partenza del treno)		
Inizio movimento di manovra	- 20 min	per i treni bidirezionali servizio regionale
Inizio movimento di manovra	- 45 min	per i treni ETR
Inizio movimento di manovra	- 45 min	Per i treni bidirezionali o che hanno effettuato prova freno presso i fasci in servizio pax lunga distanza
Inizio movimento di manovra	- 60 min	MO spinto/trainato dal la locomotiva di manovra
Inizio movimento locomotiva Piazzaleto – Parco Martesana	- 85 min	
Inizio movimento deposito locomotive – Piazzaleto	- 90 min	
Inizio movimento locomotiva di manovra binari tettoia – fasci ricovero	- 50 min	
Inizio movimento locomotiva titolare deposito locomotive – binari tettoia	- 60 min	
Inizio movimento locomotiva titolare deposito locomotive – binari disimpegno / tettoia	- 90 min	per aggancio materiale/prova freno presso i fasci laterali
Inizio movimento locomotiva titolare binari disimpegno / tettoia – fasci laterali	- 85 min	per aggancio materiale/prova freno presso i fasci laterali

Tabella 3.3 Tabella relativa dei tempi minimi di presentazione in tettoia

Tempi minimi di arrivo in tettoia prima della partenza	
Treni effettuati con materiale ordinario e devono effettuare prova freno in tettoia	50 min
Treni che hanno effettuato prova freno presso i fasci di formazione o materiali bidirezionali	45 min
Treni effettuati da materiale ETR o bidirezionale per servizio regionale	25 min

3.2.3 Validazione dei dati

Tutti i movimenti di manovra sono in seguito confluiti, insieme a tutti i movimenti già programmati nel prospetto di entrata e uscita treni (M53), in un unico documento in modo da ottenere uno studio in cui fossero presenti tutti i movimenti che avvengono all'interno dalla stazione di Milano Centrale. I movimenti di manovra descritti e conteggiati all'interno del presente lavoro successivamente sono stati validati e controllati.

Per validare tutti gli orari d'inizio dei movimenti di piazzamento e ricovero sono stati recuperati i registri dei ricoveri e piazzamenti che i deviatori dei banchi 1,3,4 e l'Apposito Incaricato devono redigere durante il loro turno. In ogni registro i deviatori sopraelencati per ogni piazzamento o ricovero redigono un verbale in cui annotano il n° del treno che effettua la manovra, l'orario in cui il treno si dichiara pronto a eseguire la manovra (pronto manovra) e l'orario di fine manovra.

Si è scelto di recuperare i dati relativi a 4 lunedì in particolare lunedì 21/6, 28/6, 5/7, 12/7. Per ogni treno si è provveduto a trascrivere l'orario d'inizio manovra e a trarne una media dell'orario d'inizio movimento di piazzamento/ricovero. Dai dati rilevati sul campo si è provveduto a eliminare i dati contaminati. Per ognuna delle giornate dette infatti si è recuperato il modello M42, ovvero il prospetto entrata e uscita treni a consuntivo, eliminando quindi i dati delle manovre dei treni che hanno subito ritardi in partenza dovuto a tardati piazzamenti, o i dati di ricovero di treni che sono giunti presso l'impianto in forte ritardo e che giustificano il ritardato orario di ricovero.

Con i dati depurati si è provveduto a calcolare la media statistica dell'orario d'inizio manovra e a effettuare un confronto tra questo e il dato calcolato dallo studio secondo i tempi standard.

Da una analisi effettuata ne è risultato che 80,23% dei treni che hanno effettuato manovre sono stati ricoverati prima dell'orario previsto, liberando i binari di tettoia in anticipo rispetto al programmato e sono stati piazzati prima del previsto. Tale dato, espresso meglio in forma disaggregata nella Figura 3.11, oltre a indicare un buon margine operativo da poter utilizzare in caso di criticità, in realtà dimostra anche come molti materiali devono essere piazzati in tettoia in anticipo rispetto al previsto in quanto le esigenze di circolazione richiedono dei

piazzamenti molto anticipati onde evitare d'intralciare la circolazione dei treni in momenti critici.

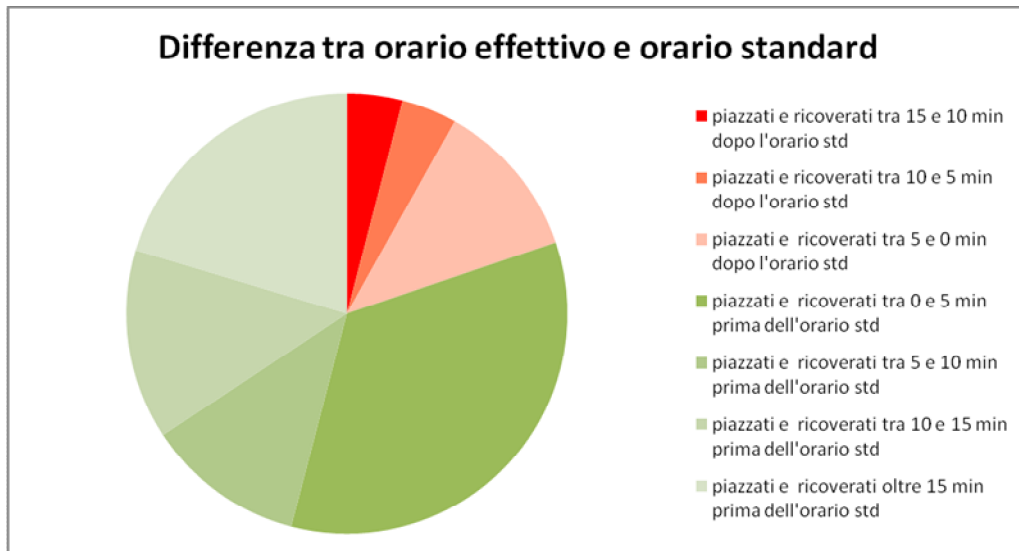


Figura 3.11 Grafico di confronto del circolato rispetto ai tempi di specifica

Tutti i treni che sono risultati piazzati/ricoverati dopo l'orario standard sono stati analizzati separatamente. I treni che hanno registrato un ritardo nell'orario d'inizio movimento di manovra inferiore ai 5 minuti sono stati conteggiati in orario per il relativo basso impatto che hanno provocato sulle operazioni conseguenti. Per tutti gli altri treni è stato valutato ogni singolo caso e si è concluso che comunque tutti i piazzamenti hanno permesso di effettuare tutte le operazioni necessarie nei tempi previsti. Per quanto concerne i ricoveri solo pochissimi casi sono risultati in ritardo rispetto ai tempi previsti e comunque non tali da giustificare una revisione dei dati relativamente a quel treno.

Si è quindi optato nel mantenimento degli orari di piazzamento e ricovero precedentemente calcolati.

Successivamente si è analizzato la gestione dei disimpegni. Le locomotive che da programma si muovono all'interno di Milano Centrale sono 81. Di questi 30 provengono dal deposito locomotive per esser agganciate al materiale ordinario sia nei fasci laterali che nei sui binari di tettoia, 31 vengono inoltrate verso il deposito locomotive a conclusione del proprio servizio e 20 vengono immobilizzate presso i disimpegni per effettuare 43 treni (si noti che nel conto sono stati conteggiati tutti i treni indipendentemente dalla loro periodicità. In realtà quindi i 20 locomotive che non vanno in deposito effettuano un totale di 40 treni).

In funzione della circolazione e dei treni collegati alle locomotive si è provveduto a definire l'orario d'inizio manovra per il raggiungimento dei disimpegni o di uscita da questi per il raggiungimento dei binari di tettoia e una

possibile programmazione della loro occupazione. In seguito si è provveduto a redigerne un orario grafico (vedi Figura 3.12)

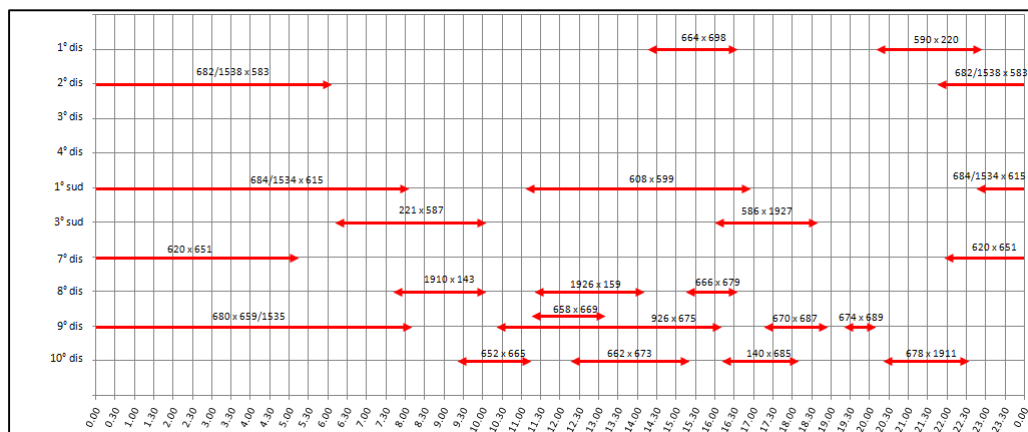


Figura 3.12 Orario grafico del turno locomotive in tettoia

3.3 Analisi dei Dati

A conclusione di tutto si è giunti alla produzione di un documento all'interno del quale sono stati conteggiati 405 movimenti di manovra che interessano il piazzale della stazione di Milano Centrale che corrispondono a 208 treni su un totale di 563 treni prodotti durante le 24 ore. Per ogni movimento è stato definito un punto d'inizio e un punto di fine ed un istante orario al quale iniziare il movimento di manovra descritto, con indicazione di quale locomotiva deve effettuare la manovra stessa.

Dai dati in possesso si sono poi generate delle statistiche. Si è provveduto a redigere un istogramma dal quale s'identificano tutti i movimenti di manovra che si svolgono all'interno della stazione di Milano Centrale per ogni mezz'ora lungo tutte le 24 ore della giornata (Figura 3.14). In seguito si è provveduto a diagrammare all'interno di un nuovo istogramma i movimenti di ricovero e piazzamento anch'essi divisi per fasce orarie di mezz'ora (Figura 4.15). All'interno del secondo grafico ovviamente non saranno presenti i movimenti dei locomotori relativi ai materiale che non vengono ne piazzati ne condotti a ricovero (CASO F.2).

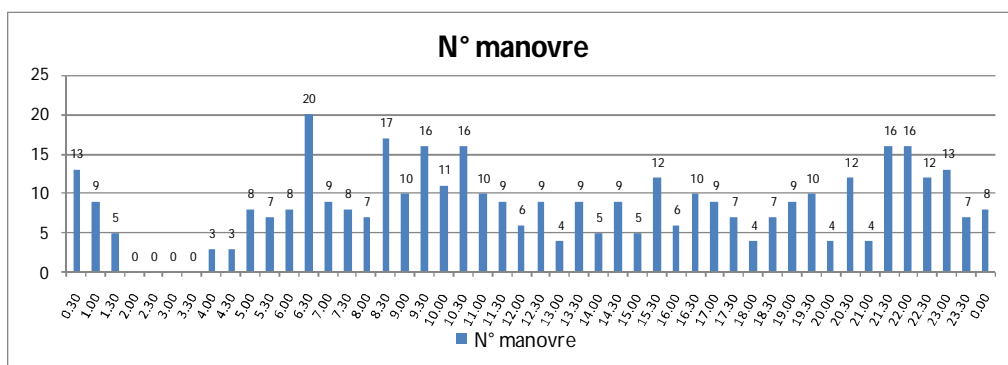


Figura 3.14 Istogramma del numero di manovre effettuate nell'impianto in 24h

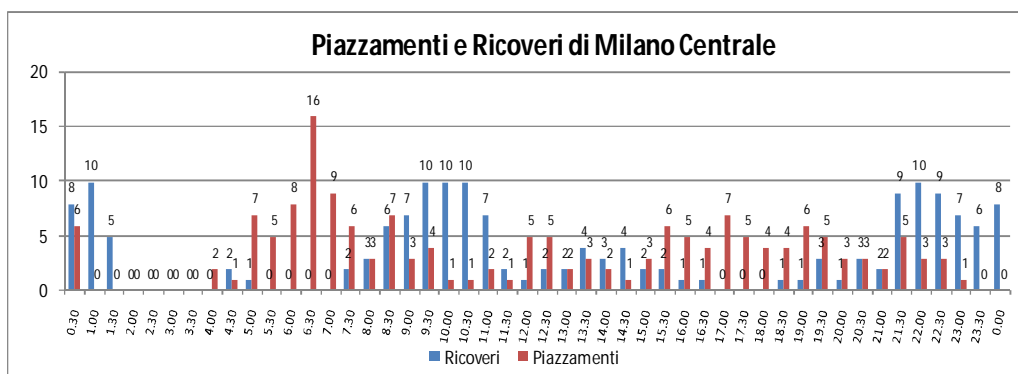


Figura 3.13 Istogramma del numero di manovre nelle 24h suddivise per movimenti di piazzamento e ricovero

In ultimo si è voluto valutare quanto il materiale ordinario incida sui movimenti di manovra per identificare i possibili margini di miglioramento e dove si possa intervenire per aumentare i treni prodotti.

Su un totale di 238 treni che necessitano di almeno un movimento di manovra nella stazione di Milano Centrale, 69 treni sono effettuati con materiale ordinario di cui 36 ricoveri e 33 piazzamenti (tale differenza è dovuta alla presenza di alcuni treni che vengono effettuati tutti i giorni della settimana ma nel week-end cambiano numerazione e sono stati conteggiati come due treni singoli).

33 Ricoveri su 36 sono effettuati con spinta da parte della locomotiva titolare, mentre 16 piazzamenti e chiusure locomotore su 34 effettuano l'aggancio e la prova freno presso il fascio Martesana e i fasci laterali. In particolare su un totale di 405 movimenti di manovra che avvengono all'interno dell'impianto, 163 movimenti sono necessari per il piazzamento/ricovero presso i fasci dei treni effettuati con materiale ordinario pari al 40,25% del totale, mentre 44 movimenti di manovra sono necessari per i treni che effettuano chiusura

locomotore e prova freno presso i fasci laterali o Martesana pari al 10.86% delle manovre.

Confrontando tale dato con le percentuali di treni prodotti i treni effettuati con MO su tutti i treni prodotti nella stazione ammonta al 22.27 % contro 6.72% dei treni prodotti che effettuano prova freno e chiusura presso i fasci

Tabella 3.4 Tabella riepilogativa dei movimenti di manovra

Treni effettuati con materiale ordinario ricoverati e piazzati da locomotiva di manovra	Treni effettuati con materiale ordinario e piazzati con locomotiva titolare e aggancio/prova freno presso i fasci formazione	
N° treni	N° treni	Totale
53	16	69
Movimenti necessari	Movimenti necessari	
163	44	207
% delle manovre necessarie sulle manovre totali	% delle manovre necessarie sulle manovre totali	
40,25%	10,86%	
% dei treni su tutti i treni lavorati	% dei treni su tutti i treni lavorati	
22,27%	6,72%	

Un dato disaggregato per quanto riguarda i treni effettuati con MO è esposto nella sottostante tabella

Tabella 3.5 Tabella riepilogativa dei movimenti di manovra suddivisi per fasci di ricovero

Fascio di ricovero	N° Ricoveri	N° piazzamenti con permanente di manovra	N° piazzamenti senza permanente di manovra
EST	3	1	1
OVEST	5	2	2
MARTESANA	15	2	13
PC	12	7	0
EST S	0	3	0
OVEST S	1	2	0
TOT	36	17	16

In aggiunta a tali movimenti si devono aggiungere 59 movimenti manovra effettuati da locomotive isolate per l'effettuazione di 34 treni il cui materiale non necessita di movimenti di ricovero/piazzamento ma che non essendo bidirezionali prevedono l'aggancio della locomotiva e prova freno.

Da tali dati si possono effettuare alcune considerazioni in merito ai possibili margini di miglioramento. Sicuramente in prima analisi si può intervenire sui treni che necessitano solo dei movimenti di locomotive isolate. Tali treni infatti se fossero tutti bidirezionali potrebbero esser eliminati completamente. Questo si tradurrebbe in un risparmio di 20,65 min di utilizzo del piazzale per movimenti di manovra per ogni binario di tettoia.

Un secondo margine di miglioramento è la richiesta di poter effettuare la chiusura locomotore e prova freno presso l'impianto Martesana e riservare il Parco Centrale, proprio per le sue caratteristiche costruttive, solo a materiali bidirezionali in questo modo si potrebbero risparmiare solo per i movimenti relativi al Parco Centrale e Parco Martesana 5.4 minuti di utilizzo del piazzale per ogni binario di tettoia. Se inoltre si potessero ricoverare i treni effettuati con Materiale Ordinario anziché al Parco Centrale presso il Parco Martesana si risparmierebbero ulteriori 6 min di utilizzo del piazzale per movimenti di manovra per ogni binario di tettoia.

Da un'analisi ulteriore considerando 21 ore su 24 di utilizzo dell'impianto di Milano Centrale e mediamente l'utilizzo continuativo di 20 binari di tettoia su 24, ogni binario di tettoia per lavorare tutti i treni previsti da programma richiede un ammontare di movimenti di circolazione e manovra pari all'impegno del piazzale in modo continuato per 4.11h. Tale dato moltiplicato per il n° di binari e diviso per 20 ore di utilizzo si traduce nell'effettuazione costante di circa 4,11 movimenti contemporaneamente per tutte le ore di utilizzo dell'impianto.

Tale dato esplicita chiaramente più di ogni altro, la complessità della circolazione in un impianto come Milano Centrale e come, anche una minima operazione non programmata, possa rapidamente metter in seria difficoltà l'intero sistema.

Capitolo 4

Il software di simulazione Opentrack

4.1 Premessa

Al fine di verificare e validare i vari scenari ipotizzati e studiati per l'impianto di Milano Centrale ci si è avvalsi di un programma di simulazione ferroviaria e della collaborazione del professor Longo e dell'università di Trieste. L'università di Trieste già da tempo tramite il laboratorio Lft sta sviluppando progetti di simulazione del traffico ferroviario nonché di ottimizzazione dei servizi ferroviari in zone ad elevata criticità. In particolare l'analisi del nuovo orario, nonché del nuovo M53 di Milano Centrale, s'inserisce all'interno un progetto relativo alla simulazione del traffico nell'intero nodo di Milano.

La simulazione dei vari scenari avviene tramite l'utilizzo di un software di simulazione sviluppato dal Politecnico Federale di Zurigo: Opentrack.

Per permettere una completa descrizione delle attività svolte nonché del lavoro sviluppato, in questo capitolo si descriverà il funzionamento del software le sue potenzialità.

4.2 Opentrack

Opentrack è un software di simulazione sviluppato come progetto di ricerca dal Politecnico Federale di Zurigo per la simulazione del traffico ferroviario di linee e nodi ferroviari. Il software permette di rispondere a numerosi quesiti in merito all'ottimizzazione dell'esercizio ferroviario, nonché di simulare il vero proprio esercizio ferroviario per identificarne le criticità e i punti nevralgici.

Vengono richiesti come dati in ingresso tre moduli:

- L'infrastruttura
- Il materiale rotabile
- L'orario pianificato dei treni

Attraverso questi tre elementi, che devono essere forniti al programma, può esser avviata la simulazione dell'esercizio ferroviario che può anche essere visualizzata a schermo sottoforma di animazione. I vari convogli si muovono lungo i tracciati/itinerari previsti nel rispetto delle condizioni dell'infrastruttura (libertà o meno del binario) che vengono inserite dall'utente all'interno del modulo infrastruttura, e risolvendo le equazioni differenziali che governano il moto dei convogli. La risoluzione avviene quindi attraverso un processo misto discreto/continuo che risolve contemporaneamente sia le equazioni del moto, che i processi discreti che descrivono la libertà della via.

Terminata la simulazione, il programma permette di visualizzare per ogni treno, diagrammi relativi ai consumi, velocità/accelerazioni in funzione dello spazio percorso o del tempo, orari grafici delle linee, grafici relativi alle occupazioni dei binari di un impianto da parte dei treni circolanti e statistiche relative a ritardi sia in forma aggregata che esplosa per singolo treno.

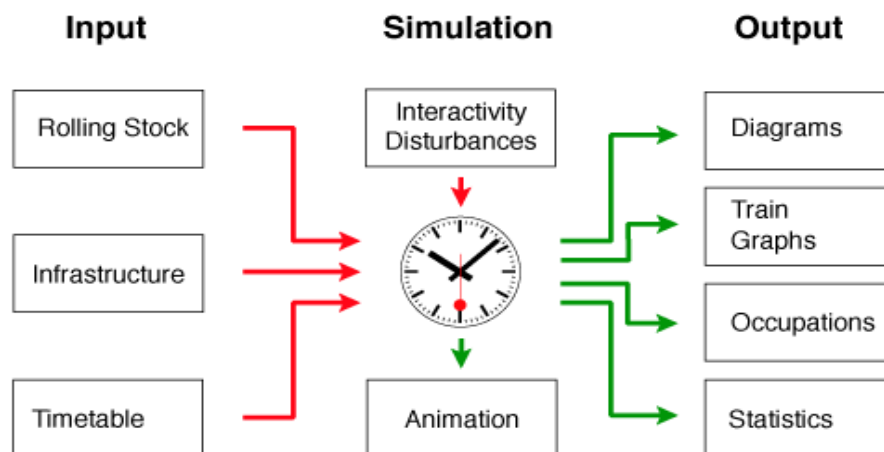


Figura 4.1 Principio di funzionamento del software Opentrack

4.3 L'infrastruttura

All'interno del modulo infrastruttura devono essere inseriti l'infrastruttura vera e propria, i sistemi di segnalamento e sicurezza presenti e gli itinerari possibili dal sistema di gestione del traffico. L'infrastruttura è modellata tramite l'utilizzo di connettori e vertici.

I connettori (o edge) rappresentano veri e propri segmenti di binario a cui sono associati dati relativi alla lunghezza, raggio di curvatura se presente, e pendenza. In aggiunta a ciò si può, per ogni segmento, stabilire se questo sia equipaggiato con circuiti di binario per la ripetizione continua dei segnali in cabina, la velocità massima ammessa per senso di marcia e se faccia parte di un circuito di sicurezza o immobilizzazione di un punto critico del piazzale.

I connettori possono essere tracciati solo tra due vertici. Quest'ultimi rappresentano i punti dove il tracciato ferroviario cambia una delle sue caratteristiche dette in precedenza, (raggio di curvatura, pendenza, velocità massima ammessa ecc.), oppure i punti in cui è presente un segnale. I vertici in Opentrack sono sempre in coppia anche se vengono trattati come un unico elemento in quanto il programma utilizza la double vertex graphic technique.

La double vertex graphic technique permette di fornire informazioni, ad ogni vertice, riguardo la via che fino a quel punto è stata percorsa e di costruire la successiva via nel rispetto delle caratteristiche imposte dall'infrastruttura fisica. Per chiarire meglio questo punto si ricorre all'esempio della simulazione di un deviatoio.

Nella ricerca attraverso il piano del ferro del possibile itinerario percorribile dal treno, in un grafico a singoli vertici, una delle possibilità è rappresentata dalla sequenza di vertici D-C-B-E-F o dal senso contrario. In realtà il deviatoio non permette assolutamente la realizzazione di un itinerario simile e di conseguenza bisogna inserire una richiesta di sequenzialità onde impedire la scoperta di tale soluzione

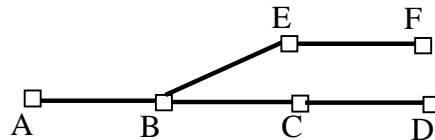


Figura 4.2 Rappresentazione di un deviatoio secondo la tecnica del single vertex

Utilizzando vertici doppi il piano del ferro viene invece schematizzato secondo una sequenza vertice-vertice-connettore-vertice-vertice. Gli unici itinerari possibili attraverso il deviatoio nell'esempio in questione divengono quindi AA'-BB'-CC'-DD' , AA'-BB'-EE'-FF' o i sensi opposti. In questo modo è garantito il rispetto degli itinerari realizzabili dall'infrastruttura fisica. Inoltre l'utilizzo dei vertici doppi permette facilmente anche il posizionamento dei segnali in modo che proteggano solo un senso di marcia

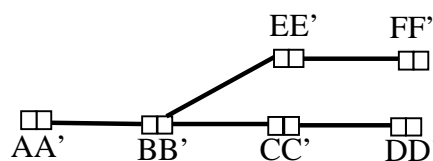


Figura 4.3 Rappresentazione di un deviatoio secondo la double vertex technique

Esistono inoltre dei vertici particolari definiti Station Vertex che devono essere posti all'altezza del fabbricato viaggiatori per ogni binario del piano del ferro. Tali vertici servono per identificare l'arrivo di un treno presso la stazione e per riportare i dati relativi ai treni (orario di arrivo) nei dati di output.

All'interno del modulo infrastruttura si devono inserire anche informazioni relative ai circuiti di binario. Nel caso infatti di deviatoi semplici o inglesi si

devono creare dei gruppi di connettori (tratti di binario) che possono essere riservati e quindi occupati solo da un treno alla volta. Riferendoci sempre all'esempio precedente i connettori B'-C e B'-E devono far parte dello stesso gruppo di sicurezza in quanto se un convoglio transita in uno dei connettori sopradetti l'altro connettore deve rimanere libero o non riservato ad altro treno in quanto gli itinerari sarebbero coincidenti. In altre parole si simulano tratti di binario facenti parte dello stesso circuito di binario (cdb).

L'altro importante elemento da inserire nel modulo infrastruttura sono i segnali, sia di movimento che stazionamento. Opentrack permette diversi tipologie di segnali: segnali principali, segnali di avviso, segnali sia di avviso che principali, segnali di stazionamento. I segnali principali sono segnali che possono mostrare l'aspetto di via impedita mentre i segnali di avviso sono segnali che preavvisano sull'aspetto del successivo segnale principale, e che quindi non possono mostrare l'aspetto di segnale a via impedita. A sua volta a seconda della loro posizione i segnali principali possono essere suddivisi in segnali di blocco (segnali in piena linea), segnali di protezione (segnali posti prima del primo deviatore di una stazione) e segnali di partenza (posti su ogni binario della stazione e che autorizzano la partenza dei treni).

I segnali inoltre possono essere sia ad un aspetto che a più aspetti (caso tipico per i segnali di protezione che di avvio), in modo da fornire differenti indicazioni dei limiti di velocità da rispettare nella sezione di binario a valle a seconda degli itinerari possibili e delle velocità massime ammesse dall'infrastruttura (es. velocità massima ammessa per percorrere un deviatore in posizione deviata).

Opentrack permette in aggiunta d'inserire dei punti in cui il treno è informato dell'aspetto del prossimo segnale principale e conseguentemente di calcolare una curva di frenatura da applicare al treno al fine di arrestarsi prima del segnale principale. In altre parole il sistema permette di simulare non solo la ripetizione continua dei segnali in macchina tramite i circuiti di binario ma anche la ripetizione puntiforme come il sistema SCMT in uso da parte di RFI.

Per editare una stazione il software permette di recuperare da un database tutte le informazioni di posizione e altimetriche della stazione fisica che s'intende editare oltre ad aggiungere informazioni in merito al presenziamento o meno della stazione, il tipo di servizio effettuato e la tecnologia centrale per la gestione degli itinerari. Oltre a ciò è richiesto la definizione di un Station Area ovvero di un area che contiene tutti gli elementi (circuiti di binario, segnali ecc.) che appartengono alla stazione e possono essere comandata da questa. Generalmente una Station Area va dal segnale di protezione fino al segnale di protezione nel senso opposto. All'interno della stazione il software, simulando la realtà, cerca e riserva l'itinerario possibile per poter far muovere un treno dal segnale di protezione sino al punto di stazionamento o di transito, e solo dopo aver riservato l'itinerario permette la disposizione del segnale di protezione a Via Libera, permettendo la marcia del treno.

I vari binari se provvisti di alimentazione elettrica possono inoltre essere associati ad aree di alimentazione elettrica per determinare i consumi delle sottostazioni elettriche che alimentano la linea.

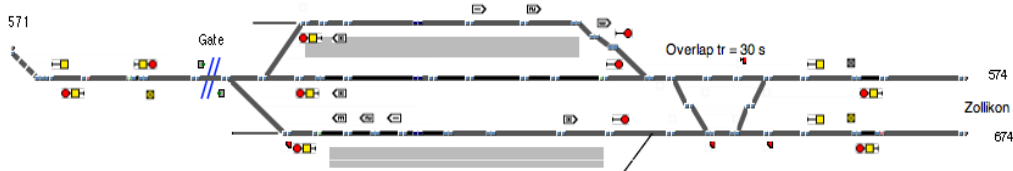


Figura 4.4 Rappresentazione grafica di una stazione e di tutti gli apparati di circolazione della linea e di stazione

4.3.1 Itinerari

Definita l'infrastruttura fisica è necessario definire gli itinerari che i treni possono percorrere all'interno di tutto il piano del ferro schematizzato. Opentrack permette la formulazione di diversi tipologie di itinerari e suddivide questi in tre livelli a seconda della loro complessità.

Il primo livello possibile di itinerario è chiamato route. Una route o percorso, consiste in una sequenza di doppi vertici e connettori tra un segnale principale ed il successivo segnale principale. Un percorso ha un solo senso di marcia. Durante il processo di simulazione se un percorso è richiesto da un treno, sarà riservato a quel treno solo se non è già riservato ad un altro treno e se nessun connettore (tratti di binario) non sia già occupato o riservato ad un altro treno. Una volta che il treno avrà liberato completamente il percorso questo potrà esser riservato ad un altro treno. L'utente, nella definizione del percorso, può inserire oltre che rallentamenti, anche i tempi necessari per la liberazione e per riservare il tracciato, da quando viene formulata la richiesta a quando viene esaudita simulando perciò i tempi necessari agli apparati centrali per la disposizione corretta di tutti gli enti di piazzale. Oltre a ciò Opentrack, nella formulazione degli itinerari permette di evitare che due itinerari consecutivi vengano riservati a treni che viaggino in direzioni opposte. Infatti le route vengono riservate ad un treno quando ne fa richiesta, solo se la successiva è percorsa da un treno che viaggia nella stessa direzione o se libera da treni, e potrà esser riservata allo stesso treno. In funzione inoltre dei possibili aspetti del segnale possono esser riservate più di una route seguenti allo stesso treno. Le route, nella realtà, corrispondono a tutti i possibili itinerari che possono esser comandati da un impianto centralizzato di gestione del traffico di una stazione tramite segnali di prima categoria, segnali alti di manovra o segnali bassi che comandano l'uscita da depositi o zone di ricovero.

Il secondo livello possibile di itinerario è definito path. Un path o cammino è un insieme di percorsi o route in un'unica direzione di marcia. In realtà ad un path non corrisponde realmente un particolare elemento della circolazione ferroviaria, ma è meramente una struttura organizzativa anche se comunque i treni, durante la marcia, percorrono diversi itinerari, ed una sequenza d'itinerari può esser raggruppata in un cammino. Una possibile equivalenza nella circolazione ferroviaria può essere un itinerario globale di una stazione.

Al più elevato livello vi sono gli Itinerary che consiste nel insieme di uno o più path non necessariamente nella stessa direzione. Gli itinerary vengo utilizzati per definire il completo tragitto di un treno e costituisce, per esempio, tutto il percorso di questo dalla stazione A alla stazione D passando per le stazioni B e C. Gli Itinerary possono a loro volta essere totali o parziali. Nel caso di itinerari parziali questi possono essere usati come itinerari alternativi all'itinerario principale con minore priorità, tra i quali il simulatore sceglierà all'atto della simulazione.

4.4 Materiale Rotabile

Il materiale rotabile è rappresentato da tutto ciò che si muove sull'infrastruttura. Opentrack suddivide tutto il materiale in tre categorie

- Treni IC
- Treni Regionali
- Treni merci

La tipologia di treno influisce sul calcolo della resistenza aerodinamica all'avanzamento. Ogni treno è composto da un numero di carrozze rimorchiate e da uno o più locomotori i cui dati sono estraibili da un database. Per ogni treno oltre a definire la categoria di appartenenza, si devono inserire la massima accelerazione possibile, il tempo minimo di riarmo del freno, il numero di carrozze con il relativo peso e lunghezza, la tipologia di equazione da utilizzare per il calcolo della resistenza aerodinamica e altri dati per permettere una simulazione maggiormente accurata.

All'interno del database delle locomotive, ad ogni locomotiva oltre ai dati tecnici, sono associati anche i relativi diagrammi sforzo trazione/velocità e sforzo frenante/velocità, editabili anche da parte dell'utente. Tali diagrammi sono fondamentali per il calcolo del massimo sforzo di trazione realizzabile dalla locomotiva e per calcolare quindi sia le accelerazioni massime che lo sforzo di trazione realizzabile dalla locomotiva per ogni istante e condizione di tracciato.

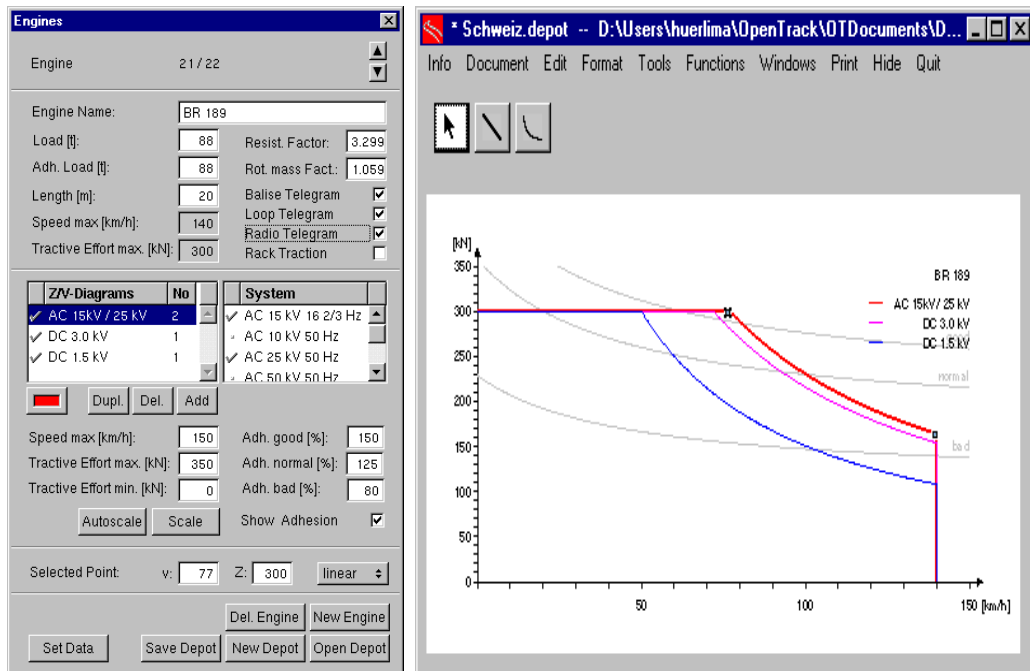


Figura 4.5 Rappresentazione delle finestre di dialogo per la scelta delle caratteristiche meccaniche ed elettriche dei mezzi di trazione da utilizzare nella simulazione

Per la determinazione della velocità del convoglio, lo sforzo di trazione che la locomotiva può scaricare a terra (per una data velocità) deve essere confrontato con la resistenza all'avanzamento.

La resistenza all'avanzamento è il risultato di una sommatoria della resistenza alla trazione e della forza d'inerzia opposta alla direzione del moto.

$$R = R_f + R_a \quad (4.1)$$

dove R = resistenza totale all'avanzamento [N]
 R_f = resistenza alla trazione [N]
 R_a = forza d'inerzia [N]

A sua volta la resistenza alla trazione può essere suddivisa tra resistenza al rotolamento e resistenza dovuta alle condizioni del tracciato

$$R_f = R_l + R_{str} \quad (4.2)$$

dove R_f = resistenza alla trazione [N]
 R_l = resistenza al rotolamento [N]
 R_{str} = resistenza dovuta alle condizioni del tracciato [N]

La resistenza al rotolamento consiste nella resistenza aerodinamica, resistenza interna dei cuscinetti e resistenza al rotolamento vero e proprio. Per il calcolo della resistenza totale al rotolamento si può scegliere di utilizzare sia le formule composte di Sauthoff (per le carrozze passeggeri) e di Strahl (per locomotive e vagoni merci), che la formula generale quadratica di Davis.

La relazione di Strahl che descrive la resistenza all'avanzamento delle locomotive è la seguente

$$R_{LT} = g * \left\{ \left[f_1 * \frac{m}{1000} \right] + \left[K_{St1} * ((v + \Delta v) * 3.6)^2 \right] \right\} \quad (4.3)$$

dove	R_{LT}	= resistenza della locomotiva	[N]
	g	= accelerazione di gravità	[m/s ²]
	m	= peso della locomotiva	[kg]
	v	= velocità del treno	[m/s]
	Δv	= resistenza del vento	[m/s]
	f_1	= fattore di resistenza (valore di default 3.3)	[1]
	K_{st1}	= coefficiente di resistenza (0.3 kg*s ² /m ²)	[kg* s ² /m ²]

La resistenza all'avanzamento delle carrozze passeggeri è descritta dalla seguente relazione di Sauthoff

$$R_{LP} = g * \left\{ \left[1,9 * \frac{m}{1000} \right] + \left[K_{Sa1} * v * 3.6 * \frac{m}{1000} \right] + \left[K_{Sa2} * (n + 2.7) * ((v + \Delta v) * 3.6)^2 \right] \right\} \quad (4.4)$$

dove	R_{LP}	= resistenza dei vagoni passeggeri	[N]
	g	= accelerazione di gravità	[m/s ²]
	m	= peso dei vagoni passeggeri	[kg]
	n	= numero dei vagoni passeggeri	[1]
	v	= velocità del treno	[m/s]
	Δv	= resistenza del vento	[m/s]
	K_{Sa1}	= coefficiente di resistenza (0.0025 s/m)	[s/m]
	K_{Sa2}	= coefficiente di resistenza (0.00696 kg*s ² /m ²)	[kg* s ² /m ²]

La resistenza all'avanzamento dei vagoni merci è descritta invece dalla seguente relazione di Strahl

$$R_{LG} = g * \frac{m}{1000} * \left[2.2 - \frac{K_{St2}}{v * 3.6 + K_{St3}} K_{St4} * (v * 3.6)^2 \right] \quad (4.5)$$

dove	R_{LG}	= resistenza dei vagoni merci	[N]
	g	= accelerazione di gravità	[m/s ²]
	m	= peso dei vagoni merci	[kg]
	v	= velocità del treno	[m/s]
	K_{St2}	= coefficiente di resistenza (80 m/s)	[m/s]
	K_{St3}	= coefficiente di resistenza (38 m/s)	[m/s]
	K_{St4}	= coefficiente di resistenza (0.00032 s ² /m ²)	[s ² /m ²]

Un altro modo per descrivere il moto dei veicoli è tramite la relazione di Davis. Tale relazione si basa su tre parametri che devono essere inseriti da parte dell'utente. Essa può essere presentata in forma dipendente dalla massa o in forma indipendente

La relazione dipendente dalla massa è la seguente

$$R_{LZ} = m * g * \frac{r'}{1000} \quad (4.6)$$

$$r' = A + B * v + C * v^2 \quad (4.7)$$

dove	R_{LZ}	= resistenza aerodinamica	[N]
	r'	= resistenza aerodinamica speciale	[N/kN]
	g	= accelerazione di gravità	[m/s ²]
	m	= peso dei vagoni merci	[kg]
	v	= velocità del treno	[km/h]

La relazione indipendente dalla massa è la seguente

$$R_{LZ} = A + B * v + C * v^2 \quad (4.8)$$

dove	R_{LZ}	= resistenza aerodinamica	[N]
	v	= velocità del treno	[km/h]

La resistenza aerodinamica totale dei treni sarà quindi la somma della resistenza della locomotiva e dei vagoni passeggeri nel caso di treno passeggeri, o di quella della locomotiva e dei vagoni merci nel caso di treno merci. In alternativa si può adoperare la formula di Davis. In entrambi i casi però se il treno, durante il suo percorso, deve transitare attraverso dei tunnel Opentack prevede l'inserimento di un coefficiente proporzionale per la resistenza aggiuntiva creata dalle pareti del tunnel.

La resistenza causata dalla via corrisponde alla sommatoria della resistenza dovuta alla pendenza, alla presenza di curve e alla presenza di deviatoti.

La resistenza causata dalla pendenza è costituita dalla parte di massa che a causa della pendenza si oppone al moto del veicolo. La relazione corretta prevede l'utilizzo della funzione \sin , per piccoli angoli approssimabile alla tangente, ma considerate le basse pendenze del tracciato si può utilizzare la pendenza della linea espressa in millesimi come nella relazione seguente

$$R_s = m * g * \tan(\alpha) = m * g * \frac{I}{1000} \quad (4.9)$$

Indicando con :	R_s	= Resistenza alla pendenza	[N]
	m	= massa del treno	[kg]
	g	= accelerazione di gravità	[m/s ²]
	α	= angolo d'inclinazione	[°]
	I	= pendenza	[‰]

La resistenza dovuta alla curvatura del binario è causata dal fatto che le ruote dei treni devono percorrere alla stessa velocità tragitti di differente lunghezza e quindi incorrono necessariamente in pseudoslittamenti che generano una resistenza. Per il calcolo di questa quota parte di resistenza è stata implementata una relazione empirica studiata dalla ferrovie tedesche.

Per calcolare la resistenza totale all'avanzamento rimane da determinare la resistenza causata dalla forza d'inerzia. Tale forza, che agisce nel verso opposto rispetto a quella dell'accelerazione, è presente ogni volta che si verifica una variazione di velocità del mezzo ed è proporzionale alla sua accelerazione, alle masse traslanti e alle masse rotanti come segue:

$$R_a = m * a * (1 + 0.01 * \rho) \quad (4.10)$$

Indicando con :	R_a	= Forza d'inerzia	[N]
	m	= massa del treno	[kg]
	a	= accelerazione	[m/s ²]
	ρ	= fattore delle masse rotanti	[1]

Per treni passeggeri o merci generalmente il fattore moltiplicativo delle masse rotanti varia tra 6 e 10.

Tramite queste relazioni si determinano quindi tutte le forze che si oppongono al moto del veicolo e interpolando queste con la curva di trazione del mezzo, si può determinare la velocità e l'accelerazione a cui può viaggiare il convoglio.

4.5 L'orario

L'orario è il terzo elemento che deve essere inserito in Opentrack per simulare l'esercizio ferroviario. Opentrack richiede che per ogni treno s'inserisca una corsa, ovvero il servizio che il treno deve operare in una giornata. Ogni corsa deve possedere la sequenza d'itinerari (Itinerary) che deve percorrere il treno associata ad una tabella orari, un numero treno, una tipologia di appartenenza (per scegliere quale velocità massima impostare) e il sistema di distanziamento dai treni precedenti (blocco mobile o fisso). Ad ogni fermata o stazione durante la simulazione, l'orario reale (simulato) è confrontato con l'orario previsto dalla tabella orari e la differenza è utilizzata per determinare l'accelerazione e la velocità media successiva che il treno dovrà avere per raggiungere la stazione/fermata seguente come programmato. Ad ogni treno, se tra due punti possono esser previsti più itinerari, possono esserne associati più di uno con priorità differentemente decrescente, che il simulatore riserverà al convoglio quando l'itinerario con priorità maggiore risulterà già occupato.

Il database Orari permette d'inserire l'orario desiderato di partenza, il tempo minimo di sosta alle stazioni, coincidenze e manovre, e altri dati fondamentali per la definizione dell'orario previsto in ogni punto orario. All'interno del database per ogni corsa s'inseriscono tutte le stazioni in cui treno deve fermarsi, e per ogni stazione, l'orario previsto di arrivo e partenza e il tempo minimo necessario alla sosta per la salita e discesa dei viaggiatori. Per ogni stazione in cui il treno transita o termina la corsa inoltre, si può inserire se questo deve rispettare una coincidenza o parte di esso debba essere scomposto dalla composizione.

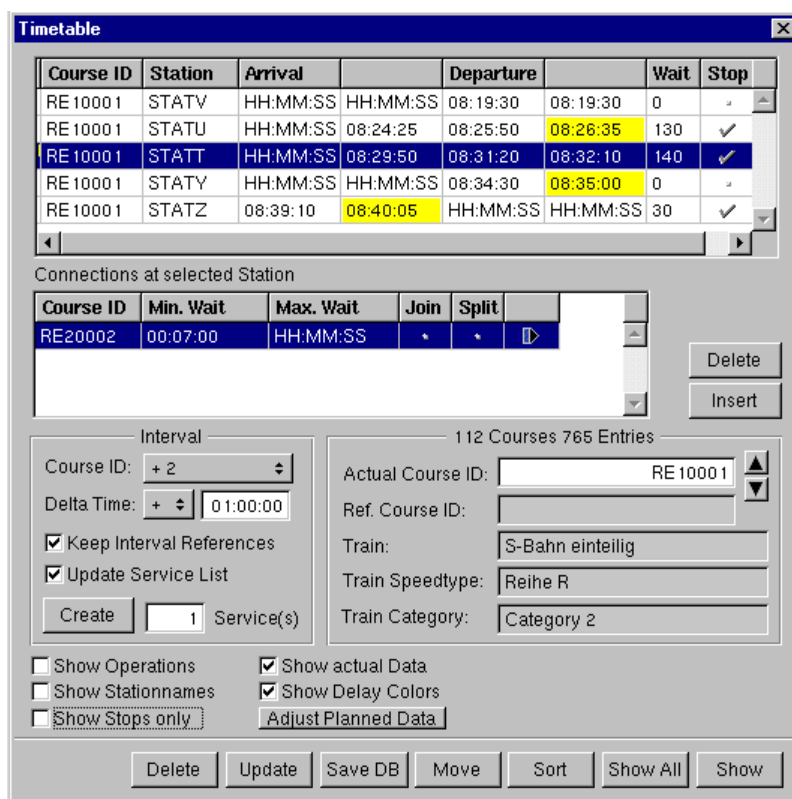


Figura 4.6 Schermata per la determinazione delle coincidenze e delle scomposizioni dei treni

Le coincidenze tuttavia non servono esclusivamente per definire il servizio viaggiatori ma anche per inserire alcune scelte di esercizio. Il software infatti permette d'inserire il punto in cui debba avvenire la coincidenza e i tempi minimi e massimi d'attesa.

Le coincidenze possono essere previste sui marciapiedi se devono simulare una vera e propria coincidenza, o al segnale di uscita se devono simulare l'effettuazione di una precedenza in linea. A sua volta le coincidenze permettono d'inserire un tempo minimo e massimo di attesa. Se il tempo massimo è superato dal treno in attesa o il treno coincidente è fortemente in ritardo, la coincidenza è automaticamente eliminata. Solo se sono previste scomposizioni o unioni di materiali non è possibile inserire un tempo massimo d'attesa.

Come detto le coincidenze possono servire per simulare precedenze alle stazioni. Se infatti s'impone un tempo massimo di attesa di un treno A rispetto a un treno B che non effettua fermata, il treno A con priorità minore sarà superato dal treno con priorità maggiore, se quest'ultimo non avrà ritardi oltre certi limiti.

Se la coincidenza è impostata al segnale di protezione servirà per stabilire un ordine d'ingresso dei treni nella stazione. Il treno A potrà entrare nella stazione in cui è prevista la coincidenza solo dopo che sia transitato il treno B. Se invece questa sarà impostata al segnale di uscita su un treno che non deve effettuare fermata presso la stazione servirà per simulare una sequenza di treni in uscita dalla stazione. Il treno A per esempio effettuerà fermata presso la stazione dove è prevista la coincidenza solo se il treno B sarà già transitato altrimenti non si fermerà al segnale di partenza.

Infine le scomposizioni e le unioni di treni, oltre che simulare vere e proprie unioni di treni servono anche per permettere a treni di percorrere binari già parzialmente occupati da altri materiali attraverso una composizione e scomposizione contemporanea dei convogli. Attraverso una definizione incrociata di composizione per un treno e scomposizione per il treno seguente si simula invece, il giro di materiale. Questo accorgimento permette di simulare una situazione tipica delle stazioni di testa ovvero il caso in cui il materiale di un treno in arrivo presso la stazione di termine corsa corrisponde al materiale che effettuerà il treno seguente. In questo modo se il treno in arrivo è in forte ritardo anche il treno in partenza risentirà del ritardo in quanto il materiale rotabile è il medesimo.

4.6 Simulazione

Inseriti tutti i dati come descritto, Opentrack può iniziare a sviluppare la simulazione. Il software modella e simula il comportamento di tutti i treni circolanti sull'infrastruttura nel rispetto delle peculiarità imposte dall'utente, includendo le limitazioni fisiche causate dall'infrastruttura e dal materiale rotabile. Per eseguire una simulazione corretta ed attendibile vengono seguiti vari step ovvero, le leggi del moto usate da Opentrack per simulare il moto dei treni, il modello di riservazione del percorso, e il modello di scelta tra i vari itinerari.

4.6.1 Il moto dei treni

Come abbiamo detto la simulazione di Opentrack è una simulazione mista continua e discreta. Il processo continuo consiste nella simulazione del moto dei treni utilizzando le equazioni differenziali del moto.

Il metodo utilizzato per la risoluzione è un metodo numerico (metodo di Eulero) in quanto non è possibile trovare la soluzione delle equazioni differenziali del moto in forma analitica. Il metodo di Eulero fornisce dei risultati sufficientemente esatti al fine della simulazione.

L'equazione di base consiste nella equazione di base della meccanica

$$F = m * a \quad \text{o} \quad a = \frac{F}{m} \quad (4.11)$$

Dove: F = sforzo di trazione della locomotiva[N]
 m = massa del treno [kg]
 a = accelerazione del treno [m/s²]

Per permettere al treno di accelerare, la locomotiva deve trasferire alla rotaia una forza maggiore della forza resistente alla trazione. La differenza tra forza di trazione e forza resistente è definita surplus di potenza e si può esprimere nel seguente modo

$$F_z = Z(v) - R_f(v, s) \quad (4.12)$$

Dove: F_z = surplus di potenza [N]
 Z = forza di trazione [N]
 R_f = forza resistente [N]
 v = velocità [m/s]
 s = spazio percorso [m]

La forza di trazione è calcolata usando il diagramma sforzo di trazione/velocità ed è funzione della velocità e dalla condizioni ambientali (coefficiente di attrito), mentre la forza resistente è funzione della velocità e dalle condizioni della rete ferroviaria (via libera e velocità massima). La massima accelerazione possibile si ottiene equivalendo questa al surplus di potenza in ogni istante t

$$a = \frac{F_z}{m * (1 + 0.01 * \rho)} \quad (4.13)$$

indicando: F_z = surplus di potenza [N]
 a = accelerazione [m/s²]
 m = massa del treno [kg]
 v = velocità [m/s]
 ρ = parametro per le masse rotanti [1]

La massima accelerazione possibile in ogni punto dipende dalla velocità massima della linea, dalla velocità massima del treno e dalla massa del treno. Il metodo di Eulero lavora attraverso il calcolo delle variabili a partire da un punto iniziale. Il calcolo della variabile all'istante t+1 avviene a partire dalla variabile calcolata all'istante t, la precedente derivata della funzione e un Δt di tempo prefissato.

$$v(t) = v(t-\Delta t) + \Delta t * \frac{dv}{dt} * (t-\Delta t) \quad \text{con} \quad v(t_0) = v_0 \quad (4.14)$$

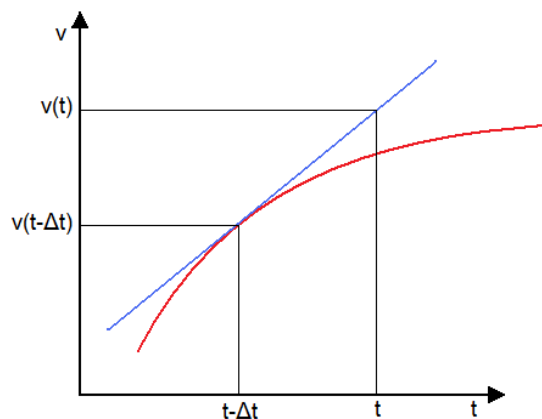


Figura 4.7 Determinazione della velocità con la tangente

Utilizzando l'equazione di moto, l'attuale velocità del treno è calcolata attraverso l'integrazione della relazione 4.15

$$v = v_0 + \int_{t_1}^{t_2} a dt \quad (4.15)$$

Nel medesimo modo, lo spazio percorso può essere calcolato attraverso l'integrazione iterativa dell'equazione 4.16

$$s = s_0 + \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad (4.16)$$

Il calcolo del comportamento in frenata è molto difficile da simulare completamente in modo accurato, in quanto le variabili necessarie richiederebbero uno sforzo computazionale troppo elevato. Opentrack utilizza un metodo semplificato per simulare il comportamento in frenata dei veicoli che contemporaneamente non richiede elevati sforzi computazionali ma fornisce accurati risultati. Tale metodo è basato sulle caratteristiche di frenatura di ogni locomotiva e fornisce un valore di decelerazione da poter utilizzare per ogni fascia di velocità. Il calcolo dello sforzo frenante avviene in maniera retroattiva a partire da un punto finale (target point) e la relativa velocità che il treno deve mantenere presso tale punto (speed at target point). A partire da un segnale

disposto a via impedita viene calcolata la curva di frenatura e appena il treno supera il punto in cui deve iniziare la frenatura, inizia a rallentare seguendo la curva precalcolata. Nel momento in cui lo stato più restrittivo del segnale viene a mancare, l'azione frenante viene ad esaurirsi immediatamente ed il treno può riprendere la marcia normalmente.

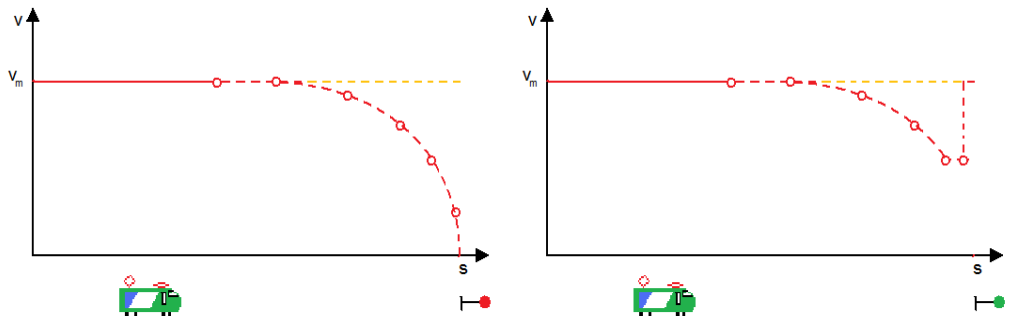


Figura 4.8 A sinistra calcolo della curva di frenatura nel caso di segnale disposto a Via Impedita e a destra, eliminazione della stessa

Dopo l'arresto presso una stazione, Opentrack prima di autorizzare la partenza di un treno, esegue tutte le operazioni previste nel diagramma a blocchi di Figura 4.9 ma solo dopo che si siano verificate tutte le seguenti condizioni:

- L'orario all'istante t deve essere posteriore al primo orario previsto di partenza
- Il treno deve essere stato fermo presso la banchina almeno per il tempo minimo previsto di fermata
- Tutte le coincidenze previste devono essere state soddisfatte
- I ritardi stocastici devono essere stati generati e contabilizzati

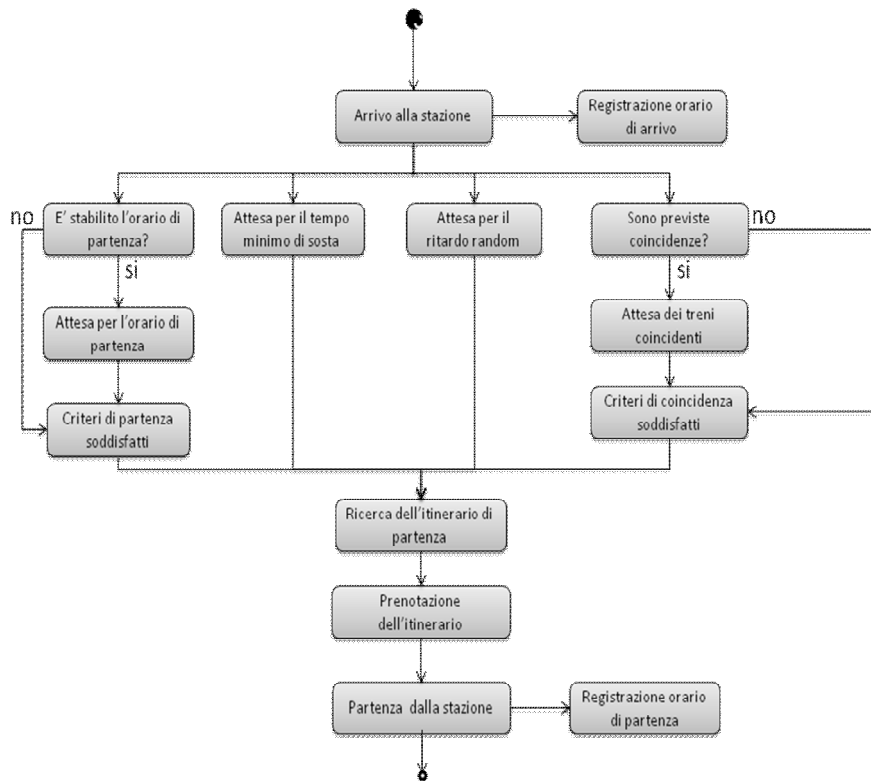


Figura 4.9 Diagramma di flusso delle operazioni necessarie per autorizzare la partenza del treno

4.6.2 Comportamento del sistema di segnalamento

Il sistema di distanziamento inserito all'interno dell'infrastruttura permette di evitare la collisione dei treni. Le due condizioni che garantiscono la sicurezza sono:

- Ogni sezione del binario o è libera o riservata ad un solo treno
- Ogni treno può fermarsi all'interno del blocco a lui riservato

La filosofia alla base del sistema di segnalamento è usata per definire l'effettiva distanza che può esserci tra due treni al fine di proteggere la marcia di questi. Il metodo utilizzato è di riservare ad ogni treno il binario a valle in unità discrete o meglio per sezioni di blocco (route). Ogni route è protetta da un segnale che è disposto a via impedita finché tale sezione è occupata.

La sequenza di operazioni utilizzata per la prenotazione dell'itinerario è descritta nel successivo diagramma di flusso se sono rispettate le seguenti condizioni:

- Tutti gli elementi appartenenti alla sezione sono liberi o riservati al treno che ne sta facendo richiesta
- Il treno che ne fa richiesta deve aver la possibilità di continuare la marcia alla fine della sezione
- Non possa verificarsi la situazione di treni che impegnino sezioni seguenti in versi opposti (evitare il deadlock)

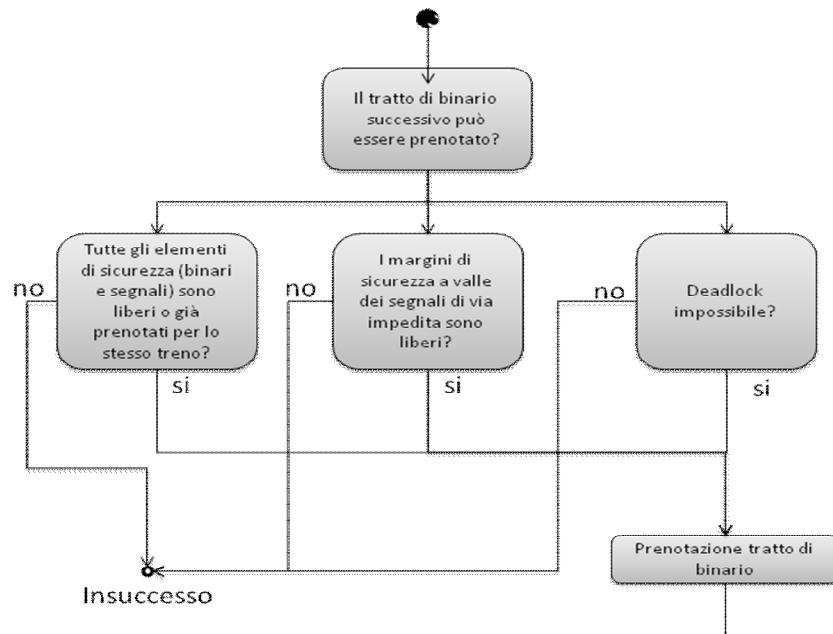


Figura 4.10 Diagramma di flusso delle operazioni per la riservazione d'itinerario

Per chiarire meglio il modo di prenotazione dell'itinerario si fa uso dei due esempi seguenti

Nel primo esempio (vedi Figura 4.11) si descrive la buona riuscita di una riservazione d'itinerario. Un treno si sta avvicinando al segnale di avviso, punto di richiesta della sezione tra i due segnali principali successivi. Il sistema comunque precalcola la curva di frenatura per arrestare il treno prima d'impegnare la sezione successiva. Appena il treno riceve l'autorizzazione a procedere nella sezione successiva la curva di frenatura viene eliminata e il treno può procedere alla velocità di marcia. Immediatamente viene precalcolata la curva di frenatura per arrestarsi entro il successivo segnale principale

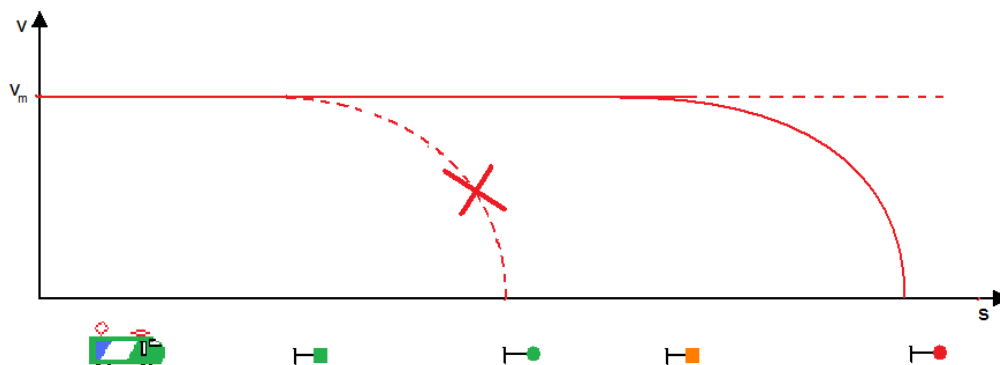


Figura 4.11 Esempio di prenotazione di itinerario con disposizione a via libera del segnale

Nel secondo esempio (vedi Figura 4.12) s'illustra il caso di un insuccesso nella riservazione dell'itinerario. In questo caso il treno T1 richiede di poter entrare nella sezione a valle del primo segnale principale incontrato ma il consenso gli è negato in quanto nonostante siano rispettati tutti gli elementi di sicurezza il margine di sicurezza a valle del successivo segnale (segmento A-B), è impegnato per l'itinerario prenotato dal treno T2. Il treno T1 dovrà quindi arrestarsi al primo segnale principale e potrà procedere oltre solo dopo che il treno T2 avrà completamente occupato il binario di stazionamento ed il margine di sicurezza a valle del segnale sarà libero.

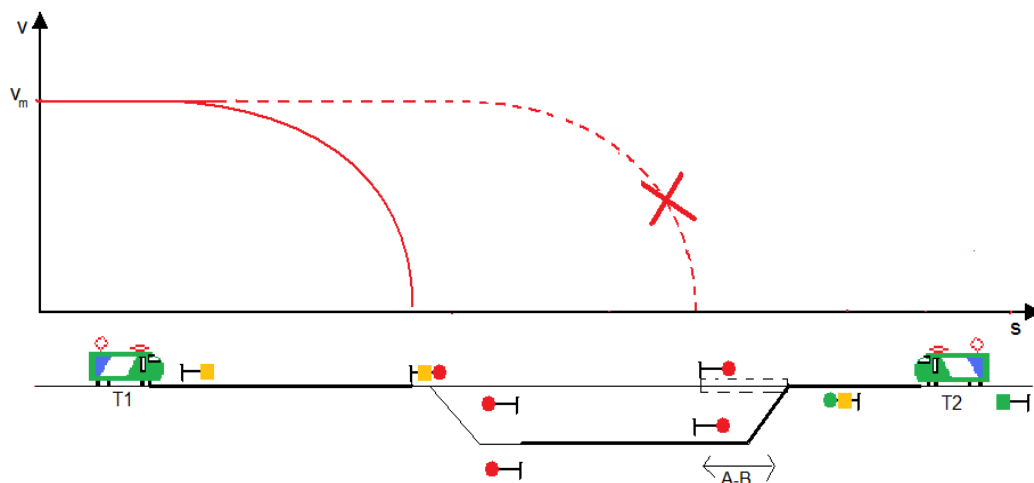


Figura 4.12 Esempio di prenotazione di itinerario con disposizione a via impedita del segnale

Opentrack permette inoltre di simulare linee attrezzate anche con sistemi di segnalamento a blocco mobile. Nella simulazione del blocco mobile la curva di frenatura del treno è calcolata per ogni istante in funzione del treno successivo e delle caratteristiche del tracciato. In questo caso la marcia è ottimizzata per la migliore regolarità della marcia e dell'esercizio.

4.6.3 Gestione itinerari

Il sistema di gestione degli itinerari permette di assolvere al compito di prenotazione degli itinerari e di fornire ai treni gli opportuni comandi al fine di rispettare il più possibile la marcia programmata. Il sistema infatti sceglie tra i diversi itinerari che possono essere assegnati ai treni in base ai valori di priorità previsti. Il sistema di scelta degli itinerari interagisce sempre con il modulo sicurezza, quando è richiesta la prenotazione di un itinerario, comunicandogli il punto di partenza del treno e quali itinerari intende riservare per quel treno.

La filosofia alla base della logica di prenotazione degli itinerari è la seguente:

- I treni possono viaggiare alla massima velocità in linea se sono riservate a lui anche le sezioni seguenti
- E' necessario riservare anche le sezioni successive onde evitare il fenomeno del Deadlock

Il sistema di gestione smista i possibili itinerari a partire dal punto di partenza del treno analizzando per tutti i tratti di binario che intende prenotare, se siano rispettati i requisiti di sicurezza e in caso di esito positivo ne tiene conto in un contatore. Quando tutti i tratti di binario sono stati prenotati correttamente, dispone il segnale a via libera per la prosecuzione del viaggio. Per comprendere meglio la logica si fa riferimento al diagramma di flusso di Figura 4.13.

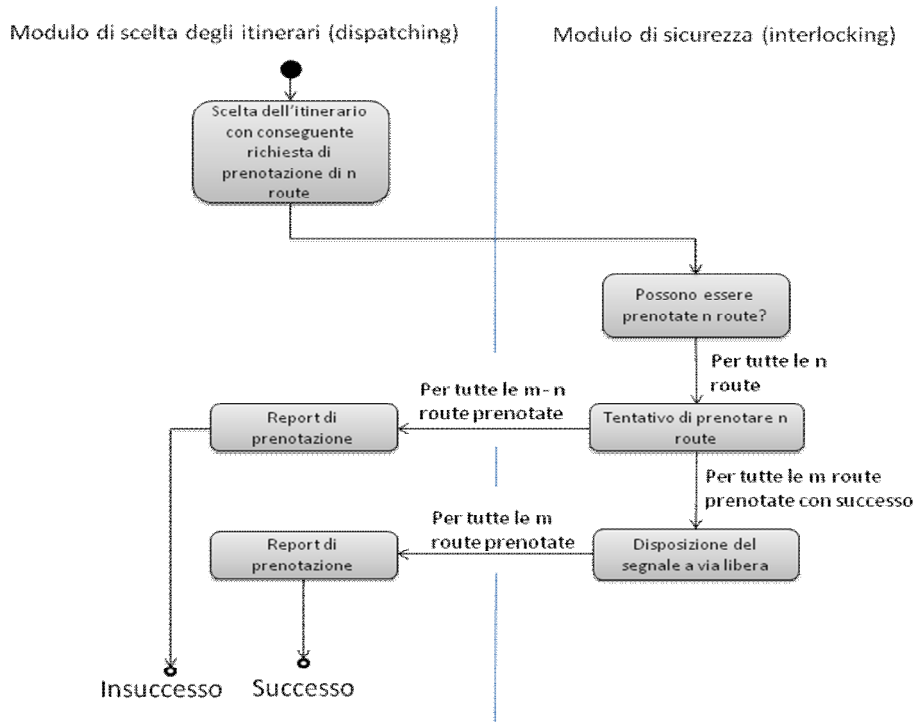


Figura 4.13 Schema a blocchi per la prenotazioni degli itinerari

Il modulo di gestione degli itinerari continua ad esaminare tutti i possibili cambi d'itinerario durante l'effettuazione della simulazione al fine di riservare l'itinerario con la più alta priorità

L'esempio seguente permette maggiormente di comprendere il sistema di gestione degli itinerari.

Il treno T1 richiede l'autorizzazione per utilizzare l'itinerario con la priorità più alta I1 dal segnale S1 al segnale S2 per entrare nella stazione. Finché parte dell'itinerario I1 è parzialmente occupato dal treno T2, il sistema di sicurezza rifiuta la richiesta del treno T1. Di conseguenza il treno T1 richiede l'itinerario con priorità minore I2 che il sistema di sicurezza conferma libero e riserva al treno. Il sistema tenta comunque, ogni intervallo di tempo t, di prenotare per il treno T2 l'itinerario con priorità più elevata.

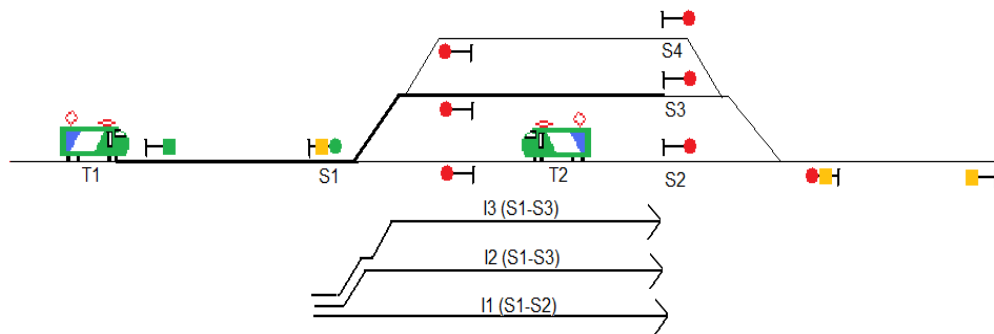


Figura 4.14 Rappresentazione della scelta degli itinerari per il treno T1

4.7 Risultati

Opentrack permette di ottenere una elevata quantità di dati, utili per la progettazione e analisi della circolazione di reti e nodi. Il software permette di decidere se ottenere risultati solo a consuntivo o anche durante la simulazione. In funzione della rappresentazione dei risultati e della simulazione grafica del movimento dei treni l'utente deve decidere vari parametri.

Per iniziare una simulazione è necessario inserire l'orario d'inizio e di termine della simulazione, gli orari intermedi in cui deve essere interrotta per visualizzare risultati temporanei, e l'intervallo di tempo t espresso in secondi tra uno step di calcolo ed il successivo. Ovviamente un intervallo ampio genera una bassa precisione nella elaborazione dei dati. In aggiunta l'utente deve decidere se la simulazione utilizzerà dei coefficienti d'attrito elevati o bassi per simulare l'operatività nelle diverse situazioni atmosferiche. Al fine di rendere più realistica la simulazione, l'utente è tenuto a decidere se inserire un ritardo stocastico ad ogni treno e al movimento dei vari enti di piazzale, o simulare uno scenario senza ritardi.

Per rendere più realistica possibile la simulazione, o proprio per analizzare il comportamento del sistema in caso di guasto di qualche ente, è possibile inserire dei malfunzionamenti degli enti di piazzale. I vari elementi infatti, possono sia cessare la loro funzione improvvisamente o permettere la continuazione della circolazione ma in tempi più lunghi. Esempi del primo tipo sono il non funzionamento di un segnale, o la rottura di un binario. Esempi del secondo tipo sono impostazioni di rallentamenti o casi di circolazione perturbata. Tutti questi eventi hanno un orario d'inizio ed uno di fine e un punto d'inizio e fine nel caso il problema coinvolga l'infrastruttura.

Opentrack durante la simulazione permette di visualizzare la posizione dei treni e l'aspetto dei segnali. Le sezioni occupate dal treno assumono l'aspetto rosso

mentre l'intera sezione riservata al treno sia a monte che a valle, il colore verde. Se parte del tracciato fa parte di un circuito di sicurezza oltre il segnale (overlap) questo assume la colorazione gialla. I segnali a loro volta assumono diverse colorazioni in base alla libertà o meno della via. I segnali principali possono assumere solo gli aspetti rosso (via impedita) o verde (via libera) mentre i segnali di avviso la colorazione gialla (avviso di via impedita) o verde (avviso di via libera).

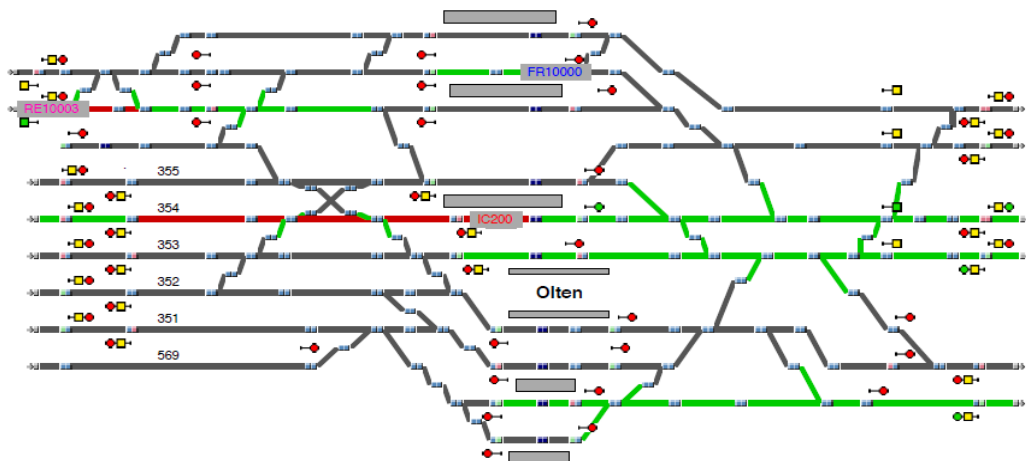


Figura 4.15 Schermata della simulazione di una stazione

Al termine della simulazione Opentrack, fornisce tutta una serie di dati che sono stati generati. Tali dati sono direttamente importati dai vari moduli del software per effettuare le decisioni che gli competono e generare i train graph. I risultati possono essere redatti in diverse forme:

- Testi o tabelle. Tali risultati servono per generare tabelle o per essere utilizzati per varie statistiche da programmi di calcolo. Un esempio di questo tipo di dati è il resoconto dell'orario reale di passaggio dei treni o il ritardo medio generato.

Station		Planned		Actual		Difference		Distance [km]	
Station A	Dep.	2:45:00	9900	2:45:00	9900	+00:00:00	0	0	
Station B	Pass	HH:MM:SS	-1	2:49:35	10175	+00:00:00	0	9.41	9.41
Station C	Pass	HH:MM:SS	-1	2:55:15	10515	+00:00:00	0	24.514	15.104
Station D	Pass	HH:MM:SS	-1	3:04:30	11090	+00:00:00	0	46.822	22.308
Station E	Arr.	3:12:00	11520	3:10:45	11445	-00:01:15	-75	56.071	9.249

Figura 4.16 Tabella di output indicante l'orario di arrivo e partenza effettivo dei treni

- Funzioni. Alcuni dati o elaborazioni possono essere redatte sottoforma di funzioni e possono essere graficati in opportuni diagrammi per ogni treno. Esempi di dati sottoforma di funzioni, sono i diagrammi spazio percorso/tempo, velocità/spazio percorso o diagramma di occupazione dei binari

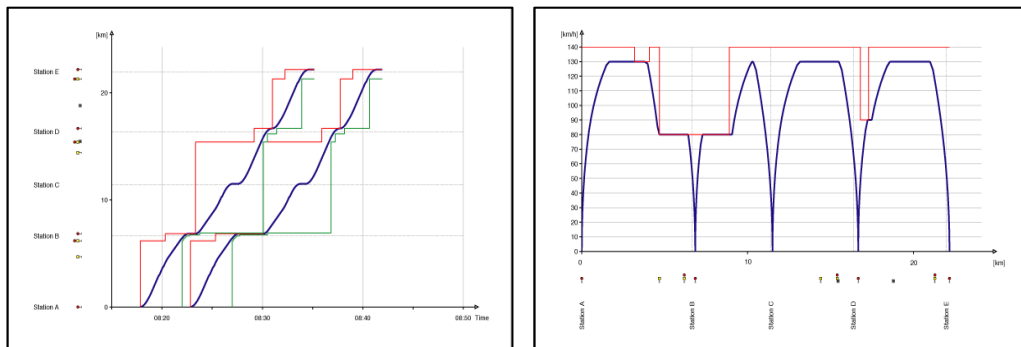


Figura 4.17 Visualizzazione dell'occupazione dei blocchi a sinistra e un diagramma di marcia a destra

- Valutazioni speciali. Alcuni dati di output in funzione dell'elevata quantità di dati trattata e della difficoltà a trattare tali dati da altri programmi, possono essere valutati solo da Opentrack. Tuttavia questi sono strumenti molto particolari che permettono numerose elaborazioni. Per esempio i Train Graph.

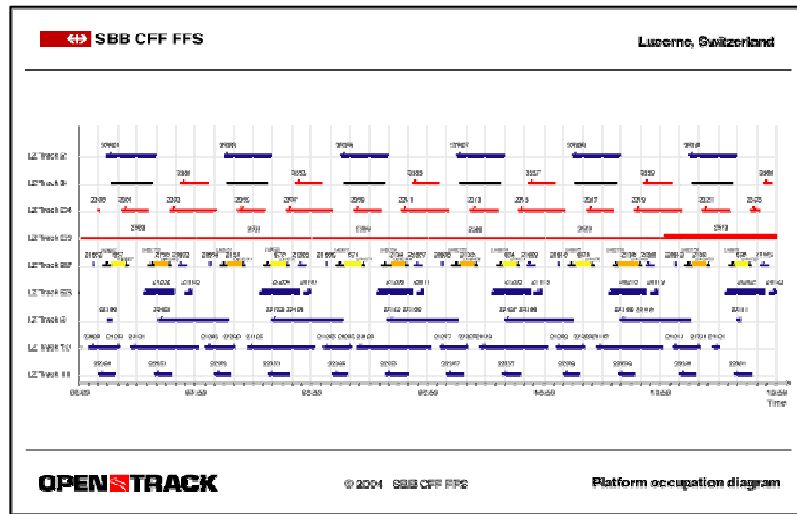


Figura 4.18 Esempio di M53 grafico

4.7.1 Train Graph (diagramma di circolazione)

Opentrack permette di elaborare uno strumento molto utile per la circolazione dei treni e la sua programmazione: il Train Graph. Tale grafico spazio/tempo, permette di valutare immediatamente il Δt tra l'orario programmato ed il reale e tutta la marcia del treno in funzione anche degli altri treni circolanti. Il corridoio del quale si vuole che venga elaborato il Train Graph deve essere definito prima della simulazione. Esso corrisponde nella definizione di una sequenza di stazioni poste lungo la stessa direttrice ed un intervallo orario tra i quali elaborare i dati. I dati dei treni vengono infatti salvati in un opportuno database e vengono poi elaborati, solo una volta terminata la simulazione.

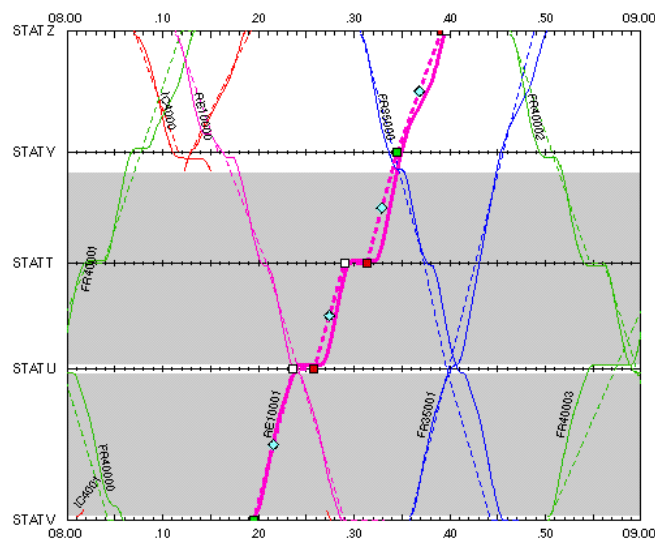


Figura 4.19 Train Graph del circolato di una simulazione

Il valore aggiunto data da questa applicazione del programma, consiste nel fatto che il Train Graph non solo può essere usato per analizzare il circolato a consuntivo, ma anche per modificare l'orario programmato dei treni se si visualizza una elevata differenza tra il programmato e il reale. Identificata infatti una corsa da modificare, questa viene selezionata direttamente sul grafico. Gli orari programmati di arrivo e partenza vengono identificati attraverso dei simboli grafici di differenti colori che attraverso l'uso del puntatore possono essere traslati lateralmente causando uno spostamento anche dell'orario di arrivo e partenza. Il significato di tutti i simboli è rappresentato nella tabella 4.1.

Tabella 4.1 descrizione della simbologia del Train Graph

Simbolo	Significato	Rappresentazione punto orario
quadrato rosso	fermata	orario di arrivo e partenza
quadrato bianco	fermata	Orario di partenza depurato dal tempo di fermata
quadrato verde	transito	Orario di transito dalla stazione
rombo blu	Corsa del treno	-

L'applicazione permette inoltre la trasformazione di fermate in transiti e di editare l'orario di partenza e arrivo dei treni.

Capitolo 5

L'orario di servizio

5.1 Premessa

La costruzione del nuovo orario di Milano Centrale 2010/2011 entrato in vigore il 12 dicembre 2010 ha visto l'introduzione di rilevanti novità rispetto all'orario precedente. Infatti oltre ad entrare in servizio la nuova linea Venezia e a pieno regime la nuova linea Malpensa, è avvenuta anche una riorganizzazione completa dell'offerta dell'impresa ferroviaria operante nell'impianto (Trenitalia), che ha portato alla modifica dei vari piazzamenti e allo studio di stazioni elementari con elevato beneficio della circolazione ferroviaria. La stazione di Milano Centrale ha visto quindi, con il nuovo orario, una radicale riorganizzazione che ha costituito per l'impianto la più radicale modifica dalla messa in servizio della cabina ACEI del 1986. Per comprendere maggiormente tutto il lavoro svolto, le problematiche emerse, e le soluzioni ipotizzate è opportuno comprendere a priori come avviene la redazione di un orario di servizio, quali siano le peculiarità di una stazione di testa come Milano Centrale e come si sia proceduto per giungere alla redazione di un orario di servizio che permettesse di sfruttare il più possibile l'impianto senza perderne in regolarità.

5.2 La redazione dell'orario

Le direttive europee e le conseguenti legislazioni nazionali in materia di liberalizzazione del trasporto ferroviario, nonché la separazione del gestore dell'infrastruttura dall'impresa ferroviaria, ha modificato radicalmente le procedure per la realizzazione dell'orario di servizio. La storica visione "biennale" del pianificatore degli orari è stata rinnovata in quanto il gestore non deve più svolgere un servizio per una Struttura Operativa della stessa azienda, ma si propone sul mercato per vendere i propri servizi a imprese terze. Conseguentemente il termine infrastruttura non sta solo a significare un elemento con la missione di rendere se stessa disponibile, ma diventa un elemento commerciale che deve essere posto sul mercato in modo da essere il più sfruttato possibile.

Per comprendere meglio questi aspetti elenchiamo tre concetti che stanno alla base di questa nuova visione:

- l'orario non è solamente l'offerta commerciale dell'impresa ferroviaria ai propri clienti, ma anche l'offerta commerciale del gestore dell'infrastruttura alle imprese ferroviarie e, per entrambi i soggetti, il fondamento dell'organizzazione industriale e commerciale.
- la capacità dell'infrastruttura non è solo il risultato di parametri tecnici (plano-altimetria, armamento, velocità di linea, ecc.) ma è fortemente condizionata dall'uso che se ne fa e dai livelli di qualità che si vuole raggiungere
- il valore della capacità d'infrastruttura non è quindi conosciuto prima d'aver definito il programma d'esercizio, ma ne discende solo a posteriori

La redazione dell'orario di servizio è quindi un processo che prende avvio molto tempo prima che questi diventi operativo, in quanto è necessario già stabilire a priori quale sarà l'utilizzo dell'infrastruttura intercettando le proposte e richieste delle IF prima ancora che questi le formalizzino. Questo atteggiamento permette di comportarsi in modo eguale e non discriminatorio verso tutte le imprese ferroviarie. Trovano così vita gli Accordi Quadro e le Variazioni in Corso Orario che permettono, i primi, una programmazione a lungo termine dell'infrastruttura al fine di pianificare gli eventuali interventi e rispondere agl'incrementi del traffico, i secondi, una flessibilità immediata per rispondere alle continue esigenze delle imprese ferroviarie. La disponibilità di internet e di processori con elevata potenza di calcolo ha inoltre reso ancora più interattiva la realizzazione dell'orario, in modo da poter rispondere in maniera veloce e migliore alle esigenze dei clienti finali.

5.3 Il catalogo

La studio dell'orario, come detto, inizia molto tempo prima di divenire operativo. Per permettere alle imprese ferroviarie di effettuare le loro richieste è necessario da parte di RFI (il gestore dell'infrastruttura) decidere il programma di esercizio dell'infrastruttura e redigere quindi il Catalogo.

Per comprendere però tutti i requisiti e i cardini su cui si articola il catalogo si richiamano le definizioni di traccia e capacità d'infrastruttura.

Per **traccia oraria** s'intende il "tempo d'utilizzo dell'infrastruttura necessario per far viaggiare un convoglio fra due località" (DPR 277/98, art. 3), e quindi oltre il tempo necessario per la sola marcia (che dipende dalla velocità), anche i tempi necessari alle soste e all'effettuazione dei servizi commerciali.

Per **capacità** s'intende il "numero di tracce possibili, in un intervallo di tempo fissato, su una linea, in un nodo o su parte di rete" (Fiche 501.1 dell'UIC). Bisogna sottolineare che nella determinazione della capacità non rientrano solo i dati infrastrutturali come il distanziamento minimo e la plano altimetria, ma

anche l'eterogeneità in velocità delle tracce e la quantità di margini necessari per garantire la puntualità dell'orario.

Nel contesto attuale di gestore dell'infrastruttura (GI) e Imprese Ferroviarie (IF), viene "commercializzata" capacità d'infrastruttura ferroviaria, cioè venduta alle IF sottoforma di "tracce orarie" in cambio del pagamento del pedaggio. A loro volta le IF vendono ai clienti finali (utenti del servizio, terminalisti, operatori multimodali), e quindi il GI deve tener conto, nella definizione del piano di utilizzo dell'infrastruttura, non solo delle esigenze delle IF ma anche di tutti gli altri soggetti portatori d'interessi. Inoltre il GI deve tener conto anche delle proprie esigenze manutentive e dei futuri investimenti che apporterà alla rete, in modo da programmare opportune limitazioni o incrementi della capacità.

C'è da ricordare che per le IF il successo dell'orario rappresenta la principale leva di marketing attraverso la quale essa effettua introiti. Per raggiungere questi obiettivi l'orario deve essere redatto in "puntualità", cioè rispetto dell'orario programmato, e "qualità del programma orario", cioè capacità di soddisfare pienamente le esigenze dei clienti finali. Le IF interpretando queste esigenze comunicano un "orario obiettivo" che rappresenta il dato di input del GI il quale, consono anche delle proprie esigenze, realizzerà una armonizzazione dell'orario. Il risultato finale potrà quindi anche leggermente differenziarsi dall'orario obiettivo il che può rappresentare per l'IF una perdita di competitività. Compito del GI è dunque realizzare un orario che cerchi di limitare il più possibile gli scostamenti degli orari obiettivo da quelli proposti, interpretando nel modo migliore possibile il mercato e proponendo, se necessario, alternative che vadano incontro alle esigenze delle IF.

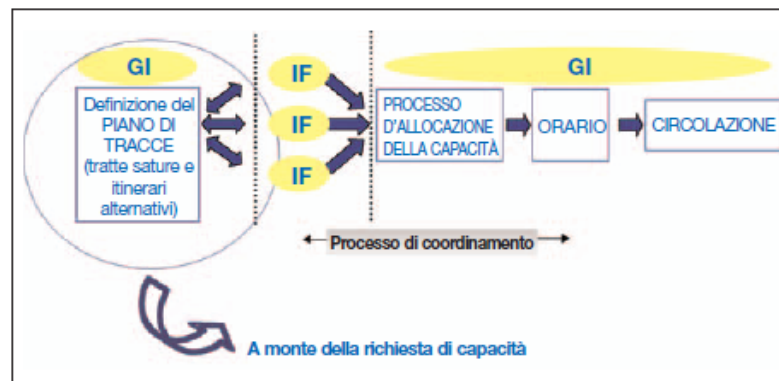


Figura 5.1 Rappresentazione schematica dell'offerta delle tracce

5.3.1 Il Processo di definizione e il catalogo

Il processo di definizione del catalogo inizia con un'analisi della situazione attuale e delle future IF che prospettano di inserirsi sul mercato. Vengono attivati dei tavoli di trattativa con tutti i portatori d'interesse per interpretare le loro esigenze. A questo punto se le richieste non si limitano a singole tracce ma ad interi programmi di esercizio s'interviene con Accordi Quadro di durata pluriennale per l'assegnazione d'interi volumi di capacità strutturati nelle varie relazioni richieste.

Il GI con la propria attività di Marketing, in sintesi, mira a individuare oltre alla quantità di tracce di cui le IF hanno bisogno, anche la qualità di tracce in termini di velocità, servizio, frequenza, cadenzamento, corrispondenze, origine e destinazione dei percorsi. Il gestore, tenendo conto anche delle sue esigenze manutentive che limitano la capacità infrastrutturale, ha l'obiettivo di ottimizzare la stessa riducendo al minimo gli "sprechi" cioè la capacità inutilizzabile.

Si può definire il catalogo come l'insieme delle tracce orario *organizzate* sulla base delle esigenze sia dei richiedenti (per esempio le imprese ferroviarie), sia del gestore dell'infrastruttura.

Il catalogo, viene realizzato per portare a conoscenza delle IF l'offerta di capacità del GI, in termini di tracce compatibili tra loro, e delle caratteristiche dell'infrastruttura. In seguito le IF possono scegliere le tracce in grado di soddisfare le loro esigenze e avanzare le richieste nei tempi previsti.

Il GI è obbligato dalla normativa europea, entro undici mesi prima dell'avvio del nuovo orario, ad aver stabilito e vincolato, di concerto con gli altri GI dell'unione europea e non, le tracce internazionali, e a rispettarle durante la programmazione dell'orario di dettaglio. Conseguentemente per la stessa data deve esser definito univocamente il catalogo tracce che le IF consulteranno per scegliere quelle a loro più appetibili.

5.3.2 Il catalogo base

Il catalogo base rappresenta una griglia di tracce omotachiche realizzate con la stessa impostazione di velocità sugli itinerari principali. Tutta la rete fondamentale è suddivisa in cataloghi e sono redatti in modo tale che le tracce di un catalogo abbiano naturale prosecuzione nel catalogo successivo in modo che tutti i treni con impostazione uguale a quella prevista abbiano un'unica traccia tra due località della rete nazionale. Le IF tuttavia richiederanno quasi sicuramente tracce con impostazione diversa da quella di base, e se le condizioni di congestione lo permetteranno, si realizzeranno tracce diverse più veloci, che andranno ad assorbire tracce della griglia di base. Se per esempio la griglia è stata costruita con impostazione più vicina al traffico merci si parlerà di griglia orientata al merci. Si può quindi dedurre che se s'intercettano bene le esigenze

delle IF si può produrre una serie di tracce a monte della richiesta delle stesse, massimizzando la capacità dell'infrastruttura.

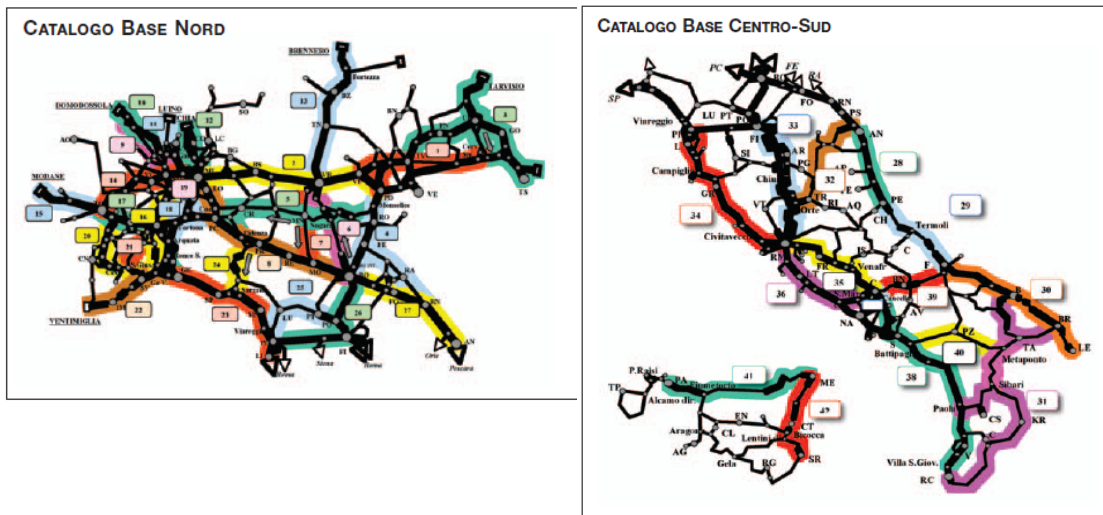


Figura 5.2 Rappresentazione del catalogo base

5.3.3 I vantaggi

La realizzazione del catalogo porta con se una serie di vantaggi:

Innanzitutto la possibilità per tutti i richiedenti di ricevere quanto rientra nelle proprie aspettative attraverso l'indagine di marketing operata dal GI. Una volta scelte, le tracce sono personalizzabili da parte dell'IF nei limiti del catalogo. Parallelamente però si può dichiarare che maggiormente è spinta l'attività di Marketing, minori saranno le correzioni che si dovranno apportare successivamente. In caso contrario, senza l'uso del catalogo, i primi clienti verrebbero soddisfatti mentre i successivi dovrebbero accontentarsi della capacità risultante.

Con l'adozione del catalogo avviene una riorganizzazione dei processi produttivi interni del gestore dell'infrastruttura che può proporsi al mercato con un prodotto tracce più facile da gestire tra direzione centrale e sedi periferiche.

Infine un migliore prodotto "tracce" vendibile in quanto con l'adozione del catalogo, le varie tracce con velocità differenti vengono organizzate in modo da garantire il rispetto dell'orario e la capacità di riassorbire le eventuali perturbazioni che coinvolgerebbero la marcia dei treni. Con la strutturazione del catalogo inoltre, un treno in ritardo che avrebbe "perso" la sua traccia, non verrebbe inserito nel primo "vuoto d'orario" causando inevitabilmente problemi

alla circolazione, ma verrebbe inserito in una successiva traccia non venduta che abbia le stesse caratteristiche di trazione.

Un elemento importante è realizzato dalla pubblicazione di capacità d'infrastruttura che, come detto, prima del cambio orario permette di scegliere quale traccia adoperare per il proprio servizio, e dopo il cambio orario, permette di rendere visibili quali tracce siano rimaste libere sul mercato. L'implementazione elettronica di tali cataloghi darà la possibilità, tramite un semplice browser internet, di visualizzare le tracce disponibili e ordinarle.

5.4 Dal catalogo all'orario

Una volta redatto il catalogo le IF hanno 3 mesi di tempo per analizzare le tracce disponibili e ottimizzare il proprio sistema di gestione della qualità interno, per la realizzazione del programma di esercizio a loro più consono. Entro 8 mesi dall'attivazione dell'orario (che cade sempre la seconda domenica del mese di Dicembre) le IF presentano le richieste di tracce per l'orario successivo a quello in vigore. Il GI ha quindi tempo 2 mesi per accettare o rigettare le eventuali richieste. Un primo punto di verifica è realizzato 4 mesi prima del cambio orario quando il GI propone un progetto d'orario di servizio che invia a tutte le IF per la parte di loro competenza. A sua volta le IF hanno ancora un mese di tempo per rispondere alle eventuali variazioni o richiederne altre così da permettere al GI, di redigere un versione definitiva del nuovo orario di servizio 2 mesi prima dell'entrata in vigore dello stesso. Se non provengono ulteriori osservazioni, si ritiene accettata la bozza di orario presentata che diventa, per quella data IF, definitiva.

Al contrario se invece una IF presenta una richiesta di traccia dopo il termine degli 8 mesi ante ma entro 3 dal cambio orario la sua richiesta sarà trattata in ordine cronologico rispetto alla data di ricezione. Qual'ora invece la richiesta arrivi oltre il termine di 3 mesi dal cambio orario sarà trattata come un richiesta di Variazione in Corso di Orario.

Le imprese ferroviarie per la formulazione della richiesta hanno a disposizione delle aree software all'interno della piattaforma ASTER. In particolare tramite la piattaforma ASTER-IF le varie IF possono studiare e richiedere le tracce a RFI ed essere informate sullo stato di elaborazione della loro richiesta. Il sistema inoltre, permette d'inserire anche tutte le richieste di servizi aggiuntivi che devono svolgersi presso i terminali o le stazioni ferroviarie. Tramite ASTER-IF le imprese inoltre posso collegarsi anche a PATHFINDER, una piattaforma che mette in comunicazione tutti i GI europei e permette di armonizzare tutte le tracce ai confini. In aggiunta sempre sui server di Rail Net Europe (associazione di tutti i GI europei) che ospitano l'applicativo PATHFINDER, è possibile

visualizzare il catalogo di tutte le tracce internazionali e può essere utilizzato per formalizzarne la richiesta.

1. Le richieste di traccia pervenute entro il 11.04.11, incluso, saranno trattate secondo la tempistica:



2. Le richieste di traccia pervenute dai 12.04.11 al 10.10.11 saranno esaminate secondo l'ordine cronologico di presentazione, successivamente alle richieste pervenute entro la prima scadenza. La definizione delle tracce da parte di RFI avverrà entro il 07.11.11.



Figura 5.3 Prospetto delle scadenze per la richiesta delle tracce per il nuovo orario 2012

5.4.1 Gestione delle conflittualità

Una volta ricevute tutte le richieste il GI, se riscontra conflitti tra tracce, deve avviare un processo di coordinamento per armonizzare le richieste proponendo altre tracce o opportuni cambiamenti alle tracce configgenti che comunicherà immediatamente all'IF. Qual'ora questa non accetti il GI opererà nel seguente modo:

- se la traccia proposta in alternativa differisce dalla richiesta originaria al massimo per +/- 15 minuti e ne sono rispettate le funzioni commerciali, il GI assegna le tracce orarie, come da proposta in alternativa;
- se la traccia proposta in alternativa differisce dalla richiesta originaria per oltre +/- 15 minuti ma le tracce confliggano per meno di 50 giorni l'anno, il GI assegna le tracce orarie, come da proposta in alternativa
- se la traccia proposta in alternativa differisce dalla richiesta originaria per oltre +/- 15 minuti e le tracce confliggano per più di 50 giorni l'anno, il GI assegna le tracce disponibili seguendo i criteri di priorità indicati nel Prospetto Informativo Rete.

Al verificarsi del terzo caso contestualmente all'assegnazione della traccia secondo i principi di priorità, viene dichiarato saturo il tratto di rete a cui deve seguire un'analisi della capacità dello stesso al fine d'identificare i motivi della saturazione e le misure d'adottare nel breve medio termine a soluzione della situazione. A seguito di ciò il GI avrà ulteriori sei mesi per predisporre un piano di potenziamento infrastrutturale.

Come detto il GI assegnerà le tracce in base ai criteri di priorità che possiamo riassumere nel seguente elenco:

- ai servizi di trasporto internazionale
- ai servizi di trasporto qualitativamente e quantitativamente sufficienti a soddisfare la mobilità dei cittadini, disciplinati da appositi contratti di servizio da stipulare tra l'IF e lo Stato o le Regioni
- ai servizi di trasporto ad alta velocità effettuati totalmente o parzialmente su infrastrutture appositamente costruite o adattate, e ai servizi di trasporto merci effettuati su linee specializzate per tali servizi.

Qualora gli anzidetti criteri non siano sufficienti, per servizi indicati con pari priorità, il diritto di precedenza è stabilito in base alla fascia oraria fino a coprire l'80% della capacità:

notte	==>	merci
pendolare	==>	passengeri locali
giorno	==>	passengeri a medio/lungo percorso

Nella redazione dell'orario di servizio, bisogna far riferimento comunque allo scenario tecnico di riferimento. Per scenario tecnico di riferimento s'intendono tutte le caratteristiche e i parametri tecnici di distanziamento e incrocio da tener presente nella redazione di un orario di servizio. Inoltre, per garantire che l'orario venga rispettato devono essere inseriti secondo la Fiche n° 405.1 dell'UIC, i margini di regolarità, ovvero minuti aggiuntivi che permettono il mantenimento dell'orario nel caso di lavori programmati sull'infrastruttura. In aggiunta per giorni e periodi particolari quali il weekend o i periodi estivi, si procede ad una riprogrammazione dell'offerta al fine rispondere in maniera più elastica possibile alle esigenze di mobilità.

Redatto il progetto definitivo, il GI inserisce i dati elaborati all'interno dei sistemi di circolazione e in automatico predispone il contratto di accesso all'infrastruttura che formalizza l'acquisto delle tracce orarie e servirà per la rendicontazione e il pagamento dell'utilizzo dell'infrastruttura stessa

5.4.2 Variazioni in corso di orario

Come detto l'orario non deve essere interpretato come un qualcosa di immutabile, ma al contrario, come uno strumento in continua evoluzione. In questo scenario trovano esistenza le Variazioni in corso di orario (VCO) disciplinate dal legislatore come richieste ad hoc effettuate dalle imprese per rispondere in maniera più dinamica alle proprie esigenze. Le VCO non seguono i processi di coordinamento tra tracce previsti per le richieste di cambio orario, ma vengono trattate in maniera strettamente cronologica. Le VCO possono essere richieste durante tutto l'anno tranne che nei 30 giorni a cavallo del cambio orario.

Le richieste di VCO devono pervenire entro 30 giorni dalla data di effettuazione della prima traccia e solo da imprese già titolari del certificato di sicurezza e della licenza ferroviaria. La risposta del GI arriverà entro 5 giorni e inderogabilmente entro 3 giorni dall'effettuazione della traccia stessa. Qualora la richiesta (anche per motivi di emergenza) arrivi non prima di 5 giorni dall'effettuazione, verrà gestita in Gestione Operativa dal Coordinatore Movimento.

→ Le richieste di nuove tracce, o di modifica di tracce già assegnate per l'orario in vigore, possono essere presentate durante l'intero periodo di validità dell'orario, con l'eccezione dei primi e degli ultimi 15 giorni solari.

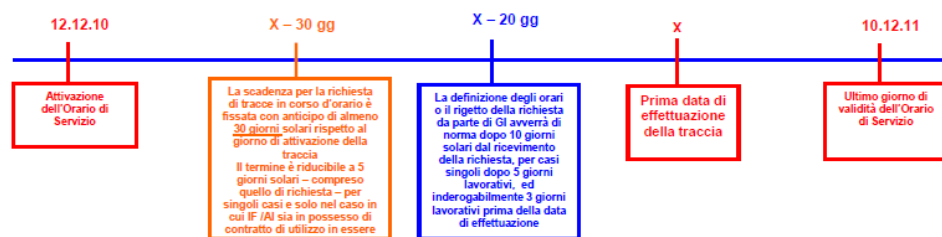


Figura 5.4 Prospetto richiesta tracce in corso d'orario

L'elaborazione delle VCO avviene all'interno del sistema ASTER, tramite il quale le IF effettuano anche la richiesta stessa. Le VCO possono essere non solo di nuove effettuazioni ma anche “tecniche”, cioè di armonizzazione delle tracce esistenti per rispondere a eventuali criticità manifestatesi durante lo svolgimento dell'orario stesso. Al verificarsi di quest'ultimo caso non è necessario la rinumerazione del treno, in modo da rendere il più flessibile possibile il sistema. Inserita la modifica a sistema questo la invierà a tutte le sedi territoriali per la comunicazione e la stampa delle schede treno.

5.5 L'orario nei sistemi informatici

La realizzazione dell'orario è un processo molto lungo che vede in campo vari attori decisionali e una elevatissima mole di dati. Per questo, insieme alle innovazioni legislative in merito alla liberalizzazione del traffico è stato necessario implementare nel processo sistemi informatici e piattaforme che permettessero un scambio sicuro di tutti i dati necessari alla programmazione dell'esercizio. Prima tra tutti bisogna necessariamente citare il sistema ASTER-IF, che permette alle imprese ferroviarie d'inserire tutte le richieste di tracce e tutte le informazioni commerciali che dovranno poi essere portate a conoscenza degli utenti finali. Tali dati infatti vengono suddivisi tra dati relativi alle tracce orarie che servono da input all'orarista (il tecnico che realizza l'orario) per definire la maglia degli orari, e dati commerciali che dovranno essere inseriti nei quadri murali e commercializzati all'utenza e alle agenzie. Al fine di permettere

tali elaborazioni la piattaforma ASTER-IF è collegata con la piattaforma ASTER-QM a cui accedono anche le rispettive Direzioni Compartimentali Movimento per inserire le indicazioni di stazione, e la piattaforma RoMan utilizzata dall'orarista per la definizione delle tracce. L'applicativo RoMan infatti è stato il primo a essere informatizzato ed è l'elemento che costituisce l'asse portante di tutta la pianificazione.

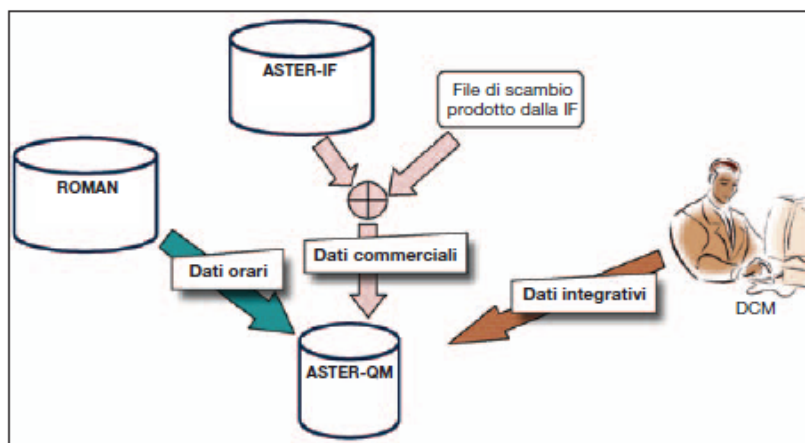


Figura 5.5 Schema di flusso dell'applicativo Aster

La progettazione esecutiva dell'orario è stata la prima attività ad essere automatizzata e sottratta all'orarista. Al fine di permettere all'applicazione di calcolare le tabelle di percorrenza devono essere forniti:

- i profili plano-altimetrici della linea ferroviaria (cioè la descrizione puntuale delle "livellette" o gradienti, delle curve del tracciato del treno e dei gradi di prestazione);
- le caratteristiche di potenza della locomotiva, o più in generale del mezzo di trazione, e le caratteristiche di resistenza del convoglio, nonché le caratteristiche di frenatura

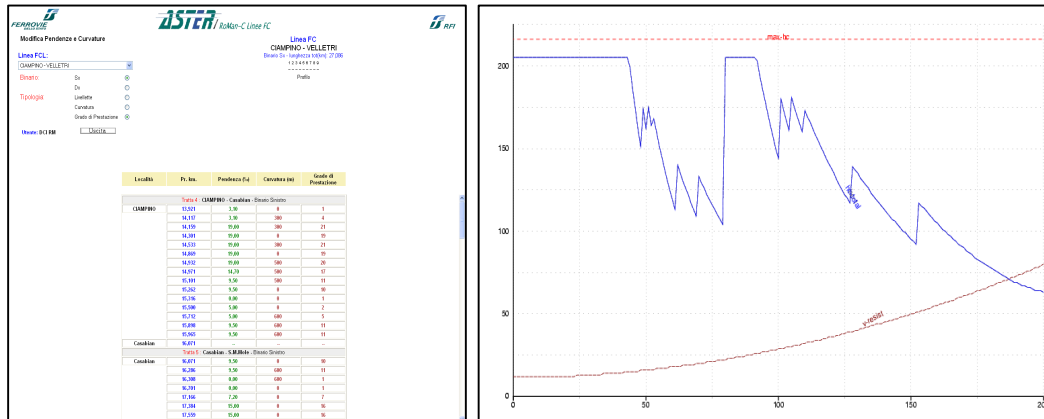


Figura 5.6 Schermata del profilo piano altimetrico della linea in forma tabellare a sinistra e caratteristica meccanica della locomotiva a destra

L'elaboratore da questi dati ricava i diagrammi di trazione e i profili di velocità del treno. Questi insieme ai dati di percorso quali il codice d'impostazione, la velocità massima e le fermate, permette d'integrare e calcolare passo passo l'equazione fondamentale del moto da cui ne scaturisce una simulazione di marcia e una tabella di percorrenza. La tabella di percorrenza, con determinate tolleranze, rappresenta la possibile marcia del treno, con le caratteristiche impostate, lungo la linea. Il risultato di questa elaborazione è una traccia pura che l'orariista dovrà completare con i margini di tolleranza e rendere compatibili con i sistemi di distanziamento presenti, per realizzare il classico orario ferroviario.

In particolare la tabella di percorrenza riporta i tempi di percorrenza tra tutti i punti significativi della linea in caso di transito in entrambi i punti (PP Pass-Pass), transito fermata (P-S Pass-Stop), fermata transito (SP Stop-Pass), fermata fermata (SS Stop-Stop).

Come detto la tabella di percorrenza oltre indicare i parametri caratteristici del mezzo è la rappresentazione di una traccia pura a cui vanno aggiunti i margini previsti dalla fiche UIC in particolare:

- i margini di regolarità, ovvero tempi aggiuntivi da assegnare anche in base a norme internazionali per prevedibili esigenze di manutenzione dell'infrastruttura e/o regolarità di circolazione;
- i margini supplementari, ovvero tempi aggiuntivi "localizzati" per lavori di lunga durata di manutenzione e/o potenziamento dell'infrastruttura specie in corrispondenza dei nodi ferroviari;
- i tempi di sosta, per assolvere al servizio viaggiatori, al servizio tecnico per le merci, per realizzare coincidenze o interscambio con altri treni;

- ulteriori tempi aggiuntivi, detti “*allungamenti*”, che devono assicurare la compatibilità delle tracce in coerenza con il distanziamento garantito dalle caratteristiche tecnologiche d’esercizio della linea.

```

-----
- ROMAN-C Orario 2005-2006                               13.07.2006 00:12:13
-----
0 0048 Ale 506/426 (2M + 2R)-VS 140 B 120%
1 VARESE-TREVIGLIO
- Bpm Vmx Km loc VI VO DI DO SPP PP SP PS SS dist load location
2 120 75 0,0 VARESE 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 105 17,9 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 14,0 Gazzada 25 30 30 35 4427 0
2 10,0 Castron. 25 30 30 35 8430 0
2 7,5 Albizzate 15 20 20 25 10939 0
2 4,6 Cavaria 15 20 20 25 13820 0
2 100 2,0 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 139 24,9 GALLAR. 30 35 35 40 18574 0
2 17,8 Busto A. 30 35 35 40 25675 0
2 130 14,3 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 13,3 Legnano 20 25 25 30 30243 0
2 139 12,5 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 10,3 Canegrat 15 20 20 25 33237 0
2 7,8 Parabiag 10 15 15 20 35670 0
2 0,0 Vanzago 20 25 25 30 40561 0
2 120 13,9 DE Rho 15 20 20 25 43386 0
2 12,6 RHO 5 10 10 15 44686 0
2 5,2 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 60 13,3 MI.CERT. 40 45 45 50 52548 0
2 12,0 Villapiz 15 20 20 25 53828 0
2 0,0 Mi Lanc. 20 25 25 30 56130 0
2 8,4 Mi Gar S 15 20 20 25 57454 0
2 7,3 Mi Rep. 10 15 15 20 58542 0
2 50 6,4 Mi Ven 10 15 15 20 59488 0
2 5,1 Mi Dateo 15 20 20 25 60802 0
2 65 3,2 MI.VITT. 15 20 20 25 61957 0
2 85 6,2 B.Lambro 30 35 35 40 65161 0
2 139 7,0 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 9,9 Segrate 20 25 25 30 68828 0
2 0,0 PIOLTELL 10 15 15 20 71325 0
2 16,1 Vignate 20 25 25 30 74976 0
2 19,7 Melzo 15 20 20 25 78663 0
2 24,6 Trecella 20 25 25 30 83503 0
2 27,2 Cass. A. 10 20 15 25 86070 0
2 29,0 LIM. VEL 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 31,7 B.BERGAM 20 25 25 30 90598 0
2 33,1 TREVIG. 5 10 15 20 92061 0
-----
Totali: 515 665
665 815
-----
- processed successfully                               13.07.2006 00:12:13
-----

```

Figura 5.7 Tabella di percorrenza di un treno

La progettazione delle tracce orario deve tener conto inoltre d’ulteriori indicazioni quali:

- le specifiche di circolazione
- l’utilizzo delle risorse messe in gioco dalle imprese di trasporto in termini di mezzi e di personale;
- l’utilizzo degli impianti origine e termine o altri di linea nonché le operazioni tecniche di “terminalizzazione” (manovra, garaggio, rifornimento idrico e carburante, manutenzione, pulizia ecc.);
- ulteriori aspetti organizzativi.

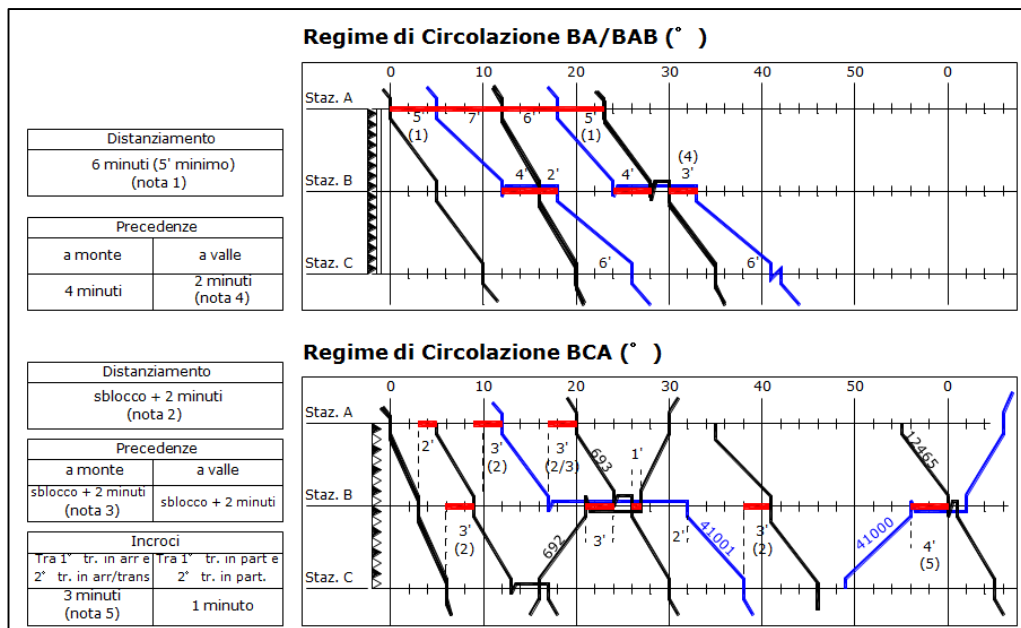


Figura 5.8 Tempi tecnici da considerare nella definizione dell'orario di servizio differenziati per le diverse tipologie di incompatibilità e sistemi tecnologici di distanziamento in linea

La programmazione dell'orario, oltre alla pianificazione del trasporto vero e proprio, si deve basare soprattutto su criteri di robustezza e semplicità. Il passo successivo è la trasformazione delle tabelle in orario grafico tramite sistemi CAD. L'applicativo software RoMan permette di passare velocemente dalle tabelle all'orario grafico attraverso un collegamento in rete di tutti i terminali e quindi di tutti gli operatori dislocati sul territorio nazionale. Le elaborazioni dei vari compartimenti non restano quindi isolate tra loro con l'onere di far coincidere le tracce ai confini dei compartimenti, ma ogni utente ha la possibilità di interagire con gli altri per creare fin da subito una traccia univoca per tutto il territorio. La progettazione esecutiva rimane comunque in carico all'orarista che cerca di far convivere tutte le tracce già richieste tramite ASTER-IF, al GI. L'utilizzo di sistemi CAD permette all'orarista di visualizzare i conflitti e le interferenze che devono essere risolti tramite il rispetto del distanziamento e l'incrocio dei treni nei vari impianti della linea. L'utente, tuttavia, non è anche il risolutore di tali conflitti ma viene coadiuvato da un algoritmo di risoluzione. L'ottimizzazione però non comprende la gestione della circolazione all'interno delle stazioni medio/grandi in quanto le peculiarità di questi impianti necessitano una trattazione a parte.

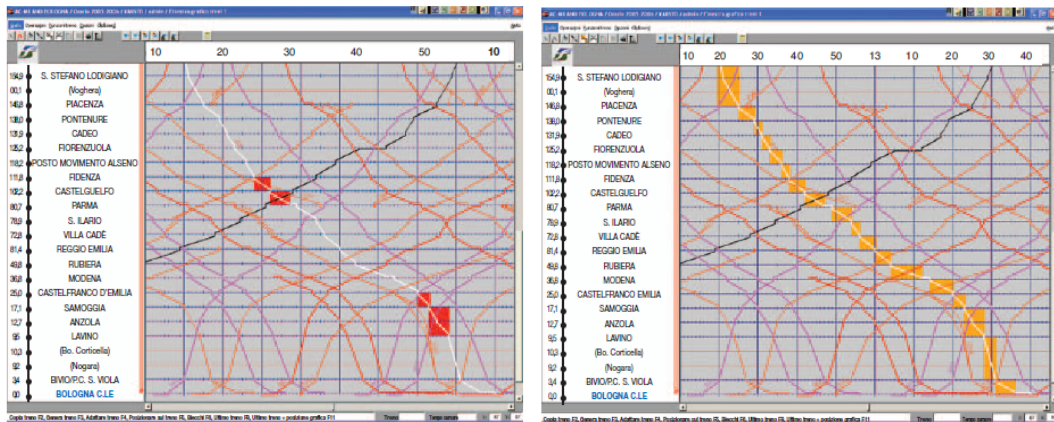


Figura 5.9 Identificazione dei conflitti tra la traccia bianca e le altre tracce a sinistra evidenziati in rosso e dell'occupazione delle sezioni di binario per la percorrenza della traccia bianca evidenziati in giallo

5.5.1 La ricerca operativa come risolutore dei conflitti

A latere del software RoMan, per la risoluzione dei problemi, è stato sviluppato un applicativo software che contiene l'algoritmo TCM finalizzato a risolvere i conflitti che si generano tra due tracce durante la redazione dell'orario definitivo. Tale algoritmo, basato su vari metodi di ottimizzazione, permette di risolvere conflitti su reti che si sviluppino per oltre 2000 km con tempi di elaborazione dell'ordine dei minuti.

L'algoritmo si basa sull'ottimizzazione di una funzione obiettivo che minimizza la penalità globale dell'orario o delle tracce in elaborazione, essendo la penalità di ogni singola traccia proporzionale alle modifiche che si devono apportare a questa per rendere compatibile tutta la maglia dell'orario.

Le possibili modifiche della traccia consistono in:

- Uno spostamento (shift) dell'ora di partenza in anticipo o in ritardo rispetto all'ora di partenza prevista
- Un allungamento (stretch) di tutta la traccia sull'intero percorso visualizzabile come sommatoria di tutti gli allungamenti di percorrenza delle singole tracce comprese le fermate per precedenza treni.

Definito V_0 il valore della traccia prima della elaborazione si definisce V il valore dopo la elaborazione ottenuto come $V_0 - P$. Per compatibilizzare la traccia con le altre è necessario spostare la partenza (shift s^- o s^+) o allungare il percorso (stretch $0 : \sigma_{max}$) entro certi limiti che non annullino il valore della traccia V .

Il valore V sarà allora

$$V = V_0 - P = V_0 - a \cdot s - b \cdot \sigma \quad (4.1)$$

In cui a e b rappresentano perdite di penalità unitarie per minuto rispetto alla richiesta di traccia oraria. L'algoritmo trova la soluzione rendendo minima la penalità P di tutte le tracce.

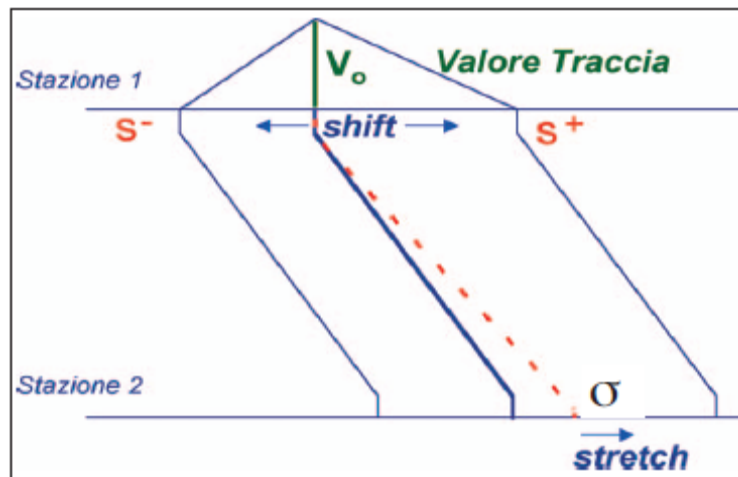


Figura 5.10 Rappresentazione grafica del concetto di shift e di stretch

Per ogni traccia si possono inoltre impostare dei vincoli, quali la “priorità di tracciatura” la quale stabilisce l'importanza di questa traccia rispetto alle altre, nonché il peso della penalità che si arrecherebbe con la modifica di quella traccia. In caso d'impossibilità nel soddisfare le due richieste l'algoritmo darà priorità di tracciatura a quella con priorità più elevata sacrificando le altre.

Inoltre si possono inserire valori massimi di shift o stretch che una traccia può subire. Ad esempio un treno ESAV avrà vincoli di modifica e priorità maggiori rispetto ad un treno merci che quindi potrà subire maggiori modifiche rispetto alla traccia originaria.

Si noti come la logica dell'algoritmo rispetti le caratteristiche economiche dell'infrastruttura e la necessità di ottimizzare l'utilizzo della rete.

L'algoritmo è in grado di rispondere in generale a due problematiche dell'orario ferroviario

- Sulla base di una linea tutta libera, di costruire l'orario generale
- Data una linea ferroviaria con un orario già predeterminato trovare la capacità residua, ovvero le tracce aggiuntive che si possono introdurre senza apportare modifiche a quelle già elaborate.

In quest'ultimo caso i treni già trattati verranno considerati bloccati e quindi non modificabili.

Anche nel caso di cadenzamento l'algoritmo tiene conto delle modifiche che si dovranno apportare a tutta una struttura di cadenzamento e non solo ad una singola traccia, traslando l'orario di partenza dell'intera maglia e minimizzando

la perdita totale del sistema. Lateralmente alla sua funzione di ottimizzazione dell'orario, l'algoritmo permette di determinare anche il valore economico dell'infrastruttura, identificando le aree più saturate della rete. Infatti nel caso di un rifiuto di tracciatura di una traccia, si può reiterare l'algoritmo con parametri opportunamente modificati così da poter verificare se sia possibile inserire un maggior numero treni. In seguito si può determinare la disponibilità a pagare per le varie tracce. Per esempio si possono incrementare le tariffe in zone di saturazione come, al contrario, si può prevedere una diminuzione del pedaggio quando, per l'uso più intenso della linea, sarebbero necessarie politiche di omotachicità di tracciatura che richiederebbero una certa riduzione di velocità commerciale dei treni più veloci.

5.5.2 I prodotti dell'orario di servizio

Il sistema orari, una volta definito l'orario ufficiale, travasa le informazioni nel sistema informatico che permette di realizzare bollettini orario, grafici e quadri orario e permette di elaborare alcune statistiche. Al termine di questa fase di progettazione è in definitiva disponibile l'orario per ciascun treno che alimenta importati sistemi di gestione della circolazione. Viene infatti inviato in automatico ai sistemi di gestione della circolazione come PIC e CCL per il comando controllo di tutti gli enti, alimenta il sistema ASTER-ST che è il sistema responsabile della produzione della scheda treno cioè il documento informatico che riporta l'orario di servizio e indicazioni necessarie alla sicurezza dei treni, ed infine alimenta il sistema d'informazione al pubblico per la divulgazione commerciale dell'offerta e per permettere le relative prenotazioni. Altro importante dato di output è rappresentato dalla gestione delle VCO, le quali vengono immediatamente travasate nell'applicativo ASTER in cui è stata creata un'apposita area di lavoro per l'elaborazione delle VCO. Queste, immediatamente a valle del rilascio delle variazioni da RoMan, vengono divulgate su tutto il territorio per permettere alle direzioni compartimentali e ai reparti di apportare le dovute modifiche alla programmazione dei singoli impianti.

5.6 Orario e capacità di una stazione di testa

I sistemi informatici di redazione dell'orario di servizio, come visto, permettono di pianificare le tracce ferroviarie lungo la linea nel rispetto del distanziamento minimo e delle esigenze delle IF. Un elemento particolare che merita tuttavia una trattazione a se è l'orario di stazione, che viene anche chiamato "piazzamento dei treni" e rappresenta l'M53 di stazione. Si tratta dell'informazione di tutti gli arrivi e le partenze dei treni interessanti la stazione con il loro binario di ricevimento che viene pubblicato anche sui quadri murali delle stazioni. Come già visto tuttavia nelle stazioni grandi, i movimenti non sono costituiti solo dai movimenti dei treni ma anche da tutti i movimenti di

manovra che rappresentano molte volte una quota significativa dei movimenti totali. La rappresentazione grafica è quella di un diagramma di GANTT in cui in ascissa troviamo una linea temporale che abbraccia tutte le ore di servizio dell'impianto, mentre in ordinate tutti i binari sulle cui righe risulta riportata una barra di occupazione del binario stesso da parte dei treni dall'ora d'inizio all'ora di fine occupazione. L'elaborazione di tale documento deve a sua volta tener conto di varie caratteristiche di stazione a partire dalla capacità statica dei binari determinata dalla relativa lunghezza. In seconda analisi si deve assicurare la compatibilità di movimenti contemporanei su itinerari indipendenti, e conseguentemente evitare incroci tra treni aventi due movimenti allo stesso istante orario. La necessità di movimenti contemporanei, in genere, rappresenta una richiesta più stringente della prima e determinano la capacità "dinamica" di una stazione. Ricordiamo inoltre che tutti i movimenti di manovra, che devono avvenire durante la fase di operatività dell'impianto, rappresentano degli elementi vincolanti di cui bisogna tenerne conto nella fase di elaborazione dell'M53. L'attività di piazzamento spesso vincola la stessa maglia dell'orario di linea dovendo rendere compatibili gli orari di arrivo e partenza sia con le esigenze di linea che di stazione. In aggiunta spesse volte si hanno dei fasci preferenziali di partenza e arrivo di determinati treni che tuttavia, possono interferire con altri itinerari di stazione. Si aggiunge che i treni necessitano di alcuni tempi minimi di sosta per garantire lo svolgimento di tutte le operazioni necessarie al giro materiale o per l'effettuazione di alcune operazioni di pulizia. Si darà quindi una breve descrizione analitica delle problematiche di una stazione di testa per comprendere meglio il caso pratico.

5.6.1 Inquadramento

Si è visto come la capacità di una stazione è determinata dall'infrastruttura che non può essere impegnata oltre un certo numero di treni se non a scapito della puntualità di arrivo e partenza. Oltre al vincolo di distanziamento quindi, vi è anche il vincolo di capacità della stazione, specie per i sistemi cadenzati.

Per trattare analiticamente il problema sono necessarie alcune premesse:

- Si parte dal considerare una stazione elementare di testa all'interno di una stazione di maggiori dimensioni con itinerari di arrivo e partenza indipendenti dagli altri.
- Struttura orario di cadenzamento regolare

Nelle stazioni di testa tra i treni che entrano e treni che escono o viceversa possono esserci dei conflitti dovuti al fatto che gli itinerari d'ingresso e uscita utilizzano alcune tratte in comune. Si dice che gli itinerari non sono indipendenti e deve trascorrere quindi un intervallo di tempo minimo tra un movimento ed un altro, necessario per la liberazione d'itinerario e permettere di disporre al treno

seguito i segnali d'ingresso a via libera. Bisogna quindi comprendere quali siano gli itinerari coincidenti e quali siano i tempi minimi.

Per confrontare tra loro tutti i possibili itinerari verificandone la relativa compatibilità si utilizza la *matrice degli itinerari* che permette di confrontare i vari movimenti sui vari binari dell'impianto.

A differenza però di una classica matrice che mette solo a confronto tra loro i vari itinerari ed è quindi simmetrica rispetto alla diagonale principale, si propone una matrice che indica anche i vincoli di taglio attraverso un confronto dell'ordine di successione dei movimenti. Se un itinerario d'ingresso e di uscita sono tra loro interferenti cambia l'intervallo di tempo che intercorre tra un arrivo e una partenza a seconda che vi sia prima una partenza ed un arrivo o viceversa. Ne risulta quindi una matrice non più simmetrica. Successivamente si analizzano tutti i casi possibili ad esclusione dei casi di ingresso o uscite successive in cui il vincolo è rappresentato solo dal distanziamento in linea.

- casi **a1** e **a2** rappresentano movimenti su itinerari tra loro indipendenti e quindi che possono avvenire anche contemporaneamente
- casi **d1** e **c1** rappresentano casi di utilizzo dello stesso binario. In questi casi prima di analizzare i vincoli di taglio bisogna analizzare i vincoli di giro materiale in quanto il materiale che svolge il treno in arrivo è lo stesso che svolge il treno in partenza
- caso **b1** è relativo ad una interferenza di taglio V_1 tra la prima traccia che entra e la successiva che esce
- casi **b2**, **c2**, **d2** relativi ai vincoli di taglio tra la traccia in uscita e la successiva traccia in entrata denominato V_2 .

Si consideri che i valori di V_1 e di V_2 sono valori particolari per ogni stazione che sono funzione della tipologia di stazione, posizione della radice degli scambi, circuiti di binario ecc. Si può comunque sempre dichiarare che V_2 è sempre maggiore di V_1 , e più la radice degli scambi è posizionata lontano dal paraurti tanto più piccolo è il valore di V_1 e tanto più grande è il valore di V_2 . Tali valori vengono definiti specifica tecnica, che per grandi impianti differiscono in funzione della direttrice di provenienza.

Definiti i vincoli si può analizzare la possibile successione di movimenti in relazione all'allacciamento dei materiali da cui ne scaturisce il piazzamento dei treni. Nel caso di stazione elementare di testa di due binari, con utilizzo di entrambi i binari per il piazzamento, si verifica la situazione rappresentata in figura. Si noti che non sussiste sempre una interferenza (casi a1 e a2) ma nell'ipotesi di servizio cadenzato il vincolo che si verifica per un caso si verifica sempre in quanto non si può agire su una singola traccia ma su tutte le tracce dalla maglia.

Tabella 5.1 Matrice degli itinerari e dei vincoli

2° mov \ 1° mov	INGRESSO I Binario	INGRESSO II Binario	USCITA I Binario	USCITA II Binario
INGRESSO I Binario		Vincolo DISTANZIAMENTO	Caso d1 INTERFERENZA Vincolo di giro	Caso b1 INTERFERENZA Vincolo di taglio V1
INGRESSO II Binario	Vincolo DISTANZIAMENTO		Caso a1 INDIPENDENTI	Caso c1 INTERFERENZA Vincolo di giro
USCITA I Binario	Caso d2 INTERFERENZA Vincolo di taglio V2	Caso a2 INDIPENDENTI		Vincolo DISTANZIAMENTO
USCITA II Binario	Caso b2 INTERFERENZA Vincolo di taglio V2	Caso c2 INTERFERENZA Vincolo di taglio V2	Vincolo DISTANZIAMENTO	

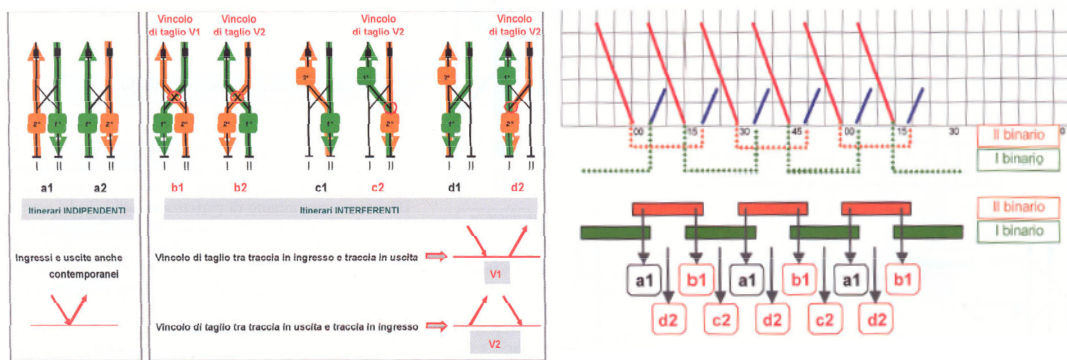


Figura 5.11 A sinistra movimenti d'ingresso e uscita e potenziali casi d'interferenza, a destra analisi delle interferenze nell'allacciamento di materiali e piazzamento di stazione

5.6.2 La doppia bretella

A questo punto diviene fondamentale anche l'analisi topologica della stazione. Nel caso sia presente la doppia bretella si diminuisce il numero d'interferenze in quanto sono possibili due movimenti alla volta che possono essere anche contemporanei se nei piazzamenti è rispettato il senso di circolazione dei treni (circolazione a sinistra). Un esempio è rappresentato da un arrivo in secondo binario e una partenza dal primo binario nel caso di stazione a tre binari. Nella figura si propone un esempio di utilizzo dell'infrastruttura dove si nota che solo alcuni conflitti sono eliminati. Tuttavia se si tratta di sistemi cadenzati i vincoli non sono eliminati completamente e sono da considerare sempre vigenti come illustrato precedentemente.

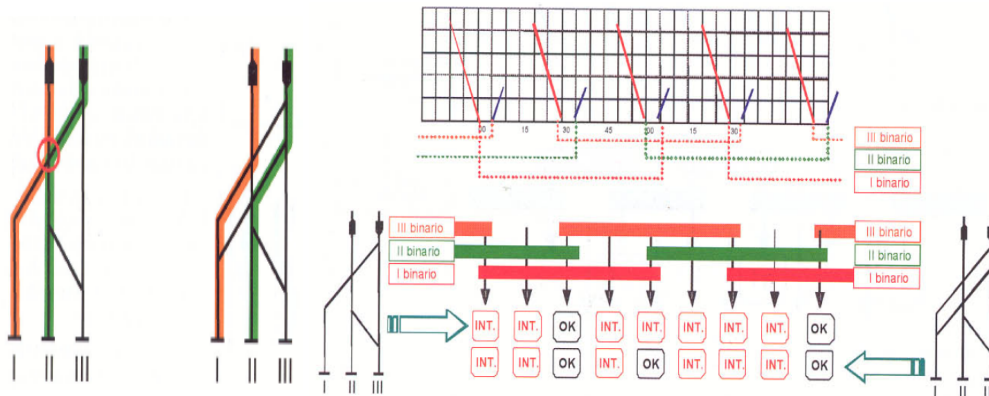


Figura 5.12 A destra rappresentazione della singola e della doppia bretella, a sinistra allacciamento dei materiali e piazzamento dei treni nel caso di singola e doppia bretella

Si sottolinea che nel caso di doppia bretella si possono garantire arrivi e partenze contemporanee avendo però l'accortezza di uscire dalla stazione dal binario più alto (per esempio il primo) rispetto a quello di partenza (il secondo), e replicare successivamente la medesima cosa (uscita dal secondo entrata nel terzo) in modo tale che i movimenti siano sempre indipendenti. Si può pensare di prevedere questa cosa per i vari treni attuando il cosiddetto "scalettamento" dei binari, che però è in contrasto con le ipotesi di stazione elementare, e che richiederebbe un numero di binari da utilizzare troppo elevato rispetto a quello realmente necessario. Proprio per i vincoli dello scalettamento è quindi necessario alcune volte prevedere degli scadenza menti, per ripartire con il piazzamento sui binari più alti dell'impianto.

5.6.3 Vincoli di taglio e vincoli di giro

Tenuto conto delle peculiarità dell'impianto nel caso si voglia istituire un struttura cadenzata, tutte le strutture cadenzate possibili sono rappresentate da tutti i minuti intercorrenti tra l'arrivo di un treno e il successivo treno in arrivo depurati dai minuti V_1 e V_2 . In altre parole l'intervallo di tempo ΔT , che rappresenta i minuti intercorrenti tra un arrivo e la successiva partenza, può variare tra V_1 e $I - V_2$ definendo con I l'intervallo di tempo tra una arrivo e il successivo arrivo. A partire da queste considerazioni si può dunque definire che la frequenza minima, espressa come intervallo tra due treni seguenti, sia di $V_1 + V_2$ che di solito è maggiore rispetto al distanziamento minimo imposto dalla linea.

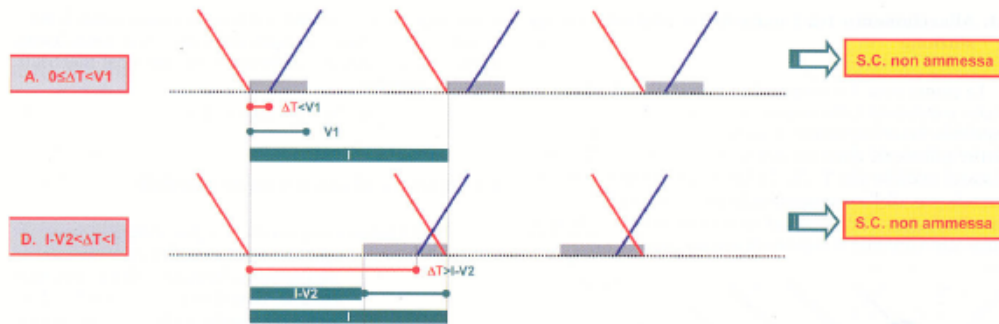


Figura 5.13 strutture di cadenzamento non ammesse

Oltre ai vicoli di taglio per redigere un M53 bisogna tener conto anche dei vincoli di giro e del numero di binari a disposizione. La prima cosa da comprendere è in che modo il vincolo di giro unitamente alla struttura cadenzata, influenzi sul numero di binari necessari. Un materiale in arrivo al minuto 0 potrà ripartire per la propria destinazione solo dopo che sia trascorso un tempo T_s (tempo di sosta) $> T_g$ (tempo di giro). E' tramite l'allacciamento dei materiali che si verifica quindi se viene rispettato il vincolo di giro. La conseguenza è che, in base all'allacciamento dei materiali, in una struttura cadenzata varia il numero di tracce saltate, cioè un treno in arrivo può ripartire solo con la prima traccia che rispetti il vincolo di giro. A sua volta il numero di tracce saltate determina il numero di binari necessari per attestare il servizio presso la stazione. Se ad esempio il primo treno in arrivo può ripartire con la prima traccia disponibile, è necessario solo un binario alla volta ma se il numero di tracce saltate è non nullo, il numero di binari necessari sarà uguale al numero di tracce saltate maggiorato di una unità. Se applichiamo tali concetti ad una struttura cadenzata, finché $\Delta T > T_g$ potrà essere utilizzato per quel servizio sempre lo stesso binario, al contrario saranno necessari 2 binari. In riferimento ai dati di esempio quindi possiamo definire uno schema esemplificativa (vedi Figura 5.14). Assunti come $T_g = 10$ min $V_1 = 3$ min e $V_2 = 7$ min possiamo determinare le aree A e D come le aree critiche all'interno delle quali non possono essere effettuate arrivi e partenze per i vincoli di taglio, l'area C, raffigurata in verde, come l'area che rappresenta il campo di strutture cadenzate che permette l'utilizzo di un solo binario, e l'area B, in arancione, che rappresenta l'insieme delle aree cadenzate per le quali non viene rispettato il vincolo di giro e per la quale sono necessari due binari. E' ovvio che al crescere della frequenza diminuiscono le strutture cadenzate che permettono l'utilizzo di un solo binario.

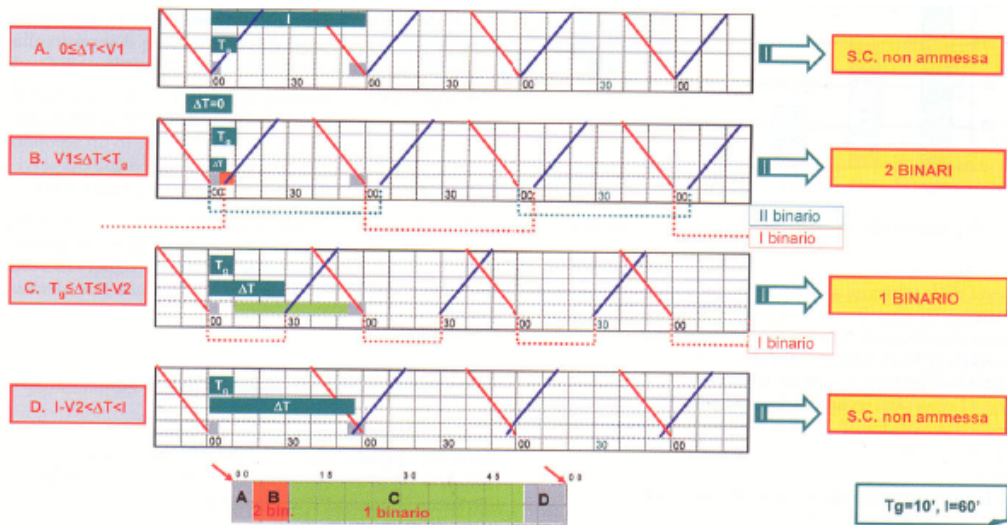


Figura 5.14 Insiemi di S.C. possibili con tempi di giro di 10' e cadenzamento ogni 60'

5.6.4 Il caso generale

Una stazione di grosse dimensioni tuttavia deve soddisfare una eterogeneità di traffico molto elevata in cui convivono vari sistemi cadenzati differenti, e sistemi non cadenzati. Di per sé la trattazione di sistemi non cadenzati permette di modificare singolarmente le singole tracce e quindi rispondere in maniera più dinamica alle esigenze di una grande stazione. Tuttavia per agevolare ulteriormente la stazione, le tracce devono essere opportunamente organizzate cioè evitate occupazioni elevate dei binari che causerebbero un utilizzo dell'infrastruttura non ottimale. In aggiunta, se si hanno più direttrici con sistemi cadenzati differenti, ogni volta che si propone un'ipotesi di piazzamento bisogna considerare i relativi incroci e occupazioni successive che ne scaturiranno. L'ipotesi quindi cadenzata tramonta e i vincoli da rispettare non sono solo i tempi di taglio V_1 e V_2 tra i treni di un sistema cadenzato, ma anche tra interi sistemi e tra treni cadenzati e non cadenzati.

Capitolo 6

Il nuovo orario 2010/2011 di Milano Centrale

6.1 Le novità

Il nuovo orario 2010/2011 ha introdotto importanti cambiamenti rispetto all'orario precedente in vigore fino all'11 dicembre 2011. Una parziale modifica è entrata in vigore con il cambio orario di Settembre dove sono stati eliminati alcuni treni Intercity a mercato Torino-Milano, che in ambito stazione prevedevano un'attestazione al binario 3 e richiedevano singoli movimenti di piazzamento e ricovero dal fascio Ovest durante la giornata. Invece di tali treni sono state istituite due relazioni Eurostarcity (in seguito ESC) a composizione bloccata tra due E414 tra Torino e Venezia. Questo, da un lato ha rappresentato l'eliminazione di alcuni movimenti di manovra tra il fascio e il binario 3 (che costituiva il binario mediano di partenza dei treni) e soprattutto i movimenti dei locomotori isolati dai binari di disimpegno/deposito locomotive per i suddetti convogli, ma ha introdotto ulteriori treni che a causa delle relazioni servite rappresentano importanti elementi da considerare durante la programmazione della circolazione. La necessità infatti di servire le direttrici per Torino e Venezia, che fino all'attivazione della nuova linea venivano istradati lungo la linea Bologna, richiedeva che fossero rispettate tutte le caratteristiche di taglio definite nel paragrafo 5.6 come V_1 e V_2 . Per Milano Centrale tali caratteristiche sono pari a $V_1 = 7$ min e $V_2 = 3$ min. Tuttavia con tali valori, l'elasticità e la possibilità di riassorbire eventuali perturbazioni è azzerata. La specifica tecnica, quindi, prevede che s'impostino tempi minimi pari a 10 minuti per il vincolo di taglio V_1 , e 5 minuti per il vincolo di taglio V_2 .

In aggiunta, sempre su richiesta dell'IF Trenitalia, sono state istituite due coppie di relazioni ES tra Firenze/Napoli e Malpensa, attivando ufficialmente la nuova linea Malpensa e introducendo una nuova coppia di ES che, al pari della coppia Eurostarcity Torino – Venezia, hanno introdotto un ulteriore aumento dei vincoli d'orario.

Tali relazioni, che utilizzano più di una direttrice di affluenza dell'impianto, si sono aggiunte alle coppie di ES Roma/Napoli – Torino che già imponevano interessanti vincoli di taglio tra i treni e le manovre, o tra gli stessi treni.

Proprio in funzione dell'aumento considerevole di relazioni che impegnavano più direttrici di affluenza e alle introduzioni del nuovo orario si è reso necessario impostare un lavoro per determinare in maniera analitica quale fosse lo scenario di migliore utilizzo dell'impianto tra varie proposte, soprattutto in funzione delle nuove attivazioni.

L'attivazione del nuovo orario ha coinciso per l'IF Trenitalia con la riorganizzazione e la messa a sistema del proprio network di collegamenti. Per quanto concerne la lunga percorrenza questo ha comportato:

1. la sistematizzazione dell'offerta ESAV con ES base in partenza al minuto X.15 ed arrivo al minuto X.45, lungo l'intero arco della giornata e partenza ed arrivo dell' ESAVFast al minuto X.00
2. l'introduzione di 4 collegamenti del Venerdì tra Roma e Milano in rinforzo all'offerta esistente
3. la completa eliminazione dei collegamenti Torino – Milano e l'introduzione al suo posto, di 3 coppie ESC Torino – Venezia
4. la trasformazione di alcuni collegamenti ESC Milano-Adriatica in IC che, per quanto riguarda Milano Centrale, ha consistito nell'introduzione nell'impianto di treni effettuati da materiale ordinario invece di materiale bloccato con relativo aumento dei movimenti di manovra necessari
5. l'eliminazione di alcuni treni notturni
6. la conferma dei collegamenti ES Firenze/Napoli Malpensa

Per quanto concerne la breve percorrenza e il trasporto regionale le novità si sono contestualizzate soprattutto:

1. nell'introduzione della relazione Milano Centrale – Malpensa Aeroporto inizialmente prevista semioraria per tutta la giornata e successivamente semioraria solo alle ore centrali del giorno e oraria negli altri periodi
2. nell'introduzione del canale biorario (ore pari) sulla relazione Milano-Mantova con rinforzi nell'ora di punta, il che ha richiesto di poter gareggiare alcuni treni per 100 minuti sui binari di stazione con conseguente riduzione della capacità allocabile
3. l'introduzione del canale biorario per i treni Milano-Bologna complementare alla relazione Milano-Mantova (ore dispari)

In aggiunta sono stati richiesti vari cambi di allacciamenti tra i materiali, anche in funzione delle nuove relazioni, che hanno richiesto il garaggio in tettoia di treni a lunga percorrenza anche per 90 minuti in deroga alle specifiche d'impianto.

Si sottolinea che molte delle relazioni modificate sono state possibili anche grazie alle nuove attivazioni che hanno caratterizzato e costituito degli elementi vincolanti, sia per la determinazione del nuovo orario dei treni, che delle manovre per i piazzamenti. Conseguentemente è divenuto necessario rivedere gli orari di arrivo e partenza di alcuni treni onde permettere la realizzazione di tutti i movimenti richiesti.

6.2 Le caratteristiche del vecchio orario

L'orario in vigore fino al 2010 soprattutto per la relazione Milano-Venezia/Verona imponeva delle scelte di utilizzo all'impianto che non potevano essere più sostenibili con l'aumento dei treni e l'obiettivo di realizzare all'interno dell'impianto delle stazioni elementari. Il modello di offerta Lombardia Est entrato in vigore due anni fa in seguito all'attivazione della tratta suburbana fino a Treviglio e il completamento del quadruplicamento del tratto di linea Pioltello Treviglio, prevede tre relazioni con termine corsa Milano Centrale interessanti lo stesso gruppo di binari:

- La relazione R Bergamo-Milano Centrale con arrivo nell'impianto meneghino al minuto X.50 e ripartenza al minuto X.10
- La relazione ESC Milano - Venezia/Trieste/Udine con partenze al minuto X.35 e X.05 e arrivi al minuto X.25 e X.55
- La relazione R Milano – Verona con partenza al minuto X.25 e arrivo al minuto X.35

Mentre la relazione verso la città orobica è poco influente rispetto alle altre, le successive due sono strettamente legate, in quanto si può notare che al minuto X.35 e X.25 avvengono contemporaneamente partenze e arrivi per la stessa relazione. Se a ciò si aggiunge che l'allacciamento preferenziale dei materiali ESC è tra il treno in arrivo al minuto X.25 e partenza al minuto X+1.35, mentre l'allacciamento di sistema dell'IR Verona è realizzato tra il treno in arrivo al minuto X.35 e partenza al minuto X+1.25, risulta evidente come si debba operare lo scalettamento.

Per scalettamento s'intende che piazzato il treno in partenza al minuto X.25 al binario più alto, il treno in arrivo dovrà necessariamente essere ricevuto in un binario più basso. All'ora successiva, il nuovo treno in arrivo, dovrà esser ricevuto in un binario più basso del precedente andando in questo modo ad utilizzare tutti i binari dell'impianto senza permettere la realizzazione di stazioni elementari.

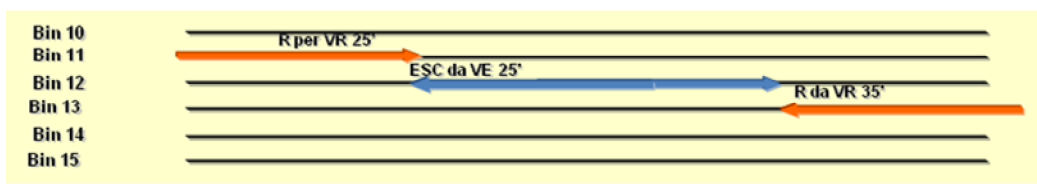


Figura 6.1 Descrizione dello scalettamento dei treni tra R per Verona ed ESC per Venezia

Considerato che non è possibile l'utilizzo di tutti i binari di un impianto per soddisfare una relazione, anche perché le peculiarità d'impianto esploderebbero in maniera esponenziale, è stato necessario scadenzare alcune coppie di treni, per permettere un incrocio e iniziare a riutilizzare i binari più alti dell'impianto. Il numero di treni scadenzati al 12 dicembre 2010 aveva già raggiunto il valore di 10 unità.

Si aggiunge che i minuti X.25 e X.35 rappresentano anche i minuti di arrivo e partenza dei sistemi cadenzati ESC adriatici che quindi richiedevano già l'utilizzo di un bretella per il loro transito nella parte bassa della stazione. Questo implicava, sia alcuni scadenzamenti degli ESC adriatici, sia l'utilizzo dei binari centrali (dove fosse presente la semibretella) per le relazioni del quadrante Lombardia Est a scapito dei servizi AV.

Se tuttavia un valvola di sfogo era rappresentata dalla parte alta della stazione in quanto a tali minuti fino a dicembre 2010 non era prevista nessuna relazione per Monza/Rho e quindi potevano esser utilizzate entrambe le bretelle, con l'attivazione dei servizi Milano Centrale - Malpensa (partenza programmata al minuto X.25 e arrivo al minuto X.35), una delle due bretelle doveva essere utilizzata per tale relazione limitando quindi superiormente l'uso di entrambe le bretelle ai binari 10 /11 a seconda che fosse in corso un arrivo o una partenza.

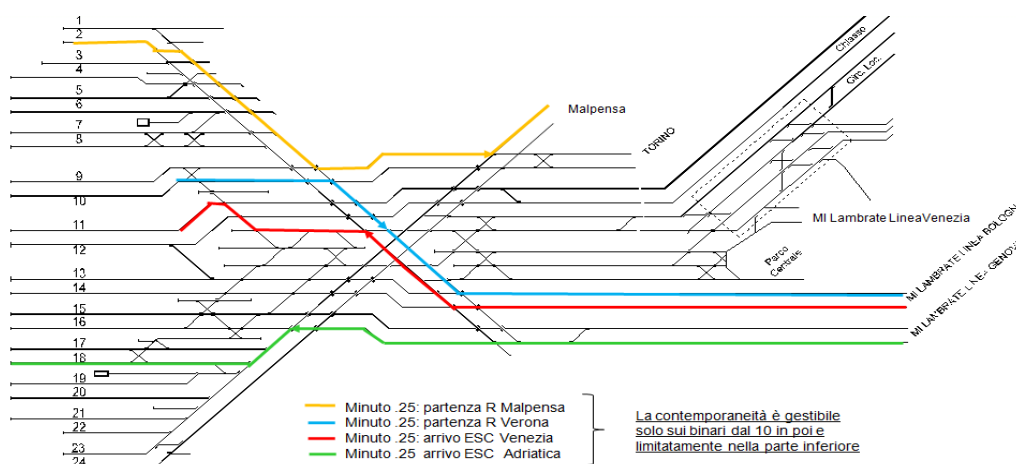


Figura 6.2 Movimenti contemporanei del minuto X.25

Le attivazioni del nuovo orario, in particolare della linea Venezia, di per se non ha eliminato queste criticità in quanto l'intervento infrastrutturale effettuato non costituisce un nuovo itinerario completamente indipendente dagli altri per il movimento in stazione, ma necessita sempre dell'utilizzo di una delle bretelle. Sono quindi state sviluppate due ipotesi di scenario per analizzare tutte le caratteristiche di utilizzo dell'infrastruttura che si sarebbero verificati con i due scenari.

6.3 Gli scenari sviluppati

Consapevoli delle peculiarità che il nuovo orario avrebbe introdotto nell'impianto, sia per quanto concerne l'effettuazione di manovre che per la stessa percorrenza dei treni, si è scelto di sviluppare contemporaneamente vari scenari che proponessero un utilizzo alternativo dell'impianto.

Di principio si sono abbozzati, ma solo in fase ideativa, varie opzioni finalizzate a comprendere quale fosse la migliore soluzione, scremando immediatamente dopo, le opzioni a due soli scenari:

- Il primo scenario prevede un utilizzo massiccio della linea Venezia con l'istradamento di tutti i treni che affluiscono a Milano Centrale dalla stazione porta di Pioltello attraverso la nuova linea
- Il secondo scenario prevede d'istradare i treni regionali per Verona lungo la linea Bologna e utilizzare la nuova linea solo per i treni R da e per Bergamo e gli ESC per Venezia e il Triveneto.

Per comprendere meglio le caratteristiche e peculiarità dei due scenari si propone una trattazione più esaustiva.

6.3.1 Scenario Tutto Venezia

Il primo dei due scenari ipotizzati, come detto, prevede che tutte le relazioni insistenti sull'impianto e provenienti da Pioltello vengano inoltrate dalla stazione di Milano Lambrate sulla nuova linea.

Tale scelta richiede innanzitutto un'analisi della situazione alle stazioni/posti di movimento limitrofi all'impianto.

Per quanto concerne la stazione di Milano Lambrate questa soluzione corrisponde con un miglioramento della circolazione eliminando, de facto, tutte le interferenze e le necessità di precedenza che si realizzano nell'inoltrare tali treni verso Milano Centrale sulla linea Bologna. Con un utilizzo completo della linea Venezia, infatti, i treni provenienti da Pioltello vengono instradati verso il posto di movimento di Quadrivio Turro mentre i treni provenienti dalla linea Bologna vengono instradati verso Milano Centrale in corretto tracciato, rendendo le due linee indipendenti fino all'ingresso nell'impianto.

Se questa soluzione permette un libero transito a Milano Lambrate, tuttavia, viene aggravata la situazione della linea di cintura e del Quadrivio Turro. Si crea infatti un conflitto di circolazione tra le nuove relazioni Torino - Roma via Milano P.G e le relazioni Milano Centrale - Bergamo/Verona/Venezia. Il bivio infatti, essendo un bivio a raso, richiede l'armonizzazione degli orari delle due relazioni, che essendo parte di strutture cadenzate differenti, necessita una modifica dell'intero sistema. In caso di perturbazioni inoltre, il sistema così organizzato non lascia assolutamente margini di recupero.

Per quanto concerne Milano Centrale bisogna invece tenere conto di altre problematiche. Lo scenario "tutto Venezia", come è stato chiamato, non si pone a soluzione delle problematiche relative alle partenze e arrivi contemporanei ai

minuti X.25 e X.35, ed è necessario lo scalettamento dei treni. Inoltre, partendo dalla considerazione che gli orari di partenza e arrivo dei treni devono essere identici per entrambi gli scenari, non è più possibile lo scadenzamento dei R per Verona o degli ESC adriatica ad hoc. Per permettere l'effettuazione delle contemporaneità è necessario prevedere l'attestamento di tali treni nella zona centrale (binari dal 10 al 15) rendendo di fatto impossibile l'esclusivo attestamento dei treni ES tra i binari 12-15 (escluso ES passanti). Proprio a causa dello scalettamento non è possibile, in aggiunta, realizzare neanche stazioni elementari. A sua volta questo causa anche un aumento degli incroci nella parte sottostante della stazione per l'inoltro dei treni sulle linee Bologna e Genova come previsto, e richiede necessariamente l'azzeramento del margine di regolarità aggiuntivo di alcuni treni

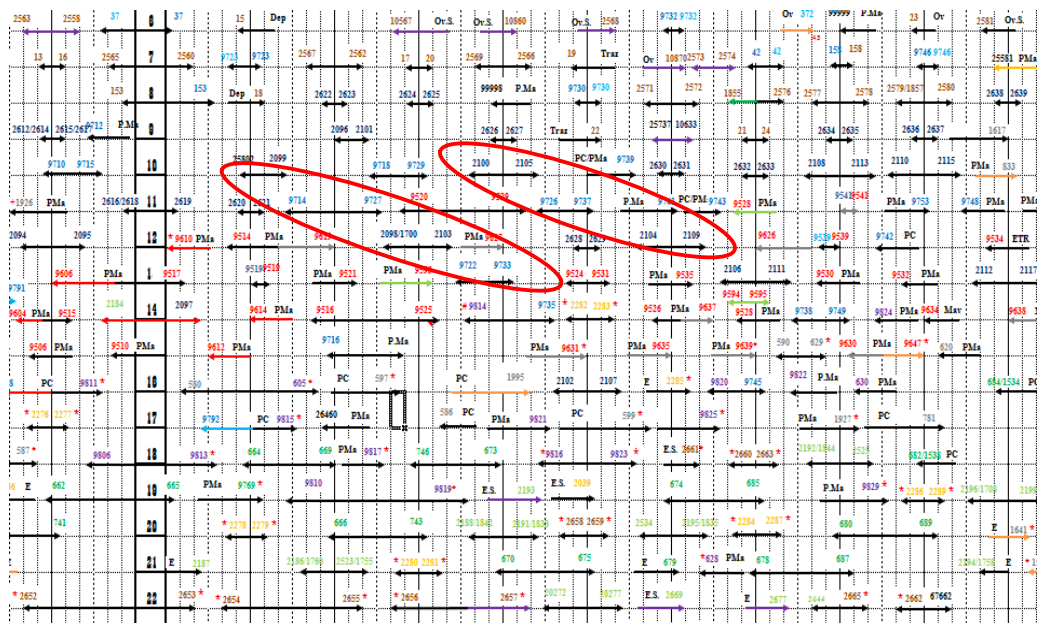


Figura 6.3 M53 grafico dello scenario tutto Venezia con evidenza degli scalettamenti

In riferimento alle manovre l'utilizzo più massiccio della linea Venezia rispetto al secondo scenario limita ulteriormente l'utilizzo delle aste Nord come bacino di affluenza e breve sosta dei materiali in arrivo dall'impianto della Martesana prima del loro piazzamento in tettoia. Ne consegue che il piazzamento dei treni diviene più complicato e si riducono i canali di uscita dei materiali dai fasci di ricovero con ripercussione ovvia sui binari di tettoia. Infatti, in alcuni casi, è richiesto che il binario sia libero per il piazzamento del treno molto prima del suo orario di partenza poiché il canale di piazzamento è disponibile solo ad un determinato istante orario. Similmente, il ricovero di alcuni treni deve avvenire necessariamente entro certi limiti per rendere disponibile lo stesso ai successivi treni in arrivo. Per quanto concerne il Parco Centrale in funzione della nuova

linea Venezia, non è più possibile effettuare il cosiddetto “salto della permanente”. Ne consegue che il suo destino è rilegato al ricovero di mezzi bloccati che dovranno utilizzare quasi esclusivamente l’asta di manovra terza nord. Il piazzale locomotive, utilizzato sino al cambio orario per ordinare i treni in uscita ed entrata dal parco Martesana promiscuamente alle aste nord, diviene quindi l’unico punto di attestazione di tali movimenti. Si evince quindi una quasi saturazione che deve essere considerata nella definizione dei piazzamenti e dei legami.

6.3.2 Scenario Verona via Bologna

Il secondo scenario definito scenario “Verona via Bologna” prevede l’inoltro verso l’impianto di Milano Centrale dei treni R provenienti da Verona lungo la linea Bologna riservando la linea Venezia per l’inoltro dei treni R da Bergamo e gli ESC dal Triveneto. Si analizza come nel caso dello scenario precedente, prima la situazione degli impianti limitrofi, e poi nell’impianto di Milano Centrale.

Relativamente alla stazione di Milano Lambrate il secondo scenario, non risolve completamente le problematiche attuali relative all’effettuazione delle precedenza tra convogli in transito da e per Milano Centrale. Infatti i R provenienti da Verona devono comunque percorrere un itinerario in conflitto con il libero transito per la linea Bologna. Tuttavia questo caso si verifica una volta ogni ora in quanto l’orario di transito dei R Milano – Verona e viceversa, presso la stazione di Milano Lambrate è lo stesso, e quindi la situazione è comunque migliorativa della situazione attuale. L’impianto di Quadrivio Turro invece, rispetto allo scenario precedente, risente di maggior respiro poichè un terzo delle relazioni che prima interessavano il bivio a raso della linea Venezia in questo scenario vengono stradati via Bologna, diminuendo la conflittualità dei Regionali con i treni ESAV Torino-Roma/Napoli via Milano P.G., e lasciando maggior margini di regolarità nel caso si verificassero perturbazioni della circolazione.

Per quanto concerne l’impianto le considerazioni da fare sono molteplici e di elevata importanza.

Con la diversificazione delle linee di affluenza all’impianto tra i R Verona e gli ESC Venezia si elimina, di fatto, il problema delle partenze ed arrivi contemporanei ai minuti X.25 e X.35 per la stessa linea. Non diviene quindi più necessario effettuare lo scalettamento dei treni necessario nella situazione attuale e nello scenario tutto VE. I treni R per Bergamo e i treni ESC per Venezia, infatti, possono essere ricevuti nella parte alta della stazione in maniera indipendente dai treni R per Verona, che provenendo dalla linea Bologna, vengono ricevuti nella parte bassa (binari 15-20). Le peculiarità da rispettare nel piazzamento scaturiscono quindi solo dalla struttura del cadenzamento e dal rispetto dei vicoli di taglio V_1 e V_2 con i treni di altre relazioni che devono usare parti di bretelle in comune. Parallelamente questo permette di realizzare, nel

limite delle possibilità del nuovo orario, le stazioni elementari riservando i binari alti (dal 1 all'11/12) per le relazioni da/per linee Novara/Chiasso/Malpensa e Venezia, i binari centrali dal 12 al 15 alle relazioni ES potendo in aggiunta sfruttare per tali treni gli itinerari di partenza in corretto tracciato dai binari 13 e 15 a 60 km/h, e i binari bassi (dal 15 al 23) per le relazioni provenienti dalle linee Bologna/Genova e ai treni R da/per Verona. Diventando, le relazioni Verona – Milano e Venezia – Milano indipendenti è stato inoltre possibile ricadenzare sia tutti i treni scadenziati per esigenze d'impianto che risultavano necessari per interrompere lo scalettamento, sia il ricadenzamento degli ESC Adriatica scadenziati anche loro per problemi di contemporaneità.

Per quanto concerne le manovre lo scenario Verona via Bologna propone dei miglioramenti nella loro gestione. Non essendo infatti necessaria la riservazione contemporanea di entrambe le aste 1° e 2° Nord, che vengono usate promiscuamente per l'effettuazione sia di manovre che come itinerario di afflusso dalla linea Venezia, è possibile utilizzare una delle due anche in presenza di arrivo e partenza dei treni per la breve sosta dei materiali o delle locomotive prima del loro piazzamento in tettoia. Il piazzale locomotive limita quindi l'aumento di saturazione che comunque si verifica con la nuova linea Venezia. Divengono disponibili più canali di piazzamento evitando di costringere i materiali a lunghe soste sui binari di tettoia. Conseguentemente risulta anche meno stringente la necessità di eliminazione del salto della permanente per il Parco Centrale, anche se si mantengono alcune problematiche e precedenza nell'utilizzo delle aste Nord per operazioni di manovra.

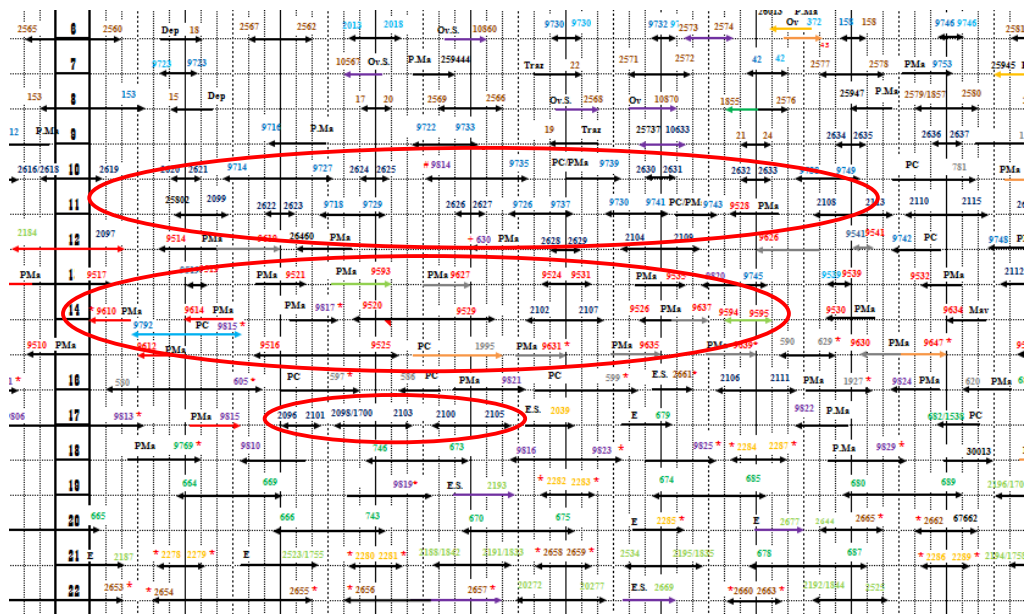


Figura 6.4 M53 grafico dello scenario Verona via Bologna con evidenza delle stazioni elementari

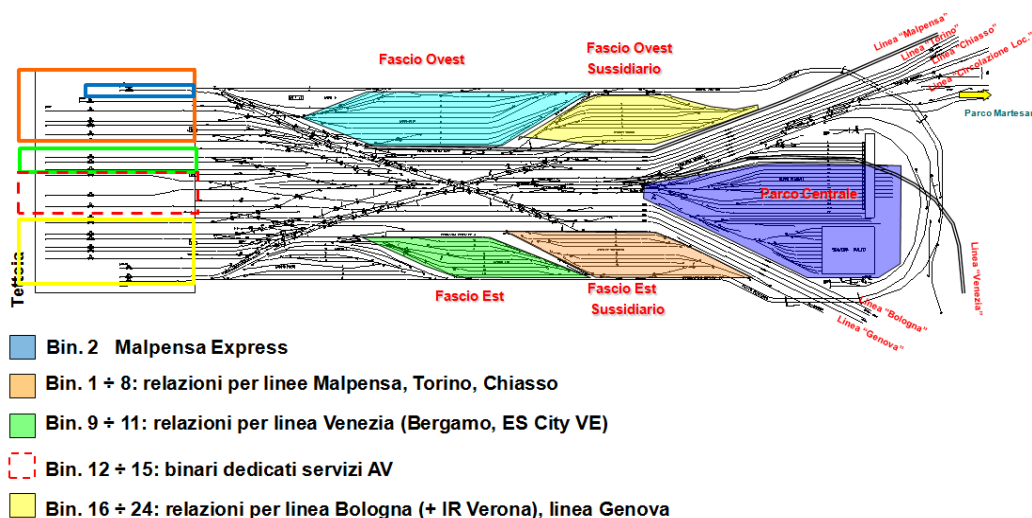


Figura 6.5 Stazioni elementari e fasci ricovero di Milano Centrale

6.4 Le caratteristiche d'impianto e del nuovo orario

Nella realizzazione del nuovo orario gli scenari precedentemente illustrati devono tuttavia tener conto di alcune caratteristiche d'impianto e di orario che, comuni a entrambi gli scenari, è necessario tenere in considerazione per permettere la contemporaneità di alcuni movimenti.

Innanzitutto deve essere effettuata un'analisi dell'impianto e delle sue caratteristiche fisiche per poi decidere il loro utilizzo. Come descritto precedentemente, l'impianto di Milano Centrale è provvisto di due bretelle ascendenti e discendenti che permettono il collegamento di tutti i binari di circolazione a tutti i binari di tettoia. Si ricorda inoltre che sono presenti anche delle semibretelle che costituiscono una bretella aggiuntiva per il raggiungimento dei binari centrali di tettoia. Tuttavia, nel caso si voglia raggiungere un binario di tettoia attraverso una semibretella provenendo da una linea che non la intercetta direttamente, è necessario percorrere parte dell'itinerario su una delle due bretelle. Questo fa sì che se si costruiscono due itinerari, per esempio dalla linea Bologna (arrivo e partenza) per i binari alti della stazione (1-11), non configgenti tra loro, anche se il più "interno" utilizzerà la semibretella l'esterno (in questo caso la partenza) dovrà necessariamente utilizzare la bretella esterna non permettendo l'arrivo o partenza di nessun altro treno per le linee Malpensa/Novara/Chiasso/Venezia in quanto è richiesto l'impegno dei medesimi deviatori. Per quanto riguarda gli itinerari da e per la linea Venezia, anche se questi si avvicinano all'intersezione delle due bretelle a cavallo di queste, la presenza di un deviatore in comune non permette l'utilizzo della stessa parte della stazione per entrambi gli itinerari di arrivo o partenza se non con l'utilizzo di entrambe le bretelle.

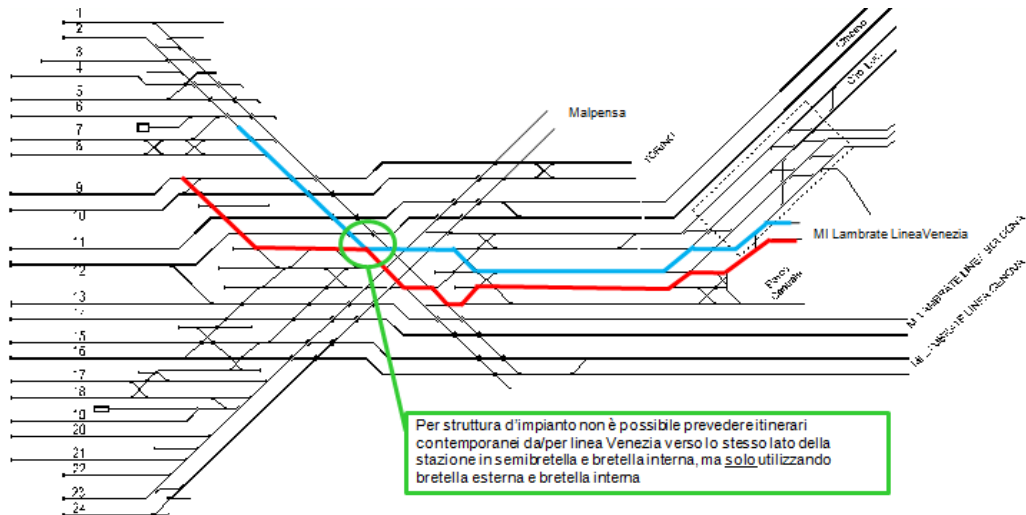


Figura 6.6 Incompatibilità di entrambi i movimenti di arrivo e partenza per la linea Venezia con l'utilizzo della stessa bretella

In particolare questa peculiarità diviene fondamentale in considerazione che il nuovo servizio da e per Malpensa Aeroporto è costituito da una struttura cadenza che prevede la partenza del treno in direzione Malpensa al minuto X.25 e l'arrivo al minuto X.35, che corrispondono allo stesso orario di arrivo a partenza dei treni del quadrante Lombardia Est. Il progetto di servizio prevede inoltre l'attestamento di tali treni ai binari 1- 2 di Milano Centrale, mentre gli itinerari di arrivo e partenza da e per la linea Malpensa prevedono l'arrivo lungo gli stessi binari di arrivo e partenza dei treni dalla linea Novara. Ne consegue che la bretella esterna al minuto X.25 deve essere impegnata dall'espresso per Malpensa fino al deviatoio in comune con il proseguimento in corretto tracciato del binario 9. La contemporaneità di arrivi e partenza per le linee Venezia Bologna o Genova è quindi gestibile solo dal binario 10 in poi. La situazione al minuto X.35 è maggiormente critica in quanto sempre per permettere l'arrivo dell'espresso Malpensa-Milano la bretella esterna è impegnata dal deviatoio in comune con la prosecuzione in corretto tracciato del binario 10, al binario 2. Al minuto X.40 inoltre è previsto l'arrivo cadenzato del treno proveniente da Tirano (linea Chiasso), che per raggiungere il proprio binario di ricevimento, è costretto a impegnare anch'esso la bretella esterna appena sia stata liberata dell'espresso proveniente da Malpensa. Ne consegue che la bretella esterna, per la parte superiore della stazione, risulta già completamente utilizzata. Rimane disponibile una sola bretella per una relazione che interessi le linee Venezia/Bologna e Genova. La contemporaneità di entrambi gli itinerari di arrivo e partenza per una delle relazioni sopradette risulta

quindi impossibile per binari inferiori al 13 (12 solo nel caso di utilizzo della forbice).

Queste caratteristiche si riflettono immediatamente sul piazzamento dei treni e sull'allaccio dei materiali determinando anche il coefficiente di utilizzo dei binari. Ne consegue che, nel caso dello scenario Tutto Venezia, questa caratteristica si aggiunge in maniera preponderante alle peculiarità già esistenti e causa che i treni R ed ESC del quadrante Lombardia Est, vengano attestati nei binari dal 10 in poi sovraccaricando così la parte inferiore della stazione scaricando e sottoutilizzando al parte superiore.

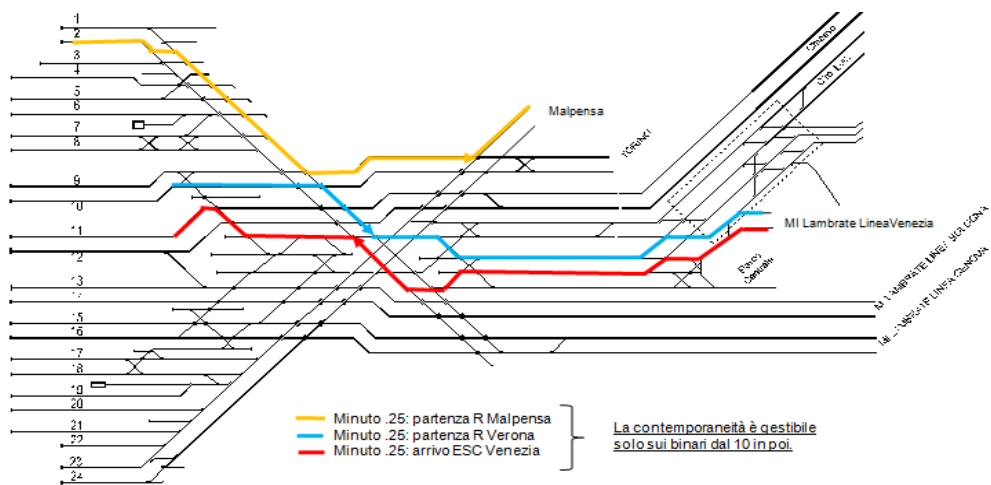


Figura 6.8 Criticità del nuovo itinerario linea Venezia al minuto X.25

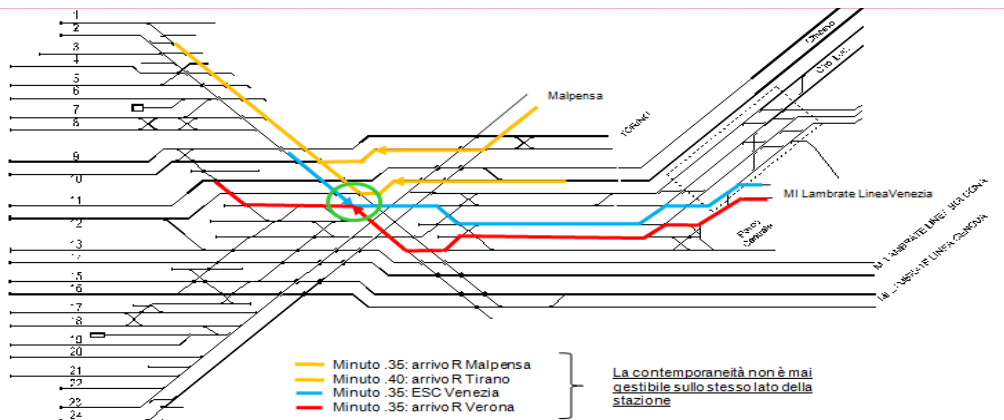


Figura 6.7 Criticità del nuovo itinerario linea Venezia al minuto X.35

Oltre alle caratteristiche relative alle relazioni che insistono sulla linea Venezia l'introduzione dei collegamenti da e per Malpensa Aeroporto ha introdotto un

altro elemento da considerare nella parte superiore della stazione comune ad entrambi gli scenari. I minuti di partenza della struttura cadenzata del Malpensa Express infatti coincidono con i minuti di partenza e arrivo della struttura cadenzata dei treni internazionali per il transito di Domodossola e i treni regionali per Domodossola. La criticità è particolarmente elevata in quanto l'orario di partenza dei treni per Malpensa non era modificabile a causa dei vicoli di distanziamento imposti dalla linea e dalle diverse strutture cadenzate che deve intercettare, e l'orario di partenza dei treni internazionali, era vincolato sia dal distanziamento in linea, sia dai margini di regolarità che non potevano essere limitati ulteriormente se non a scapito della puntualità del treno al confine. Per quanto riguarda i treni R da e per Domodossola si poteva provvedere ad una maggiore armonizzazione degli orari a patto di non stravolgere completamente l'offerta.

La soluzione proposta è consistita nel ritardare in partenza il treno EC per Domodossola di 3 minuti, (partenza al minuto X.28) andando a recuperare i 3 minuti sui margini di regolarità del treno e ritardando in arrivo gli EC da Domodossola di 3 minuti (arrivo al minuto X.38). Per quanto concerne i treni R per Domodossola si è provveduto a allungare le percorrenze dei treni di 5 minuti, prevedendo le partenze al minuto X.20 e gli arrivi al minuto X.40. Tale situazione dovrebbe armonizzarsi ed essere risolta con l'attivazione degli itinerari opzionali a giugno 2011, i quali permetteranno sia partenze che arrivi contemporanei per le linee Malpensa e Novara a partire dai binari alti della stazione.

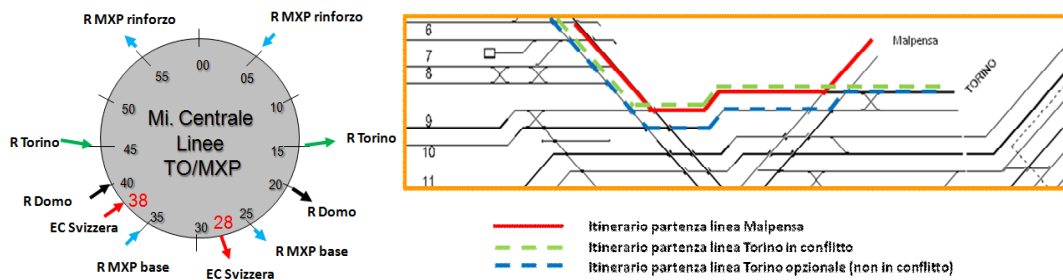


Figura 6.9 A sinistra orologio delle partenze e arrivi delle linee Malpensa e Torino, a destra itinerari partenze linee Malpensa, Torino e Torino opzionale

6.5 Simulazione Opentrack

La quantità di peculiarità e di variabili che si delineavano all'orizzonte al fine di effettuare la scelta migliore tra i due scenari ha reso necessario l'utilizzo di un software di simulazione. Per permettere una simulazione che potesse dare risultati attendibili e che non richiedesse elevati tempi computazionali, ci si è

avvalsi della collaborazione dell'Università di Trieste e del simulatore Opentrack.

Tramite il professor Longo e l'ing Medeossi del laboratorio TSF, spin-off dell'Università degli studi di Trieste, si è potuto sviluppare una simulazione dei due scenari inserendo tutte le criticità che si manifestavano durante l'elaborazione del lavoro e analizzando le possibili modifiche che si potevano implementare agli scenari. Per la simulazione è stato utilizzato il software Opentrack che l'università di Trieste, già da anni utilizza per progetti di ottimizzazione del traffico ferroviario. Rimandando la comprensione del funzionamento del software a specifici paragrafi (vedi Capitolo 4) si ricorda che i dati di input necessari alla simulazione sono di tre tipologie:

- Orario dei movimenti (treni e manovre)
- Infrastruttura
- Composizione del materiale rotabile

Ogni simulazione fornisce dei risultati che possono essere trattati per linea o distinti per singolo treno al fine di determinare le criticità che sono tipiche di quel servizio.

Per giungere ad un confronto dei due scenari, ribadendo l'obiettivo di affidabilità della simulazione, per prima cosa è stato necessario definire l'area di studio.

6.5.1 L'area di studio e taratura del sistema

Al fine di simulare i vari scenari relativi all'impianto di Milano Centrale non era sufficiente simulare solo l'infrastruttura dell'impianto e degli impianti adiacenti ma è stato necessario inserire tutto il nodo. E' stato infatti utilizzato un modello di simulazione, già utilizzato in altri progetti, che rappresentasse l'infrastruttura di quasi tutto il compartimento di Milano, aggiornando opportunamente gli impianti qualora fossero intervenute modifiche impiantistiche che avrebbero potuto influire sui risultati della simulazione. Tale scelta, trova fondamento nell'idea di istituire una sorta di circonferenza che intercetti le linee di affluenza al nodo nelle stazione porta, ed introduca un metodo di diversificazione del ritardo dei treni. Si è optato, infatti, nell'inserire come input del sistema il ritardo medio dei treni in arrivo al nodo causato da problematiche di linea e di circolazione, rilegando alla simulazione la generazione (o assorbimento) dei ritardi all'interno delle stazioni del nodo dovuti anche a conflitti di circolazione che si verificano per il mancato rispetto degli orari di passaggio nei punti prestabiliti.

In seguito si è concentrata l'attenzione solo su quelle linee il cui traffico avrebbe interessato l'impianto di Milano Centrale e gli impianti periferici ad esso, eliminando quindi la simulazione sia, come ovvio di tutte quelle linee d'interesse locale e non che non interessano il nodo, sia di quelle linee che pur interessando il nodo, non creano ripercussioni dirette o indirette sulla

circolazione da e per Milano Centrale (Passante, Ferrovie Nord, treni Milano Mortara).

Definiti tali presupposti si è passati successivamente alla fase di validazione del modello. Prima di tutto si è fornito al sistema l'orario 2010 e le relative composizioni del materiale rotabile in modo da permetterne la simulazione deterministica e confrontare che le percorrenze simulate dei rotabili fossero simili a quelle effettive. In questa prima simulazione, si è adottato un approccio statico poiché il fine era quello di verificare che non esistessero conflitti di circolazione sistematici negli impianti del nodo, che avrebbero costituito anche un segnale di criticità per l'orario in vigore. Analizzata la situazione, si è poi provveduto a definire le stazioni porta ed a recuperare l'analisi del circolato in tali stazioni. Scegliendo come periodo di riferimento un arco temporale di 30 giorni si è optato per il periodo primaverile Marzo/Aprile in quanto rappresenta, per esperienza, il periodo di minor perturbazione della circolazione dovuta ad agenti esterni alla ferrovia. Per ogni stazione sotto elencata si è provveduto a recuperare per ogni giornata la differenza tra l'orario di passaggio programmato e l'orario di passaggio effettivo espresso in secondi. Si è realizzato quindi un insieme di ritardi per ogni treno in una delle stazioni porta da cui il simulatore attingeva per estrapolare un ritardo casuale da utilizzare come input del sistema, cioè come orario di passaggio del treno alle stazioni porta.

In ogni simulazione delle 24 h il sistema preleva un ritardo in modo casuale dall'insieme di ogni treno e lo inserisce nel sistema. Ne risulta che la simulazione di una giornata non corrisponde necessariamente alla situazione verificatasi realmente, ma ne può essere un affidabile rappresentazione.

Le stazioni porta che costituiscono il confine del modello divise per linee di affluenza al nodo sono:

- per la linea Vigevanese: Mortara
- per la linea Genova: Pavia
- per la linea Bologna e AV: PM Livraga e Lodi
- per la linea Venezia: Treviglio e Verdello Dalmine
- per la linea Chiasso/Lecco: Seregno Desio e Villasanta
- per la linea Varese, Novara e AV: Gallarate, PM Alice e Novara

Oltre agli orari di arrivo e partenza dei treni sono poi stati forniti i dati di tutti i movimenti di manovra, sia dei materiali, che delle locomotive isolate dell'impianto di Milano Centrale. Tali movimenti sono stati forniti attraverso l'indicazione del punto di partenza e di fine del movimento di manovra, e dell'orario d'inizio del movimento di manovra calcolato in funzione dell'orario di arrivo/partenza del treno nel rispetto delle specifiche di impianto come descritto nell'apposito capitolo 3. Al fine di verificare ulteriormente il modello

si è provveduto ad inserire anche i movimenti delle locomotive isolate e delle locomotive di manovra all'interno dell'impianto di Milano Centrale.

Inseriti tutti i dati si è passati alla simulazione che è stata reiterata per 30 volte successive, permettendo di condensare i dati di output al fine di effettuare il confronto con il circolato per valutarne l'attendibilità del modello ed effettuare alcune considerazioni.

6.5.2 Confronto e Analisi della simulazione

Prima di tutto i dati di output sono stati condensati e suddivisi per classi di treni, in modo da poter elaborare delle statistiche e valutare se esistessero già delle criticità nell'attuale situazione che si rendesse necessario risolvere nel nuovo orario.

La prima analisi è avvenuta sul circolato dei treni a lunga percorrenza interessanti il nodo. Per confrontare i dati dei treni tra di loro si è optato per una scala relativa in modo tale da vedere quale stazione o linea fosse più critica all'interno del contesto generale della circolazione. Gli indici entro cui valutare i treni sono stati gli I300 per le percorrenze e gli I30 per le stazioni. Tali indici significano che si sono considerati in ritardo treni con passaggio oltre 5 minuti dopo l'orario programmato nei punti particolari della linea, e con arrivo oltre i 30 secondi nelle stazioni dove effettuare fermata. Tali dati, poi, sono stati espressi in percentuale indicando con diverse colorazioni quanti treni sul totale che transitano per la stazione o linea in oggetto rientrano all'interno dei parametri considerati. Per semplicità di elaborazione e ai fini dell'analisi sul nodo di Milano sono stati elaborati solo i dati riferiti alle linee di affluenza.

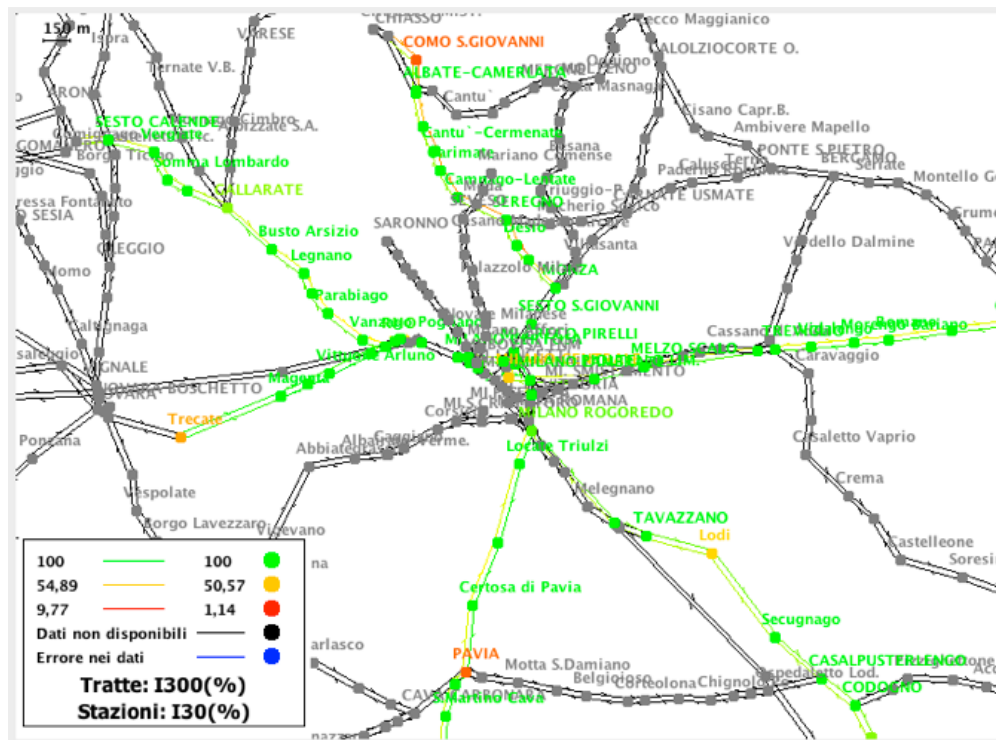


Figura 6.10 Situazione del circolato e relativo ritardo dei treni IC ed EC (lunga percorrenza) su scala relativa

Dai dati si denota una elevata criticità nelle stazioni di Como San Giovanni e Pavia, e parziale criticità nelle stazioni di Lodi e Trecate. Una spiegazione di tali ritardi, soprattutto per la stazione di Como S.Giovanni, si può riscontrare nella cattiva percorrenza degli EC Zurigo Milano che già da tempo hanno dimostrato particolari criticità dovute però a necessità di circolazione estere e cattiva qualità del materiale. Per quanto concerne Pavia, invece, le problematiche sono da ricercare sui treni IC per e dalla Liguria che risentono in maniera significativa delle lunghe percorrenze. In generale per il traffico a lunga percorrenza si può concludere, con l'esclusione della linea Como–Milano, che le maggiori criticità si riscontrano in afflusso al nodo e non in partenza dal nodo stesso il che significa che non si possono riscontrare criticità dovute a conflitti o limitata programmazione della circolazione all'interno del nodo stesso.

Il secondo gruppo di analisi è relativo al trasporto regionale e breve percorrenza. Anche in questo caso è stata usata una scala relativa rispetto al dato peggiore a disposizione e ci si è riferiti ai dati di I300 per le linee e I30 per l'orario di transito in stazione

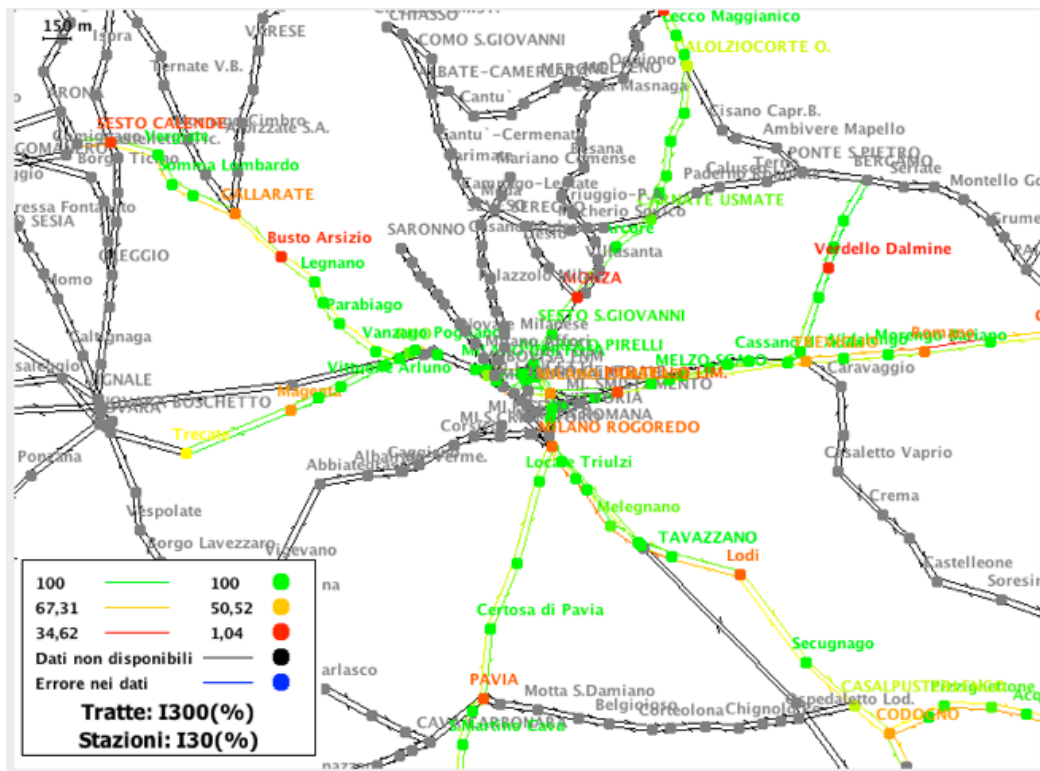


Figura 6.11 Situazione del circolato e relativo ritardo dei treni regionali e regionali veloci su scala relativa

Rispetto al grafico precedente si nota come la situazione sia più critica. S'identificano chiaramente delle stazioni della rete più critiche come Monza, Verdello, Sesto Calende e linee di affluenza che rappresentano una particolare criticità. Tuttavia è necessario effettuare un'analisi maggiormente approfondita, soprattutto per quanto riguarda i tempi di percorrenza per comprendere effettivamente il tempo di percorrenza delle linee. Questo permetterà di capire dove avvengono e quali siano le criticità più elevate che potrebbero essere causate dal nodo. Si noti come le stazioni/fermate interessate solo da un traffico locale, risultino sempre entro i limiti, cosa che non si verifica per le stazioni interessate da traffico regionale e regionale veloce. Diviene quindi necessario rivedere le statistiche e i dati in scala assoluta riferita ai tempi di percorrenza.

La nuova elaborazione non è più espressa in termini percentuali su scala relativa ma in termini assoluti sui tempi di percorrenza. Per ogni tratto di linea o stazione vengono calcolati i ritardi medi espressi in secondi. In caso di passaggio anticipato rispetto all'orario previsto, il ritardo è indicato con il numero negativo. Si noti, a differenza di quanto si poteva comprendere precedentemente, come la maggior parte delle linee non presenti forti ritardi rispetto all'orario teorico e la situazione sia comune per entrambi i sensi di

circolazione sia in entrata che uscita dal nodo. Particolari criticità si riscontrano invece nel quadrante Est, soprattutto nel nodo di Treviglio, e lungo la linea Venezia. Tale dato richiede un'analisi più accurata dei treni in arrivo al nodo in considerazione del fatto che se si riscontrasse un sistematico ritardo dei treni regionali in arrivo, si potrebbero rivedere anche le scelte sviluppate nei due scenari, apportando modifiche migliorative al cadenzamento dei regionali Verona-Milano. Si vuole infatti evitare che un sistematico ritardo dei treni causi dei conflitti di circolazione non considerati in precedenza, e che modificherebbero i presupposti dei due scenari.

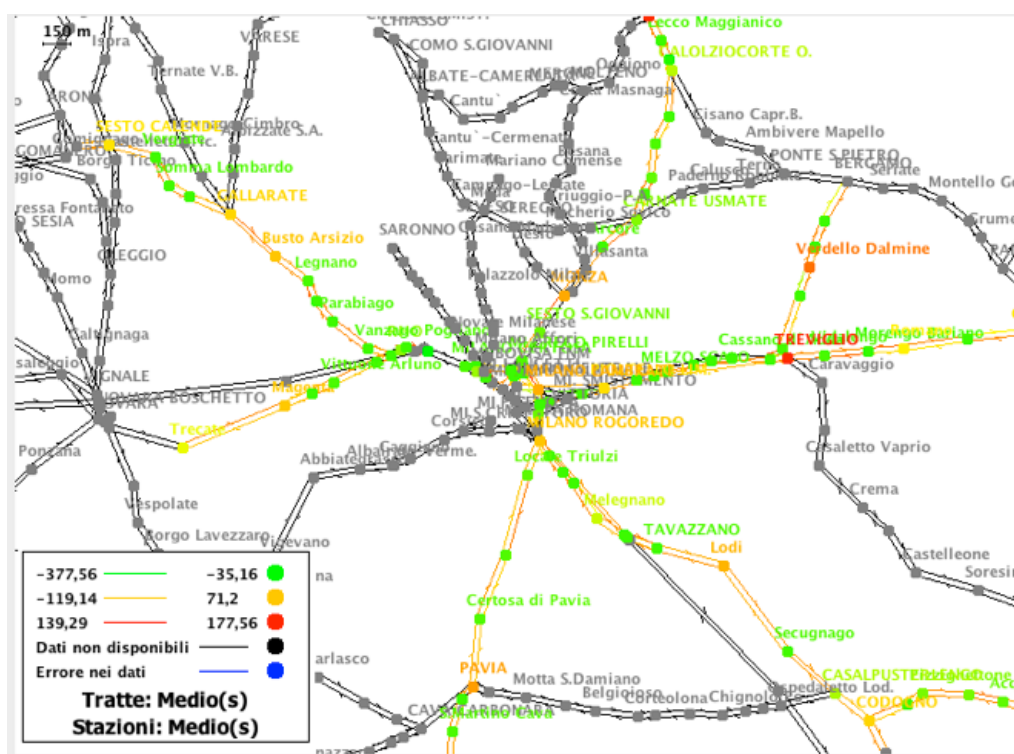


Figura 6.12 Situazione del circolato e relativo ritardo dei treni regionali e regionali veloci su scala relativa espresso in secondi

Considerati i risultati delle simulazioni si è deciso di analizzare la situazione della circolazione, in riferimento alla linea Venezia, alla stazione porta di Pioltello per comprendere innanzitutto se vi fosse un ritardo sistematico e si potesse quindi dedurre una caratteristica comune dei treni in arrivo. Si è osservato, fin da subito, che in realtà non si può definire una causa prioritaria nel ritardo dei treni, e non si possono neanche riscontrare delle aree della giornata particolarmente più critiche rispetto ad altre, o che mostrino una preponderanza maggiore al ritardo rispetto ad altre. Il grafico, inoltre, mostra come vi siano sia treni che mediamente si avvicinano al nodo con elevati ritardi, sia treni che si

approcciano al nodo con elevati anticipi, senza mostrare un evidente correlazione. In secondo luogo si è confrontato e monitorato l'andamento del ritardo dei treni tra Pioltello e Milano Centrale per confrontare e analizzare come questo incideva sulla circolazione del nodo. Confrontando i dati nelle due stazioni per ogni treno, e confrontando poi questo insieme di dati con l'insieme di tutti gli altri treni, si è notato come oltre non esistere una correlazione tra treni, non vi fosse neanche una correlazione tra gli orari di passaggio nelle diverse stazioni. Dal grafico sottostante (Figura 6.13), si può notare come a elevati ritardi o anticipi dei treni presso la stazione di Pioltello non conseguano necessariamente ripercussioni elevate nell'orario di arrivo dei treni a Milano Centrale, ma possano essere molto amplificati o riassorbiti velocemente. Questo fatto è giustificato innanzitutto dai margini di regolarità preimpostati negli orari dei treni che permettono di assorbire scostamenti dall'orario teorico. In secondo luogo si dimostra come le esigenze di circolazione del momento, negli impianti di Milano Centrale e Milano Lambrate, possano aumentare o limitare il ritardo all'arrivo.

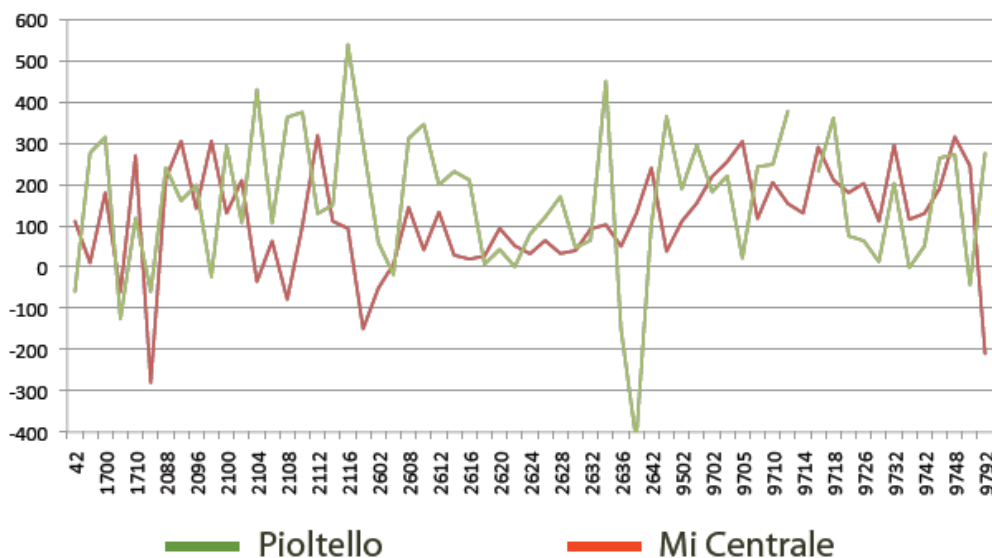


Figura 6.13 Analisi del ritardo del circolato nelle stazioni di Pioltello e Milano Centrale

6.5.3 Simulazione deterministica

Assodato che il modello costruito fosse solido e potesse rappresentare una valida rappresentazione del circolato, si è provveduto alla simulazione di entrambi gli scenari.

La prima metodologia adottata è stata quella della simulazione cosiddetta deterministica. Tale simulazione prevede che tutti i treni partano all'orario previsto, e che non si riscontrino ritardi dei treni sia in afflusso al nodo che in

partenza. Questo permette, innanzitutto, di determinare se l'orario così come programmato non presenti già conflitti al suo interno e che la circolazione in tutte le stazioni del nodo non presenti aree od orari particolarmente critici durante l'arco della giornata. L'obiettivo di queste simulazioni, è di capire prima di tutto se i piazzamenti dei treni e i movimenti di manovra previsti siano compatibili tra loro, e con i movimenti dei treni che non interessano l'impianto di Milano Centrale.

Al fine di giungere ad un orario accettabile nel rispetto delle specifiche tecniche e commerciali d'impianto, è stato necessario adottare alcuni accorgimenti e modifiche soprattutto nell'orario dei movimenti di manovra. Dall'elaborazione dei due scenari si è quindi giunti a queste conclusioni.

Scenario Verona via Bologna

Subito in fase di simulazione per rendere compatibile l'orario di partenza dei treni con quello delle manovre è stato necessario inserire modifiche all'orario di uscita dei treni dall'impianto Martesana per il successivo piazzamento presso i binari di tettoia. Questa azione si è resa necessaria in quanto parte dei binari che fino all'orario precedente venivano utilizzati esclusivamente per la sosta dei materiali prima d'impegnare le bretelle di collegamento, ora devono essere utilizzati promiscuamente con la linea Venezia. Se fossero stati rispettati gli orari di specifica, si sarebbero verificate situazioni di saturazione del piazzale locomotive e delle aste Nord. Al fine di rendere l'orario funzionante è stato necessario, quindi, soprattutto nella mattinata, differenziare le uscite di materiali dai fasci ETR e dal Parco Martesana.

Le ulteriori criticità riscontrate, in aggiunta a quelle già menzionate, sono state risolte vincolando a determinati utilizzi alcune parti d'impianto, il che si è tramutato principalmente nell'utilizzo delle stazioni elementari in maniera assidua e nel vincolare fasci dell'impianto al ricovero di alcuni materiali. L'orario tuttavia ha dimostrato dei conflitti sistematici per il movimento di alcuni treni. In particolare 20 treni hanno mostrato dei conflitti non sanabili anche con particolari accorgimenti, che causavano un ritardo variabile tra i 2 e i 4 minuti. Tuttavia l'entità del ritardo rientra all'interno dell'indice di 5 minuti stabiliti da specifica oltre il quale si può definire il treno in ritardo.

L'analisi dei risultati si è poi concentrata sui movimenti presso gli impianti limitrofi alla stazione di Milano Centrale come il Quadrivio Turro e la stazione di Milano Lambrate. Si è notato che il conflitto che si verifica tra i regionali provenienti da Milano P.G. per il sud ed est della Lombardia transitanti da Milano Lambrate, soprattutto se in anticipo, riducono molto i margini operativi in questa stazione limitando in maniera sostanziale le possibilità di gestione delle criticità. Tuttavia, la situazione rimane gestibile e sfrutta quei margini di miglioramento che possedeva l'impianto.

Il secondo possibile conflitto si manifesta tra i treni che utilizzano la linea Venezia e i treni ES Torino-Roma via Milano P.G. Si è notato che, se questi

treni non presentano particolari ritardi, non vengono a generarsi situazioni di conflitto che porterebbero alla fermata di questi ai segnali di protezione del Quadrivio Turro onde permettere il transito degli altri treni.

In ultimo si è notato un conflitto sistematico tra in treni Exp da Malpensa Aeroporto e i treni provenienti dall'impianto di Milano Certosa. Infatti questi ultimi, si presentano al segnale di protezione di Milano Centrale tendenzialmente con qualche minuto di anticipo, e poichè devono utilizzare la medesima bretella dei treni Exp da Malpensa per il raggiungimento del binario di tettoia, sono costretti ad attendere al segnale di protezione. In altri casi il conflitto si verifica tra i treni Exp da Malpensa e i movimenti di manovra per il fascio ricovero. Tale situazione è comune ad entrambi gli scenari e potrà essere risolta con l'attivazione degli itinerari preferenziali.

Scenario tutto Venezia

Anche in questo caso, in fase di simulazione si sono resi necessari alcuni adattamenti all'orario dei movimenti di manovra, sempre per eliminare situazioni di saturazione del piazzale locomotive e delle aste nord. Come è facile intuire, l'aggiunta dei treni regionali Milano Verona sulla linea Venezia rappresenta un ulteriore vicolo ai movimenti di afflusso e deflusso dei materiali per il Parco Centrale ed l'impianto Martesana. Si è reso quindi più complesso l'inserimento di tutti i movimenti della stazione, rendendo necessario anche rivedere alcuni piazzamenti dei treni in quanto non era possibile altrimenti effettuare la liberazione del binario se non con pesanti ritardi ad altri treni conseguenti. Si nota la realizzazione di un conflitto sistematico tra 4 treni in arrivo costituiti da treni ES Torino Roma via Milano Centrale e treni regionali Verona Milano (2092, 9613 ecc.).

Per quanto riguarda gl'impianti limitrofi è necessario rivedere la programmazione delle intersezioni presso l'impianto di Milano Lambrate. Infatti nello scenario Verona via Bologna le intersezioni tra i regionali Milano P.G.-Lodi e regionali Verona Milano venivano risolti sulla radice est dell'impianto intersecando gl'itinerari mentre uno dei due treni effettuava servizio viaggiatori. Con tale soluzione invece questo non è più possibile e deve essere risolto nella radice ovest dove però le linee di deflusso sono solo 4 contro 6 e interessano altri treni del nodo.

Tuttavia a livello deterministico la circolazione secondo lo scenario tutto Venezia, sebbene più vincolata da vari aspetti, appare comunque possibile con un piccolo aggravio delle peculiarità dell'impianto e con un ritardo sistematico fino a 5 minuti solo dei treni 9613 e 9703. Se invece si considera la circolazione di tutto il nodo e le conseguenze che vengono apportate anche ai treni non interessanti l'impianto di Milano Centrale, la stazione in cui si verifica maggiormente ritardo è quella di Arcore anche se, come da tabella, si nota come vi siano ritardi sistematici distribuiti su tutta la Lombardia.

A livello deterministico si può concludere quindi che entrambi gli scenari rappresentano una buona soluzione, anche se si riscontra tuttavia una forte diminuzione dei margini dell'impianto dovuta anche all'aumento dei 54 treni Exp per Malpensa. Si sottolinea comunque come l'ipotesi Verona via Bologna rappresenti già da una prima simulazione l'ipotesi più solida.

Tabella 6.1 elenco dei principali ritardi dei treni suddivisi per stazione, della simulazione deterministica dello scenario tutto Venezia

Treno	Ritardo [s]	Località	Ora
9613	350	PM LIVRAGA	9.54
2554	340	ARCORE	8.44
9703	320	TREVIGLIO	8.01
24953	295	MILANO C.LE	17.41
2289	220	LODI	21.46
2096	215	MILANO C.LE	14.03
2561	205	MILANO C.LE	9.43
2634	200	MILANO C.LE	19.53
9713	190	TREVIGLIO	9.58
2111	180	TREVIGLIO	19.54
10620	175	MILANO C.LE	8.02
10758	175	MILANO P.G.	8.00
9727	165	TREVIGLIO	14.57
2115	160	TREVIGLIO	21.53
2606	160	MILANO C.LE	8.32
24976	160	MILANO C.LE	22.57
10475	145	TREVIGLIO	17.04
2677	140	PAVIA	20.00
2088	130	MILANO C.LE	8.37
10757	125	ARCORE	8.26
2637	120	VERDELLO	21.47
2912	120	SESTO S.GIOVANNI	8.49
2102	115	MILANO C.LE	16.36

6.5.4 Simulazione Stocastica e Stocastica Avanzata

La simulazioni stocastica e stocastica avanzata rappresentano il passo successivo per determinare la bontà e solidità di un orario. La simulazione deterministica ha permesso infatti di determinare se vi fossero conflitti già di sistema nella programmazione, ma non come si sarebbe comportato il sistema in caso di

anormalità e perturbazioni. Per rispondere a questi quesiti è necessario quindi sviluppare delle simulazioni ulteriori come le simulazioni stocastiche. Tali simulazioni prevedono infatti che l'orario di partenza dei treni o di passaggio nelle stazioni porta per i treni in afflusso, venga perturbato casualmente attorno ad un ritardo medio dedotto da una analisi del circolato secondo una distribuzione tipo. Vengono inoltre inseriti le eventuali modifiche che già in fase di formulazione della simulazione deterministica, sono state apportate agli scenari per eliminare conflitti sistematici.

Successivamente effettuando un analisi del circolato allo stato attuale, se si evincono casi particolari, si possono dedurre distribuzioni particolari da cui estrarre il ritardo medio. La simulazione può spingersi fino ad un livello di dettaglio che prevede una distribuzione particolare per ogni treno e per ogni stazione. Ovviamente i risultati di tale simulazione, che rappresenta la simulazione Stocastica Avanzata, fornisce dei risultati molto affidabili e vicini alla realtà a scapito però, dei tempi di elaborazione molto lunghi. L'esperienza mostra comunque, che già con una simulazione stocastica semplice, se le operazioni propedeutiche sono state svolte accuratamente, vengono forniti dei risultati affidabili con il vantaggio di essere meno dispendiose a livello computazionale.

Considerando inoltre che non si sono riscontrate leggi particolari per la determinazione dei ritardi alle stazioni porta si è optato per la simulazione stocastica.

Per realizzare l'insieme di ritardi da cui il simulatore ha attinto per la generazione del ritardo casuale in partenza, sono stati utilizzati i ritardi del circolato del 2010 già utilizzati per verificare la bontà del modello. Sempre dal circolato del 2010 sono stati attinti i tempi di sosta nelle stazioni del nodo per un periodo di riferimento coincidente con quello dei ritardi. Inoltre sono state calibrate le prestazioni del modello per evidenziare soprattutto gli indici di ritardo utili alla scelta tra i due scenari.

L'elaborazione dei risultati, ha richiesto la realizzazione di 30 iterazioni comprese tra le 5.00 e le 23.00, ore di maggior utilizzo dell'impianto, secondo gli stessi procedimenti adottati per analizzare la bontà del modello. I risultati sono stati quindi suddivisi per famiglie di treni affini, e nel caso di scostamenti significativi dalla media, esplosi per singolo treno.

Al termine delle simulazioni i dati sono stati condensati e confrontati tra loro per determinare come si comporta il sistema nei due scenari divisi per linea di affluenza e senso di marcia

Linea Venezia treni pari

Il primo confronto tra i due scenari avviene analizzando i treni in arrivo a Milano Centrale che percorrono la linea Venezia con l'inclusione dei treni regionali Verona Milano. Innanzitutto si può notare la famiglia di treni che

risente maggiormente di ritardi in arrivo è rappresentata dai treni Eurostarcity per il triveneto, che mediamente accumulano un ritardo non minore di 3 minuti se adottato lo scenario Verona via Bologna o pari quasi a 4 minuti nel caso di scenario tutto Venezia. Parallelamente però, il maggior divario tra i due scenari si riscontra per i treni regionali Verona Milano che nel caso di scenario tutto Venezia accumulano mediamente 1 minuto in più di ritardo con ripercussioni sui margini operativi dell'impianto già risicati. La situazione per quanto concerne i treni regionali da Bergamo, invece, appare sostanzialmente invariata anche per il fatto che al minuto X.50 non si verificano contemporaneità di movimenti come invece nel caso dei minuti X.35 e X.25

Il dato totale risulta abbastanza esplicativo: mediamente lo scenario Verona via Bologna comporta 37 secondi in meno di ritardo che costituisce 33 minuti circa in meno di ritardo nelle 24 h.

Tabella 6.2 Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni pari della linea Venezia

Famiglia treni	Ritardo Medio [s]		Ritardo totale [s]		Confronto tra scenari	
	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Ritardo Medio [s]	Ritardo totale [s]
Eurostarcity	194	237	4076	4968	-42	-892
Regionali Verona Milano	94	154	1228	2001	-59	-773
Regionali Bergamo Milano	80	96	1511	1830	-17	-318
Tutti i treni					-37	-1983

Viene inoltre proposto il grafico in cui si indicano per ogni treno il ritardo medio che questi accumula a destino dopo 30 iterazioni per lo scenario Verona Via Bologna. Si noti che valori positivi rappresentano treni in anticipo mentre valori negativi treni in ritardo. Se si facesse quindi l'integrale delle curve rispetto allo 0 si determina il totale dei ritardi dei treni in arrivo via VE

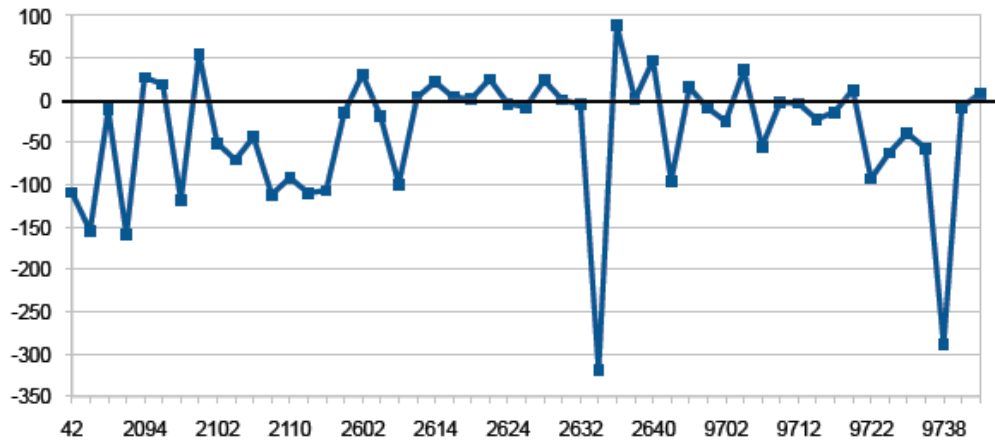


Figura 6.14 Ritardo medio dei treni pari linea Venezia e regionali Verona nello scenario Verona via Bologna

Linea Venezia treni dispari

Il secondo confronto è tra i treni aventi origine dalla stazione di Milano Centrale che percorrono la linea Venezia oltre ai regionali Milano Verona. Anche in questo caso si possono ripetere le considerazioni precedenti. Per i treni Eurostarcity per il Triveneto, lo scenario Verona via Bologna permette di ridurre il ritardo medio in partenza di mezzo minuto, valore che invece raggiunge quasi il minuto per i treni regionali Verona Milano. Si riscontra comunque che in entrambi gli scenari si fatica a rispettare l'indice I2 (partenza entro 120 sec dall'orario fissato) per i regionali Verona Milano. La scelta tra i due scenari invece è ininfluente per quanto riguarda regionali per Bergamo, sempre per le considerazioni fatte prima. Si può concludere che anche in questo caso la scelta dello scenario Verona via Bologna permette di eliminare mediamente, per ogni treno, 26 sec di ritardo che costituiscono 26 minuti in meno di ritardo su 24h

Tabella 6.3 Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni dispari della linea Venezia

Famiglia treni	Ritardo Medio [s]		Ritardo totale [s]		Confronto tra scenari	
	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Ritardo Medio [s]	Ritardo totale [s]
Eurostarcity	93	129	1867	2583	-36	-716
Regionali Milano Verona	201	257	3019	3852	-55	-832
Regionali Milano Bergamo	188	192	3004	3065	-4	-62
Tutti i treni					-26	-1610

Viene riproposto il grafico del ritardo medio di ogni treno in partenza da cui si può estrarre l'ammontare del ritardo totale come indicato in precedenza

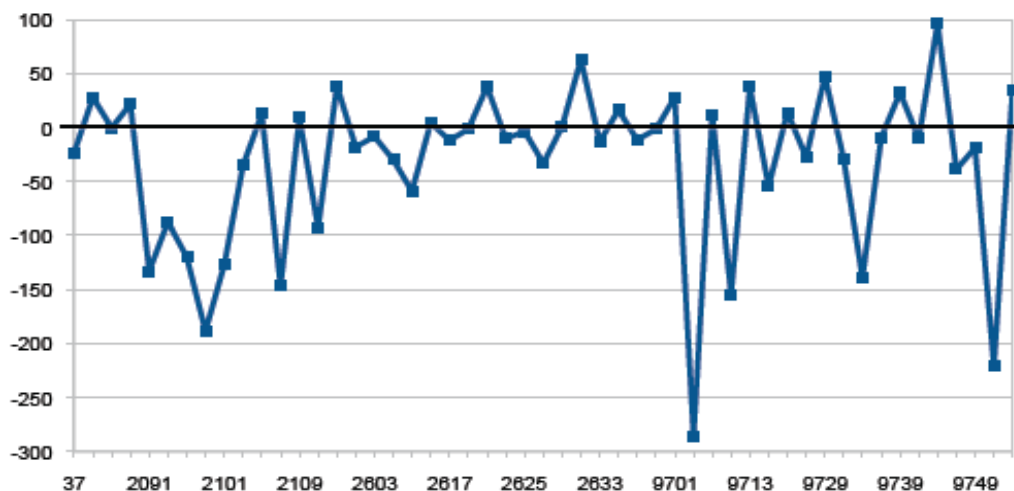


Figura 6.15 Ritardo medio dei treni dispari linea Venezia e regionali Verona nello scenario Verona via Bologna

Linea Bologna treni pari

Il terzo ed il quarto confronto hanno come oggetto l'analisi della linea Bologna e dei treni che provengono dalla stazione porta di Milano Rogoredo. Tale linea di afflusso, con l'eliminazione dei treni per Venezia che fino all'attivazione della nuova linea la percorrevano per raggiungere Milano Centrale, risente indubbiamente di maggior respiro con un indubbio miglioramento delle percorrenze e dei margini operativi. Anche in questo caso il confronto è stato suddiviso per famiglie di treni differenziando i risultati tra treni regionali, Intercity-lunga percorrenza, e Treni Eurostar Alta Velocità tradizionali e Fast. Il primo risultato, che si nota subito, è la presenza di valori negativi nel ritardo significando che tali famiglie di treni, mediamente, giungono in stazione in anticipo rispetto l'orario di arrivo previsto e dimostrando che la linea ha risentito di una diminuzione del traffico a vantaggio dei margini di regolarità. I treni regionali sono gli unici che maturano un ritardo in arrivo. Tuttavia bisogna sottolineare che tale ritardo ammonta a mezzo minuto nello scenario Verona via Bologna ed esplose a 1,5 minuti ovvero bene tre volte tanto nello scenario tutto Venezia. Per quanto concerne i treni intercity a lunga percorrenza si ha in entrambi gli scenari un vantaggio di circa 1.5 minuti in arrivo, ma non si possono identificare vantaggi maggiori per uno dei due scenari. Anche per i treni ESAV si riscontra un ritardo medio negativo (leggasi arrivo in anticipo) che però a differenza della famiglia Intercity, è maggiore per lo scenario Verona via Bologna. Si può concludere che in generale entrambi gli scenari permettono mediamente una maggiore puntualità, con anticipi sull'orario di arrivo dei treni

a destino, anche se si riscontra un maggior vantaggio nell'adozione dello scenario Verona via Bologna rispetto allo scenario tutto Venezia.

Tabella 6.4 Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni pari della linea Bologna

Famiglia treni	Ritardo Medio [s]		Ritardo totale [s]		Confronto tra scenari	
	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Ritardo Medio [s]	Ritardo totale [s]
Regionali	29	92	144	458	-63	-313
Intercity	-80	-80	-1042	-1037	0	-5
Eurostar AV	-85	-36	-1946	-834	-48	-1112
Tutti i treni					-35	-1431

Dal grafico del ritardo medio, esploso per singolo treno, si può aggiungere che si è in presenza di una variabilità nell'orario di arrivo molto elevata per i treni ESAV. Si possono notare infatti treni in arrivo con elevato anticipo o con abbondanti ritardi senza però poterne trarre una considerazione di carattere generale.

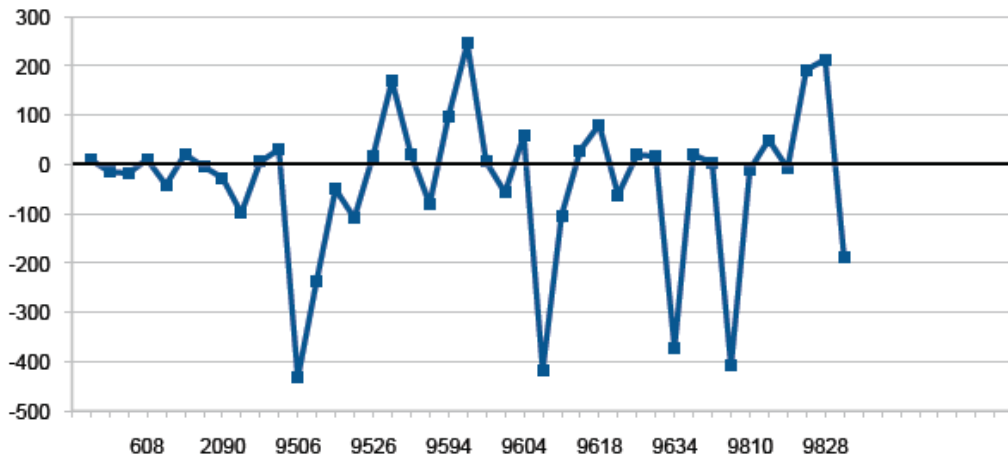


Figura 6.16 Ritardo medio dei treni pari linea Bologna con esclusione dei regionali Verona nello scenario Verona via Bologna

Linea Bologna treni dispari

I treni in partenza da Milano Centrale lungo la linea Bologna presentano invece una situazione quasi opposta a quella dei treni pari. Dai risultati della simulazione si nota che l'unica famiglia di treni che presenta valori di ritardo negativi, ovvero partenze anche in anticipo rispetto all'orario programmato, è costituita dalla classe dei treni regionali il cui anticipo è sostanzialmente

identico per entrambi gli scenari con un leggero vantaggio dello scenario Verona via Bologna. La famiglia dei treni Intercity invece, presenta dei ritardi in partenza dell'ordine dei 2 minuti per entrambi gli scenari, con un leggerissimo vantaggio dello scenario tutto Venezia.

La classe numericamente più corposa, ovvero quella dei treni ESAV presenta anch'essa un ritardo medio in partenza che però, a differenza della famiglia di treni Intercity, manifesta una notevole diminuzione del ritardo medio in partenza per lo scenario Verona via Bologna. In totale, dal confronto dei due scenari, per i treni dispari linea Bologna si può concludere che lo scenario Verona via Bologna permette una diminuzione anche se limitata del ritardo complessivo.

Tabella 6.5 Confronto tra i risultati degli scenari relativamente ai treni dispari della linea Bologna

Famiglia treni	Ritardo Medio [s]		Ritardo totale [s]		Confronto tra scenari	
	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Scenario Verona via BO	Scenario tutto VE	Ritardo Medio [s]	Ritardo totale [s]
Regionali	-90	-72	-541	-432	-18	-109
Intercity	104	102	2706	2649	2	58
Eurostar AV	71	105	214	316	-34	-102
Tutti i treni					-4	-153

Si allega come per le analisi precedenti il grafico del ritardo medio esploso per singolo treno in partenza da Milano Centrale. Anche in questo caso l'alta variabilità dei dati non permette di determinare una regola di tipo generale

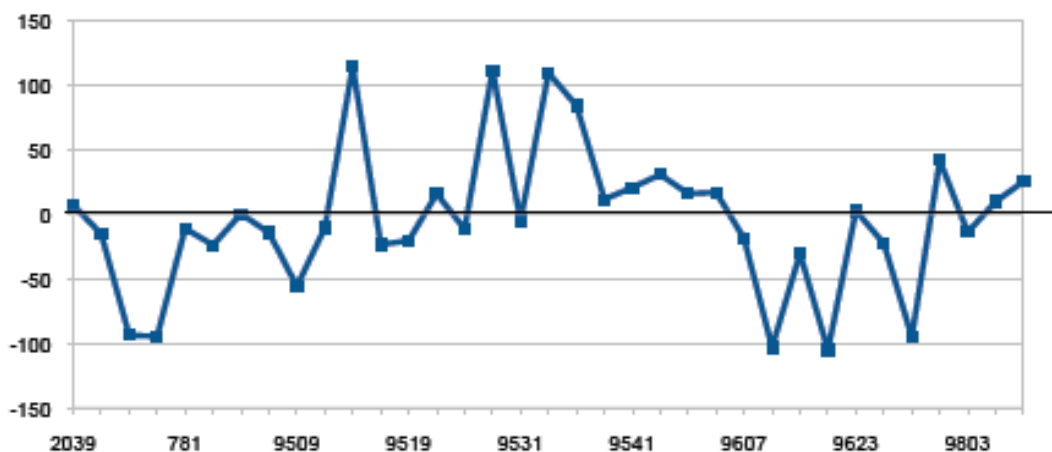


Figura 6.17 Ritardo medio dei treni dispari linea Bologna con esclusione dei regionali Verona nello scenario Verona via Bologna

In conclusione delle analisi effettuate bisogna aggiungere alcune ulteriori precisazioni. Per quanto riguarda la linea Bologna, al fine di non fuorviare la lettura dei risultati, bisogna sottolineare che i treni regionali e intercity-lunga percorrenza che la percorrono sono molto limitati in quanto per tali servizi che generalmente effettuano fermate presso le stazioni di Milano Lambrate e Milano Rogoredo viene utilizzata sia come linea d'inoltro che di deflusso la linea Genova, istradando poi tali treni in direzione Lodi presso la stazione di Milano Rogoredo. Per tale motivo i dati relativi ai miglioramenti o peggioramenti delle percorrenze dei treni Regionali e Intercity non possono rappresentare un campione significativo essendo, il traffico della linea Bologna, quasi completamente costituito da treni ESAV.

Per quanto concerne la Linea Genova dalla simulazione è risultato che i due scenari sono abbastanza simili e le differenze praticamente nulle. Si sottolinea comunque, che la possibilità d'istradare i treni EurostarCity Adriatica sulla linea Bologna oltre che sulla linea Genova a differenza di quanto accadeva sinora, permette la miglior gestione di eventuali criticità e di distribuire il traffico su entrambe le linee affiancate aiutando i margini di regolarità e recupero della linea Genova.

6.5.5 Conclusioni

Una prima considerazione sui risultati dell'analisi mostra che in generale i margini operativi dell'impianto vengono molto assottigliati per la presenza di manovre e movimenti di circolazione in zone che fino alla nuova attivazione erano aree solo di manovra. Le simulazioni deterministiche e stocastiche hanno mostrato che è richiesta una programmazione dei ricoveri e piazzamenti maggiormente accurata, proprio per evitare fenomeni di saturazione sia dei binari del piazzaleto che dei binari di tettoia, data l'impossibilità di alcuni movimenti da effettuarsi contemporaneamente. In secondo luogo, l'introduzione dei servizi per Malpensa Aeroporto consiste di fatto nell'introduzione di una relazione stile metropolitana, con brevi soste ed un elevato numero di movimenti, la quale però, a differenza di un sistema metropolitano puro, insiste su una infrastruttura promiscua con altri servizi e risente in maniera significativa della percorrenza degli altri treni. Il confronto dei due scenari, tuttavia, mostra chiaramente una migliore gestione di tutta la stazione e di tutte i movimenti nello scenario Verona via Bologna rispetto allo scenario tutto Venezia. Si sottolinea infatti, che il margine di miglioramento della linea Bologna, nell'ipotesi che i regionali Verona percorrano la linea Venezia, è praticamente nullo. Al contrario l'istradamento dei regionali Verona via linea Bologna aumenta significativamente i margini di miglioramento della linea Venezia. L'adozione poi dello scenario Verona via Bologna, permette di eliminare i problemi legati al modello di offerta ferroviario Lombardia Est per le contemporaneità ai minuti X.25 e X.35, senza modificare comunque il modello e tutti i cadenzamenti.

In aggiunta, grazie alla simulazione stocastica, si sottolinea che lo scenario tutto Venezia oltre che generare maggiori problemi all'interno dell'impianto, genera un ritardo sistematico per un numero significativo di treni. I regionali che provengono da Milano P.G. per Milano Lambrate via Bivio Musocco infatti, si presentano mediamente con un certo anticipo al Quadrivio Turro che nello stesso istante è percorso da una relazione che interessa Milano Centrale. Ne consegue che tali treni sono obbligati ad attendere al segnale fino a che il treno non sia arrivato alla stazione di Milano Lambrate o sia entrato nell'impianto di Milano Centrale, generando ritardi sistematici che devono poi essere riassorbiti nelle percorrenze, senza sconvolgere le strutture cadenzate.

E' necessario poi aggiungere che l'entità dei ritardi, e quindi la loro propagazione, è legata al circolato del 2010 che differenziava comunque significativamente dall'attuale. E' necessario, quindi, tenere in considerazione che l'introduzione sia di nuovi treni e la modifica di alcune relazioni esistenti, potrebbe generare casi particolari di ritardi o risolvere criticità che si erano realizzate fino ad ora. Risulta quindi necessario riservare un periodo di tempo per analizzare la situazione e verificare se le ipotesi di ritardo previste si siano effettivamente realizzate.

Considerando poi solo l'entità dei ritardi dei convogli che percorrono la linea Venezia (Eurostarcity, Regionali Bergamo–Milano) e dei regionali Verona–Milano, si vede come lo scenario Verona via Bologna permetta delle percorrenze migliori, come mostrano i casi 1 e 2 della simulazione stocastica, eliminando circa un ora di ritardo complessivo che con lo scenario tutto Venezia sarebbe generato solo per effettuare la circolazione dei treni. Si deduce che lo scenario Verona via Bologna sistematicamente realizza una circolazione migliore dei treni transitanti da Pioltello.

In ultimo si può aggiungere che la circolazione sulla linea Bologna risente di numerosi miglioramenti soprattutto per i treni ESAV passanti che possono contare su ampi margini di guadagno. Minimo o quasi nullo è invece l'influsso che si avrebbe sulle altre linee del nodo nella scelta di uno o dell'altro scenario.

Se i risultati delle simulazioni hanno esplicitato in forma numerica il comportamento del sistema, soprattutto all'interno di Milano Centrale, un'analisi dei carichi delle linee Venezia Bologna e Genova sui due scenari, permette di comprendere ulteriormente la situazione delle linee verso Milano Lambrate. La situazione, fino alla nuova attivazione, prevedeva infatti una distribuzione dei carichi mediamente uguale sulle linee Bologna e Genova con una quantità maggiore per la linea Bologna, in quanto interessata anche del traffico attuale della linea Venezia. Con l'attivazione della nuova linea la distribuzione dei carichi cambia a seconda che si opti per uno scenario o per l'altro. Lo scenario tutto Venezia permette infatti di distribuire quasi in maniera paritetica i carichi sulle tre linee con il 33% dei treni percorrenti la linea Venezia il 28% la linea Bologna e il 39% la linea Genova. Lo scenario Verona via Bologna invece lasciando inalterata la quota dei treni percorrenti la linea Genova, diminuisce la

quota della linea Venezia al 24% a favore della linea Bologna che sale al 37%. Un'analisi di tal genere sembrerebbe quindi dimostrare il contrario dei risultati delle simulazioni e indurrebbe a optare per uno scenario Tutto Venezia al fine di aver un'equa ripartizione dei carichi.

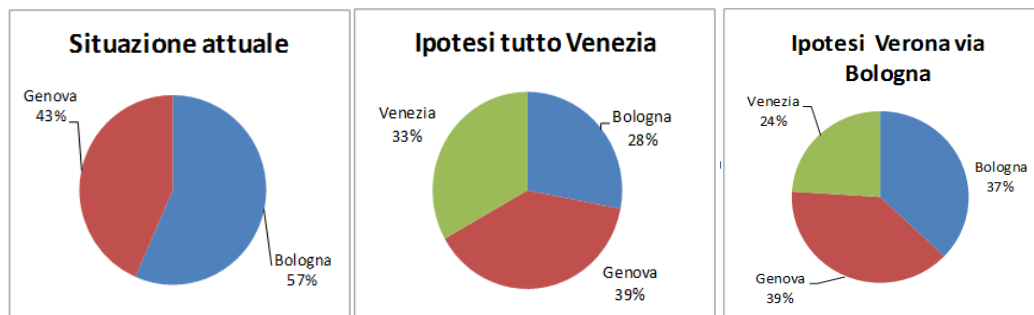


Figura 6.18 Confronto della ripartizione dei carichi delle linee relativamente ai treni con origine o destinazione Milano Centrale nelle situazioni ante opera e nei due scenari

Tuttavia bisogna ricordare che la nuova linea Venezia consiste in una bretella a doppio binario che collega la linea di Cintura nella tratta Milano Lambrate-triplo bivio Seveso a Milano Centrale, ed è quindi già interessata da relazioni che non coinvolgono Milano Centrale. Se perciò si riformula l'analisi precedente, indicando però non i carichi sotto forma di percentuale ma attraverso il numero dei treni transitanti, l'ipotesi Tutto Venezia prevede d'istadare lungo la linea Genova 136 treni lungo la linea Bologna 98 e lungo la linea Venezia 118. A questi ultimi però, devono essere aggiunti i treni che percorrono la linea di cintura che ammontano a 53 treni/giorno. La stazione di Milano Lambrate quindi, si trova a gestire per le linee Genova, Bologna e Venezia rispettivamente 136, 98 e 171 treni/giorno che rappresenta una situazione molto squilibrata ed un uso sbilanciato della linea Venezia. I carichi espressi in percentuale sulle linee di afflusso di Milano Lambrate divengono i seguenti:

Linea Venezia:	42%
Linea Bologna:	24%
Linea Genova :	34%

La situazione, secondo lo scenario Verona via Bologna espresso in numero di treni percorrenti la le linee, vede invece in uscita da Milano Centrale sempre 136 treni istradati lungo la linea Genova, 130 treni lungo la linea Bologna e 85 treni lungo la linea Venezia. A questi ultimi come nella considerazione precedente, vanno aggiunti i 53 treni che percorrono la linea di cintura, il che porta ad una ripartizione dei carichi per le tre linee alle porte della stazione di Milano Lambrate pari a:

Linea Venezia:	34%	pari a 139 treni/giorno
Linea Bologna:	32%	pari a 130 treni/giorno
Linea Genova :	34%	pari a 136 treni/giorno

Un'analisi più approfondita mostra dunque, come in realtà lo scenario Verona via Bologna sia quello che ripartisce più equamente i carichi lungo le tre linee, e che tiene maggiormente conto della situazione a contorno della stazione e non solo della stazione stessa e delle sue esigenze. Vengono quindi confermati contemporaneamente sia i risultati ottenuti dalle simulazioni, che i presupposti formulati in fase di elaborazione dei due scenari.

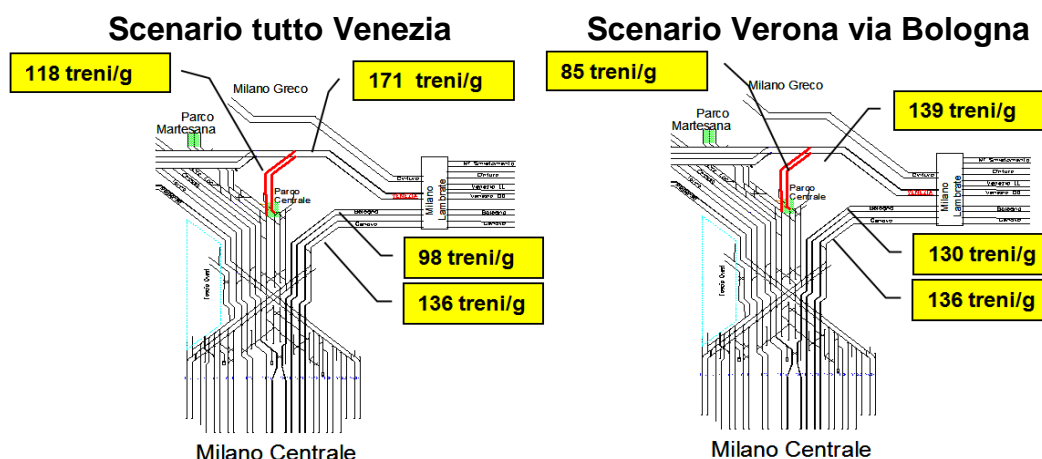


Figura 6.19 Rappresentazione dei carichi delle linee nei due scenari espressi in numero di treni

La scelta dell'opzione Verona via Bologna appare quindi la migliore sia per Milano Centrale che per Milano Lambrate, cioè la stazione che realmente beneficia maggiormente della nuova infrastruttura. Successivamente nell'ottica di equilibrare i flussi si è elaborato il programma di esercizio delle tre linee come previsto dallo scenario seguente.

La linea Venezia prevede il transito dei treni ESC per Milano Centrale al minuto X.25 e di rinforzo al minuto X.55 mentre gli stessi in partenza da Milano Centrale ai minuti X.35 e di rinforzo al minuto X.05. Sempre lungo la linea Venezia transitano i treni R Bergamo Milano in arrivo al minuto X.50, e in partenza al minuti X.10

La linea Bologna prevede l'arrivo del ESAV di base al minuto X.45 e la partenza al minuto X.15

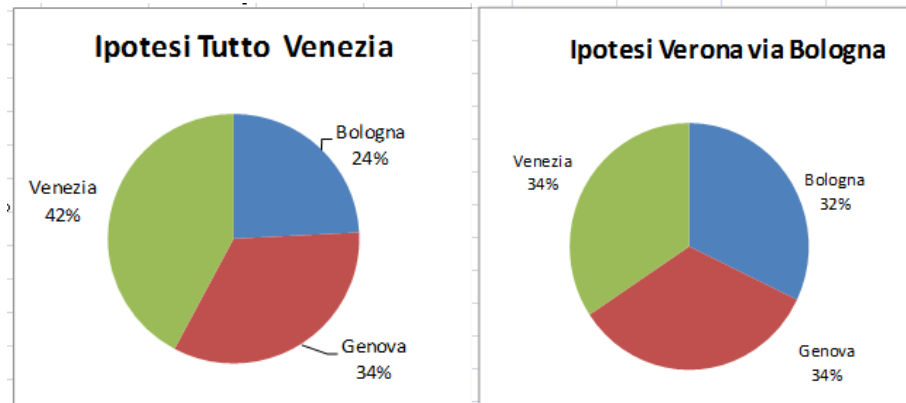


Figura 6.20 Confronto della ripartizione dei carichi delle linee all' ingresso di Milano Lambrate nei due scenari

I treni IC della dorsale Nord Sud che percorrono la linea Bologna arrivano al minuto X.10 e partono al minuto X.50 mentre al minuto X.00 è previsto l'arrivo del treno ESAV Fast.

L'unica contemporaneità è presente al minuto X.25 in cui è prevista la partenza sia del treno R Milano Verona che l'arrivo del ESC adriatica. Infine il minuto X.35 è riservato all'arrivo del R Verona Milano

Per quanto concerne la linea Genova, secondo lo scenario in questione, ai minuti X.40 e X.45 è previsto l'arrivo dei treni regionali da Bologna e Mantova che impegnano la linea per ripartire verso le città di provenienza ai minuti X.15 e X.20. I minuti X.55 e X.05 sono impegnati rispettivamente per l'arrivo e la partenza dei treni IC per la Liguria, mentre il minuto X.00 è occupato dalla partenza del ESAV Fast per Roma. Il suo inoltro sulla linea Genova è causato principalmente da conflitti di circolazione che si verrebbero a creare tra Milano Lambrate e Milano Rogoredo con altre relazioni provenienti da Milano P.G. L'unica contemporaneità di movimenti si realizza al minuto X.35, orario di arrivo dei treni R da Genova e partenza dei treni ESC adriatica. Il minuto X.25 è riservato alla partenza dei treni R per Genova e la Liguria.

Tale descrizione si riferisce solo alle strutture cadenzate e non tiene conto anche dei treni spot di rinforzo e regionali che interessano le altre linee. Tuttavia però si può ritenere che tale descrizione rappresenti l'80% dei movimenti che ogni ora si realizzano sulle tre linee e si può notare come le contemporaneità di arrivi e partenze sono molto diminuite rispetto alla situazione ante intervento. Dunque si può concludere che, anche se l'aumento dei servizi e le peculiarità della nuova attivazione hanno ridotto da una parte i margini operativi, dall'altro l'introduzione della nuova linea secondo lo scenario optato, ha permesso di eliminare numerose contemporaneità di circolazione che obbligavano spesso a ritardare arrivi e partenze dei treni per le già note peculiarità di contemporaneità.

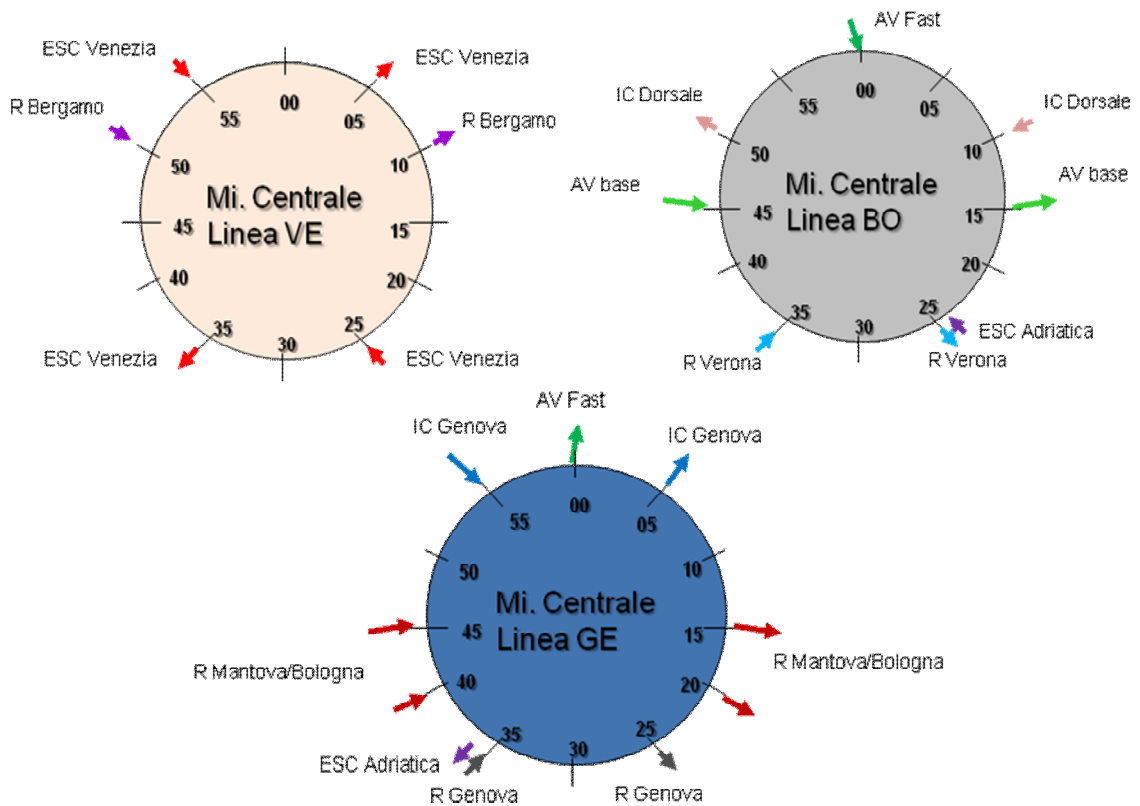


Figura 6.21 Orologi dei movimenti delle tre linee Milano Centrale- Milano Lambrate nello scenario Verona via Bologna adottato poi in via definitiva. Si noti le sole contemporaneità ai muti X.25 per la linea Bologna e al minuto X.35 per la linea Genova

A conclusione del lavoro relativo ai due scenari e alla scelta di rendere operativo lo scenario Verona via Bologna, risulta necessario effettuare delle analisi e dei confronti tra l'orario di Milano Centrale 2009/2010 e l'orario 2010/2011. Lo sviluppo del nuovo scenario, infatti, ha dovuto affrontare un incremento di treni prodotti pari al 10,4% in più, mantenendo pressoché inalterato il numero dei movimenti di manovra. In particolare con il nuovo orario, l'impianto meneghino deve gestire 59 treni in più portando il numero di treni prodotti in 24h da 564 a 622 con conseguente maggior utilizzo del piazzale. Ad un'analisi maggiormente accurata ed esplosa per categorie di treni si nota come l'aumento dei treni sia causato soprattutto dalle nuove relazioni Milano Centrale Malpensa Aeroporto, mentre siano rimasti quasi invariate le altre tipologie di treni prodotti nell'impianto. Esclusi i treni aeroportuali, l'unica variazione di rilievo è costituita da un leggero aumento dei treni ESAV, ESAV Fast, e ESCity a cui corrisponde una lieve diminuzione del numero di treni prodotti appartenenti alla categoria IC.

Tabella 6.6 Confronto tra i treni prodotti nell'orario 2009/2010 e 2010/2011 suddivisi per arrivi e partenze e per categorie di treni prodotti

Categoria	Orario 2009/2010	Orario 2010/2011
ESAV, ESAV Fast e ESC	144	151
IC	62	57
EC	36	39
EN	6	6
EXP	12	12
REG	277	277
SUB	5	3
MV	21	25
EXP MXP	--	52
Totale	563	622
di cui Arrivi	283	314
di cui Partenze	280	308

Interessante risulta anche il confronto tra i dati relativi ai treni aventi necessità di almeno un movimento di manovra.

Tabella 6.7 Confronto del numero di treni tra gli orari 2009/2010 e 2010/2011 che necessitano di almeno un movimento di manovra esploso per fasci di ricovero

Fascio di ricovero / piazzamento	Orario 2009/2010		Orario 2010/2011	
	N° treni a ricovero	N° treni piazzati	N° treni a ricovero	N° treni piazzati
EST	15	15	11	12
EST SUSSIDIARIO	4	7	6	8
OVEST	16	15	15	11
OVEST SUSSIDIARIO	6	9	7	8
PARCO CENTRALE	16	13	19	15
MARTESANA	40	40	40	38
DEPOSITO LOCOMOTIVE	3	4	5	4
Totale	100	103	103	96
Treni che necessitano solo di movimento di un locomotiva isolata	35		34	
Totale	238		233	

Il numero di treni che necessitano almeno di una manovra è rimasto sostanzialmente stabile, anche se si nota come sia aumentato lievemente l'utilizzo del Parco Centrale a scapito dei parchi laterali Est ed Est Sussidiario.

Il numero di treni effettuati da materiale ordinario è diminuito da 69 a 61, con tutti i benefici risultanti dal minor numero di movimenti di manovra consecutivi. Riprendendo l'analisi eseguita nel paragrafo 3.3, considerando 21 ore su 24 di utilizzo dell'impianto di Milano Centrale e mediamente l'utilizzo continuativo di 20 binari di tettoia su 24, ogni binario di tettoia, per lavorare tutti i treni previsti da programma, richiede un ammontare di movimenti di circolazione e manovra pari all'impegno del piazzale in modo continuato per 5.80 h rispetto a 4.11h del vecchio orario. Tale dato moltiplicato per il n° di binari e diviso per 20 ore di utilizzo si traduce nell'effettuazione costante di circa 5,52 movimenti contemporaneamente per tutte le ore di esercizio dell'impianto, contro 4,11. movimenti contemporanei del vecchio orario.

Tali dati in maniera esplicita, più di altri, dimostrano come l'impianto di Milano Centrale abbia dovuto rispondere ad un elevato aumento dell'utilizzo e come la sua programmazione generale abbia necessitato di un attento lavoro, al fine di rispondere nel modo migliore alle esigenze degli utenti e delle imprese ferroviarie.

Conclusioni

Il lavoro sviluppato descrive un metodo di progettazione e costruzione di un programma di esercizio di una grande stazione di testa, che consideri tutte le variabili tipiche della circolazione ferroviaria. L'utilizzo del simulatore ferroviario Opentrack permette infatti di testare nel dettaglio tutte le fasi del processo di circolazione all'interno dell'impianto ferroviario, rendendo evidenti le eventuali criticità da porre all'attenzione di chi elabora il programma di esercizio. L'utilizzo del simulatore, inoltre, ha permesso di confrontare le varie soluzioni proposte e valutarne l'impatto sulla circolazione che si svolge all'interno di un nodo ferroviario complesso come quello di Milano.

Il lavoro si è concluso nella realizzazione di un programma di esercizio della stazione di Milano Centrale, che ottimizzasse l'utilizzo dei binari di circolazione e di ricovero nell'impianto, nonché l'utilizzo delle linee afferenti la stazione.

Il programma studiato è diventato in seguito operativo costituendo l'orario 2010/2011 della stazione stessa, il quale ha permesso di gestire 622 treni al giorno di cui 233 richiedenti almeno un movimento di manovra. Il programma sviluppato inoltre ha permesso un maggior riequilibrio dei flussi sulle tre linee e la realizzazione di stazioni elementari a vantaggio sia della circolazione che dell'utenza.

L'applicazione di una metodologia simile a varie stazioni medio grandi del territorio nazionale permette di sviluppare degli scenari differenti, che rispondano in maniera diversificata alle varie esigenze delle imprese ferroviarie, valutando in maniera oggettiva, lo scenario migliore con l'aiuto del simulatore.

L'applicazione sistematica di tale metodo di studio e la simulazione nell'ambito di impianti e nodi ferroviari complessi, consente la progettazione di programmi di esercizio da attivare ad ogni cambio orario, nonché l'applicazione di modifiche d'orario puntuali richieste al Gestore Infrastruttura dalle Imprese Ferroviarie durante l'orario in corso.

Bibliografia

- [1]. Capo Reparto Territoriale Movimento Mi. C.le , *Registro delle disposizioni di Servizio M365 Posto di Servizio Milano Centrale*. Milano, 2008
- [2]. Capo Reparto Territoriale Movimento Mi. C.le , *Registro delle disposizioni di Servizio M365 Posto di Servizio Milano Lambrate*. Milano, 2010
- [3]. RFI Direzione Territoriale Produzione, Progetto definitivo, *Indipendenza dell'ingresso della coppia Venezia in stazione di Milano Centrale*. Milano, maggio 2010
- [4]. RFI Centro Operativo Esercizio Rete Milano, Allegato al verbale del 18/12 /2009, *Nuova linea AV/AC Venezia. Innesto a Milano Centrale* Milano 2010
- [5]. RFI Centro Operativo Esercizio Rete Milano, SO Pianificazione e Sviluppo, *Richiesta modifiche al progetto d'innesto della nuova linea Venezia nella stazione di Milano Centrale* , Milano febbraio 2010
- [6]. Daniel Huerlimann, Andrew B.Nash, *Opentrack-Simulation of Railway Networks*, Version 1.3, ETH Zurich institute for Transportation Planning and Systems. Zuerich 2003
- [7]. www.opentrack.ch
- [8]. Sandro Croce, Argomenti anno 4 n°9, *Dalla domanda al catalogo*. Roma 2006 pp. 11-28
- [9]. Maurizio Mancarella, Saro Battaglia, Marco Giovanni, Tiziana Pupino Argomenti anno 4 n°9, *Da catalogo alla progettazione gestione dell'orario*. Roma 2006 pp. 29-50
- [10]. PierLuigi Guida, Vincenzo Autiero, Paolo Malatesta, Argomenti anno 4 n°9, *L'orario nei sistemi informatici*. Roma 2006 pp. 51-68
- [11]. PierLuigi Guida, Alberto Caprara, Paolo Toth, Valentina Cacchiani Argomenti anno 4 n°9, *Ricerca operativa per l'orario Ferroviario: un nuovo metodo di "scheduling" delle tracce*. Roma 2006 pp. 85-96
- [12]. Valerio Giovine, Presentazione lezione n°9 Master di II livello- Ingegneria delle infrastrutture e dei Sistemi Ferroviari, *L'impostazione del servizio e l'orario Ferroviario*, Roma giugno 2008
- [13]. Francesca Ciuffini, Ingegneria Ferroviaria, *Capacità di una stazione elementare di testa*, Roma ottobre 2007 pp.805-821

- [14]. RFI Centro Operativo Esercizio Rete Milano, presentazione aziendale, *Offerta commerciale orario dic.2010-dic-2011- COER Milano*. Roma dicembre 2010
- [15]. LTF-Laboratorio d'ingegneria ferroviaria e traffico, presentazione aziendale, *Milano Centrale, simulazione dell'orario 2011 con diverse ipotesi della linea "Venezia" Trieste* dicembre 2010