



Via Stazione 8
6982 AGNO

RETE TRAM-TRENO DEL LUGANESE



Dipartimento del
territorio

Comuni AGNO, BIOGGIO, CASLANO,
LUGANO, MAGLIASO, MANNO,
MONTECENERI E PONTE TRESA

Divisione delle
costruzioni

Via Franco Zorzi 13
Casella postale 2170
6501 BELLINZONA

PROGETTO DEFINITIVO

Consorzio
LU-NA

c/o AF Toscano SA
Via Lischedo 9
6802 RIVERA

Impresa ferroviaria
Ferrovie Luganesi SA (FLP)
Roberto Ferroni

Capoprogetto
Piano dei trasporti del Luganese
Ivan Continati

Progettista
Consorzio LU-NA
Andrea Galli

Piano no.: **RTL.000 D / 002**

Scala: -

Data: 29 settembre 2017

Modifiche:

Operatore:

**Lucchini Mariotta e
Associati SA**

CH – 6946 Ponte Capriasca
Tel. + 91 930 94 10
info@silma.ch
www.silma.ch

Piano no.: 460092 / 002

Progettato Disegnato Controllato

LL - GAL

Dimensione: A4

Costruzione rete ferrotranviaria

Tappa prioritaria

- Bioggio – Lugano Centro
- Bioggio - Manno
- Bioggio - Ponte Tresa

Rapporto di esercizio

RTL.000

Indice	pagina
SINTESI	5
1 OBIETTIVI DEL RAPPORTO DI ESERCIZIO E METODOLOGIA	8
2 ANALISI DELLA DOMANDA DI TRASPORTO	9
2.1 Obiettivi	9
2.2 Dati disponibili	9
2.3 Lo studio complementare di Rapp Trans	10
2.4 Analisi del carico attuale	11
2.5 Stima domanda futura sulla tratta Ponte Tresa - Lugano	15
2.5.1 Evoluzione della domanda giornaliera	15
2.5.2 Evoluzione della domanda nel periodo di punta del mattino	16
2.5.3 Evoluzione del numero di passeggeri sulla sezione più carica	18
2.6 Stima domanda futura sulla tratta Manno - Lugano	19
2.7 Evoluzione del numero di passeggeri alle fermate	19
3 DIMENSIONAMENTO DELL'OFFERTA	22
3.1 Ipotesi di base riguardo il materiale rotabile	22
3.1.1 Capacità di trasporto considerata e prima stima di plausibilità	23
3.2 Identificazione delle cadenze necessarie sulla base della domanda	24
4 CONCETTO D'OFFERTA	31
4.1 Introduzione e ipotesi di base	31
4.2 Variabilità infrasettimanale e giornaliera del numero di servizi e della cadenza	32
4.2.1 Asta di Ponte Tresa	32
4.2.2 Asta di Manno	33
4.3 Visualizzazione dei volumi di servizio sulla rete	34
5 MODELLO D'ESERCIZIO E PIANIFICAZIONE DEGLI ORARI	37
5.1 Software utilizzato: Opentrack	37
5.2 Caratteristiche dell'infrastruttura	38
5.2.1 Regime d'esercizio	40
5.2.2 Visualizzazione della codifica in Opentrack	42
5.3 Caratteristiche del materiale rotabile e tempi di percorrenza tecnici	44
5.3.1 Caratteristiche del materiale	44
5.3.2 Calcolo dei tempi di percorrenza tecnici	44
5.4 Gli orari di base pianificati (vedi capitolo 9.2)	47
5.4.1 Orario con cadenza 10 minuti	47
5.4.2 Orario con cadenza 15 minuti	51
5.5 Evoluzione dei tempi di viaggio	53
5.6 Dimensionamento del materiale rotabile circolante	54

5.7	Possibilità di stazionamento e verifica delle fasi di transizione	58
5.7.1	Introduzione	58
5.7.2	Possibili stalli per lo stazionamento notturno/diurno	58
5.7.3	Concetto di stazionamento scelto e verifica della fasi di transizione	61
5.8	Modalità di funzionamento dei terminali	64
5.8.1	Il terminale di Lugano	64
5.8.2	I terminali di Ponte Tresa e di Manno	66
5.9	Possibili sviluppi futuri e ottimizzazione di progetto	67
6	SIMULAZIONI DINAMICHE	69
6.1	Obiettivi	69
6.2	Le due modalità di simulazione utilizzate	69
6.3	La simulazione determinista e i suoi risultati	70
6.4	Simulazione stocastica	70
6.4.1	Introduzione	70
6.4.2	Scenari di simulazione	71
6.4.3	Modalità di simulazione	72
6.4.4	Scenario di simulazione con ritardo medio di 30 secondi	73
6.4.5	Scenario di simulazione con ritardo medio di 60 secondi	75
6.4.6	Scenario di simulazione con ritardo medio di 90" secondi	77
6.4.7	Scenario di simulazione con ritardo medio di 120" secondi	80
6.4.8	Deduzione dei risultati della punta infinita sulle 24 ore	83
6.5	Conclusioni	83
7	ANALISI COSTI-BENEFICI	84
7.1	Situazione attuale	84
7.1.1	Introiti attuali	84
7.1.2	Costi attuali	86
7.2	Situazione con rete tram-treno	87
7.2.1	Costi futuri	87
7.2.2	Introiti di trasporto futuri	88
7.2.3	Costi non coperti futuri	89
8	BIBLIOGRAFIA	90
9	DATI E ANALISI SUPPLEMENTARI	91
9.1	Benchmark sulla lunghezza del materiale rotabile	91
9.1.1	Svizzera	91
9.1.2	Germania	93
9.1.3	Francia	94
9.1.4	Paesi Bassi	94
9.1.5	Conclusioni	95
9.2	Orari grafici	96
9.2.1	Ora di punta	96
9.2.2	Ora di morbida – strutturazione della capacità	97
9.2.3	Ora di morbida – orario d'esercizio commerciale, asta di Manno	98
9.3	Analisi comparativa dei tempi di viaggio	99
9.3.1	Introduzione	99
9.3.2	Tempi di percorrenza ferroviari per Lugano Stazione e Lugano Centro	100

9.3.3	Tempi di viaggio da/verso Lugano Centro	102
9.3.4	Tempi di viaggio da/verso la stazione FFS	105
9.3.5	Sintesi comparativa dei tempi di viaggio	110
9.4	Plausibilità di un giro banco in 3 minuti	112
9.4.1	Considerazione introduttive generali	112
9.4.2	Alcuni esempi ferroviari significativi in Svizzera	113
9.4.3	Conclusioni	116
9.5	Adattamento rete bus	117

Allegati

- 1 Ipotesi di riorganizzazione della rete bus e impatti sui terminali

Elaborazione

Lucchini Mariotta e Associati SA
CH 6946 Ponte Capriasca
Tel. +91 930 94 10
info@silma.ch
www.silma.ch

SINTESI

Il rapporto di esercizio descrive le **principali caratteristiche del funzionamento della tappa prioritaria della rete tram-treno del Luganese**.

Le analisi sono state realizzate tramite **la pianificazione degli orari e la simulazione dinamica dell'esercizio**. I progetti d'orario e la loro verifica permettono di assicurare il corretto dimensionamento delle differenti componenti del sistema ferroviario, che sono:

- L'offerta di servizio,
- l'esercizio,
- le infrastrutture,
- il materiale rotabile.

Tutte queste componenti sono trattate in modo coordinato e iterativo per identificare la configurazione ottimizzata dell'intero sistema.

Le **ipotesi iniziali** per la realizzazione delle analisi scaturiscono sia dal progetto di massima sia dagli affinamenti progettuali realizzati durante l'elaborazione del progetto definitivo. In particolare la posizione e configurazione finale della fermata Cavezzolo e Lugano Stazione, gli interventi necessari sulla linea esistente, la definizione del sistema di segnalamento, la necessaria stabilità dell'esercizio ed il concetto di stazionamento dei veicoli.

Le caratteristiche delle varie tratte della rete definiscono il **regime d'esercizio** sul quale si trovano a circolare i convogli. Il progetto del tram-treno del Luganese, prevede la coesistenza di un regime a carattere puramente ferroviario nella parte centrale e un regime di tipo tranviario alle estremità.

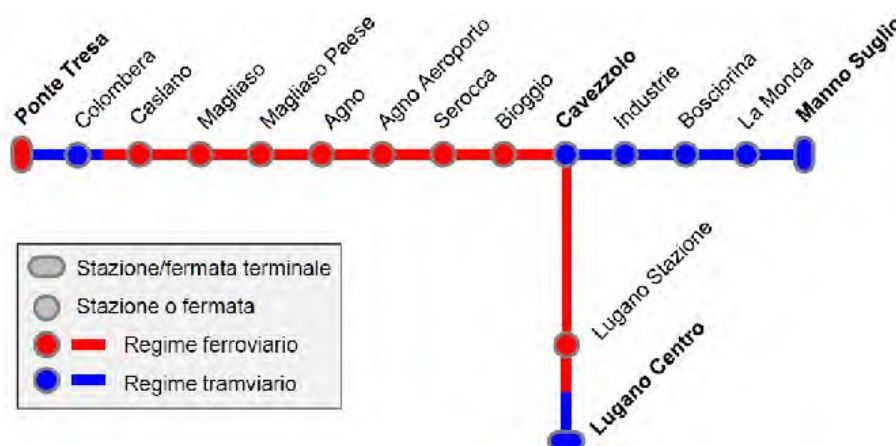


Figura 1: visualizzazione dei regimi di esercizio sulla rete

La definizione del concetto d’offerta è stata calibrata con l’analisi della domanda di trasporto futura. La stima dell’evoluzione si fonda sui dati di frequentazione degli ultimi anni e le ipotesi di crescita riportate nello studio complementare commissionato dal Cantone alla Rapp Trans AG. I fattori di evoluzione riportati in questo studio sono stati applicati ai tappeti di carico forniti dalla FLP per valutare la futura domanda, come pure le variazioni infrasettimanali e sull’arco di una giornata.

Grazie a queste indicazioni e compatibilmente alle capacità di trasporto offerte dal nuovo materiale rotabile, è possibile identificare le **frequenze necessarie per rispondere alla domanda di mobilità futura**. Il dimensionamento dell’offerta per un giorno feriale standard comporta le caratteristiche seguenti:

- sull’asta di Ponte Tresa, è prevista una cadenza di 10 minuti in ora di punta e di 15 in ora di morbida;
- sull’asta di Manno, una cadenza a 10 minuti nell’ora di punta e di 30 minuti nell’ora di morbida.

L’offerta al sabato e nei giorni festivi comporta delle cadenze generalmente inferiori a quelle dei giorni feriali compatibilmente ai volumi di traffico previsti.

I **modelli d’esercizio**, vale a dire le **modalità di circolazione dei convogli sulla rete**, sono stati elaborati tenendo conto dei vincoli infrastrutturali del progetto.

Le principali caratteristiche che condizionano l’esercizio, e dunque la pianificazione degli orari ferroviari, sono in particolare:

- la presenza di alcune tratte a binario unico sulla linea esistente;
- la configurazione della fermata Cavezzolo, dove confluiscono le tratte da/verso Lugano, Ponte Tresa e Manno;
- la necessità di messa in sicurezza degli attraversamenti pedonali/ciclabili;
- la configurazione dei terminali di Ponte Tresa e Lugano Centro.

Sulla base del concetto d’offerta definito e delle caratteristiche dell’infrastruttura è stato pianificato e verificato in un primo tempo l’orario per le fasce orarie di punta, che registrano il carico massimo di circolazioni sull’insieme della rete. È stato così possibile verificare il corretto dimensionamento del sistema ferroviario nel caso di massima “sollecitazione” delle capacità disponibili. Le cadenze a 10 minuti da e verso Ponte Tresa e da e verso Manno implicano una cadenza a 5 minuti nella tratta centrale tra Cavezzolo e Lugano Centro, vale a dire un convoglio ogni 2,5 minuti. In seguito, è stato pianificato e verificato l’esercizio per le fasce orarie di morbida, vale a dire con una cadenza di 15 minuti sulle due aste.

La verifica della fattibilità dell’esercizio e della sua necessaria stabilità è realizzata grazie a simulazioni dinamiche dettagliate degli orari pianificati, che permettono di analizzare come si comporterà il sistema ferroviario sia in situazione di funzionamento normale che perturbata. Queste analisi confermano che il sistema si rivela stabile e in grado di assorbire delle

distribuzioni con ritardi medi dell'ordine di circa due minuti. Questo risultato positivo conferma la fattibilità e la stabilità globale del progetto.

Delle **situazioni con perturbazione puntuali** sono state poi realizzate per identificare come assicurare una flessibilità d'esercizio ideale sulla nuova tratta tra Cavezzolo e Lugano Centro.

Grazie a queste analisi sono stati definiti i **complementi infrastrutturali** necessari ad assicurare un buon funzionamento del sistema anche in caso di ritardi sulla parte più sollecitata della rete.

In caso di sviluppi futuri della linea e/o di un'evoluzione maggiore a quanto preventivato della domanda di trasporto, l'offerta prevista nelle ore di punta può essere potenziata senza intervenire sulla nuova infrastruttura. **È stato in effetti possibile verificare la fattibilità di un incremento delle frequenze tra Ponte Tresa e Lugano Centro (tratta più carica dal punto di vista della domanda di trasporto).** Per garantire un servizio ogni 6 minuti sull'asta Ponte Tresa – Lugano Centro si renderebbero necessari unicamente interventi di potenziamento sulla linea esistente (raddoppio di binario tra Magliaso Paese ed Agno, creazione di un punto di incrocio ad Agno Aeroporto e a Colombera) per un costo stimato in ca. 10 mio. CHF. **In questo caso le capacità disponibili passerebbero a 2'500 passeggeri nell'ora di punta.**

Le simulazioni dinamiche hanno anche permesso di finalizzare il **dimensionamento del parco veicoli**. Per realizzare l'offerta dell'ora di punta è necessario disporre di 10 convogli in circolazione e due di riserva (manutenzione e in caso di guasti). Diverse varianti di concetto di stazionamento diurno e notturno sono state sviluppate, influenzate tra l'altro dalla posizione e configurazione della futura officina. **Il concetto proposto e condiviso dall'impresa di trasporto prevede lo stazionamento notturno di 7 convogli (compresi i 2 convogli di riserva) nell'officina e di 5 convogli a Ponte Tresa.** Le verifiche della rotazione del materiale rotabile come pure i movimenti di accesso agli stalli non operativi è stato condotto per tutto l'arco della giornata.

La **valutazione dei costi non coperti** è stata realizzata per valutare lo sforzo finanziario che gli enti pubblici saranno chiamati a sopportare con la messa in servizio della rete tram-treno del Luganese. Le stime sono state realizzate sulla base degli indicatori: costi chilometrici - introiti per viaggiatore salito. Rispetto ai circa 7 milioni di CHF odierni (pari a circa il 70% degli introiti della FLP), è possibile stimare una variazione dei costi non coperti tra 6,3 e 14,1 milioni di CHF. Questi sono da correlare con i futuri costi d'esercizio, stimati tra 14,5 e 20 milioni di CHF.

1 OBIETTIVI DEL RAPPORTO DI ESERCIZIO E METODOLOGIA

Il rapporto d'esercizio ha come obiettivo principale di verificare che la tappa prioritaria del tram-treno del Luganese permetta di assicurare un servizio adeguato alla domanda futura in condizioni di esercizio ottimali.

Sulla base di stime sull'evoluzione del numero di passeggeri si è proceduto al dimensionamento dell'offerta e all'elaborazione dei concetti d'offerta corrispondenti.

Queste informazioni come pure le caratteristiche del progetto (assetto infrastrutturale, tipologia del materiale rotabile, tecnica ferroviaria, ...) sono alla base della pianificazione degli orari di base elaborati per assicurare il funzionamento della rete durante le ore di punta e di morbida di un giorno feriale.

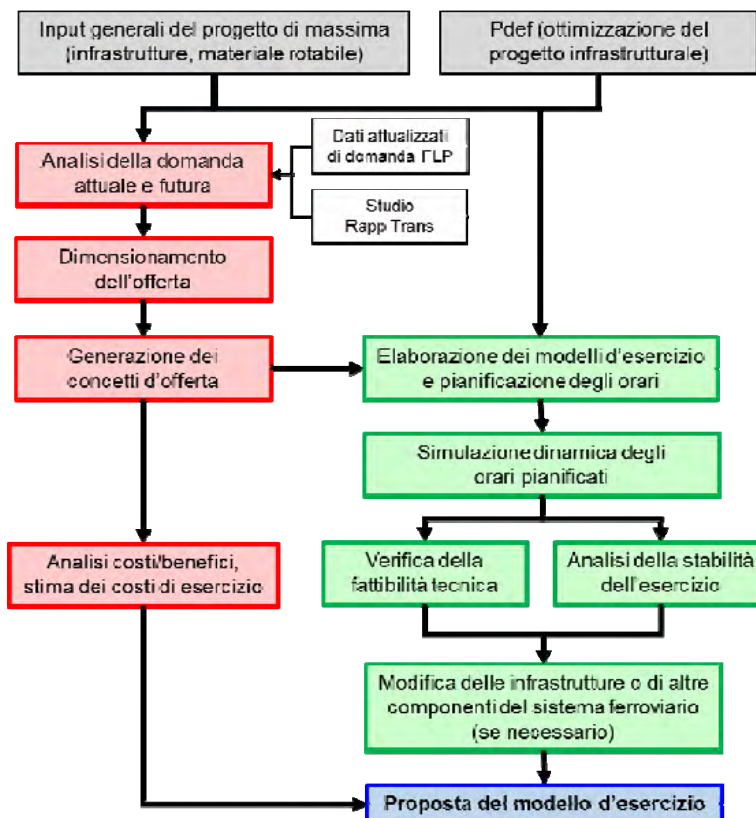


Figura 2: Principali tappe dello studio relativo all'esercizio

La fattibilità e la stabilità di questi orari sono stati in seguito verificati tramite simulazione dinamiche. Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile adattare, quando necessario, la configurazione delle varie componenti del sistema ferroviario.

2 ANALISI DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

2.1 Obiettivi

Questa analisi ha come obiettivo di valutare l'evoluzione della domanda di mobilità e dunque definire il numero di passeggeri che il sistema ferroviario dovrà essere in grado di trasportare in futuro. L'analisi deve permettere di:

- stimare il numero di utenti futuri;
- valutare le origini/destinazioni degli spostamenti;
- formulare delle ipotesi sulla variabilità infrasettimanale (giorni feriali, sabato, domenica e altri giorni festivi) e sulla variabilità giornaliera (ora di punta del mattino, ora di punta della sera, ora di morbida diurna, ora di morbida serale).

Grazie a queste informazioni è possibile in seguito:

- Definire le capacità di trasporto necessarie;
- dimensionare l'offerta e il materiale rotabile;
- definire il concetto di offerta in termini di copertura spaziale e temporale;
- stimare gli introiti.

2.2 Dati disponibili

Le analisi realizzate si fondano sui dati e gli studi seguenti:

- rapporto d'esercizio del Progetto di Massima, 2011;
- dati del modello cantonale del traffico, scenario obiettivo 2025 del programma d'agglomerato di Lugano di seconda generazione (PAL 2), 2012;
- 104° rapporto d'esercizio del Consiglio d'amministrazione all'Assemblea generale degli azionisti- Esercizio 2013, Ferrovie Luganesi SA (FLP), 2014;
- analisi dell'attuale utenza della FLP in particolare il tappeto di carico (secondo il quantile 95%) per l'anno 2013;
- studio complementare [1] Ferrovia Lugano-Ponte Tresa: verifica degli scenari di sviluppo della domanda, Sezione mobilità (Rapp Trans AG), 2014.

2.3 Lo studio complementare di Rapp Trans

Nel progetto di massima (terminato nel 2011), le valutazioni erano basate sui dati di frequentazioni della FLP per l'anno 2009 come base di riferimento, mentre le proiezioni all'orizzonte della messa in servizio erano state realizzate con simulazioni del modello cantonale del traffico.

Per permettere un aggiornamento di questi risultati, la Sezione della Mobilità ha commissionato nel 2014 all'ufficio di ingegneria Rapp Trans AG lo studio complementare [1] *Ferrovia Lugano-Ponte Tresa: verifica degli scenari di sviluppo della domanda*.

Questo studio ha analizzato l'evoluzione dell'offerta e dell'utenza negli anni passati ed effettuato proiezioni della domanda potenziale sulla base di diverse ipotesi:

- risultanze delle elaborazioni sulla domanda di trasporto del progetto di massima della rete tram-treno;
- analisi di sviluppo della domanda durante le ore di punta elaborati dalla FLP;
- risultati del modello cantonale del traffico, scenario trend del programma d'agglomerato del Luganese di seconda generazione (PAL2);
- risultati del modello cantonale del traffico, scenario obiettivo utilizzato nell'ambito del programma d'agglomerato del Luganese di seconda generazione (PAL2).

A queste tre ipotesi di base sono stati elaborati ulteriori scenari di sviluppo ("scenario trend rivisto", "scenario obiettivo rivisto" e "scenario obiettivo secondo ipotesi di sensitività dell'UFT") per stimare infine il potenziale d'utenza ai diversi orizzonti temporali nonché la sua ripartizione per fasce orarie.

I principali risultati dello studio Rapp Trans AG per l'orizzonte 2025 sono:

- "nell'insieme le previsioni del traffico giornaliero riviste non si discostano più di quel tanto dalla previsione del PAL2 e sono leggermente inferiori alle stima del Pmax". (pagina 32 del rapporto);
- all'ora di punta mattutina (OPM) invece, la domanda stimata nello studio complementare è significativamente superiore a quella prevista dal progetto di massima. Le valutazioni di Rapp Trans indicano infatti un carico che oscilla tra i 1'000 e i 1'400 utenti per ora e direzione nella sezione di maggior carico a seconda dello scenario considerato, mentre nel progetto di massima i carichi previsti erano inferiori ai 1'000 utenti per ora e direzione.

Per utilizzare al meglio questi risultati e assicurare il corretto dimensionamento dell'offerta, riflessioni e analisi complementari sono state realizzate mettendo in relazione i dati di trasporto della FLP del 2013 con le ipotesi di crescita prevista da Rapp Trans nei suoi scenari.

2.4 Analisi del carico attuale

La FLP collega oggi Ponte Tresa a Lugano FFS ogni quarto d'ora nei giorni lavorativi dalle 6:00 alle 19:00. Una cadenza alla mezz'ora è offerta negli altri periodi della giornata (mattino presto e ora di morbida serale) e durante il fine settimana. Nel 2013, il numero di passeggeri è stato di circa 2,1 milioni, con una media di circa 7'400 viaggiatori nei giorni lavorativi, 4'600 viaggiatori il sabato e 2'100 la domenica.

	Passeggeri - media giornaliera
Feriale (lu-ve)	7'403
Sabato	4'653
Domenica	2'104
Annuale	2'108'506

Tabella 1: numero di passeggeri nel 2013 (rapporto d'esercizio 2013 FLP)

Per l'analisi della variabilità giornaliera (giorni feriali), sono state utilizzate due fonti:

- i valori di carico medi dello studio complementare Rapp Trans;
- i valori di carico secondo il quantile 95% forniti dalla FLP. Il quantile 95% indica che nel 95% dei casi i dati sono inferiori o uguali al valore indicato, mentre nel 5% dei casi sono superiori. Questo permette di disporre di una sensibilità sui carichi più elevati riscontrati durante l'anno.

La sezione considerata è quella che comporterà il carico più elevato all'orizzonte del tram-treno, vale a dire tra Bioggio e Molinazzo. Il grafico seguente indica il carico medio (fonte: Rapp Trans) e il quantile 95% (fonte: dati FLP) sulla sezione di maggior carico Bioggio-Molinazzo.

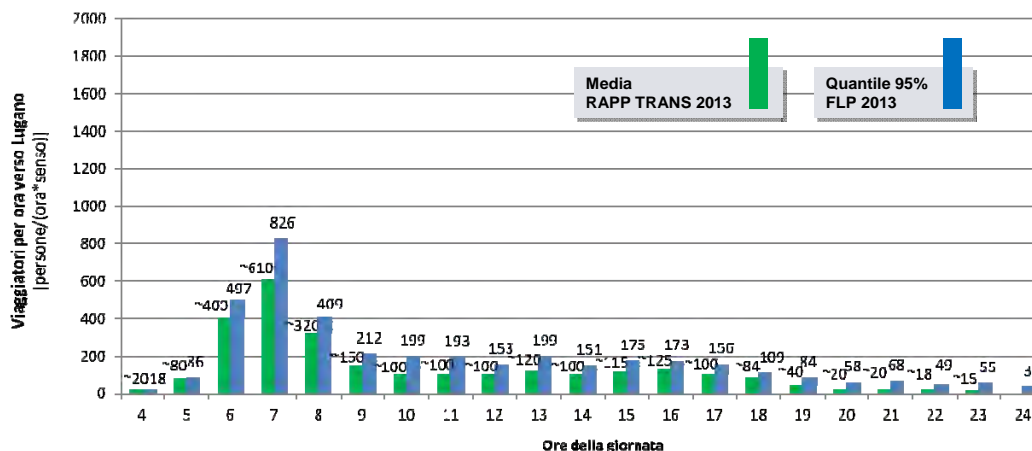


Figura 3: Carico orario sulla sezione Bioggio-Molinazzo in direzione di Lugano nel 2013. Fonte: dati Rapp Trans e statistiche disponibili

Nel 2013, all'ora di punta del mattino e in direzione di Lugano, il carico medio massimo è di circa 610 persone per ora e il quantile 95% di circa 826 persone. Questa differenza è importante e deve essere presa in considerazione per non sottovalutare le capacità necessarie al trasporto dei viaggiatori.

In direzione di Ponte Tresa è disponibile solo il quantile 95% del tappeto di carico della FLP. Il carico massimo si riscontra verso la fine del pomeriggio, tra le 17 e le 18, con 623 persone per ora tra Molinazzo e Bioggio.

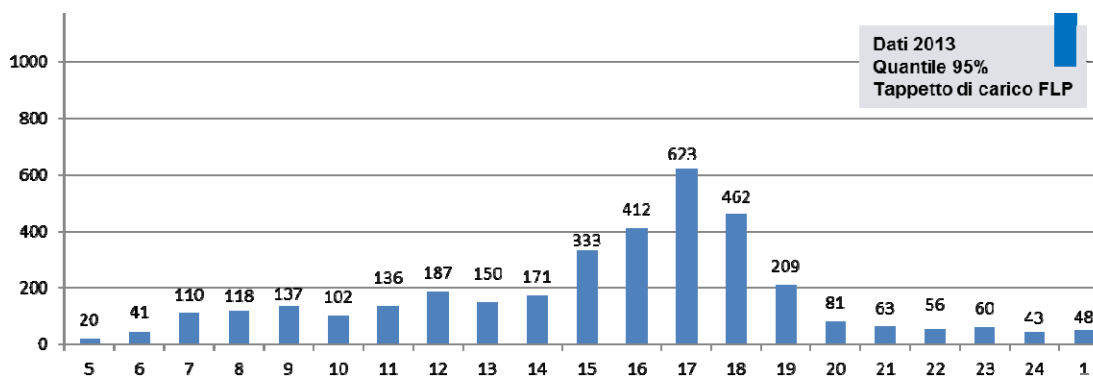


Figura 4: Carico orario sulla sezione Molinazzo-Bioggio in direzione di Ponte Tresa nel 2013

Possiamo osservare che il valore massimo durante l'ora di punta della sera è molto meno elevato di quello dell'ora di punta del mattino verso Lugano. Il dimensionamento dell'offerta deve dunque essere calibrato sui valori più elevati riscontrati al mattino. Si tratta, come accade in numerosi sistemi di trasporto, dell'effetto naturale dell'iper-punta mattutina, orientata verso i poli generatori di posti di lavoro. La punta serale si ripartisce su una fascia oraria più lunga.

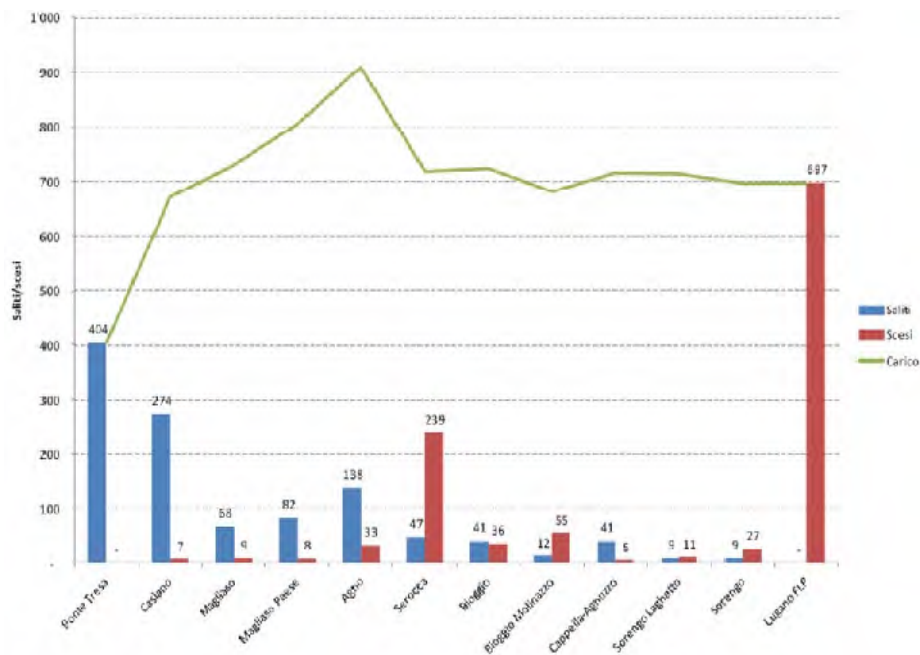


Figura 5: Saliti e scesi per fermata 2013 OPM (fonte: figura 5 studio Rapp Trans)

La figura precedente illustra i saliti/scesi per fermata nonché il carico medio all'ora di punta del mattino nei periodi scolastici in direzione di Lugano.

Questo grafico permette di illustrare le principali origini e destinazioni sulla linea attuale. Le stazioni d'origine sono sostanzialmente Ponte Tresa (36%), Caslano (24%) ed Agno (12%) mentre le stazioni di destinazione sono Lugano FLP (62%) e Serocca (21%).

Malgrado un numero di abitanti inferiore ad altre località situate lungo la linea (~800 abitanti), la posizione di Ponte Tresa al confine con l'Italia implica una forte attrattività per i pendolari. Il Comune di Lavena Ponte Tresa (Italia) mette per esempio a disposizione un parcheggio di 400 posti situato a circa 1 km della stazione FLP (e un futuro potenziamento non è escluso).

I saliti registrati a Caslano (~4'300 abitanti) sono il frutto dell'importanza demografica di questo comune e l'attrattività della ferrovia rispetto al trasporto individuale motorizzato, a causa anche dei forti carichi sulla strada cantonale. La minor distanza di Agno (~4'200 abitanti) dai poli generatori di Lugano e la possibilità di accedervi da diversi itinerari porta ad un numero di passeggeri più basso.

L'importanza dei passeggeri scesi a Lugano FFS (62%) sono la conseguenza naturale del numero elevato di posti di lavoro e di formazione (in particolare licei e altre scuole superiori che non sono presenti nel Malcantone). Il numero di passeggeri scesi a Serocca si spiega con la presenza di un'importante scuola media situata a pochi passi dalla fermata FLP. All'orizzonte 2018 una nuova scuola sarà aperta a Caslano e ridurrà questi spostamenti.

Elementi importanti per il dimensionamento dell'offerta:

I due capolinea di Ponte Tresa e Lugano presentano di gran lunga la maggior affluenza di passeggeri (la mattina in partenza da Ponte Tresa, la sera da Lugano). Contrariamente ad un fenomeno di riempimento progressivo lungo la tratta, i convogli sono molto usati fin dall'inizio del loro percorso.

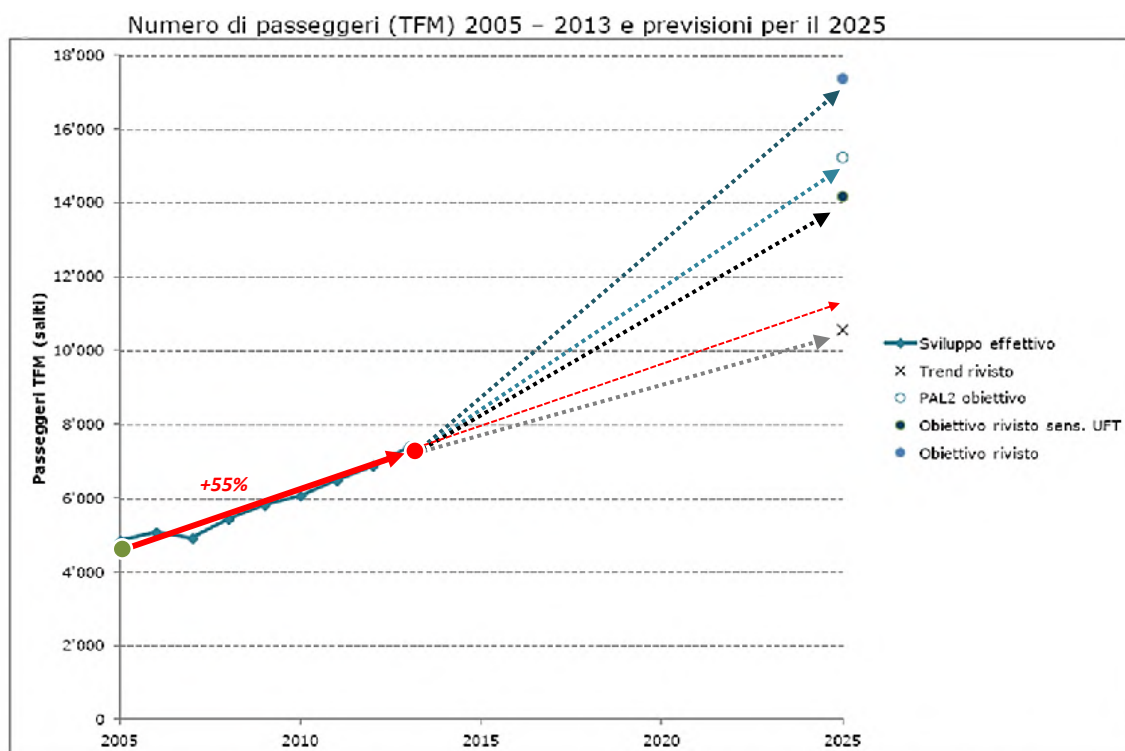
L'offerta deve dunque essere costante su tutta la tratta e il fenomeno del forte carico già dalla prima stazione condiziona il dimensionamento delle capacità da offrire. È infatti molto importante evitare un'eventuale effetto di saturazione già dall'inizio del percorso, soprattutto nell'ora di punta mattutina in direzione di Lugano.

2.5 Stima domanda futura sulla tratta Ponte Tresa - Lugano

Le riflessioni per la stima della domanda futura si basano principalmente sugli scenari di evoluzione elaborati dallo studio Rapp Trans.

2.5.1 Evoluzione della domanda giornaliera

Secondo lo studio di affinamento della domanda di trasporto (studio Rapp Trans) le possibili dinamiche di sviluppo della domanda sono illustrate nel grafico seguente.



fonte: elaborazione propria di dati dalla Sezione della mobilità e di dati del PAL2; calcoli propri

Figura 6: Previsione domanda 2025 traffico feriale Medio TFM, (fonte: figura 18 Rapp Trans)

L'analisi dei dati storici rileva che tra il 2005 e il 2013 l'aumento dei passeggeri è stato superiore al 50%. Durante questo periodo, oltre l'incremento naturale della mobilità, l'offerta è passata dalla cadenza 20 minuti a 15 minuti durante tutta la giornata.

Secondo lo studio Rapp Trans, tra il 2013 e il 2025 lo scenario che presenta l'evoluzione più bassa è il "trend rivisto", che ipotizza il mantenimento della linea esistente senza la realizzazione della tappa prioritaria del tram-treno. L'aumento dell'utenza è stimato a circa +43%.

La realizzazione della tappa prioritaria incrementa l'attrattività del trasporto pubblico e provoca una crescita addizionale a quella "naturale" dello scenario trend rivisto del 64%. Rispetto alla

situazione attuale l'aumento globale della frequentazione per lo “scenario obiettivo rivisto” sarebbe dunque superiore al 130%.

Lo scenario “obiettivo rivisto sensibilità UFT” considera un rincaro del prezzo dei titoli di trasporto del 40% analogamente allo scenario sensibilità dell'UFT per PROSSIF 2030. L'aumento della domanda si situa tra lo scenario obiettivo e lo scenario trend.

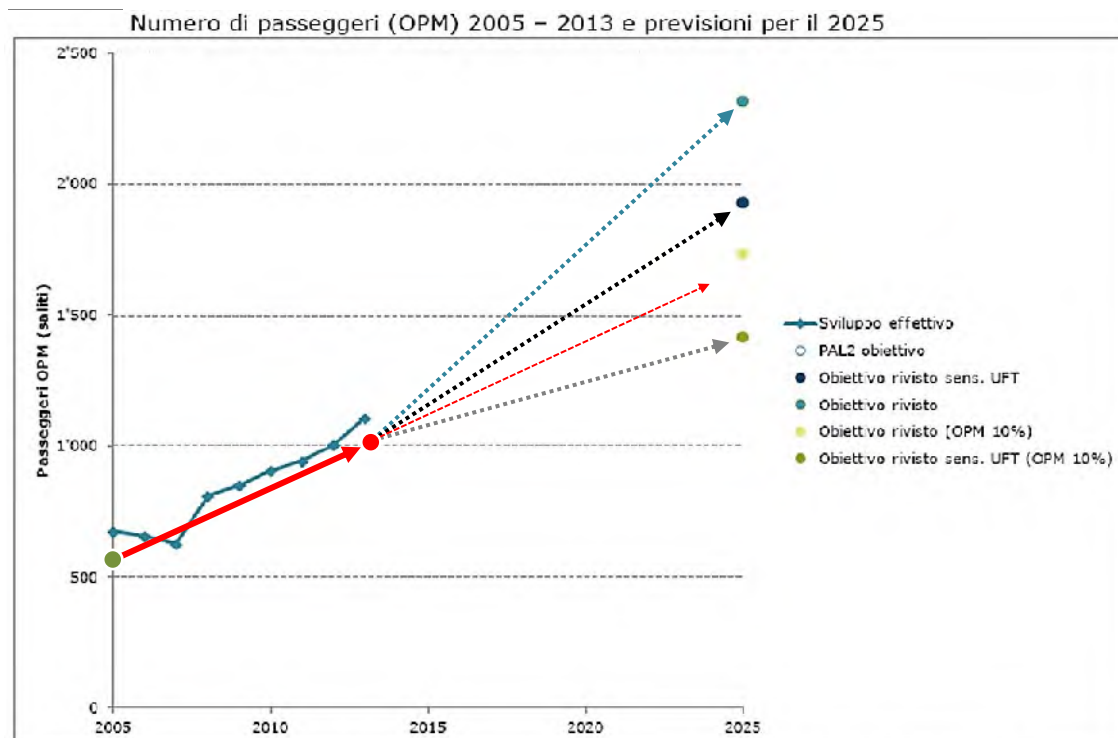
Globalmente secondo le stime di Rapp Trans, la messa in servizio della tappa prioritaria del tram-treno provocherebbe un aumento del numero dei passeggeri dai circa 7'000 attuali a dei valori che si situano tra i 14'000 e i 17'500.

Per il dimensionamento dell'offerta giornaliera (al di fuori dell'ora di punta mattutina) viene considerato lo scenario “obiettivo rivisto” che prevede la domanda di trasporto più alta, senza considerare un rincaro dei prezzi dei titoli di trasporto.

2.5.2 Evoluzione della domanda nel periodo di punta del mattino

Per l'ora di punta del mattino (OPM), lo studio Rapp Trans ha tenuto conto della costruzione della nuova scuola media a Caslano e la diminuzione del numero di spostamenti verso Serocca.

Le stime di evoluzione sono illustrate di seguito.



fonte: elaborazione propria di dati dalla Sezione della mobilità e di dati del PAL2; calcoli propri

Figura 7: Previsione domanda 2025 OPM, (fonte: figura 19 studio Rapp Trans)

Oltre all'analisi della sensibilità alle tariffe del trasporto pubblico, due scenari supplementari sono stati sviluppati per considerare la possibilità di una crescita dell'utenza meno forte durante l'ora di punta del mattino rispetto al resto della giornata.

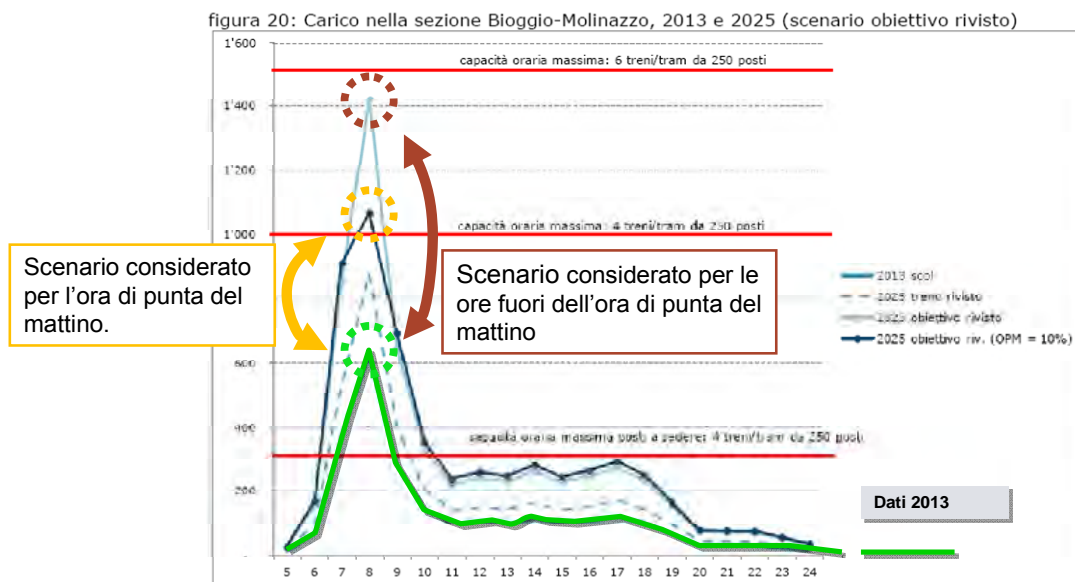
Il primo prevede una crescita della domanda OPM simile a quella giornaliera (OPM=15% della domanda giornaliera) mentre il secondo prevede una crescita meno importante (OPM=10% della domanda giornaliera). Lo scenario PAL2 corrisponde allo "scenario obiettivo rivisto con sensibilità UFT", e sul grafico è indicato dunque un solo valore.

La media del numero di passeggeri nell'ora di punta mattutina passerebbe dai circa 1'100 attuali a dei valori che si situano tra i 1'400 e i 2'300 utenti, con aumenti compresi in una forchetta tra il 25% e il 65%.

In considerazione del fatto che attualmente la componente degli scolari è molto elevata per questa fascia oraria, si ritiene che lo scenario "obiettivo rivisto", che prevede quasi un triplicamento (fattore di elasticità 2.3 + una riserva di circa 25% dei valori dovuto alle variazioni giornaliere) dei passeggeri nell'ora di punta mattutina non sia realistico. Lo scenario considerato per il dimensionamento dell'offerta durante l'ora di punta mattutina è dunque lo "scenario rivisto" che prevede una crescita meno marcata dell'ora di punta mattutina (OPM 10%) ma senza aumenti tariffali.

2.5.3 Evoluzione del numero di passeggeri sulla sezione più carica

In considerazione delle osservazioni precedenti, compatibilmente con gli scenari d'evoluzione della domanda scelti, si può stimare il volume dei passeggeri nella sezione più carica, vale a dire sulla sezione Bioggio – Cavezzolo (Molinazzo).



fonte: elaborazione propria di dati dalla Sezione della mobilità; calcoli propri.

Figura 8: Previsione carico OPM sezione più carica, (fonte: figura 20 perizia Rapp trans)

La stima dei passeggeri nella sezione più carica si situa tra 1'050 e 1'450 in direzione di Lugano. L'elasticità massima, che definisce il rapporto tra i dati del 2013 e le prognosi 2025, è dunque di circa 2,3. Questo valore massimo è stato considerato per il dimensionamento dell'offerta durante l'arco della giornata.

Per l'ora di punta mattutina la componente degli scolari è molto elevata. Il fattore di elasticità massimo di 2,3, corrispondente a più di un raddoppio dell'utenza attuale, non può realisticamente essere applicato a questo segmento di utenza in considerazione del fatto che la maggior parte degli scolari utilizzano già oggi il trasporto pubblico. Lo scenario d'evoluzione della domanda preso in considerazione per le verifiche delle capacità per questa fascia oraria è lo "scenario obiettivo rivisto (OPM 10 %)" che considera una proporzione tra ora di punta mattutina e traffico giornaliero medio del 10 % senza aumenti tariffali.

Con questi valori le riserve di capacità con una frequenza ogni 10 minuti sono dell'ordine del 25-30 %, ritenute sufficienti per assorbire le variazioni giornaliere.

2.6 Stima domanda futura sulla tratta Manno - Lugano

Per l'asta Manno-Lugano, le cifre disponibili provengono dal modello cantonale del traffico per lo scenario obiettivo 2025.

I valori disponibili sono i seguenti:

- TFM: 990 persone/(giorno*direzione) tra Molinazzo (Cavezzolo) e industrie;
- OPM: 160 persone/(ora*direzione) tra Molinazzo (Cavezzolo) e industrie;
- OPS: 60 persone/(ora*direzione) tra Molinazzo (Cavezzolo) e industrie.

Questi valori sono fortemente più bassi (da un fattore 6 a 9) a quelli stimati per l'asta Ponte Tresa-Lugano.

L'offerta di trasporto dovrà dunque essere dimensionata di conseguenza.

2.7 Evoluzione del numero di passeggeri alle fermate

Per la verifica del dimensionamento della superficie dei marciapiedi, vengono stimati i passeggeri (saliti e scesi) per ogni fermata.

I dati del traffico giornaliero medio (TGM) sono estrapolati dalle simulazioni con il modello cantonale del Traffico effettuato nell'ambito di PROSSIF FA 2030. Per la determinazione dei dati 2025 (orizzonte di progetto) si ipotizza un aumento annuo costante del 2.1 %.

La tabella seguente presenta il numero di saliti/scesi per ogni fermata (orizzonte 2030)

da/a	Ponte Tresa	Casiano Colombara	Casiano	Magliaso	Magliaso Paese	Agno	Agno Aeroporto	Serocca	Bioggio	Cavezzolo	Industrie	Bosciorina	La Monda	Suglio	Lugano FFS	Lugano Centro
Ponte Tresa		39	226	95	55	168	24	90	38	21	4	3	2	43	1'083	1'036
Casiano Colombara	39		29	9	5	19	2	10	4	4	1	1	0	5	96	95
Casiano	224	31		96	34	114	15	52	25	15	2	2	1	33	566	558
Magliaso	93	9	96		43	97	10	26	14	7	1	0	1	12	243	296
Magliaso Paese	56	6	35	43		31	4	14	11	4	1	1	0	9	150	154
Agno	175	19	114	94	31		27	52	86	16	2	1	1	29	541	516
Agno Aeroporto	25	2	15	10	4	27		13	25	2	1	1	0	4	74	70
Serocca	92	10	52	26	15	52	13		50	12	1	1	0	23	459	344
Bioggio	38	4	25	14	11	86	25	51		6	1	0	1	15	262	165
Cavezzolo	22	3	16	6	4	15	2	11	6		16	18	8	27	178	165
Industrie	4	1	2	1	1	2	1	1	1	16		0	0	5	31	18
Bosciorina	3	1	2	0	1	1	1	1	0	18	0		0	7	32	19
La Monda	2	0	1	1	0	1	0	1	0	9	0	0		5	17	11
Suglio	40	5	31	13	8	28	4	22	14	21	5	7	5		351	394
Lugano FFS	1'101	100	591	254	158	566	75	474	268	193	32	33	19	262		21
Lugano Centro	1'019	92	546	287	151	503	68	335	160	153	17	18	10	321	65	

Tabella 2: saliti/scesi TGM (fonte: PROSSIF FA 2030, modello cantonale del traffico)

Per la stima del numero di saliti/scesi nell'ora di punta mattutina, vengono presi in considerazione le analisi effettuate nello studio complementare RAPP trans, In particolare:

- Per le fermate tutt'ora in servizio, vengono applicati ai dati storici (OPM 2013) le previsioni di crescita determinati dallo studio Rapp trans (1.73 tra il 2013 e il 2025).
- Per le fermate nuove, i dati vengono ripresi dal modello cantonale del traffico, considerandoli pari al 15 % del TGM (fig 9 rapporto RAPP Trans).

La tabella seguente presenta la stima dei saliti/scesi per tutte le fermate pianificate.

Fermata	Totale saliti PROSSIF 2030	Totale scesi PROSSIF 2030	Stima saliti giornalieri 2025	Stima scesi giornalieri 2025	Saliti OPM direzione Lugano (giorni feriali scolastici), 2013 (fonte: figura 5 rapporto Rapp)	Stima saliti OPM, direzione Lugano, 2025	Stima saliti OPM, tutte le direzioni, 2025	Scesi OPM direzione Lugano (giorni feriali scolastici), 2013 (fonte: figura 5 rapporto Rapp)	Stima scesi OPM, direzione Lugano, 2025	Stima scesi OPM, tutte le direzioni, 2025
Ponte Tresa	2'927	2'932	2'638	2'643	404	699	-	0	0	-
Colombera	319	322	288	290			43			44
Caslano	1'768	1'780	1'594	1'604	274	474	-	7	12	-
Magliaso	949	951	855	857	68	118	-	9	16	-
Magliaso Paese	519	521	468	470	82	142	-	8	14	-
Agno	1'703	1'710	1'535	1'541	138	239	-	33	57	-
Agno Aeroporto	273	271	246	244			37			37
Serocca	1'152	1'154	1'038	1'040	47	81	-	239	239*	-
Bioggio	703	703	634	634	41	71	-	36	62	-
Cavezzolo	895	892	807	804	-	-	121	-	-	121
Industrie	84	84	76	76	-	-	11	-	-	11
Bosciorina	86	86	78	78	-	-	12	-	-	12
La Monda	48	48	43	43	-	-	6	-	-	6
Suglio	948	800	854	721	-	-	128	-	-	108
Lugano FFS	4'147	4'149	3'738	3'740	-	-	561	-	-	561
Lugano Centro	3'745	3'863	3'375	3'482	-	-	506	-	-	522

Tabella 3: previsione saliti/scesi per ogni fermata OPM

2.8 Dimensionamento delle banchine delle fermate

Per il dimensionamento e la verifica dei flussi di passeggeri della stazione sotterranea Lugano FFS si rimanda al rapporto specifico no. RTL.001 D / 404

Per tutte le altre fermate, oltre allo spazio a disposizione, è stata considerata la somma del numero di viaggiatori saliti e scesi durante le ore di punta, elencati nella precedente tabella, suddivisi per il numero di corse (frequenza 10 minuti, 6 corse all'ora). Nella tabella seguente si riportano per ogni fermata i risultati ottenuti, dividendo il numero massimo di saliti / scesi per corsa per le dimensioni della banchina (lunghezza 50 m moltiplicata conservativamente per la larghezza nel punto minore della zona sicura).

Fermata	Tipologia banchina	Viaggiatori OPM per corsa			Dimensioni banchina			Viaggiatori / m2
		Saliti [#]	Scesi [#]	Totale [#]	L [m]	B min. [m]	A [m2]	
Ponte Tresa	Singola laterale	117	0	117	50	1.45	72.5	1.6
Caslano	Singola laterale	79	2	81	50	2.00	100	0.8
Magliaso	Singola laterale	20	3	23	50	2.50	125	0.2
Magliaso Paese	Singola laterale	24	2	26	50	1.00	50	0.5
Agno	Singola laterale	40	10	50	50	1.60	80	0.6
Agno Aeroporto	Singola laterale	6	6	12	50	2.00	100	0.1
Serocca	Singola laterale	14	40	54	50	2.30	115	0.5
Bioggio	Singola laterale	1	10	11	50	2.30	115	0.1
Cavezzolo	Singola laterale	20	20	40	50	3.50	175	0.2
Industrie	Singola laterale	2	2	4	50	1.75	87.5	0
Bosciorina	Doppia centrale	2	2	4	50	1.10	55	0.1
La Monda	Doppia centrale	1	1	2	50	1.10	55	0
Suglio	Singola laterale	21	18	39	50	2.65	132.5	0.3
Lugano Centro	Singola laterale	84	87	171	50	2.60	130	1.3

Tabella 4: Numero di viaggiatori per corsa durante OPM e dimensioni banchine

Come si può notare, i valori massimi si raggiungono ai terminali di Ponte Tresa con 1.6 viaggiatori per m2 e di Lugano Centro con 1.3 viaggiatori per m2. In tutte le altre fermate si ottiene un valore ampiamente al di sotto di 1 viaggiatore per m2.

Considerando che nel calcolo è stata considerata la larghezza minima della zona sicura a disposizione e non la superficie effettiva, si ritiene che in base ai risultati ottenuti tutte le fermate dispongono di banchine delle dimensioni adeguate alla domanda, anche nel caso la ripartizione dei viaggiatori durante l'ora di punta non fosse uniformemente ripartita sulle 6 corse pianificate. Vi sono in questo senso tutte le riserve del caso per assorbire eventuali picchi puntuali di viaggiatori.

3 DIMENSIONAMENTO DELL'OFFERTA

Grazie alla stima della domanda futura, l'offerta può essere dimensionata sulla base della capacità di trasporto dei veicoli (numero di persone per convoglio) e la frequenza offerta (numero di convogli per ora).

3.1 Ipotesi di base riguardo il materiale rotabile

Il progetto del tram-treno del Luganese si fonda su una visione di sviluppo della rete tramviaria denominata "concetto H". Questo concetto prevede, oltre la prima tappa e l'estensione verso Manno (che fanno parte del progetto prioritario) delle estensioni a partire dal centro città verso Cornaredo e il Pian Scairolo.

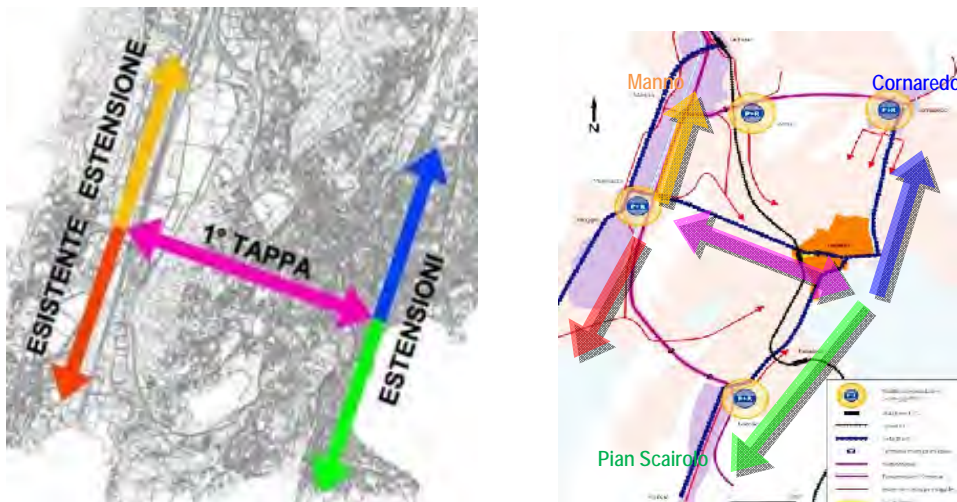


Figura 9: visualizzazione del concetto H sul territorio

La tappa prioritaria non è stata dunque pensata come un "progetto a sé stante", ma come l'inizio dello sviluppo di un nuovo servizio su rotaia per l'agglomerazione luganese e la sua periferia. Per permettere in futuro l'estensione dei servizi ferroviari, è necessario assicurare la compatibilità tra il materiale rotabile, l'inserzione urbana, la gestione dell'esercizio e le interazioni con il traffico stradale.

Attualmente la linea FLP ha una sagoma per ferrovia a scartamento metrico del tipo A, che permette la circolazione degli attuali convogli di 2.65 metri di larghezza. I convogli più lunghi, i Be 4/12, raggiungono 60 m di lunghezza.

Per la futura rete tram-treno, data la situazione urbana del Centro di Lugano, è stato necessario limitare la larghezza dei veicoli ad un massimo di 2.40 m e prevedere una lunghezza di ca. 45 m. Queste impostazioni permettono di utilizzare il profilo di spazio libero C3, già approvato sulla rete cittadina di Zurigo. L'infrastruttura della rete tram-treno è stata quindi progettata secondo le direttive "Vorschriften und Richtlinien Tram, Juli 2013" delle VBZ. Le motivazioni che hanno portato a questa scelta, scaturiscono da valutazioni svolte in sede di progettazione di massima

(2011). In questo ambito si è tenuto conto anche dei vincoli della rete tram-treno completa, che si svilupperà in pieno contesto urbano, collegando la zona di Cornaredo ed il Pian Scairolo. I tracciati, di tipo tranviario, si svilupperanno in parte su sedime stradale all'interno del tessuto urbano esistente.

Il mantenimento del profilo di spazio libero A con la circolazione di convogli di 60 m di lunghezza è incompatibile con il tessuto urbano esistente e con la circolazione all'interno della rete stradale adibita anche al traffico veicolare. La limitazione della lunghezza dei convogli è determinata, già nella realizzazione della tappa prioritaria, dal capolinea Lugano Centro, il cui marciapiede, costruttivamente, può avere un'estensione massima di 50 metri. Per quanto riguarda la larghezza dei convogli, l'utilizzo della sagoma A (più larga e con più vincoli di tracciamento rispetto alla sagoma C3) richiederebbe in Città importanti interventi di riorganizzazione del sedime stradale e, in determinati casi, addirittura la demolizione di stabili esistenti. Ad esempio già nella tappa prioritaria, sarebbe necessaria la demolizione di un edificio nel comparto S. Anna, per permettere al tracciato ferro-tranviario proveniente dal portale est della Galleria di Breganzona, di raggiungere Corso Pestalozzi e attestarsi al terminale Lugano Centro. La stessa problematica si porrebbe per le future tappe previste nell'ambito cittadino. Ad esempio, per il tracciato individuato nello studio di fattibilità per il collegamento verso Lugano Cornaredo, la svolta da Corso Pestalozzi in via G.B. Pioda impone un raggio di 20 m e non sarebbe realizzabile con convogli di sagoma A, se non con importanti interventi di riassetto urbano.

Per questa ragione è stato privilegiato un concetto di tipo tram-treno, e di considerare per l'intera rete fermate e stazioni con caratteristiche che permettono di accogliere un nuovo materiale di una lunghezza di massimo 50 metri. Un breve benchmark permette di verificare che questa ipotesi è coerente con le esperienze tramviarie e tram-treno di altre città svizzere e europee (vedi capitolo 9.1).

3.1.1 Capacità di trasporto considerata e prima stima di plausibilità

Secondo il progetto di massima e il capitolato di prequalifica della FLP per l'acquisto di nuovo materiale rotabile, i nuovi veicoli tram-treno dovranno disporre di una capacità di circa 250 posti, di cui circa 70 a sedere e circa 180 in piedi. Per la verifica della capacità disponibile viene utilizzata un'ipotesi di densità di 4 persone per m². Questo valore di densità viene generalmente utilizzato e accettato dall'Ufficio Federale dei Trasporti e che permette di disporre di valori attendibili sul materiale attuale.

Un primo paragone tra il materiale FLP di oggi e il futuro tram-treno permette di dare una visione sul numero di posti offerti per ogni veicolo oggi e domani.

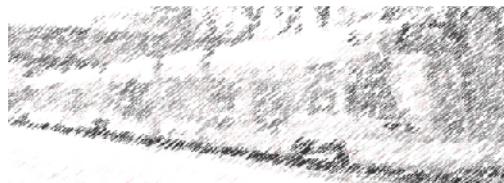
Materiale rotabile oggi



Be 4/12, 58 metri

Posti a sedere:	168
Posti in piedi:	134 (4pers. m ²)
Capacità totale:	~ 300

Materiale rotabile domani



Ipotesi tram-treno, ~ 40- 45 metri

Posti a sedere:	70
Posti in piedi:	180 (4pers. m ²)
Capacità totale:	~ 250

Figura 10: Paragone tra le capacità di trasporto dei convogli di oggi e di domani

Le capacità di trasporto dei nuovi convogli saranno dunque leggermente inferiori a quelle odierne. La capacità finale reale offerta dipenderà tuttavia dalle proposte dei costruttori e dalle decisioni sulle caratteristiche dell'arredo interno. Il confronto tra le capacità orarie offerte oggi con una cadenza di 15 minuti possono dunque essere paragonate con quelle offerte in caso di una cadenza a 15 e 10 minuti con il nuovo materiale tram-treno. Troviamo allora:

- materiale odierno con cadenza 15' 1'200 persone / ora
- materiale futuro con cadenza 15' 1'000 persone / ora
- materiale futuro con cadenza 10' 1'500 persone / ora

Per un sistema in evoluzione e che prevede una crescita della domanda di trasporto sembra dunque, già a questo livello, ragionevole pensare che un adeguato dimensionamento dell'offerta di trasporto nel 2025 sarà possibile con una cadenza a 10 minuti nell'ora di punta.

A questa prima stima di plausibilità basata sull'offerta, segue un'analisi dettagliata dei dati della domanda di trasporto e la deduzione del dimensionamento dell'offerta per i differenti periodi della giornata e della settimana.

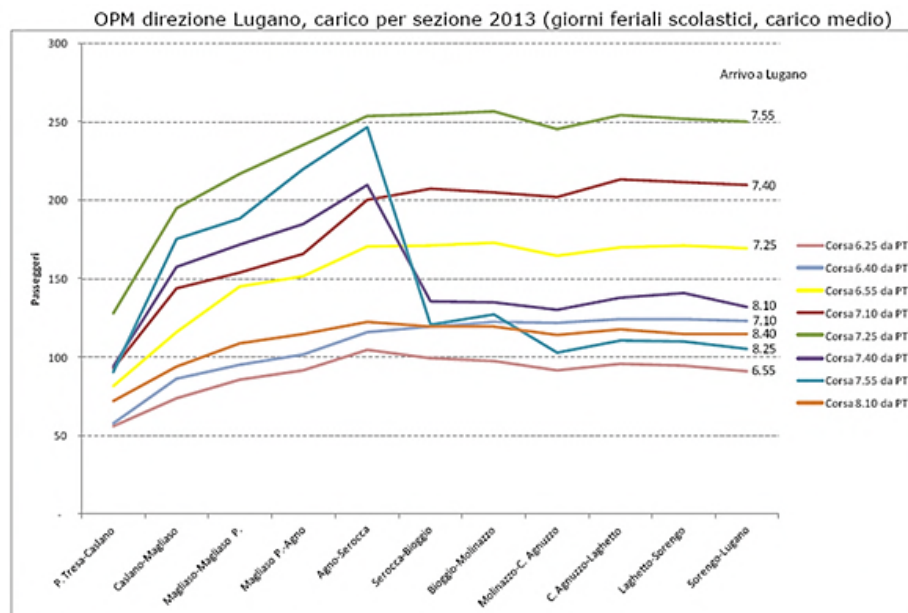
3.2 Identificazione delle cadenze necessarie sulla base della domanda

A seconda dello scenario considerato nello studio Rapp Trans, la domanda all'ora di punta del mattino in direzione di Lugano nella sezione più carica si situa tra le 1'050 e le 1'450 persone all'ora.

Sulla base dei calcoli del capitolo precedente possiamo dunque constatare che una cadenza a 15 minuti non sarà sufficiente per rispondere alla domanda e che sarà sicuramente necessario offrire una cadenza a 10 minuti, che permette di assicurare una capacità di trasporto teorica di 1'500 posti all'ora. I valori da 1'050 a 1'450 sono dei valori medi e in queste stime non sono stati considerati altri fattori che avranno un'influenza sul carico massimo di alcuni convogli durante la punta:

- La variabilità del carico tra le singole corse:

attualmente certe corse sono più attrattive di altre per l'utenza (per esempio nel caso di un arrivo che combacia con orari scolastici). A titolo illustrativo è riportato qui sotto il grafico dei carichi delle corse dell'OPM del 2013 ripreso dal rapporto Rapp Trans.



fonte: elaborazione propria di dati dalla Sezione della mobilità.

Figura 11: Carico per sezione 2013 OPM, (fonte: figura 4 studio Rapp Trans)

Possiamo facilmente notare che la corsa che arriva a Lugano alle 7:55 trasporta un numero di viaggiatori quasi doppio rispetto a quella che arriva alle 8:10.

- L'effetto dell'elasticità dell'aumento della cadenza dai 15 ai 10 minuti:

l'aumento delle frequenze ha come conseguenza naturale un aumento dell'attrattività del trasporto pubblico.

Altri elementi che oggi non sono ancora definiti potrebbero avere in futuro un impatto sulla domanda per il tram-treno. Tra questi, per esempio, un futuro potenziamento del posteggio di Lavena Ponte Tresa e il potenziamento del trasporto pubblico su gomma nel Malcantone e nella zona transfrontaliera.

Queste considerazioni sulla variabilità dell'iper-punta lasciano aperta la domanda su possibili fenomeni di forte carico su alcune corse del tram-treno. Per questo motivo sono state realizzate delle valutazioni con i valori del quantile 95% (considerando una variabilità simile ai dati storici riscontrati nei conteggi del 2013), anche se si tratta di una situazione che avviene molto saltuariamente sull'arco dell'anno e che implica dunque dei carichi che possono essere considerati come estremi.

Nel grafico seguente sono rappresentati i carichi massimi medi del 2013 e degli scenari elaborati dallo studio Rapp Trans sulla sezione di maggior carico, vale a dire quella tra Bioggio e Molinazzo.

Carico orario medio nella sezione Bioggio-Molinazzo TFM, dir. Lugano 2013 (Rapp) e 2025

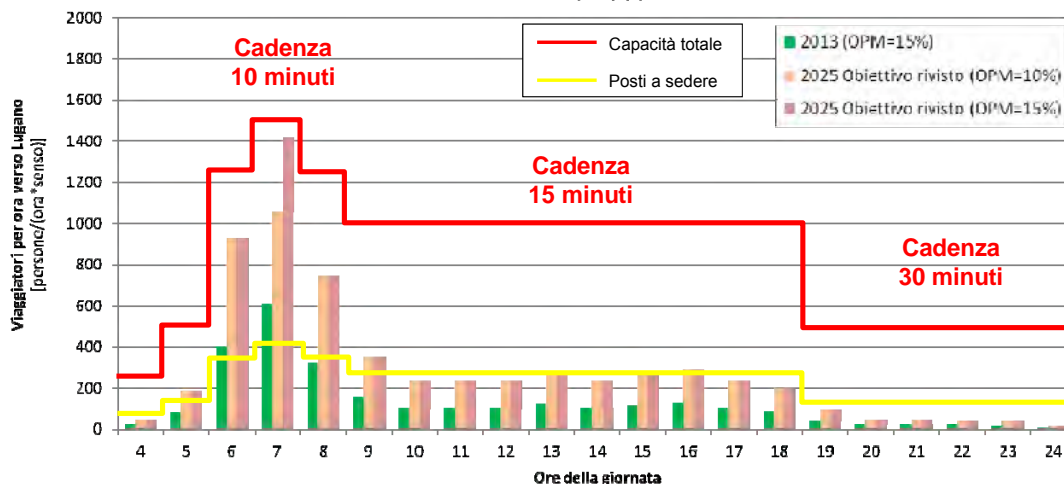


Figura 12: Offerta e domanda (media) 2025 TFM, direzione Lugano

Per poter rispondere adeguatamente alla domanda media futura, una cadenza di 10 minuti è necessaria durante la punta del mattino sull’asta di Ponte Tresa.

Per il resto della giornata (ora di morbida) una cadenza di 15 minuti, come quella odierna, è sufficiente.

Durante le ore serali e le prime ore del mattino è possibile coprire la domanda con una cadenza di 30 minuti.

Considerando una variabilità del traffico medio giornaliero simile ai dati storici riscontrati nei conteggi del 2013 (quantile 95) non si riscontrano dei possibili fenomeni di sovraccarico. La domanda di trasporto nella sezione di maggior carico si avvicina però alle capacità disponibili.

In caso di sviluppi futuri della linea e/o di un’evoluzione maggiore a quanto preventivato della domanda di trasporto, l’offerta prevista nelle ore di punta può essere potenziata senza intervenire sulla nuova infrastruttura. **È stato in effetti possibile verificare la fattibilità di un incremento delle frequenze tra Ponte Tresa e Lugano Centro (tratta più carica dal punto di vista della domanda di trasporto) da 10 a 6 minuti.** Per garantire ciò sull’asta Ponte Tresa – Lugano Centro si renderebbero necessari unicamente interventi di potenziamento sulla linea esistente, quali un raddoppio di binario tra Magliaso Paese ed Agno di circa 300 m e la creazione di un punto di incrocio ad Agno Aeroporto e a Caslano Colombera, per un costo stimato pari a ca. 10 mio. CHF. **In questo caso le capacità disponibili passerebbero a 2'500 passeggeri nell’ora di punta.**

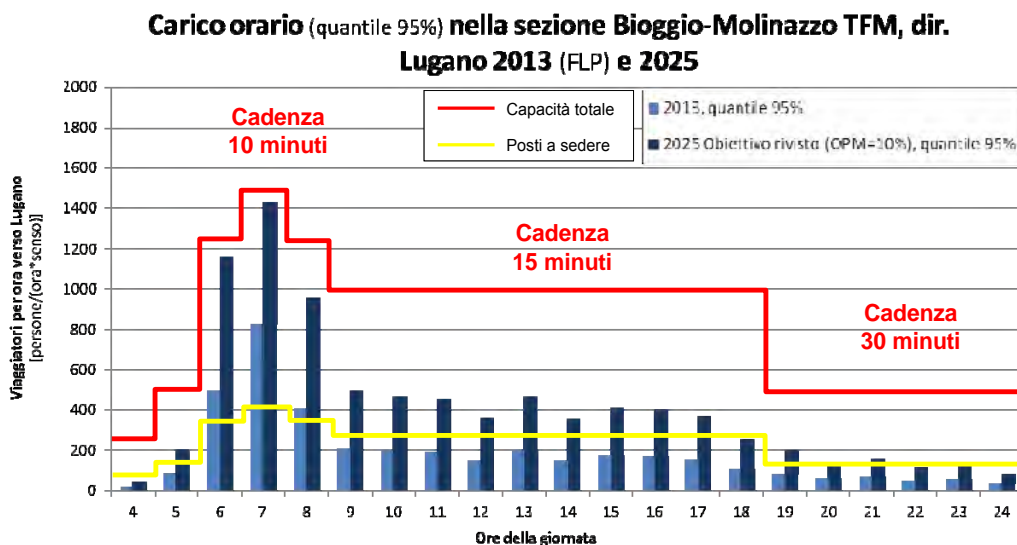


Figura 13: Offerta e domanda oraria (variabilità secondo quantile 95%) 2025 TFM, scenario obiettivo rivisto (OPM=10%), sezione Bioggio-Molinazzo, direzione Lugano

In direzione di Ponte Tresa, una cadenza di 10 minuti all'ora di punta serale sembra adeguata e permette di evitare eventuali fenomeni di saturazione dei convogli, come illustrato nella figura seguente.

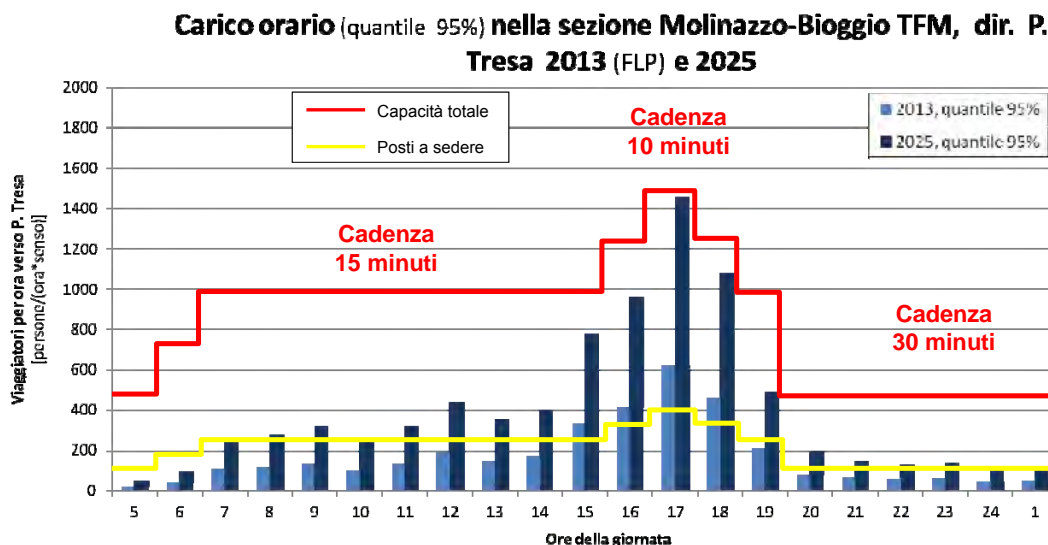


Figura 14: Offerta e domanda oraria (variabilità secondo quantile 95%) 2025 TFM, scenario obiettivo rivisto (OPM=10%), sezione Bioggio-Molinazzo, direzione Ponte Tresa

Per quanto riguarda le capacità della tratta più carica (galleria tra Cavezzolo e Lugano Centro), le frequenze combinate tra l'asta di Ponte Tresa e Manno garantiscono una cadenza ogni 5 minuti e offrono dunque una capacità di trasporto nelle ore di punta di circa 3'000 posti. Il traffico previsto (somma dei passeggeri delle due aste) nell'ora di punta in direzione di Lugano è di circa 1'500 passeggeri garantendo per questa tratta ampie riserve.

Carico orario (quantile 95%) nella sezione Molinazzo-Lugano FFS TFM, dir. Lugano, 2025

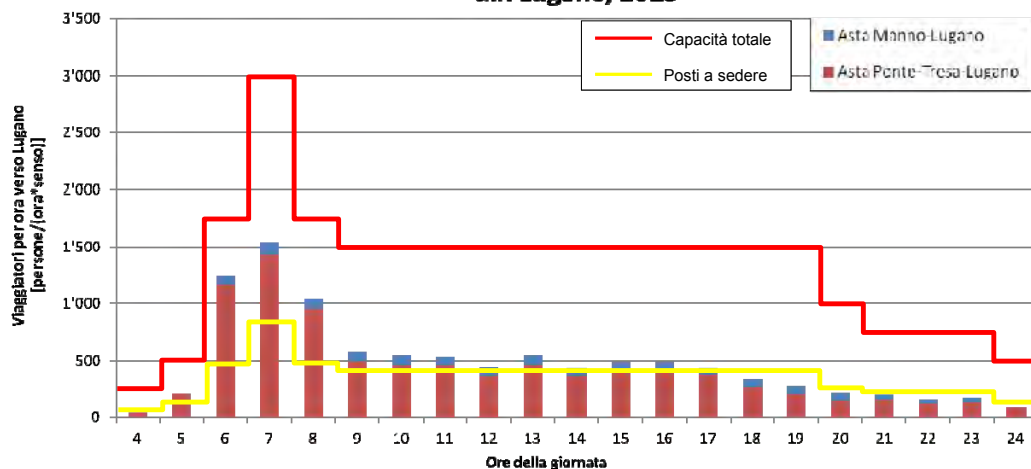


Figura 15: Offerta e domanda oraria (quantile 95%) 2025 TFM, scenario obiettivo rivisto (OPM=10%), sezione Cavezzolo-Lugano FFS, direzione Lugano

Non disponendo dei valori medi per i fine settimana, le valutazioni sono realizzate per il sabato e la domenica a partire dai dati disponibili del quantile 95% attuali.

Le due figure seguenti mostrano la stima della domanda e l'offerta nelle due direzioni per il quantile 95% il sabato. Se una cadenza a 30 minuti sembra adeguata il mattino e la sera, un rinforzo al quarto d'ora è proposto il sabato dalle 10:00 alle 19:00 circa. I motivi di spostamento delle persone che utilizzano il tram-treno in questa fascia oraria non sono lavorativi o scolastici ed è auspicabile offrire loro un confort adeguato e dunque la possibilità di trovare un posto a sedere.

Carico orario nella sezione Bioggio-Molinazzo Sa, dir. Lugano 2013 (FLP) e 2025

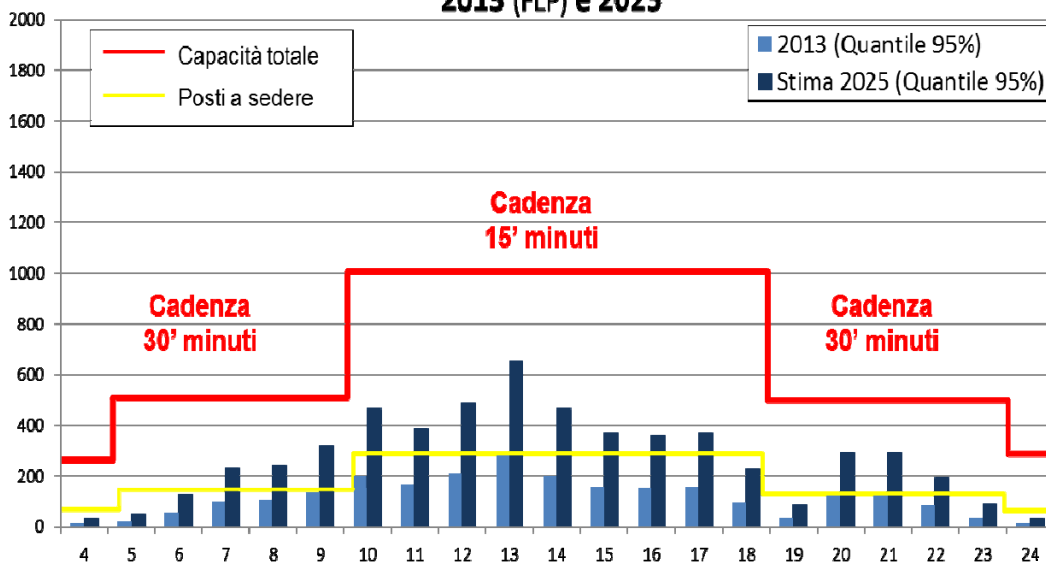


Figura 16: Offerta e domanda (quantile 95%) 2025 Sabato, direzione Lugano

Carico orario nella sezione Molinazzo-Bioggio Sa, dir. P. Tresa
2013 (FLP) e 2025

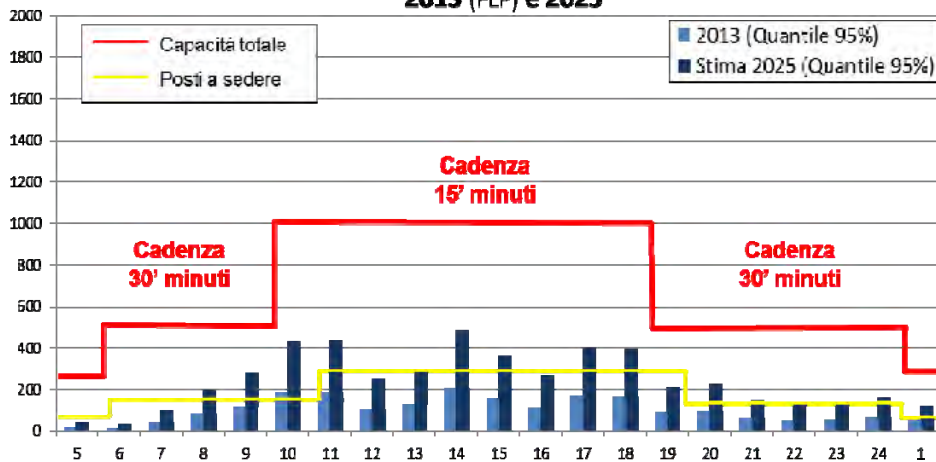


Figura 17: Offerta e domanda (quantile 95%) 2025 Sabato, direzione Ponte Tresa

Nei giorni festivi, le due immagini seguenti mostrano che un cadenzamento alla mezz'ora è sufficiente.

Carico orario nella sezione Bioggio-Molinazzo Do, dir. Lugano
2013 (FLP) e 2025

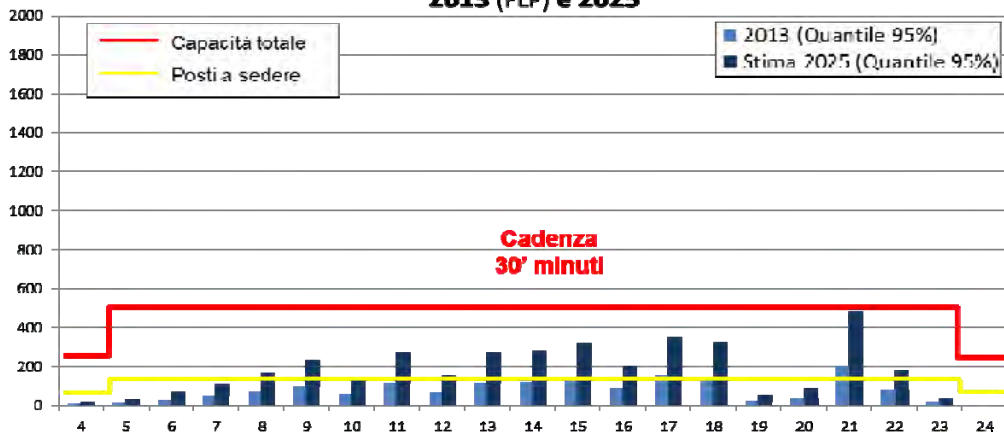


Figura 18: Offerta e domanda (quantile 95%) 2025 Domenica, direzione Lugano

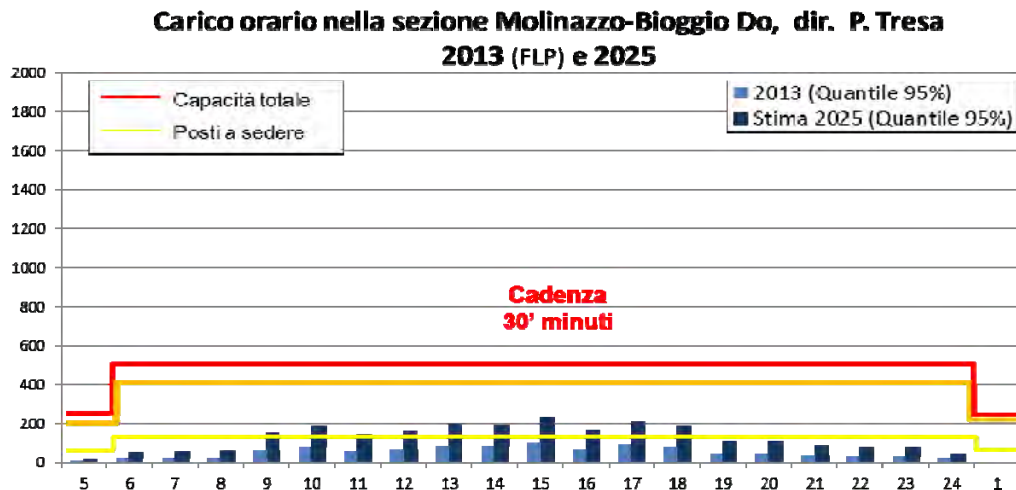


Figura 19: Offerta e domanda (quantile 95%) 2025 Domenica, direzione Ponte Tresa

Per l'asta Manno-Lugano, il modello cantonale del traffico, per lo scenario obiettivo 2025 prevede un carico all'ora di punta del mattino di sole 160 persone/(ora*senso). Per rispondere alla domanda indotta dal P&R di Cavezzolo, si propone una cadenza di 10 minuti nelle ore di punta del mattino e della sera. Durante le ore di morbida diurne una cadenza di 30 minuti è sufficiente, mentre la sera una cadenza oraria è ritenuta sufficiente.

4 CONCETTO D'OFFERTA

4.1 Introduzione e ipotesi di base

Sulla base dei risultati precedenti è possibile stabilire i concetti d'offerta sulle due aste della rete per i diversi periodi della settimana.

Le "chiavi di lettura" tra numero di corse/partenze/treni orari e la cadenza sono:

numero di partenze orarie	cadenza
1	oraria (60 minuti)
2	mezz'ora (30 minuti)
4	quarto d'ora (15 minuti)
5	transizione verso/da 10 minuti
6	10 minuti

Tabella 5: chiave di lettura del numero di partenze versus cadenza

Il numero di 5 corse/partenze orarie non rappresenta una vera e propria cadenza a 12 minuti. Si tratta di una stima del numero di servizi necessari durante la transizione verso/da la cadenza massima a 10 minuti del periodo di punta (per esempio durante l'aumento del servizio tra le prime ore del mattino e l'ora di punta) e il successivo passaggio verso l'ora di morbida diurna. Il numero esatto di convogli in questi periodi di transizione dovrà essere verificato durante la fase di pianificazione operativa di dettaglio dell'esercizio e dipenderà anche dal concetto di stazionamento scelto.

Come nel progetto di massima, tutti i convogli offrono lo stesso tipo di servizio sulle due aste e sostano in tutte le stazioni e fermate indipendentemente dalla cadenza, dalla tipologia del giorno di servizio e dal periodo della giornata.

Questa scelta è motivata da due ragioni principali:

- a livello commerciale è necessario proporre una continuità del servizio e una copertura spaziale e temporale la più completa possibile per assicurare l'attrattività per i viaggiatori e offrire una vera alternativa al trasporto individuale per qualsiasi tipo di spostamento;
- a livello dell'esercizio, a causa delle numerose tratte a binario unico presenti sulla rete, è meglio pianificare orari che comportano una sola tipologia di servizio. Questo contribuisce a semplificare la gestione degli incroci nelle stazioni o sulle tratte a doppio binario.

Osservazione: la cadenza a 20 minuti (3 treni per ora) non è prevista poiché incompatibile a livello della pianificazione degli orari con le cadenze a 30 e 15 minuti.

4.2 Variabilità infrasettimanale e giornaliera del numero di servizi e della cadenza

Le variabilità infrasettimanali e giornaliere possono essere sintetizzate nelle quattro tabelle, riportate qui di seguito. I valori indicati per ogni fascia oraria sono anche alla base della valutazione dei costi di esercizio.

4.2.1 Asta di Ponte Tresa

L'asta di Ponte Tresa è quella che presenta il maggior numero potenziale di utenti.

- **Giorni feriali**

Come osservato nell'analisi della domanda, durante l'ora di punta del mattino (OPM) i convogli sono già molto carichi a partire da Ponte Tresa. Per questo motivo la fascia con cadenza 10 minuti delle 7-8 è "affiancata" da due ore di transizione con un'offerta sostenuta. Questo permette di disporre della cadenza 10 minuti durante circa 2 ore, tra le 6:30 e le 8:30. A causa della necessità di "alimentare il periodo di punta" (rotazione dei convogli ai terminali) questo volume di servizio deve essere assicurato anche in direzione di Ponte Tresa. Questa struttura d'offerta per la fascia di maggior frequenza è ripresa nel pomeriggio per l'ora di punta della sera (OPS).

Durante l'ora di morbida diurna è prevista una cadenza a 15 minuti e nelle fasce mattutine e serali una cadenza alla mezz'ora.

Partenze da Ponte Tresa verso Lugano				Partenza da Lugano verso Ponte Tresa			
fascia oraria	feriali	sabato	festivi	fascia oraria	feriali	sabato	festivi
4-5	1	1	1	4-5	1	1	1
5-6	2	2	2	5-6	2	2	2
6-7	5	2	2	6-7	5	2	2
7-8	6	2	2	7-8	6	2	2
8-9	5	2	2	8-9	5	2	2
9-10	4	2	2	9-10	4	2	2
10-11	4	4	2	10-11	4	4	2
11-12	4	4	2	11-12	4	4	2
12-13	4	4	2	12-13	4	4	2
13-14	4	4	2	13-14	4	4	2
14-15	4	4	2	14-15	4	4	2
15-16	4	4	2	15-16	4	4	2
16-17	5	4	2	16-17	5	4	2
17-18	6	4	2	17-18	6	4	2
18-19	5	4	2	18-19	5	4	2
19-20	2	2	2	19-20	2	2	2
20-21	2	2	2	20-21	2	2	2
21-22	2	2	2	21-22	2	2	2
22-23	2	2	2	22-23	2	2	2
23-24	2	2	2	23-24	2	2	2
24-01	2	2	2	24-01	2	2	2

Tabella 6: numero di corse orarie nei due sensi di circolazione per l'asta di Ponte Tresa.

- **Sabato**

Per poter assicurare un confort adeguato in termini di posti a sedere durante la giornata, si propone di rinforzare la cadenza alla mezz'ora e passare a 15 minuti tra le 10 e la 19.

- **Domenica e festivi**

La cadenza alla mezz'ora è applicata durante tutto il periodo del servizio.

4.2.2 Asta di Manno

La domanda potenziale prevista al momento della messa in servizio del tram-treno è molto più bassa di quella dell'asta di Ponte Tresa. Le cadenze proposte sono dunque adattate per assicurare un livello di servizio adeguato.

- **Giorni feriali**

La cadenza a 30 minuti sarebbe sufficiente durante la giornata per coprire la domanda futura da/verso le fermate situate sull'asta di Manno. A questa bisogna però aggiungere la domanda generata dal P+R di Cavezzolo-Molinazzo. Per poter assicurare un servizio di qualità e attrattivo a questa utenza ed evitare un sovraccarico dei veicoli provenienti da Ponte Tresa, è dunque previsto un rinforzo alla cadenza a 10 minuti durante le fasce orarie di iper-punta delle 7-8 e delle 17-18. Dopo le 21 un servizio orario si rivela sufficiente.

Partenze da Manno verso Lugano				Partenza da Lugano verso Manno			
fascia oraria	feriali	sabato	festivi	fascia oraria	feriali	sabato	festivi
4-5	0	0	0	4-5	0	0	0
5-6	0	0	0	5-6	0	0	0
6-7	2	2	1	6-7	2	2	1
7-8	6	2	1	7-8	6	2	1
8-9	2	2	1	8-9	2	2	1
9-10	2	2	1	9-10	2	2	1
10-11	2	2	1	10-11	2	2	1
11-12	2	2	1	11-12	2	2	1
12-13	2	2	1	12-13	2	2	1
13-14	2	2	1	13-14	2	2	1
14-15	2	2	1	14-15	2	2	1
15-16	2	2	1	15-16	2	2	1
16-17	2	2	1	16-17	2	2	1
17-18	6	2	1	17-18	6	2	1
18-19	2	2	1	18-19	2	2	1
19-20	2	2	1	19-20	2	2	1
20-21	2	2	1	20-21	2	2	1
21-22	1	1	1	21-22	1	1	1
22-23	1	1	1	22-23	1	1	1
23-24	1	1	1	23-24	1	1	1
24-01	0	0	0	24-01	0	0	0

Tabella 7: numero di corse orarie nei due sensi di circolazione per l'asta di Manno

- **Sabato**





La cadenza alla mezz'ora è prevista durante la giornata. A partire dalle 21 una cadenza oraria è sufficiente.

- **Domenica e festivi**

La cadenza oraria è applicata sull'arco di tutto il periodo di servizio.

4.3 Visualizzazione dei volumi di servizio sulla rete

La visualizzazione del numero di convogli orari proposti permette di comprendere meglio come sarà organizzato il servizio e quanti treni circoleranno sulla rete. Nelle immagini seguenti ogni tratto rappresenta un servizio/treno orario e le chiavi di lettura sono dunque:

tratti	numero di treni orari	cadenza
	1	oraria (60 minuti)
	2	mezz'ora (30 minuti)
	4	quarto d'ora (15 minuti)
	6	10 minuti

I tratti rossi rappresentano i servizi da/per Ponte Tresa mentre quelli blu i servizi da/verso Manno.

- **Giorni feriali**

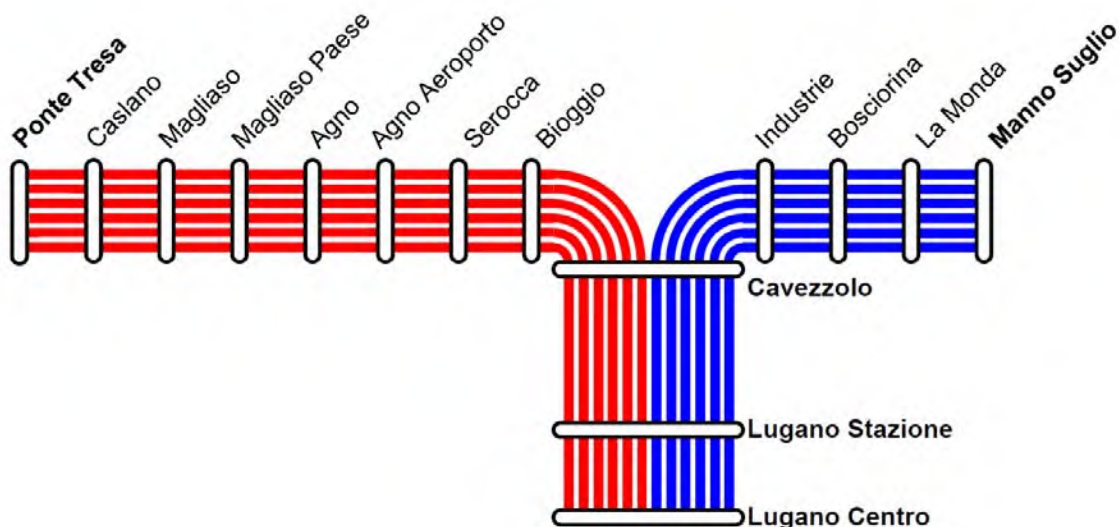


Figura 20: Servizi nell'ora di punta dei giorni feriali (7-8 e 17-18)

Le due cadenze a 10 minuti sulla due aste (6 treni/ora) implicano la circolazione di 12 treni orari per direzione nella galleria a binario unico tra il Piano del Vedeggio e Lugano Stazione.

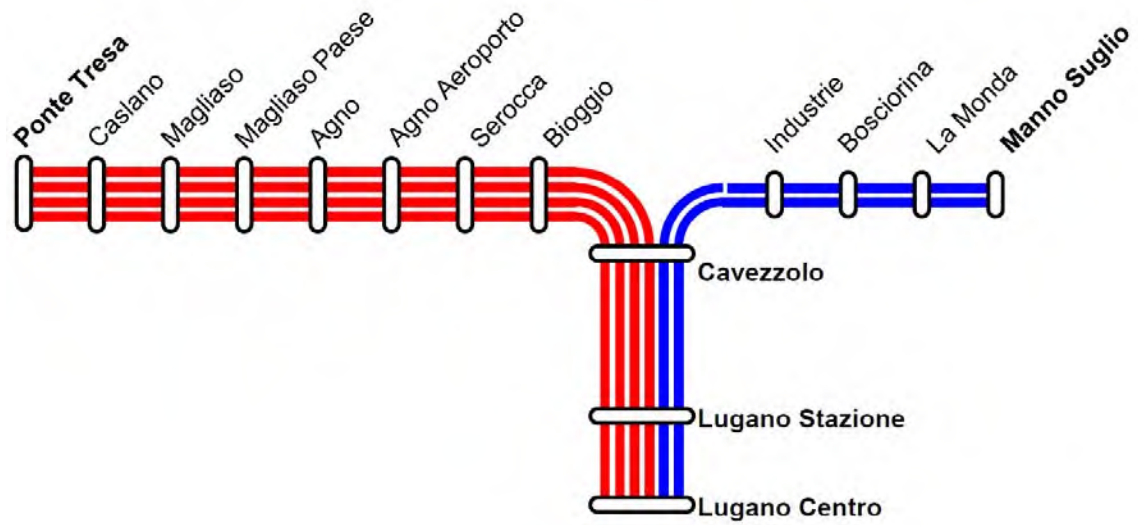


Figura 21: Servizi nell'ora di morbida diurna dei giorni feriali (9-16)

Durante la giornata è offerta la cadenza al quarto d'ora sull'asta di Ponte Tresa e alla mezz'ora sull'asta di Manno.

- **Sabato**

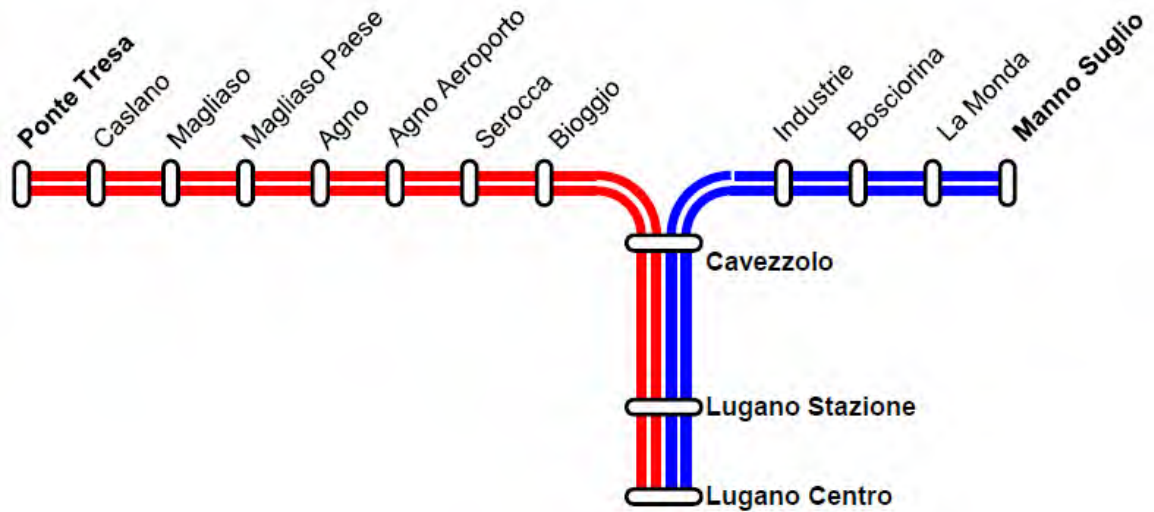


Figura 22: Servizi nelle prime ore mattutine e serali del sabato

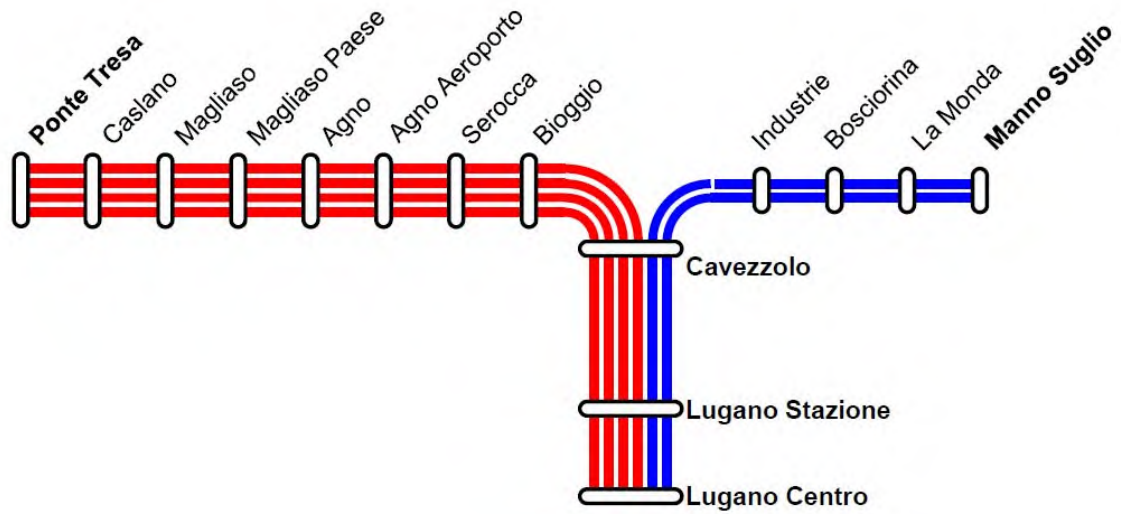


Figura 23: Servizi nella fascia diurna del sabato (10-19)

È possibile notare il rinforzo a 15 minuti sull'asta di Ponte Tresa previsto tra le 10 e le 19.

- **Domenica e festivi**

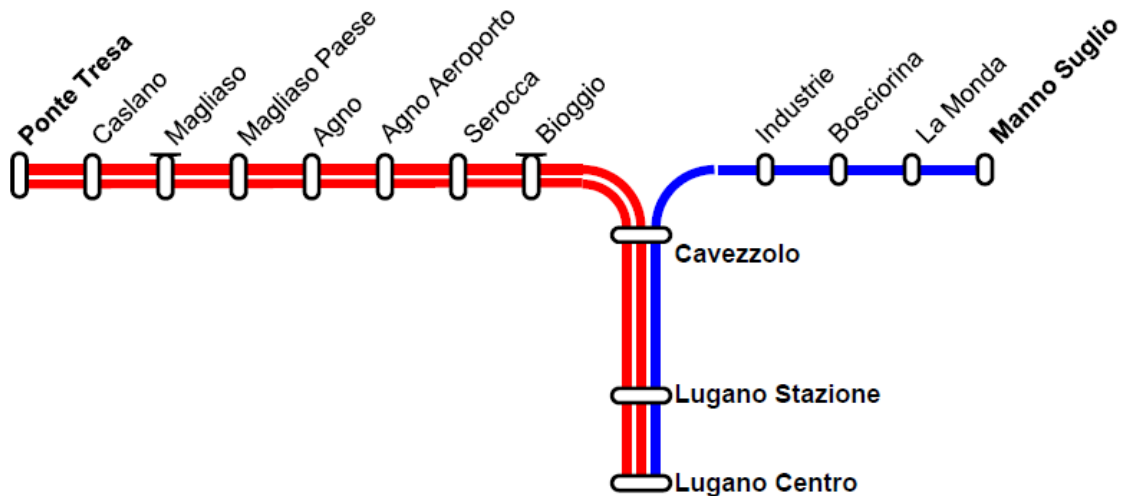


Figura 24: Servizi durante la giornata di domenica e festivi

5 MODELLO D'ESERCIZIO E PIANIFICAZIONE DEGLI ORARI

5.1 Software utilizzato: Opentrack

Opentrack è stato sviluppato per analizzare il funzionamento dell'esercizio ferroviario attraverso la simulazione dinamica.

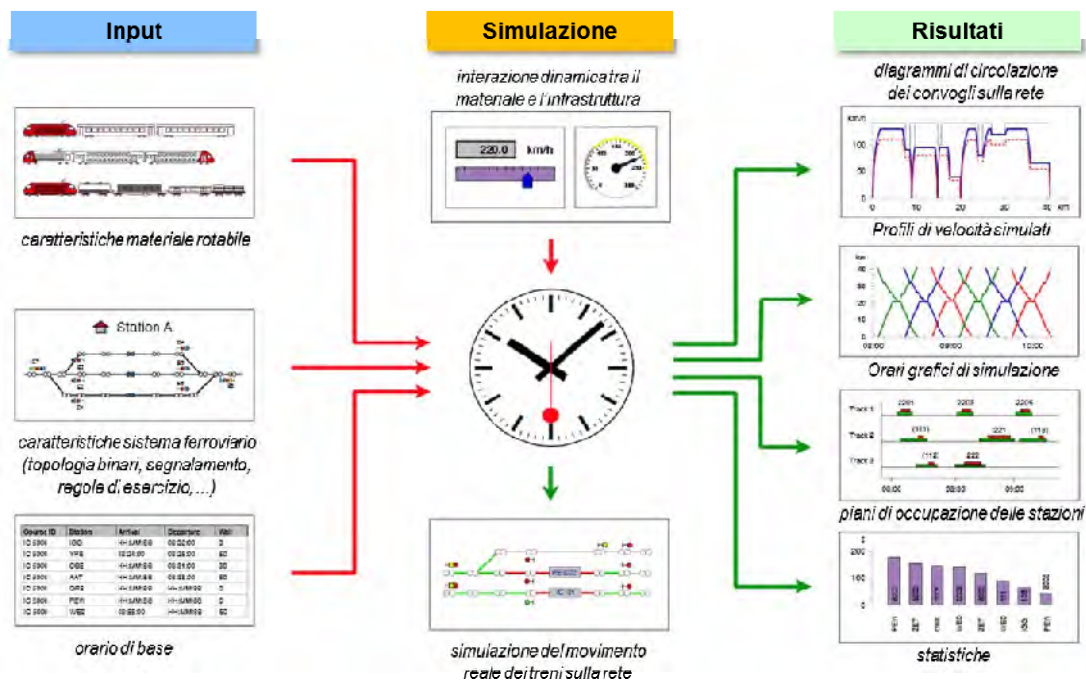


Figura 25: Schema generale di funzionamento del software di simulazione Opentrack

I treni si muovono sulla rete secondo l'orario pianificato e durante la simulazione i treni tentano di rispettare il loro orario. Opentrack calcola gli spostamenti dei treni con l'equazione differenziale del moto rispettando i vincoli posti dai sistemi di sicurezza e dall'orario. Sezioni di blocco occupate e aspetti restrittivi dei segnali rallentano o fermano i convogli. Opentrack consente di analizzare e visualizzare i risultati della simulazione sotto forma di diagrammi, orari grafici e statistiche. La simulazione può essere eseguita in tempo reale, mediante un'animazione che mostra il movimento dei treni lungo la rete, le corrispondenti occupazioni dell'infrastruttura e gli aspetti del segnalamento.

La **verifica degli orari pianificati** (e presentati nei prossimi capitoli) viene realizzata in **modalità determinista** (vedi la definizione al capitolo 6.2).

La **verifica della stabilità dell'esercizio** è invece realizzata tramite una serie di **simulazioni stocastiche**, nelle quali sono riprodotte delle condizioni di circolazione più vicine alla realtà o degradate da perturbazioni, a seconda dell'obiettivo dell'analisi (vedi capitolo 6.2).

5.2 Caratteristiche dell'infrastruttura

Le caratteristiche principali che condizionano la pianificazione degli orari sono:

- **Topologia dei binari** (tratte a binario unico e doppio, configurazione delle stazioni, ...)

Le caratteristiche di base provengono dal progetto di massima e hanno subito delle modifiche, evoluzioni o adattamenti secondo i bisogni durante i lavori svolti per la pianificazione del progetto definitivo.

Le principali caratteristiche topografiche della rete sono rappresentate nello schema seguente:

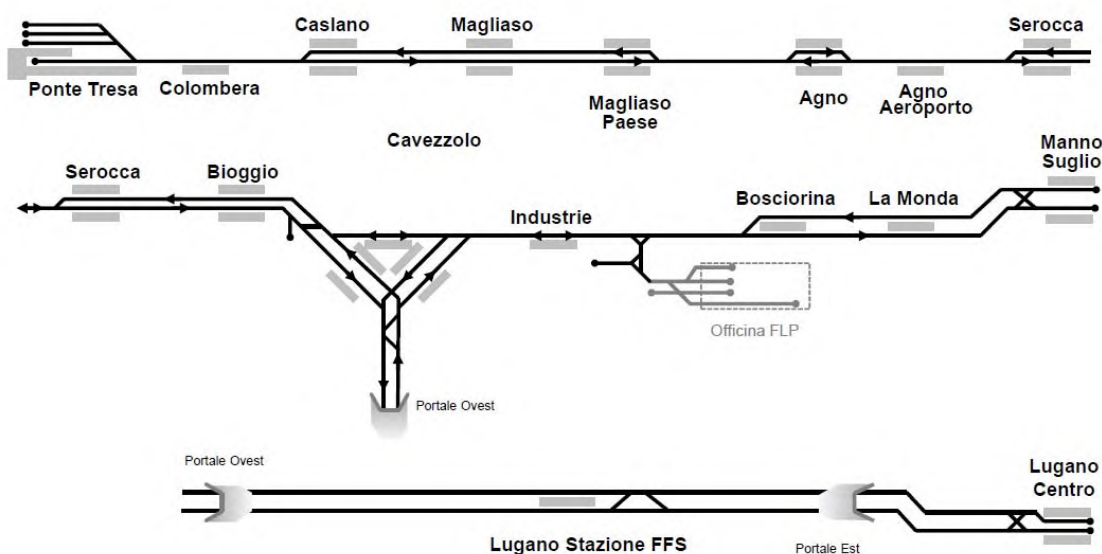


Figura 26: Schema topologico della tappa prioritaria della rete

In questo schema sono rappresentate le infrastrutture più importanti che influenzano la pianificazione degli orari.

Sull'intera rete è prevista la circolazione a destra (in tratta) per assicurare un'omogeneità di guida compatibile con un'inserzione urbana in centro città a Lugano.

Le verifiche dell'esercizio e della stabilità degli orari tengono in considerazione uno sviluppo della rete con la creazione delle fermate di Colombera e Agno Aeroporto.

- **Profilo longitudinale e raggi di curvatura**

La codifica di queste caratteristiche si basa sulle informazioni dei tracciatori della tecnica ferroviaria e degli ingegneri civili responsabili della pianificazione del tracciato.

Anche se tutte queste caratteristiche sono state codificate in Opentrack i loro effetti sulla dinamica del movimento del veicolo non sono sempre significativi a basse velocità. In particolare, abbiamo a che fare con un materiale rotabile leggero di tipo tram-treno, che comporta caratteristiche di accelerazione e frenatura di tipo tramviario, dunque più performanti

a basse velocità di quelle di un veicolo tipicamente ferroviario. Inoltre, i vincoli infrastrutturali legati alla topologia della rete giocano un ruolo molto più importante per la pianificazione degli orari, a causa della presenza delle tratte a binario unico e la necessità di incrociare regolarmente i veicoli sulla tratte a doppio binario o nelle stazioni.

- **Velocità massime ammissibili**

Queste velocità sono stabilite sulla base di numerosi parametri dell'infrastruttura quali per esempio:

- le caratteristiche del tracciato, come i raggi di curvatura del profilo longitudinale,
- lo stato dei binari, in particolare sulla tratta esistente;
- il regime di esercizio (ferroviario o tramviario) e le regole che gli sono proprio (sedime ferroviario protetto o insieme al traffico stradale);
- le caratteristiche degli attraversamenti pedonali e stradali.

Sulla tratta in galleria la velocità di 80 km/h fissata nel progetto di massima è stata mantenuta per assicurare una pianificazione ottimale su questa tratta molto carica (24 treni all'ora nelle due direzioni in ora di punta, vale a dire un convoglio ogni 2,5 minuti).

Questo vincolo di pianificazione influenza chiaramente anche le caratteristiche del materiale rotabile, che dovrà essere in grado di raggiungere questa velocità massima.

Dopo aver eseguito le prime simulazioni e analizzato i risultati ottenuti le velocità di linea sono state ridiscusse, quando necessario, con i responsabili della tecnica ferroviaria. Un aumento di velocità o un'omogeneizzazione della stessa su una tratta può in particolare dare un margine di riserva supplementare e permettere di stabilizzare l'esercizio e riassorbire ritardi in situazioni perturbate. Se tecnicamente fattibile ed economicamente accettabile esse sono state adattate ai bisogni dell'esercizio.

Questo processo è stato realizzato in maniera iterativa, in particolare nelle fasi finali dello svolgimento del progetto.

- **Caratteristiche del segnalamento e della gestione del traffico**

A questo stadio della pianificazione le caratteristiche del segnalamento possono avere un impatto importante sulla definizione della configurazione dell'intero sistema ferroviario. Nel caso della rete del tram-treno, che si fonda principalmente su una circolazione con incroci su binario unico, è particolarmente importante valutare correttamente i tempi di separazione tra due convogli ai differenti punti di incrocio. Questi sono definiti sommando i tempi di distruzione dell'itinerario del treno che libera la tratta e la costruzione del nuovo itinerario del treno che riparte per poterla "riutilizzare".

Le modellizzazioni effettuate per la gestione del traffico ferroviario sono state fatte in funzione del sistema di segnalamento. Si tratta di un dispositivo di segnalamento semaforico a blocco fisso classico, con una sezione di blocco tra ogni stazione di incrocio. Sono state effettuate delle visite sul terreno e valutazioni tecniche con la FLP, in particolare per quanto riguarda i tempi di separazione attuali e i processi di chiusura e apertura dei passaggi a livello. Per le nuove tratte della rete, delle ipotesi di base sono state concordate con i responsabili della tecnica ferroviaria, fondate su tecnologie esistenti di segnalamento classico con segnali luminosi. La modellizzazione in Opentrack è realizzata per assicurare una flessibilità massima di circolazione e con tempi di separazione dell'ordine di qualche secondo (tempo di spostamento della lama del deviatore).

5.2.1 Regime d'esercizio

Il progetto del tram-treno del Luganese ha la particolarità di riutilizzare le infrastrutture ferroviarie a scartamento metrico esistenti tra Ponte Tresa e Bioggio e di creare:

- un nuovo collegamento di tipo ferroviario verso il centro Città tra la fermata di Cavezzolo e la fermata sotterranea Lugano stazione, attraverso il viadotto Cavezzolo e la galleria Breganzona;
- una tratta cittadina di carattere tramviario che collega la stazione sotterranea al terminale Lugano Centro;
- una nuova linea verso Manno, pianificata con delle caratteristiche di tipo tramviario tra la fermata Cavezzolo e il terminale Manno-Suglio e di tipo ferroviario per il raccordo con la linea esistente dalla fermata Cavezzolo (fermata esclusa) fino alla fermata esistente di Bioggio.

Abbiamo dunque una rete che comporta due regimi di esercizio, come illustrato nello schema seguente:

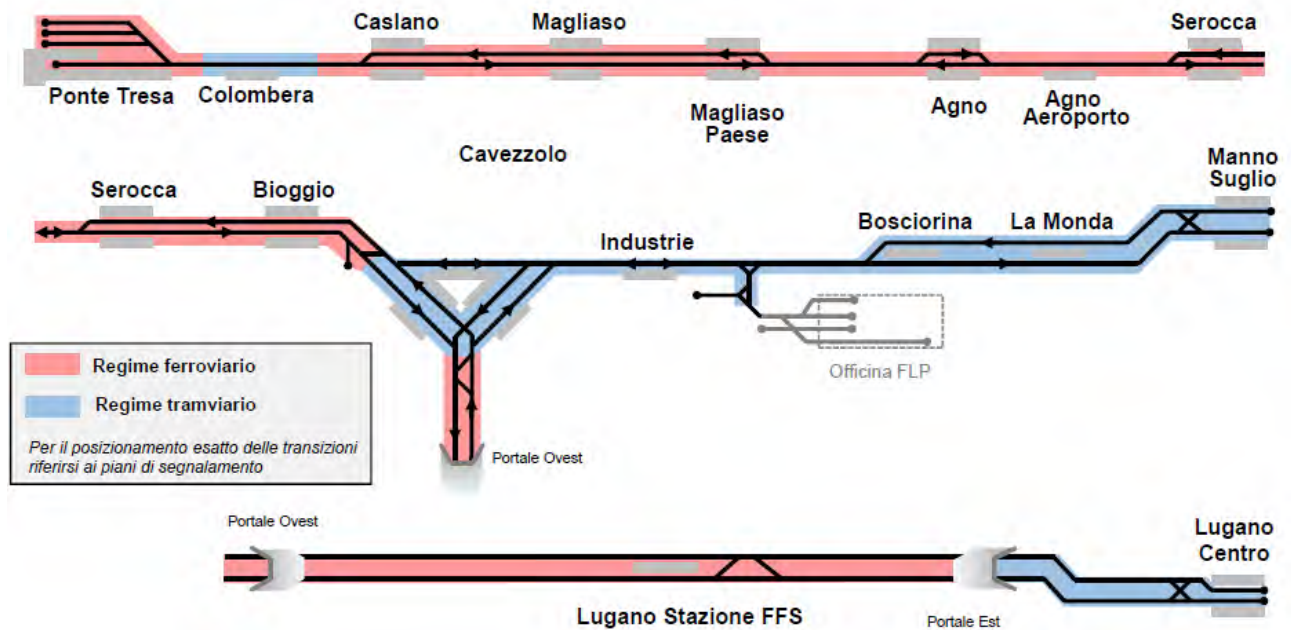


Figura 27: Identificazione delle zone a regime ferroviario e a tipo tramviario

Una parte della tratta tra la stazione di Ponte Tresa e Caslano passerà in regime tramviario dopo la sostituzione delle installazioni di sicurezza attuali (lampeggianti ferroviari) e la posa di nuovi impianti semaforici. I vincoli infrastrutturali, architettonici e di segnalamento della stazione di Cavezzolo impongono un regime tramviario.

In entrambi i casi per poter assicurare i tempi di percorrenza pianificati, i convogli devono avere priorità assoluta a tutti gli attraversamenti e incroci ferroviari e stradali, qualsiasi sia il tipo di equipaggiamento e qualsiasi sia il tipo di regime d'esercizio.

5.2.2 Visualizzazione della codifica in Opentrack

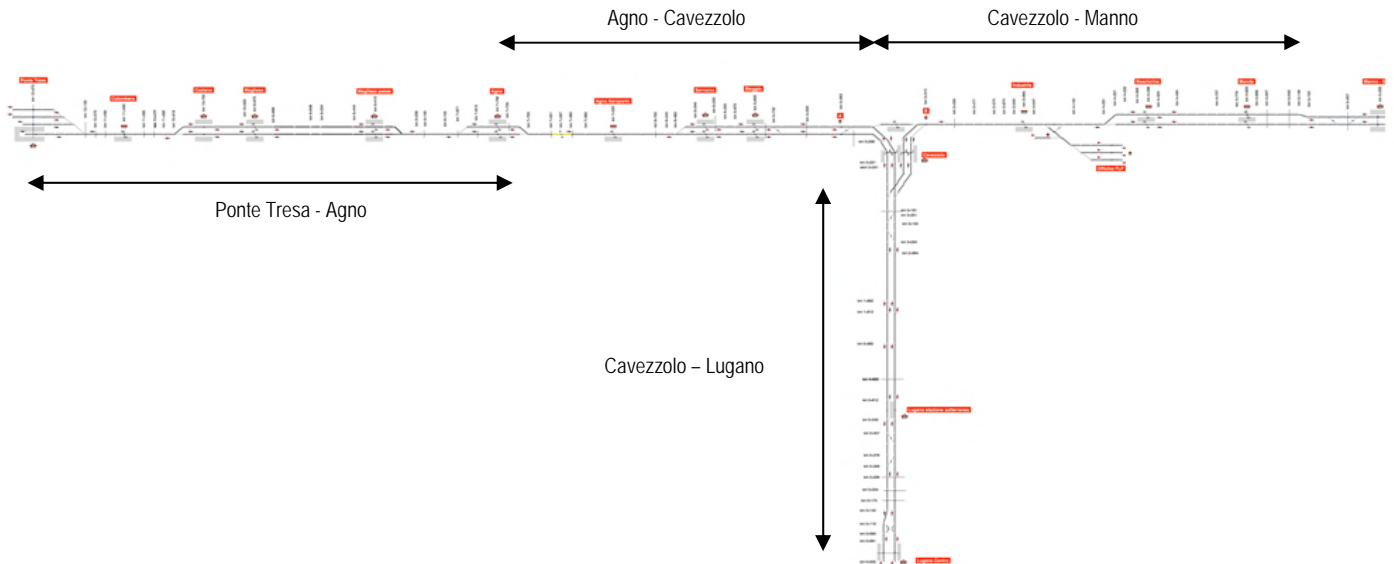


Figura 28: Layout completo della codifica della rete in Opentrack



Figura 29: visualizzazione della tratta Ponte Tresa – Agno in Opentrack



Figura 30: Visualizzazione della tratta Agno – Cavezzolo in Opentrack



Figura 31: visualizzazione della tratta Cavezzolo-Manno in Opentrack

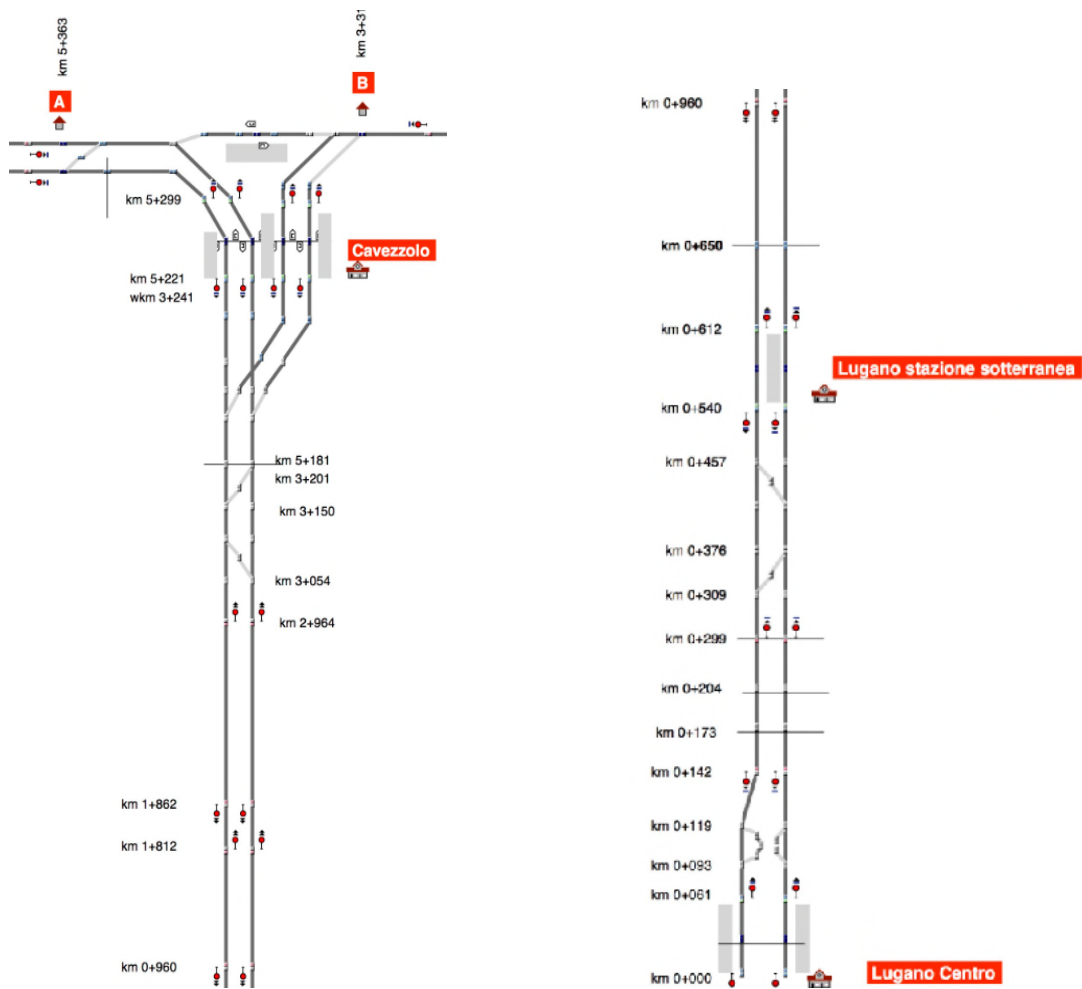


Figura 32: visualizzazione delle tratte Cavezzolo-Portale Ovest e Portale Ovest-Lugano

5.3 Caratteristiche del materiale rotabile e tempi di percorrenza tecnici

5.3.1 Caratteristiche del materiale

Nel progetto di massima le caratteristiche del materiale rotabile sono state calibrate su quelle del Tango BLT della Stadler.

Nel frattempo la FLP ha proceduto ad una prima preselezione di 5 costruttori per la fornitura del futuro tram-treno. Per assicurare che i calcoli di percorrenza e le simulazioni non siano discriminatorie rispetto a uno dei produttori, un'analisi delle principali caratteristiche disponibili di ogni materiale è stata realizzata sulla base della documentazione fornita da FLP.

I principali fattori di modellizzazione introdotti sono dunque: accelerazione media: $0,68 \text{ m/s}^2$, decelerazione media: $-0,8 \text{ m/s}^2$, valore massimo di accelerazione alla partenza del veicolo: $1,2 \text{ m/s}^2$.

5.3.2 Calcolo dei tempi di percorrenza tecnici

I grafici delle pagine seguenti mostrano i risultati dei calcoli dei tempi di percorrenza nel simulatore Opentrack sulle due aste e nelle due direzioni di circolazione.

Il calcolo di questi tempi con lo stesso software, utilizzato in seguito per la simulazione dinamica, permette di assicurare la compatibilità tra la pianificazione dell'“orario statico”, e la sua verifica grazie alla simulazione dinamica dell'esercizio. In questo modo si evita un calcolo delle percorrenze utilizzando due diversi software (uno per la pianificazione, l'altro per la simulazione).

Nei grafici seguenti sono rappresentati i limiti di velocità massima (in nero) e i profili di velocità dei veicoli (curve in rosso per l'asta di Ponte Tresa e in blu per l'asta di Manno).

Si può notare chiaramente che i veicoli non raggiungono mai la velocità massima consentita, poiché le curve rosse e blu si trovano sempre sotto ai tratti neri. Questa situazione è voluta ed è stata introdotta per tener conto della reale dinamica di circolazione dei convogli sulla rete. L'esperienza mostra che i macchinisti/conduuttori non circolano mai alla velocità massima, ma sempre con una piccola riserva. Questo fenomeno è generalizzato a tutti i sistemi di trasporto su rotaia (salvo quelli guidati automaticamente o semi-automaticamente). Grazie alla riduzione delle velocità massime intorno al 90-92% (riserve generalmente utilizzate per la pianificazione degli orari) è possibile pianificare in modo più corretto l'orario e disporre di una riserva per il riassorbimento di situazioni perturbate.

• **Profilo di velocità sull’asta di Ponte Tresa**

Oltre alla tratta in galleria tra Lugano Stazione e Cavezzolo a 80 km/h, gli altri limiti di velocità sulla linea esistente si situano tra i 40km/h e 60 km/h. Da notare alcune riduzioni di velocità in certi punti critici della tratta (per es. attraversamenti stradali o pedonali).

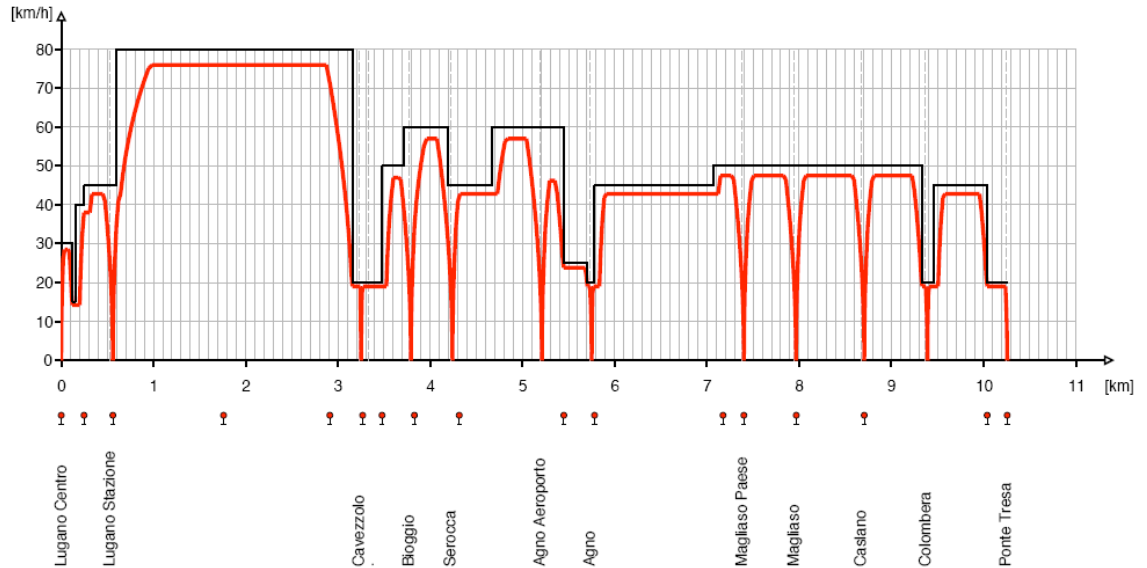


Figura 33: profilo di velocità tra Lugano e Ponte Tresa

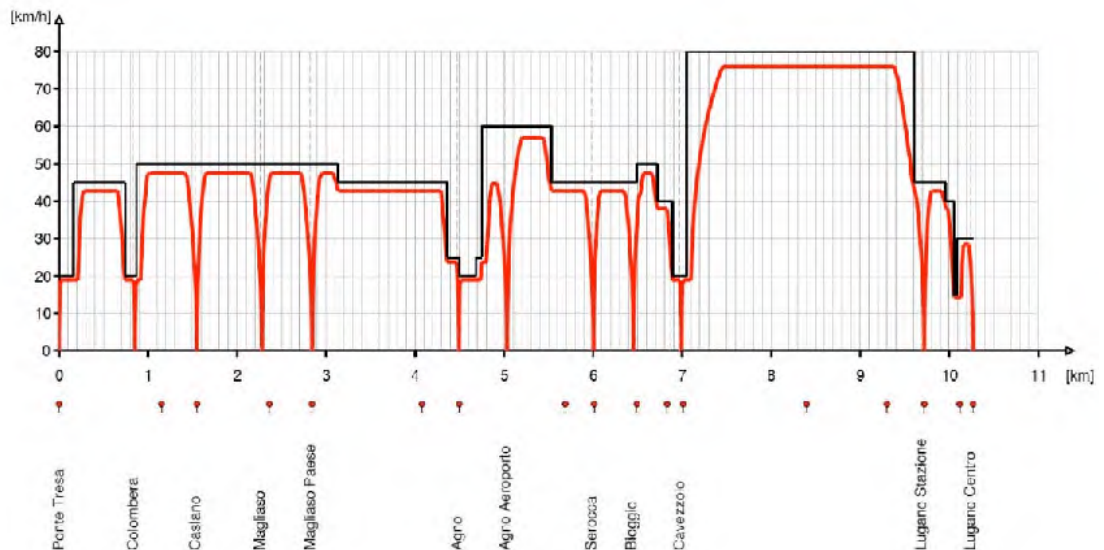


Figura 34: profilo di velocità tra Ponte Tresa e Lugano

• **Profilo di velocità sull'asta di Manno**

Sulla nuova tratta tra Cavezzolo e Manno le velocità sono più basse e comportano un massimo di 45 km/h. Agli attraversamenti e prima delle fermate (per esempio in presenza di incroci pedonali d'accesso non protetti) i veicoli riducono la velocità per motivi di sicurezza.

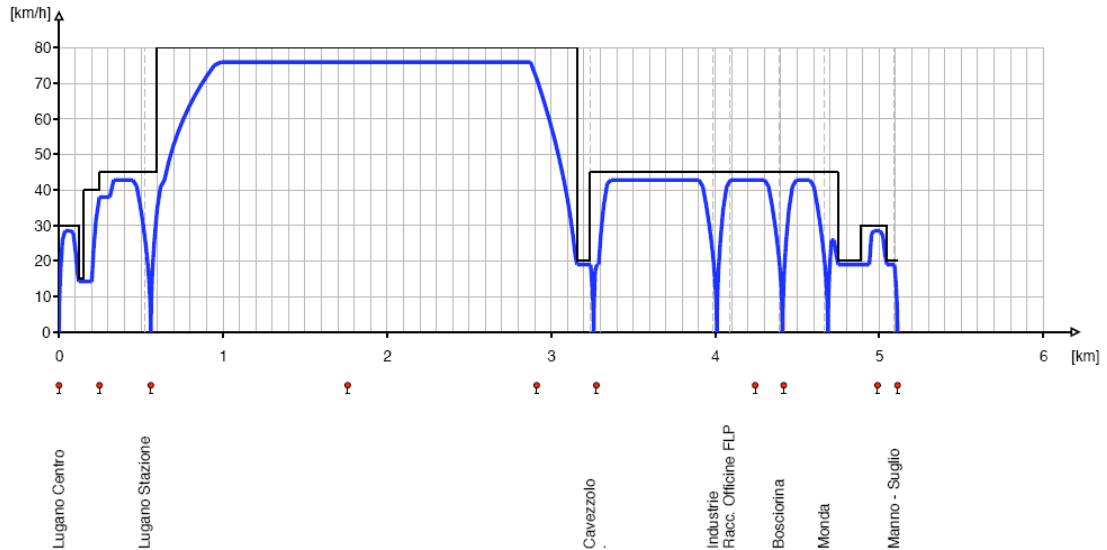


Figura 35: profilo di velocità tra Lugano e Manno

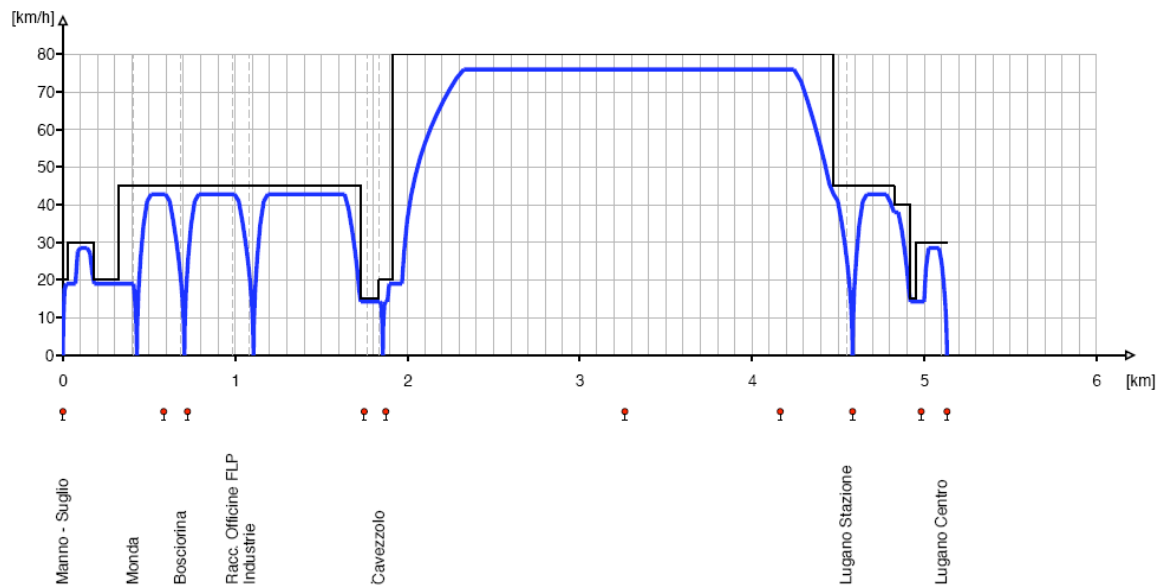


Figura 36: profilo di velocità tra Manno e Lugano

5.4 Gli orari di base pianificati (vedi capitolo 9.2)

La fattibilità di tutti i concetti di offerta elaborati può essere verificata con la pianificazione di due orari di base:

- A. Un orario con cadenza a 10 minuti sull'intera rete, che corrisponde all'ora di punta e costituisce la situazione più carica e dunque critica a livello dell'esercizio, in particolare in caso di perturbazione.
- B. Un orario con cadenza a 15 minuti sull'intera rete, che corrisponde alla configurazione del servizio dell'ora di morbida diurna dei giorni feriali.

Tutti gli altri orari e le combinazioni di altre cadenze tra un'asta e l'altra, citati nei concetti d'offerta, sono possibili grazie alla verifica della fattibilità di queste due situazioni di base. Dunque, anche se il servizio della morbida feriale diurna sull'asta di Manno è previsto alla mezz'ora, la verifica B. permette chiaramente di coprire anche questo caso.

Gli orari pianificati sono riportati nel capitolo 9.2. Gli orari grafici seguenti provengono dal simulatore dinamico Opentrack. Essi sono utilizzati per verificare la fattibilità dell'offerta in funzione dei vincoli infrastrutturali e non corrispondono agli orari commerciali. Le tracce rosse rappresentano i servizi da/verso Ponte Tresa e le tracce blu da/per Manno.

5.4.1 Orario con cadenza 10 minuti

- Orario grafico dell'asta di Ponte Tresa

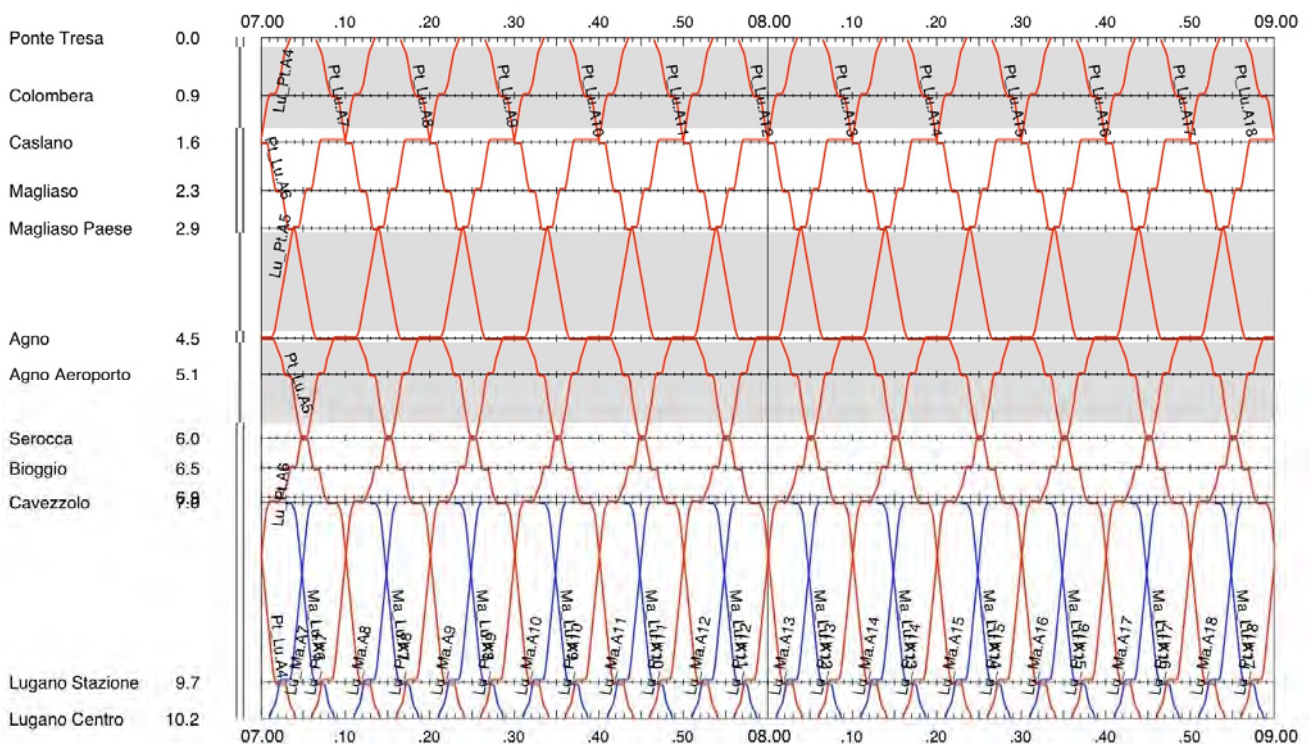


Figura 37: orario grafico cadenza 10' della tratta Lugano-Ponte Tresa

Nell'immagine seguente sono evidenziati i punti di incrocio tra i convogli.

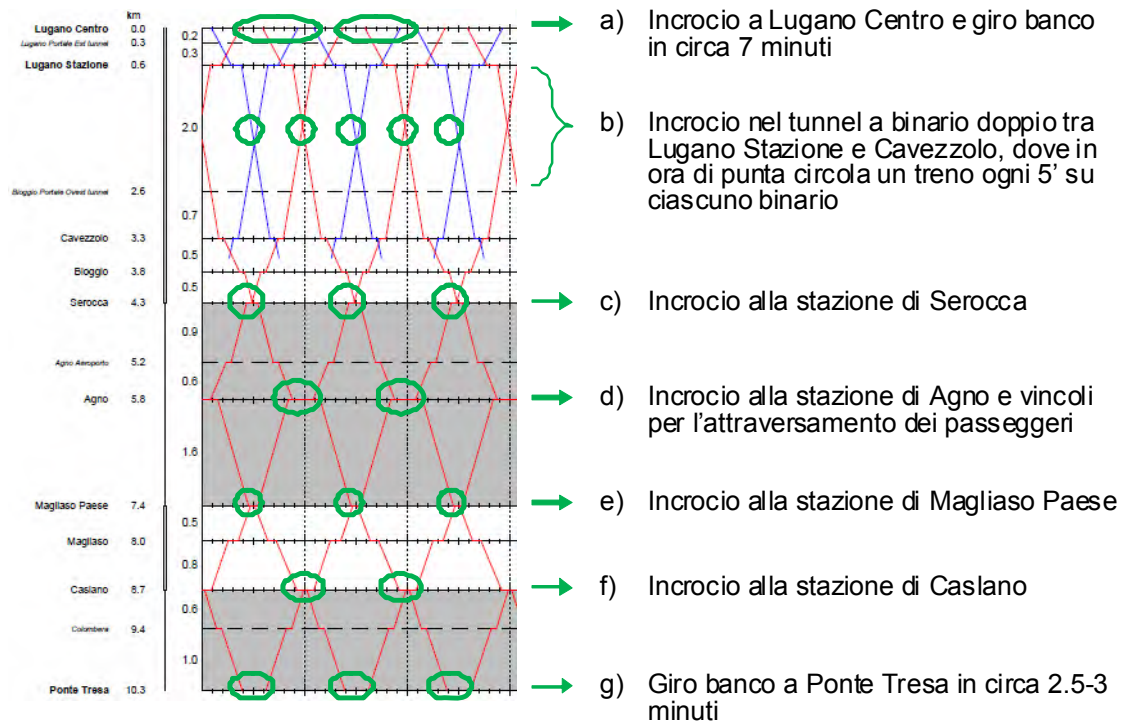


Figura 38: dettaglio dell'orario 10' dell'asta di Ponte Tresa e punti di incrocio.

Alcune osservazioni:

- a) Al terminale di Lugano Centro l'orario pianificato prevede prima l'arrivo del convoglio da Lugano Stazione e circa 2 minuti dopo la partenza di quello in direzione di Cavezzolo.

Nella realtà operativa dell'esercizio ci saranno naturalmente piccole variazioni rispetto alle tracce pianificate. In caso di lieve ritardo potrebbe presentarsi una situazione di "punta a punta", vale a dire che la partenza e l'arrivo dei due convogli potrebbe avvenire quasi contemporaneamente.

In questo caso al terminale si verificano due situazioni, una più favorevole dell'altra, illustrate nell'immagine della pagina seguente.

Nella situazione 1, il convoglio B che si trova a Lugano Centro è stazionato sul binario 1. Anche in caso di ritardo del convoglio A proveniente dalla galleria i due movimenti possono avvenire senza conflitto tra i due convogli.

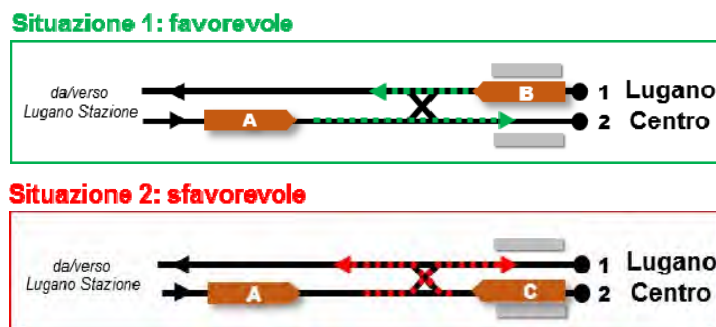


Figura 39: le due situazioni d'esercizio immaginabili a Lugano Centro

Nella situazione 2 per contro, il convoglio C, stazionato sul binario 2, deve partire e passare sull'altro binario (circolazione a destra) "tagliando" il percorso al convoglio A. Questo tipo di situazione dovrà essere gestita a livello operativo con regole chiare e semplici (chi deve circolare per primo, su quale binario attestare il convoglio A. ecc.). La flessibilità offerta dal regime d'esercizio tranviario in vigore su questa tratta permetterà di trovare soluzioni flessibili e adattate ad ogni circostanza.

Il capitolo 5.8.1 presenta in dettaglio le modalità di funzionamento scelto per il terminale di Lugano Centro che prevede di dedicare le banchine in funzione della destinazione dei convogli. In questo caso il tempo di giro banco pianificato è di 7 minuti.

- b) La tratta sotterranea a doppio binario tra Lugano Stazione e il Portale Ovest (Cavezzolo) prevede di essere attrezzata con 2 blocchi di segnalamento, questo per avere maggiori flessibilità in caso di manovre o evacuazioni di convogli. L'incrocio nel tunnel non pone nessun problema particolare.
- c) L'incrocio a Serocca non pone nessun problema particolare.
- d) La pianificazione dell'incrocio di Agno prevede innanzitutto l'arrivo del convoglio proveniente da Ponte Tresa e, in seguito, l'entrata in stazione del convoglio proveniente da Lugano. La dinamica esatta del funzionamento attuale è stata studiata per verificare le interazioni con il passaggio a livello di via Contrada Nuova e gli attraversamenti pedonali. Sono state elaborate le procedure e previste le installazioni necessarie per assicurare un tempo di apertura sufficiente tra l'arrivo e la partenza di due convogli durante l'ora di punta (cadenza 10 minuti). Per i dettagli della determinazione dei tempi di sosta si rimanda al rapporto sul segnalamento.
- e) L'incrocio a Magliaso Paese non pone nessun problema particolare.
- f) L'incrocio a Caslano non pone nessun problema particolare.
- g) Il tempo di giro banco pianificato a Ponte Tresa è di circa 3 minuti.

• **Orario grafico dell’asta di Manno**

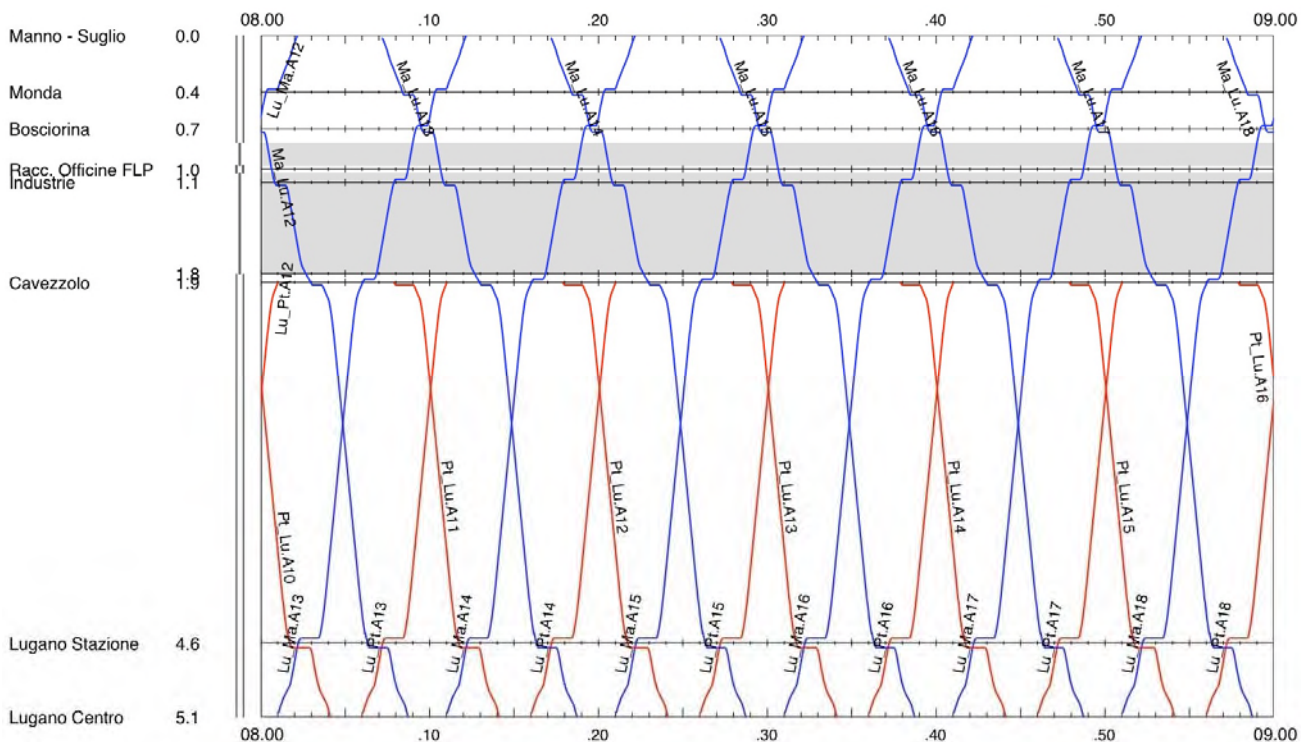


Figura 40: orario grafico cadenza 10' della tratta Lugano-Manno

L’orario tra Lugano Centro e Cavezzolo è identico a quello già visualizzato per la tratta Lugano-Ponte Tresa.

Durante l’ora di punta (cadenza 10 minuti) i convogli si incrociano all’altezza della fermata di Bosciorina.

Il tempo di giro banco pianificato a Manno-Suglio è di circa 5 minuti.

• **Considerazioni generali riguardo l’intera rete**

L’orario pianificato risulta, a prima vista fattibile, in una situazione “nominale ideale”, allorché tutti i convogli circolano secondo l’orario pianificato.

Tuttavia, i vincoli infrastrutturali permettono di constatare che le capacità della rete sono sfruttate al massimo in caso di una cadenza commerciale 10'+10'. Senza complementi infrastrutturali sulla linea attuale, non è possibile inserire convogli supplementari

In questa situazione di forte saturazione, un’analisi di dettaglio con simulazione dinamica è stata realizzata non solo per verificare la fattibilità dell’orario ma anche e soprattutto la stabilità dell’esercizio. I risultati sono presentati al capitolo 6.4.

5.4.2 Orario con cadenza 15 minuti

Trattandosi di un orario meno vincolato del 10'+10', non sono state realizzate simulazioni dinamiche. Gli orari grafici presentati corrispondono dunque agli orari pianificati.

- **Orario grafico dell'asta di Ponte Tresa**

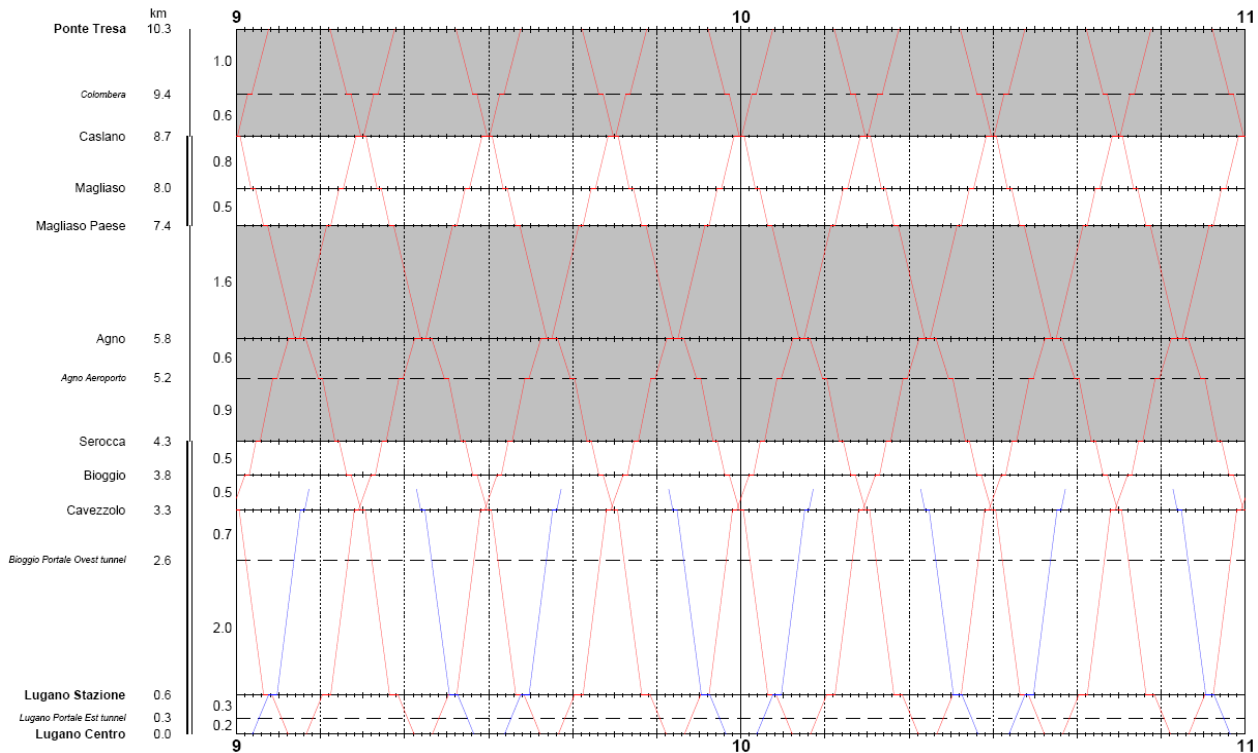


Figura 41: orario grafico cadenza 15' della tratta Lugano-Ponte Tresa

Rispetto all'orario a cadenza 10 minuti possiamo notare che:

- Esistono solamente 4 punti incrocio (invece di 6). Non sono più presenti le situazioni "punta a punta" a Lugano Centro e l'incrocio a Magliaso Paese.
- Numerosi incroci avvengono in situazioni d'esercizio più confortevoli (margini più elevati e regolari sulle tratte).

Questa configurazione d'orario è dunque molto più semplice da gestire di quella precedente e i margini per riassorbire eventuali perturbazioni e ritardi sono più importanti.

- **Orario grafico dell'asta di Manno**

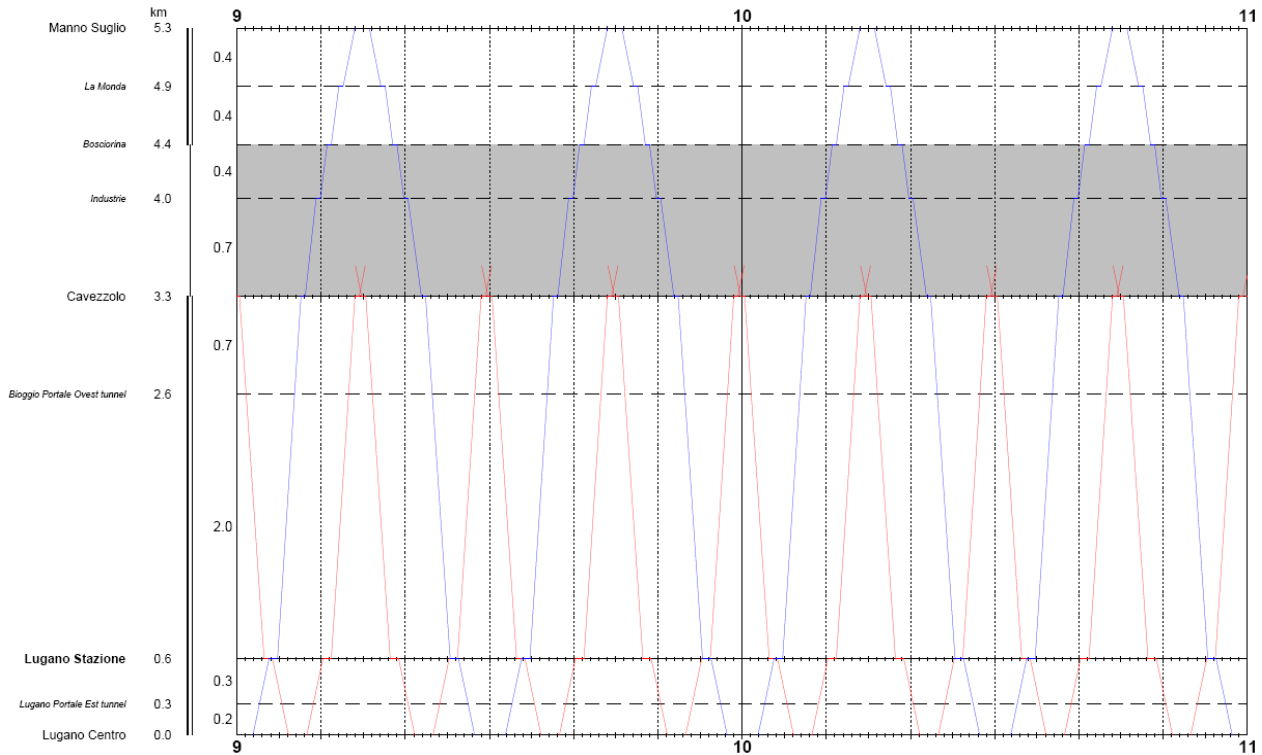


Figura 42: orario grafico cadenza 15' della tratta Lugano-Manno

Rispetto all'orario a cadenza 10' minuti possiamo notare che i convogli da/verso Manno non devono incrociarsi.

- **Considerazioni generali riguardo l'intera rete**

Già sulla base dell'orario pianificato è possibile affermare che il concetto d'offerta con cadenza generalizzata di 15 minuti sulla rete può essere esercitato senza particolari problemi. Il numero di incroci è ridotto (e più basso di quello per la cadenza 10 minuti) e la loro configurazione più semplice da gestire. Più possibilità di riassorbimento delle situazioni perturbate sono possibili.

Anche se non indispensabile, questo concetto d'orario è stato simulato per verificarne non tanto la fattibilità, piuttosto per verificare la sua stabilità. Il risultato permette di avere una migliore idea sulle fasi di transizione e le possibilità che esistono per riassorbire delle situazioni perturbate durante il passaggio dal periodo di punta al periodo di morbida.

5.5 Evoluzione dei tempi di viaggio

La tappa prioritaria della rete tram-treno, grazie a una nuova galleria, permetterà di collegare più velocemente la valle del Vedeggio al centro di Lugano. Grazie a una fermata sotterranea, un collegamento via scale mobili è assicurato con la rete ferroviaria nazionale FFS. 3 situazioni sono state analizzate:

- situazione 2014, prima dell'inizio dei lavori della nuova stazione di Lugano,
- situazione 2017, con la nuova stazione e la nuova funicolare,
- situazione di progetto con la rete tram-treno, per l'ora di punta e l'ora di morbida.

I tempi di viaggio sono calcolati da/per le stazioni di Ponte Tresa, Agno e Bioggio sommando i tempi di percorrenza ferroviari e gli spostamenti a piedi o con la funicolare. L'immagine seguente sintetizza i risultati ottenuti (dettagli al capitolo 9.3):

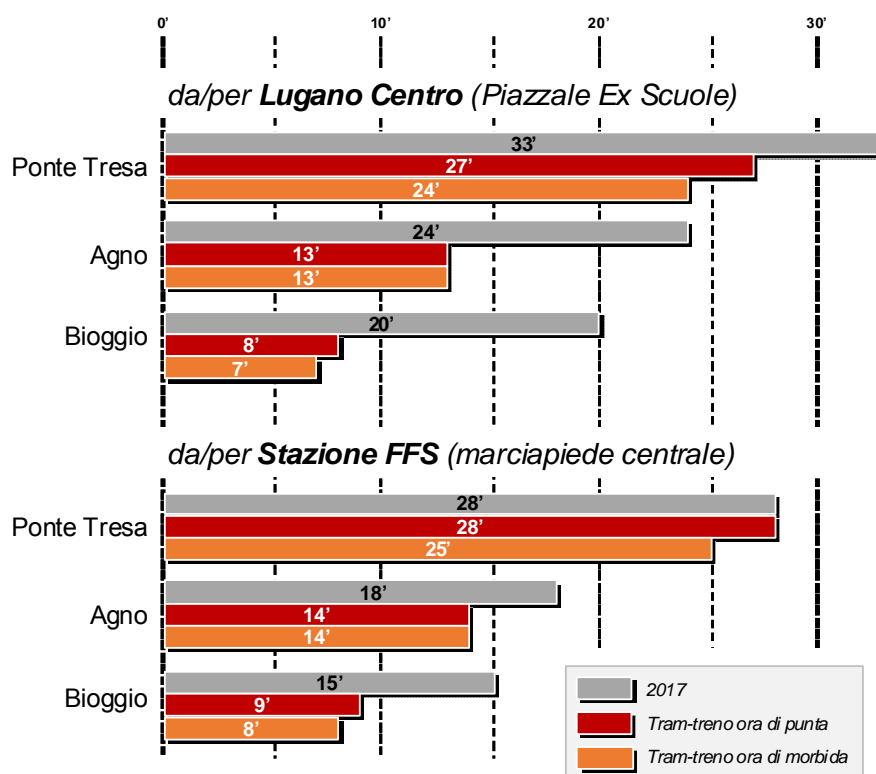


Figura 43: Evoluzione dei tempi di viaggio

Globalmente il progetto ha un effetto positivo sui tempi di viaggio, con delle riduzioni che rendono il trasporto pubblico ancora più attrattivo. I miglioramenti sono più consistenti verso Lugano Centro e per le fermate più vicine a Lugano. L'orario delle ore di punta è meno favorevole rispetto a quello delle ore di morbida, a causa di alcuni vincoli infrastrutturali lungo la linea esistente Bioggio – Ponte Tresa.

In particolare uno di questi vincoli è rappresentato dal passaggio a livello pedonale presso la stazione di Agno. Per dare il tempo ai passeggeri di raggiungere/evacuare la banchina del

secondo binario, questo attraversamento munito di barriere di sicurezza impone un'attesa dei convogli in stazione.

Si fa notare che sarebbe possibile ovviare a questa limitazione, grazie alla realizzazione di un sovra- o sottopassaggio pedonale. Tale intervento non è parte del presente progetto di pubblicazione, ma potrà essere sviluppato in separata sede da FLP o terzi, attraverso un progetto imprenditoriale, mirato a definire un nuovo utilizzo del sedime dell'attuale officina che verrà dismessa.

In questo modo i tempo di percorrenza nelle ore di punta da/per Ponte Tresa verso Lugano Centro e Lugano Stazione FFS potrebbero essere ridotti di ulteriori 2 minuti, risultando quindi simili a quelli previsti in ora di morbida.

5.6 Dimensionamento del materiale rotabile circolante

Per il dimensionamento del parco del materiale rotabile, è determinante analizzare la situazione che comporta il numero massimo di convogli in circolazione, segnatamente durante l'ora di punta dei giorni feriali, quando la cadenza sulle due aste è di 10 minuti.

Questa analisi è stata realizzata in due modi:

- Verifica "in automatico" con un software di rotazione del materiale rotabile.
- Visualizzazione "manuale" delle modalità di rotazione e di "concatenamento" ai terminali sull'orario grafico.

Un'ipotesi importante è che 3 minuti sono sufficienti per assicurare un giro di materiale (giro banco) con lo stesso veicolo, vale a dire che un treno arriva al terminale e riparte in direzione opposta 3 minuti dopo). Una verifica di plausibilità di questa ipotesi è presentata al capitolo 9.4.

• Verifica in automatico

Dopo aver inserito l'orario il software genera le linee di rotazione per ogni materiale. Per realizzare il servizio sono necessarie 10 composizioni.

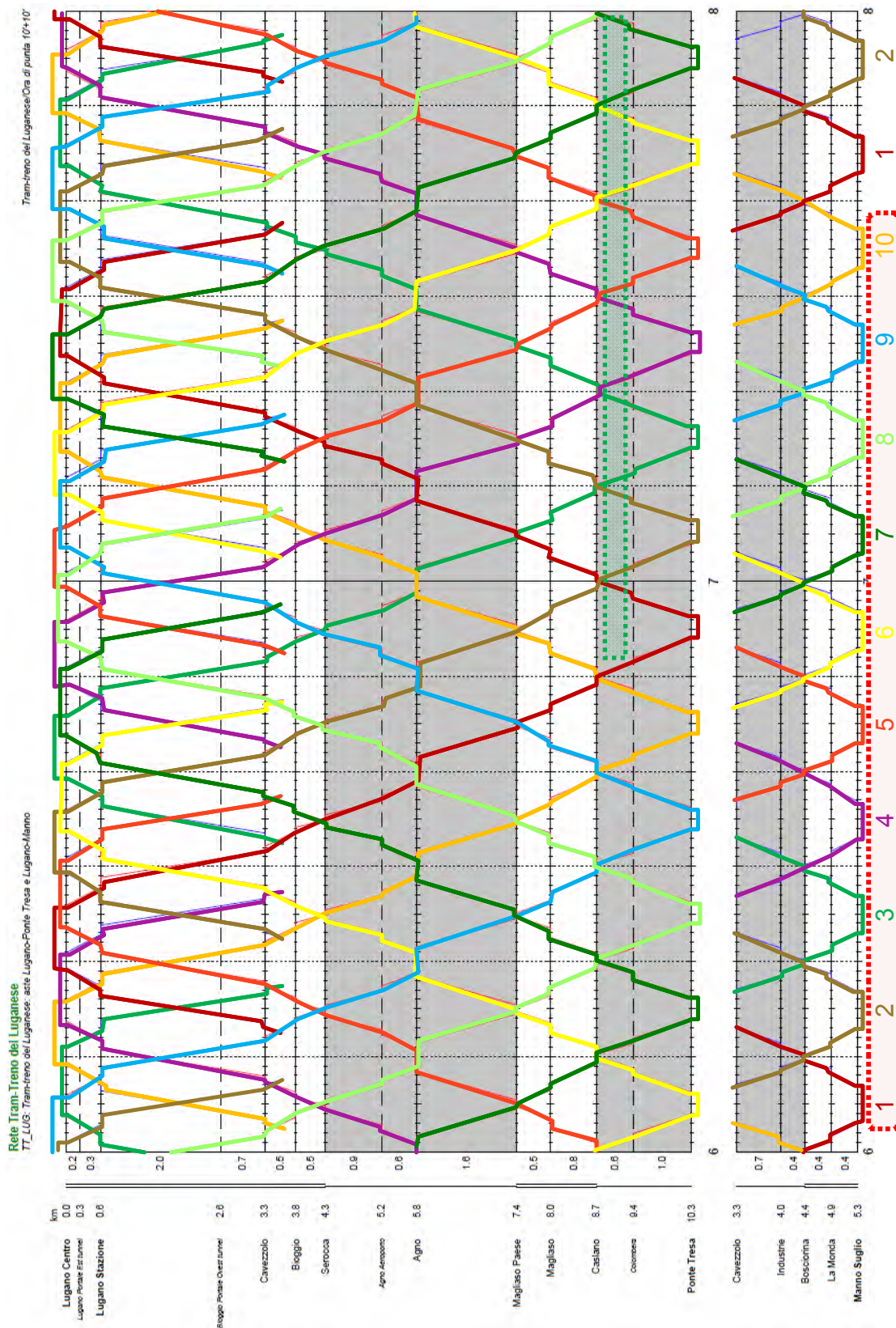


Figura 45: Analisi della rotazione del materiale e identificazioni del numero di convogli necessari in ora di punta feriale (cadenza 10'+10')

Un'analisi è stata realizzata per la cadenza dell'ora di morbida diurna, vale a dire con una cadenza a 15 minuti sull'asta di Ponte Tresa e di 30 minuti sull'asta di Manno.

Sono necessarie in totale 6 composizioni.

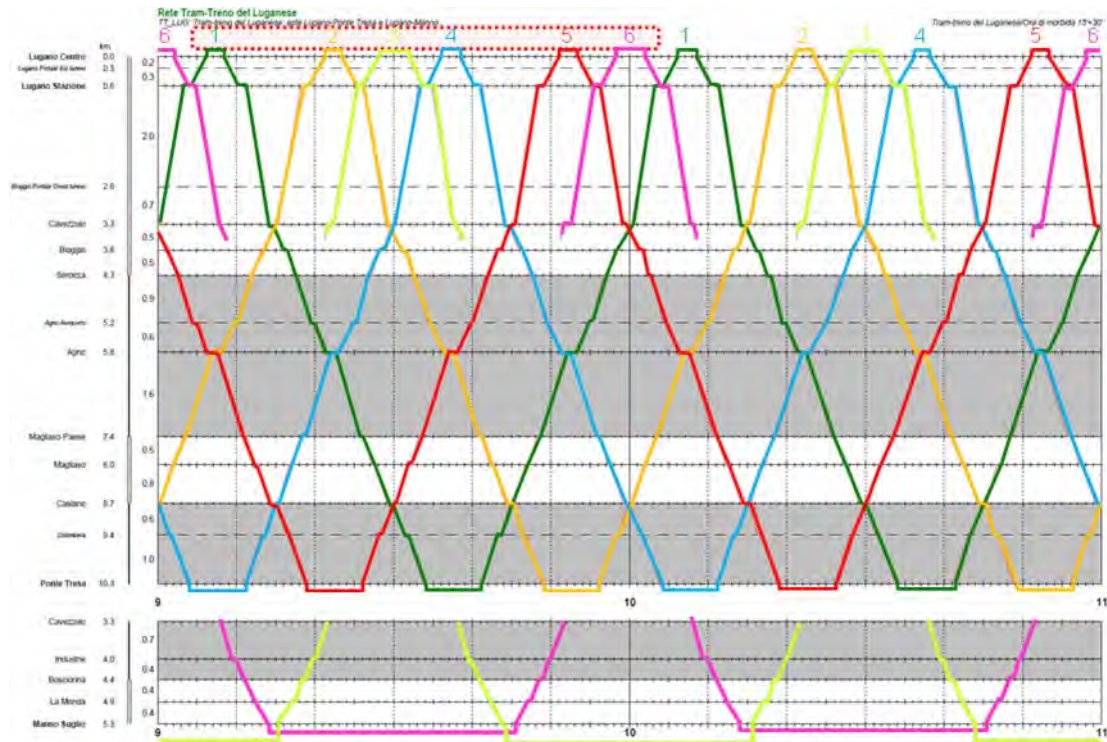


Figura 46: Analisi della rotazione del materiale e identificazioni del numero di convogli necessario in ora di morbida diurna feriale

Questo risultato non è fondamentale per il dimensionamento del parco veicoli ma importante per la riflessione sul concetto di stazionamento e il posizionamento dei veicoli durante la giornata.

5.7 Possibilità di stazionamento e verifica delle fasi di transizione

5.7.1 Introduzione

Lo stazionamento dei convogli è un elemento importante di verifica del funzionamento globale del sistema ferroviario.

Questo è particolarmente importante nel caso della rete tram-treno del Luganese. Infatti, rispetto al progetto di massima è stata modificata la posizione dell'officina (che non si trova più nel settore del bivio di Cavezzolo ma sull'asta di Manno) e non è più disponibile un vero e proprio deposito per lo stazionamento del materiale rotabile. Il progetto della nuova officina prevista a Manno è competenza dell'impresa di trasporto. La configurazione dell'officina permette lo stazionamento di notte di 5 convogli (oltre ai due immobilizzati per la manutenzione).

Sono state dunque realizzate le analisi seguenti:

- identificazione dei possibili luoghi di stazionamento dei veicoli durante la notte.
- scelta di un concetto di stazionamento in accordo con la FLP SA ed elaborazione delle modalità di esercizio durante una fase di transizione tra due regimi di servizio (Inizio servizio-ore di punta-ore di morbida).
- passaggio tra l'ora di punta pomeridiana ed il servizio serale ed il concetto di stazionamento notturno.

5.7.2 Possibili stalli per lo stazionamento notturno/diurno

Idealmente, le zone di stazionamento dovrebbero trovarsi all'estremità delle linee o al centro della rete. I siti identificabili per lo stazionamento notturno sono indicati nell'immagine seguente.

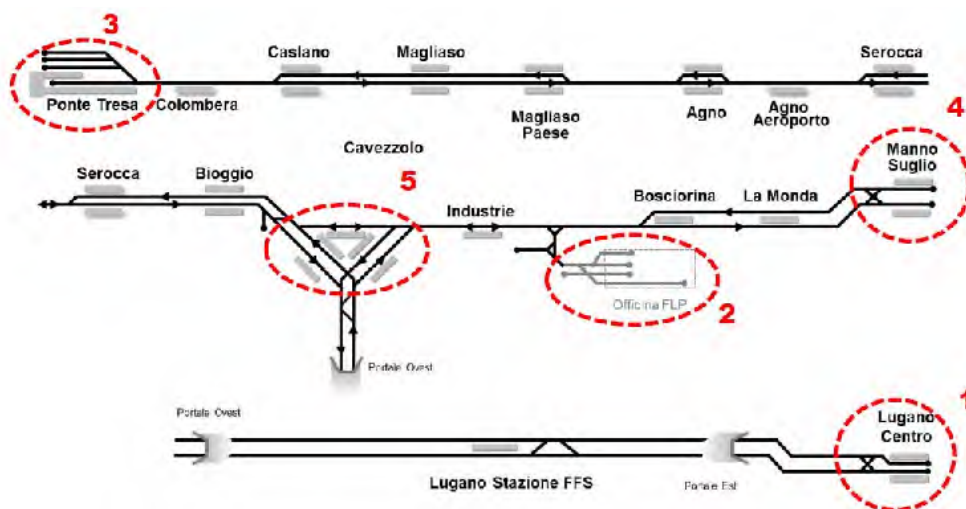


Figura 47: Possibile ubicazione per lo stazionamento notturno.

- **1. Fermata Lugano Centro**

La possibilità di lasciare convogli a Lugano Centro durante la notte è stata scartata per l'alto rischio di atti di vandalismo. Un caso paragonabile non è conosciuto per nessuna rete tram o tram-treno (e men che meno ferroviaria) d'Europa.

- **2. Officina FLP**

Come già indicato, la FLP ha confermato che l'officina permetterà lo stazionamento di 5 veicoli la notte (oltre ai 2 di riserva in manutenzione).

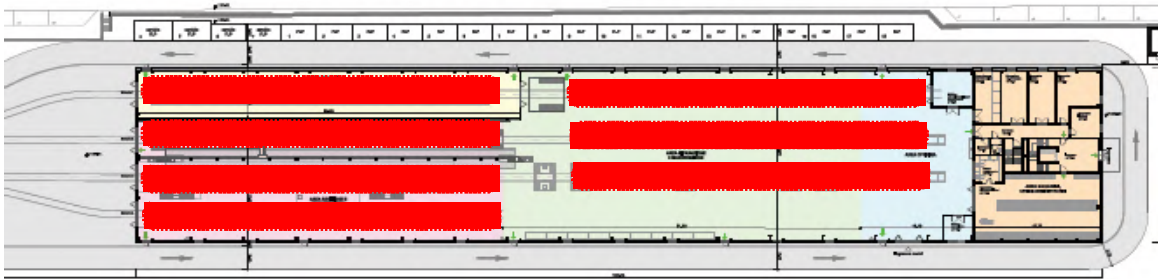


Figura 48: Possibili stazionamenti presso l'officina

- **3. Terminale Ponte Tresa**

La stazione di Ponte Tresa può accogliere attualmente, durante l'esercizio giornaliero, 4 composizioni, una per binario, senza interferire con il piano di segnalamento. Durante il giorno sono disponibili 2 binari per l'esercizio (binario 1 e 2) e due binari per lo stazionamento (binario 3 e 4).

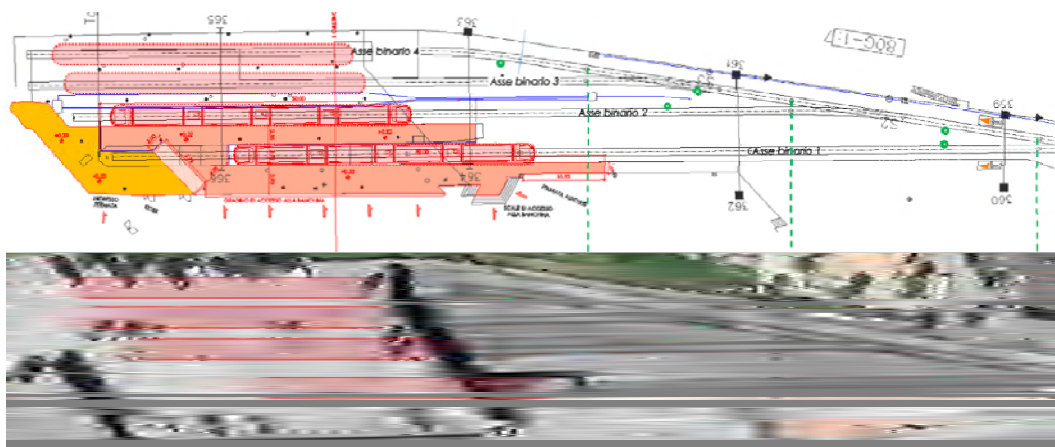


Figura 49: Situazione attuale dell'infrastruttura ferroviaria a Ponte Tresa (stazionamento diurno)

Durante la notte è possibile il ricovero di al massimo 5 composizioni come illustrato nella figura seguente. I convogli possono essere messi in esercizio la mattina con itinerari in manovra.

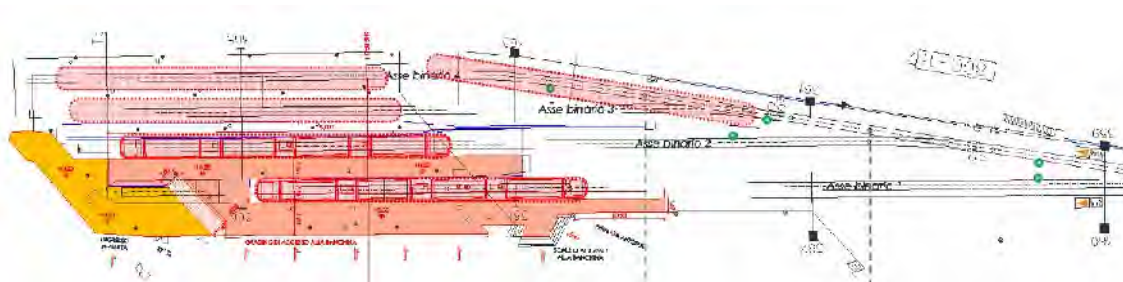


Figura 50: Possibilità di stazionamento a Ponte Tresa

In caso di esigenze supplementari (aumento dell'offerta, ricoveri dettati da condizioni d'esercizio perturbato, ecc.) è stata effettuata un'analisi dettagliata del piano binari per verificare gli spazi disponibili per la stazionamento di eventuali convogli supplementari, tenendo conto dei limiti posti dallo spazio libero necessario per la movimentazione (limiti materializzati dai punti verdi).

In figura 51 possiamo notare che sarebbe possibile stazionare un veicolo supplementare sul binario 1, ma solo durante la notte, poiché si tratta di un binario in esercizio. Grazie all'allungamento del marciapiede 1 sarebbe possibile offrire un accesso agevolato per il personale e i viaggiatori, e considerare quest'ultimo convoglio supplementare, come quello che assicura il primo servizio del mattino e l'ultimo della sera. L'allungamento del marciapiede sarebbe un intervento contenuto ed economico, che non sembra porre particolari problemi di realizzazione.

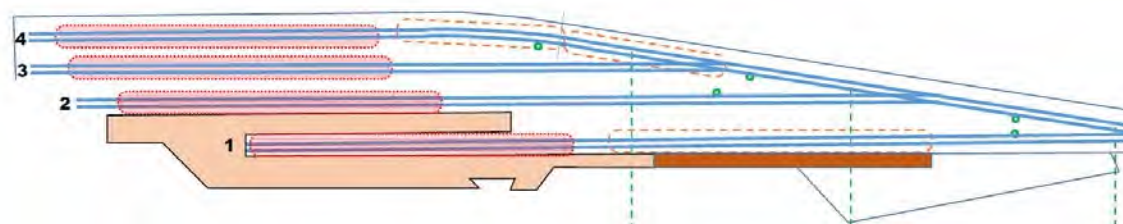


Figura 51: verifica degli spazi disponibili per ulteriori stazionamenti a Ponte Tresa e visualizzazione dell'allungamento del marciapiede per il binario 1

La stazione di Ponte Tresa è parzialmente coperta e offre dunque riparo contro le intemperie. Inoltre, anche se oggi non è chiusa durante la notte, il suo contesto di inserimento urbano e la sua configurazione permette di immaginare la creazione di misure per una sorveglianza rinforzata e l'eventuale messa in sicurezza degli impianti e dei veicoli.

4. Terminale Manno-Suglio

Il terminale è stato pianificato per un servizio di tipo tramviario. I binari non sono coperti e ad oggi non sono previste misure particolari di protezione dei veicoli. In caso di stazionamento notturno è auspicabile elaborare delle misure di sorveglianza e/o protezione dei veicoli.

È possibile immaginare lo stazionamento notturno di 2 convogli sui due binari disponibili.

• 5. Fermata Cavezzolo

La configurazione della fermata permette il piazzamento di 5 veicoli durante la notte, come indicato nell'immagine seguente, e di un veicolo sul binario di servizio che collega l'asta di Ponte Tresa all'asta di Manno durante l'esercizio.

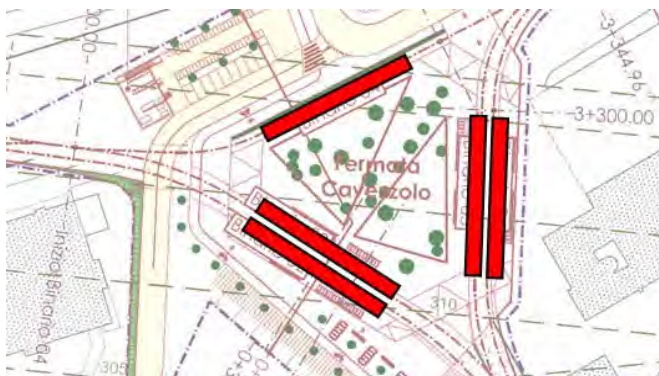


Figura 52: Stazionamento Cavezzolo

Questo sito ha il vantaggio di raggruppare un numero elevato di convogli e di poter organizzare misure di sorveglianza e protezione per molti veicoli. Inoltre la posizione al centro della rete permette di orientare in modo ottimale i veicoli al momento della presa di servizio. Questa soluzione è stata scartata per la difficoltà di poter mettere in sicurezza i convogli stazionati.

5.7.3 Concetto di stazionamento scelto e verifica della fasi di transizione

Il concetto di stazionamento scelto in questa fase progettuale, prevede per le fasi notturne lo stazionamento di 7 convogli presso l'officina FLP e di 5 convogli presso il terminale di Ponte Tresa.

Partendo da questo concetto, sono state analizzate le fasi di inizio del servizio e di transizione fra ore di punta e morbida, in modo da verificare che l'infrastruttura prevista permetta il ricovero delle composizioni non utilizzate per il servizio commerciale.

In particolare sono stati analizzati i seguenti due casi rappresentativi:

- l'inizio del servizio, il passaggio all'ora di punta mattutina, e la transizione tra ora di punta (frequenze ogni 10 minuti) e l'ora di morbida (frequenze ogni 15 minuti per l'asta di Ponte Tresa e di 30 minuti per l'asta di Manno);
- la transizione tra l'ora di punta pomeridiana, il servizio serale (servizio ogni 30 minuti) e la fine del servizio (ricoveri notturni).

Grazie a questi due scenari è possibile ricostruire e verificare il concetto d'esercizio durante tutto l'arco di un giorno ferialo.

Nella figura seguente si riportano i grafici di circolazione che permettono di visualizzare:

- l'origine di ogni composizione (sito di stazionamento notturno, PT = Ponte Tresa, O = Officina),

- il servizio commerciale svolto (tracce di colore diverso per ogni composizione);
- il sito di stazionamento diurno per i veicoli non necessari al servizio commerciale durante l'ora di morbida (esclusi i due veicoli in manutenzione).

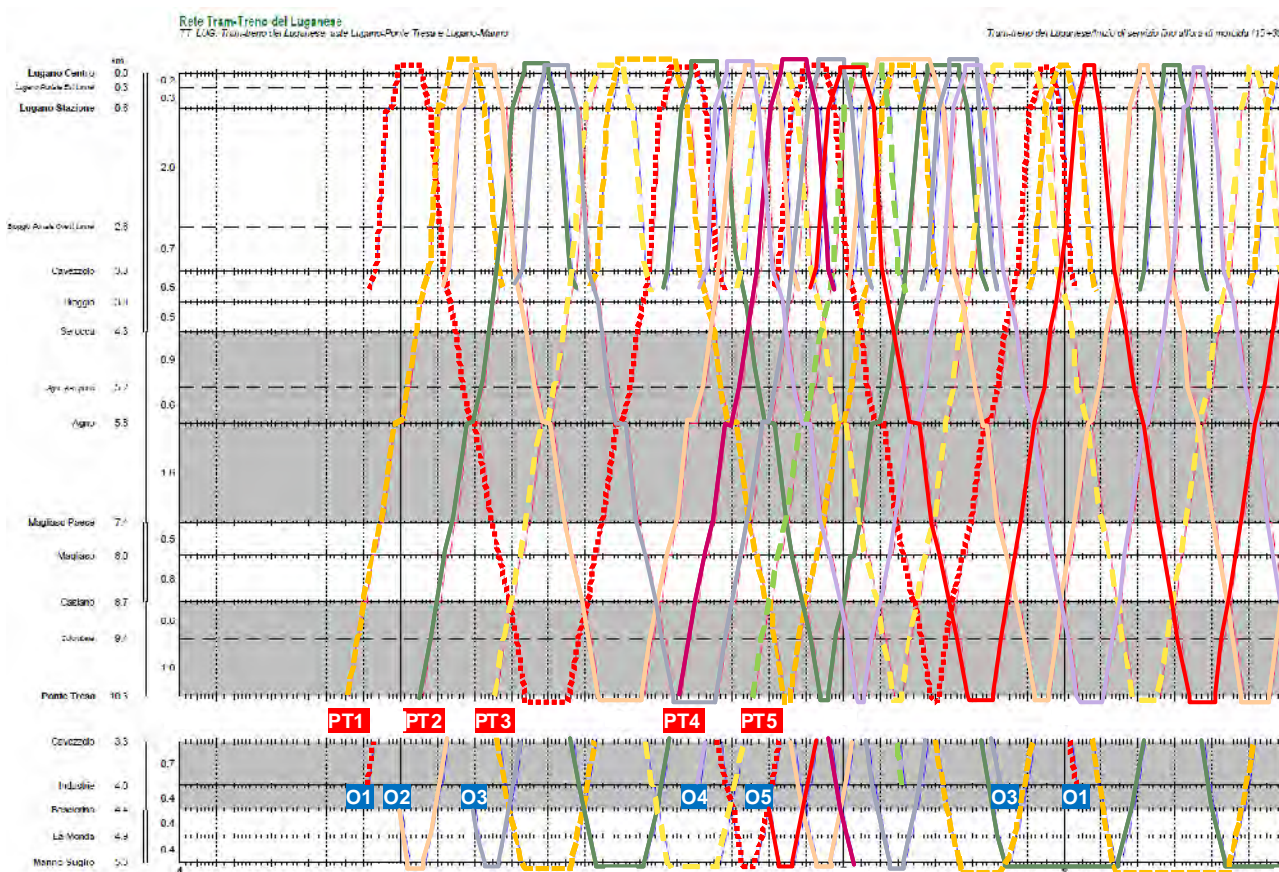


Figura 53: Inizio del servizio, fase di transizione mattutina ore di punta e di morbida.

Nella figura precedente, per semplificare la rappresentazione grafica, le ore di punta sono state "accorciate" rispetto all'offerta commerciale pianificata. L'inizio del servizio prevede le partenze dei 5 veicoli stazionati nella notte presso l' officina (O1-O5) e a Ponte Tresa (PT1-PT5). A Ponte Tresa (vedi figura seguente) i primi veicoli a prendere servizio sono quelli stazionati sui marciapiedi 1 e 2 (provvisi di banchine). I veicoli stazionati sui binari 3 e 4 vengono in seguito manovrati e posizionati sui binari 1 e 2 per effettuare il loro servizio commerciale.

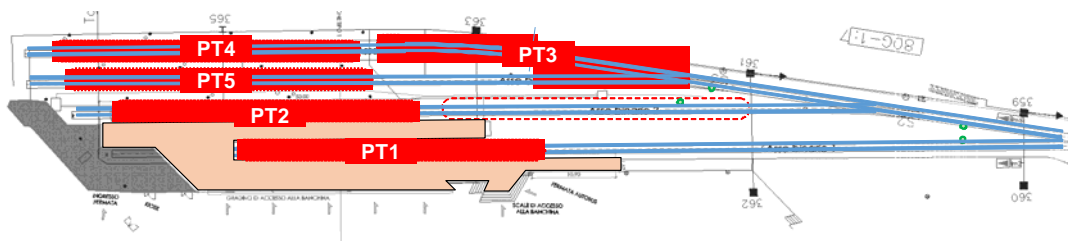


Figura 54: Posizionamento dei veicoli a Ponte Tresa, prima dell'inizio del servizio diurno.

Per la transizione verso l'ora di morbida mattutini si prevede di stazione due convogli presso l'officina (O3 e O1 in figura 53).

Nella figura 54 è riportata la transizione da ora di punta a ora di morbida pomeridiana fino alla fine del servizio.

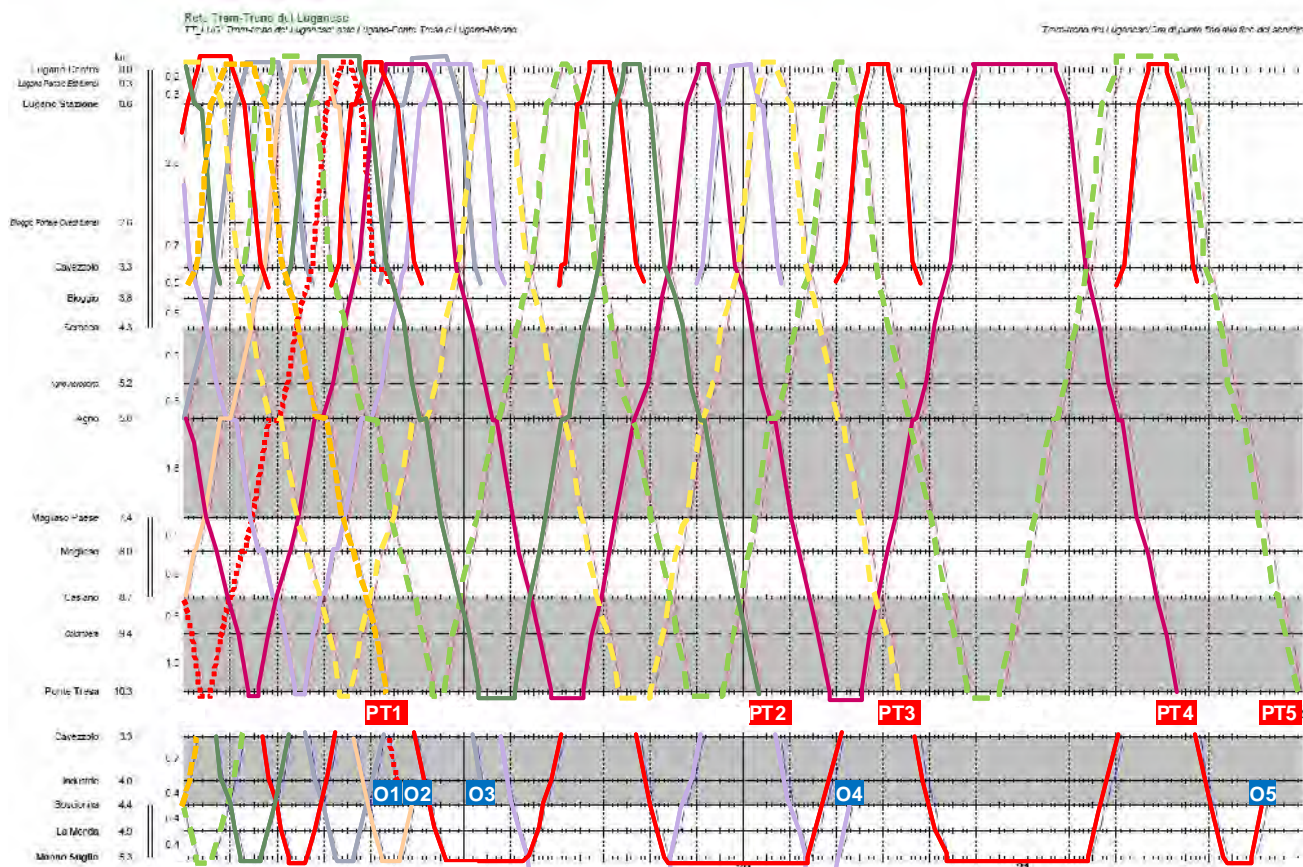


Figura 55: Analisi della fase di transizione serale

Si può notare come durante il passaggio tra l'ora di punta e di morbida un veicolo è ricoverato a Ponte Tresa sul binario 3 o 4 (PT1) e 3 veicoli in officina (O1-O3). Il passaggio all'ora serale e alla fine del servizio prevede lo stazionamento di ulteriori 4 veicoli a Ponte Tresa (PT2-PT5) e due in officina (O4,O5) ristabilendo quindi la configurazione iniziale di ricovero notturno.

Le analisi effettuate hanno lo scopo di verificare la fattibilità in termini di rotazione e ricovero del materiale rotabile delle fasi di inizio, fine esercizio e transizione tra ore di punta e ore di morbida. Per i calcoli economici valgono le ipotesi generali di circolazione delle tabelle del capitolo 4.2.

Si ricorda che le soluzioni proposte sono da considerare indicative. Esse presentano una delle numerose possibilità di ricovero notturno e di organizzazione del servizio durante l'arco della giornata, e dovranno essere definite in dettaglio dall'impresa di trasporto anche in considerazione della rotazione del personale e da esigenze di esercizio specifiche.

5.8 Modalità di funzionamento dei terminali

5.8.1 Il terminale di Lugano

Durante le ore di punta al terminale di Lugano sono previsti convogli in arrivo ed in partenza ogni 2 minuti circa. La modalità di utilizzo del terminale è stata scelta per dedicare ogni marciapiede ad una destinazione (Manno o Ponte Tresa) e per avere un tempo di giro banco sufficientemente ampio. Gli orari grafici ed il minutaggio degli arrivi e partenze sono presentati nella figura seguente.

I veicoli e le tracce aventi come origine o destinazione Manno sono illustrati in blu, quelli da e per Ponte Tresa in rosso. Sul primo orario grafico possiamo notare che i convogli che arrivano da un'asta ripartono sistematicamente verso l'altra. Sul secondo sono indicati i "concatenamenti" tra arrivo e partenza dei convogli dai marciapiedi (verde dedicato alle partenze verso Manno e arancione dedicato alle partenze verso Ponte Tresa), i minuti di arrivo (freccia verso l'alto) e i minuti di partenza (freccia verso il basso).

La sequenza dei movimenti è presentata per un ciclo di arrivi e partenze con indicati i rispettivi minuti. Questo ciclo si ripete poi fino al passaggio all'ora di morbida. Con la sequenza indicata qui sotto è possibile dedicare un marciapiede per ogni destinazione ed il tempo di giro banco è di 7 minuti. In questo caso il marciapiede verde (lato lago) è dedicato agli arrivi da Ponte Tresa e le partenze verso Manno mentre il marciapiede arancione è dedicato agli arrivi da Manno e le partenze verso Ponte Tresa.

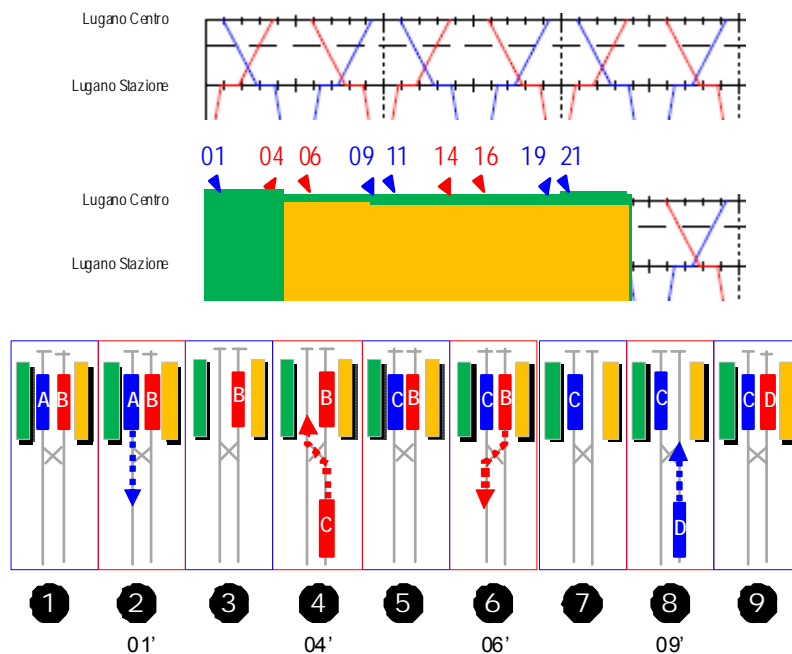


Figura 56: Utilizzazione del terminale di Lugano Centro con marciapiede dedicato (ora di punta)

Le sequenze di utilizzazione sono principalmente due, che si ripetono ogni 5 minuti:

1. Il convoglio A dopo aver fatto una sosta di 7 minuti parte verso Manno dal marciapiede 1 (verde) al minuto 01. Il marciapiede 2 è occupato dal veicolo B precedentemente arrivato da Manno.
2. Al minuto 04 arriva il veicolo proveniente da Ponte Tresa e si piazza sul binario 1 (verde). I viaggiatori in arrivo da Ponte Tresa scendono e successivamente salgono i viaggiatori diretti verso Manno.
3. Al minuto 06 parte dal binario 2 (arancione) il veicolo diretto a Ponte Tresa (dopo aver fatto una sosta di 7 minuti).
4. Al minuto 09 arriva sempre sul binario 2 il veicolo proveniente da Manno. I viaggiatori scendono e successivamente salgono i viaggiatori diretti a Ponte Tresa.

In seguito lo schema si ripete.

Abbiamo dunque il marciapiede verde dedicato agli arrivi da Ponte Tresa e le partenze verso Manno, mentre il marciapiede arancione è dedicato agli arrivi da Manno e le partenze verso Ponte Tresa. I viaggiatori dispongono dunque di due marciapiedi diversi a cui sono attribuite due destinazioni chiaramente identificate e regolari.

Per mantenere questa impostazione del terminale, durante le ore di morbida, a differenza delle ore di punta, è necessario assegnare ogni convoglio ad una sola asta (Lugano – Ponte Tresa o Lugano – Manno). Come si può notare nell'immagine seguente, risultano in questo modo tempi di giro banco di 2.5 rispettivamente 4 minuti.

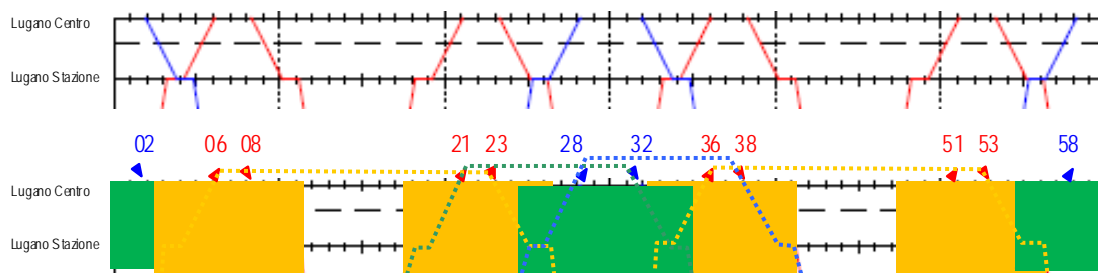


Figura 57: Utilizzazione del terminale di Lugano Centro con marciapiede dedicato (ora di morbida)

Sono ad ogni modo possibili altre configurazioni per la rotazione del materiale rotabile nelle ore di morbida, che potranno essere sviluppata in accordo con il gestore nelle prossime fasi di progettazione e durante le prove pratiche di marcia. Ad esempio con il mantenimento in esercizio di un convoglio supplementare rispetto a quanto previsto per le ore di morbida, il tempo di giro banco al terminale di Lugano passerebbe a 10 rispettivamente 17 minuti.

5.8.2 I terminali di Ponte Tresa e di Manno

Per i terminali di Ponte Tresa e di Manno la situazione e la gestione risulta di semplice comprensione.

L'orario permette di dedicare a Ponte Tresa un solo binario alla circolazione durante l'ora di punta e di morbida (binario 1), con un tempo di giro banco di 3 rispettivamente 7 minuti. Questo permette di disporre di un treno di riserva sul binario 2, che può essere utilizzato in caso di forte ritardo del treno proveniente da Lugano in ora di punta.

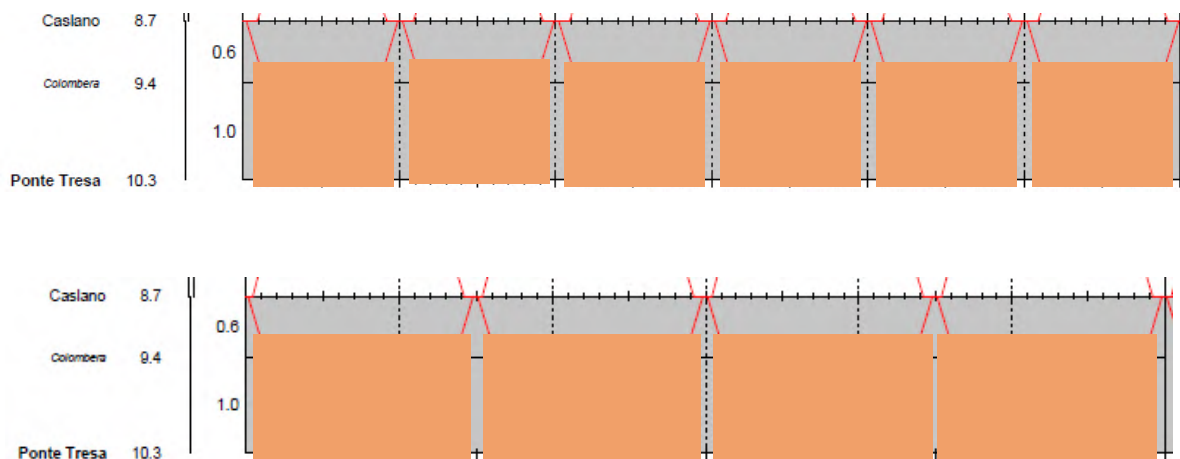


Figura 58: Utilizzazione del terminale di Ponte Tresa in ora di punta (sopra) e di morbida (sotto)

A Manno la situazione in ora di punta è simile a quella di Ponte Tresa, con un tempo di giro banco di 4 minuti. In ora di morbida la partenza verso Lugano avviene subito dopo l'arrivo del convoglio proveniente da Cavezzolo.

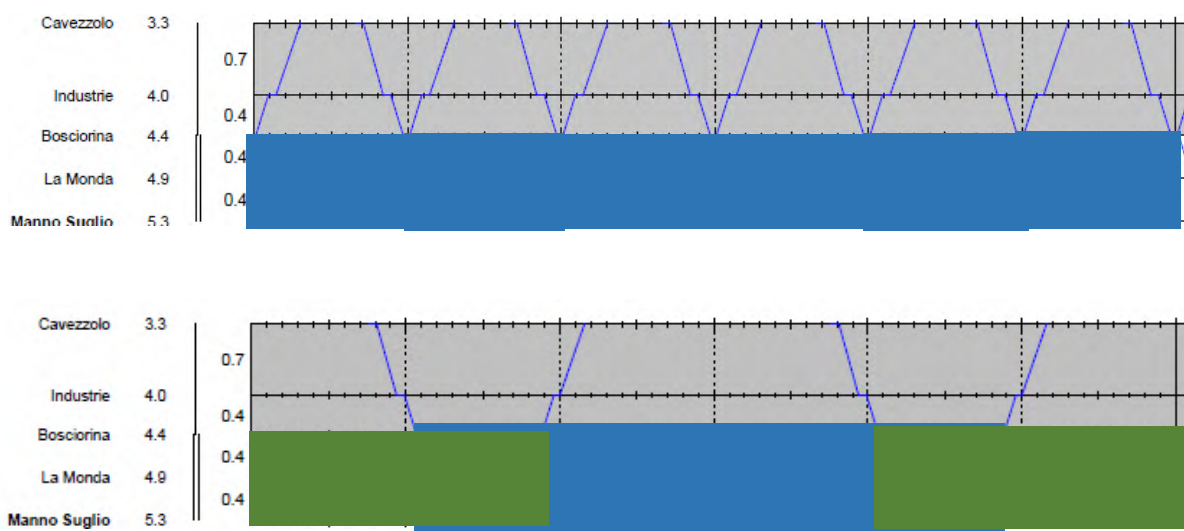


Figura 59: Utilizzazione del terminale di Manno in ora di punta (sopra) e di morbida (sotto)

5.9 Possibili sviluppi futuri e ottimizzazione di progetto

In caso di sviluppi futuri della linea e/o di un'evoluzione maggiore a quanto preventivato della domanda, l'offerta prevista nello scenario pianificato 2030 può essere potenziata senza intervenire sulla nuova infrastruttura realizzata.

Il nuovo collegamento diretto Bioggio – Lugano Centro grazie all'intera tratta a doppio binario, garantisce infatti già la necessaria capacità e stabilità d'esercizio per aumentare l'offerta nelle ore di punta dai 1'500 passeggeri/ora previsti dallo scenario pianificato 2030 (frequenza 10 minuti), a 2'500 passeggeri/ora (frequenza 6 minuti).

Per garantire un servizio a 6 minuti sull'asta Ponte Tresa – Lugano Centro si renderebbero necessari unicamente interventi di potenziamento sulla linea esistente (raddoppio di binario tra Magliaso Paese ed Agno, creazione di un punto di incrocio ad Agno Aeroporto e a Colombera e la creazione di un sottopasso pedonale per accedere al marciapiede 2 alla stazione di Agno, per un costo stimato in ca. 10-15 mio. CHF.

Le composizioni necessarie diventerebbero 11 (escluse riserve) per il servizio tra Ponte Tresa e Lugano Centro e 2 per il servizio navetta tra Manno e Cavezzolo. Rispetto a quanto prospettato con frequenze ogni 10 minuti sarebbero necessari 3 veicoli supplementari. Le maggior prestazioni annuali, mantenendo al di fuori delle ore di punta frequenze simili al progetto, sono stimabili in circa 79'000 treno-km/anno.

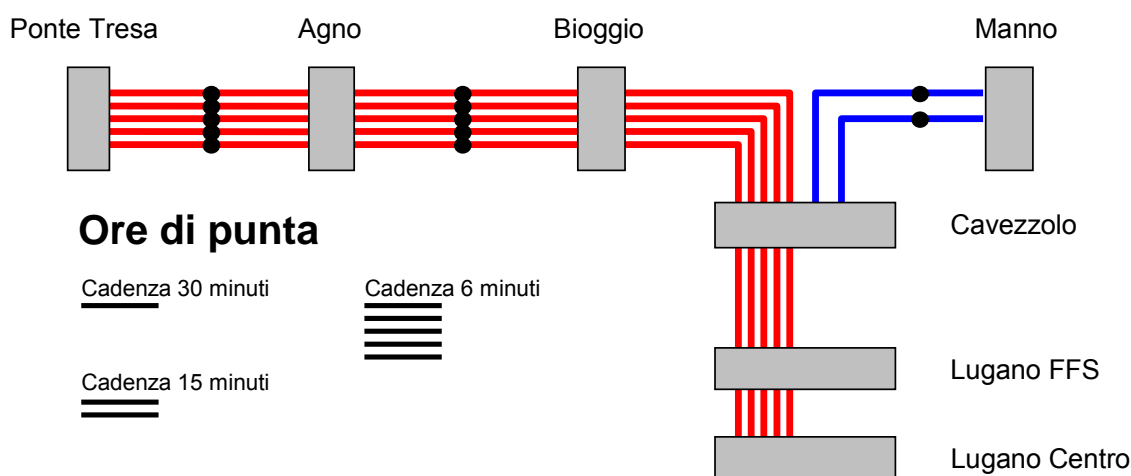


Figura 60: Possibilità di sviluppo futuro - Scenario 6' nelle ore di punta.

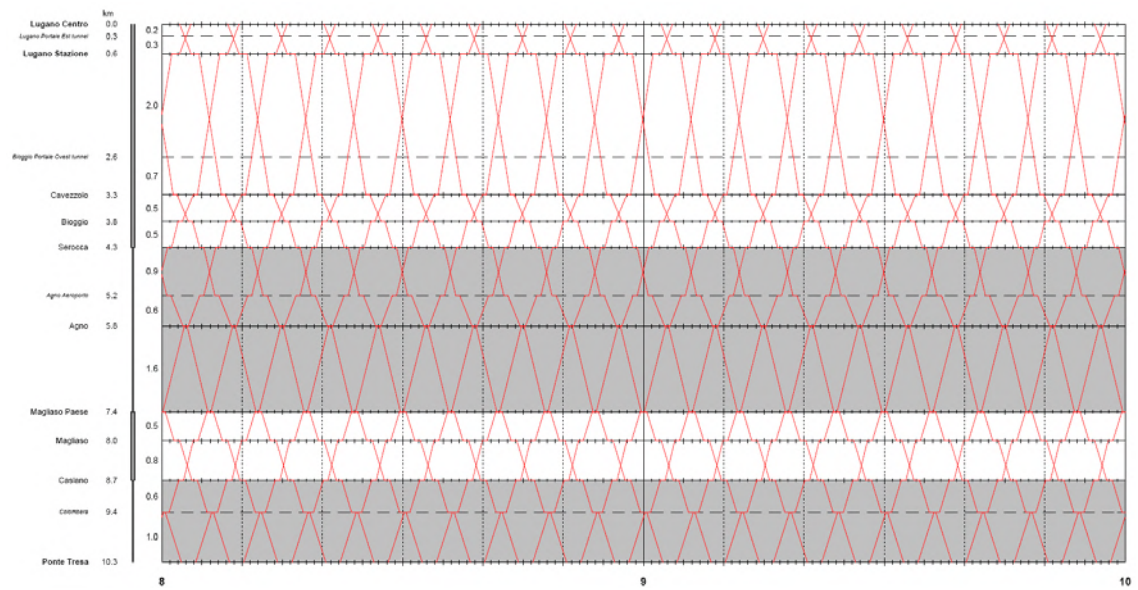


Figura 61: Possibilità di sviluppo futuro - Scenario 6' nelle ore di punta, orario grafico.

6 SIMULAZIONI DINAMICHE

6.1 Obiettivi

La simulazione dinamica di reti ferroviarie è un approccio molto affidabile che permette di analizzare in dettaglio:

- la fattibilità di un orario pianificato tenendo conto della reale dinamica dei convogli sulla rete grazie a una simulazione di tipo determinista (vedi definizione seguente);
- le modalità di funzionamento in situazione reale d'esercizio e la stabilità del sistema ferroviario in presenza di perturbazioni di varia natura (ritardi alla partenza dalla stazione di origine, tempi di stazionamento variabili, perdite di tempo in tratta, ...) grazie alla simulazione stocastica.

6.2 Le due modalità di simulazione utilizzate

Gli orari pianificati sono simulati in due modi:

- **Simulazione determinista per la situazione nominale**

Tutti i convogli partono secondo l'orario, i tempi di percorso sono esattamente quelli pianificati (niente perditempo) e non ci sono tempi di sosta supplementari alle fermate commerciali. In sintesi, ci troviamo di fronte a un funzionamento ideale, anche se teorico, della rete. Questa simulazione serve a verificare la fattibilità tecnica dell'orario e che non ci siano eventuali errori di pianificazione.

Per realizzare la verifica viene effettuata una singola simulazione che, se ripetuta, dà sempre gli stessi risultati.

- **Simulazione stocastica per la situazione perturbata**

La stabilità dell'esercizio è verificata introducendo piccole perturbazioni nel sistema e verificando qual è il suo comportamento. In particolare è importante verificare se i ritardi possono essere riassorbiti, se si stabilizzano o se la qualità del servizio degenera senza poter essere controllata (effetto "valanga").

L'orario viene dunque fatto "vibrare" intorno alle tracce pianificate introducendo ritardi puntuali o variazioni stocastiche che possono essere applicate a numerosi parametri: puntualità alle partenze dai capolinea, tempi di sosta alle fermate, rispetto dei tempi di percorrenza pianificati.

Vengono quindi realizzate una "serie di simulazioni" con scenari aleatori di variazione dei parametri. Questi scenari si situano in generale all'interno di una curva di distribuzione predefinita.

6.3 La simulazione determinista e i suoi risultati

In primo luogo è realizzata una simulazione determinista per verificare l'orario pianificato. In questo caso tutti i treni partono esattamente secondo l'orario, i tempi di fermata corrispondono esattamente a quelli pianificati e i treni circolano in tratta sempre al 92% della velocità massima di tratta consentita (per integrare la variabilità di comportamento dei macchinisti, come indicato al capitolo 5.3.2).

Non viene inoltre introdotta nessuna "perturbazione puntuale" di alcun tipo (treno fermo alcuni minuti in tratta o in stazione per ragioni di varia natura).

Come già riscontrabile osservando i grafici di circolazione precedentemente presentati (vedi capitolo 5.4), l'orario pianificato si rivela fattibile e funzionante in condizioni normali di esercizio.

Non sono stati identificati punti critici.

6.4 Simulazione stocastica

6.4.1 Introduzione

Nella simulazione stocastica le condizioni ideali e favorevoli al buon funzionamento della rete della simulazione determinista vengono fatte variare, realizzando numerose serie di simulazioni (30-50 a seconda della complessità della rete e del problema analizzato) fino ad avere una "convergenza dei risultati" e una "stabilizzazione del risultato" ottenuto.

Per ogni simulazione vengono dunque applicati a tutti i parametri variabili delle curve di distribuzione, dalle quali il simulatore realizza un "sorteggio aleatorio" dei valori da applicare.

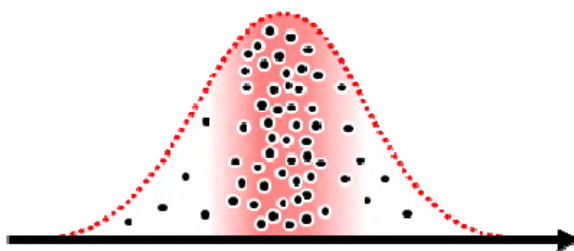


Figura 62: Curva di distribuzione e elementi puntuali del sorteggio di una serie

Secondo la curva di distribuzione, la maggior parte delle simulazioni avverrà con parametri che variano attorno al valore medio, mentre i valori estremi saranno sorteggiati più raramente.

Queste curve di distribuzione vengono applicate simultaneamente ad ogni parametro.

Nell'esempio qui sotto per la tratta Ponte Tresa – Serocca, il simulatore sorteggia per ogni simulazione un valore di ritardo aleatorio per ogni treno in partenza (curva rossa). Questo sorteggio è realizzato per tutti i treni in partenza da Ponte Tresa previsti nell'orario.

Lo stesso principio è applicato per le curve della durata di stazionamento e della variazione dei tempi di percorrenza in tratta.

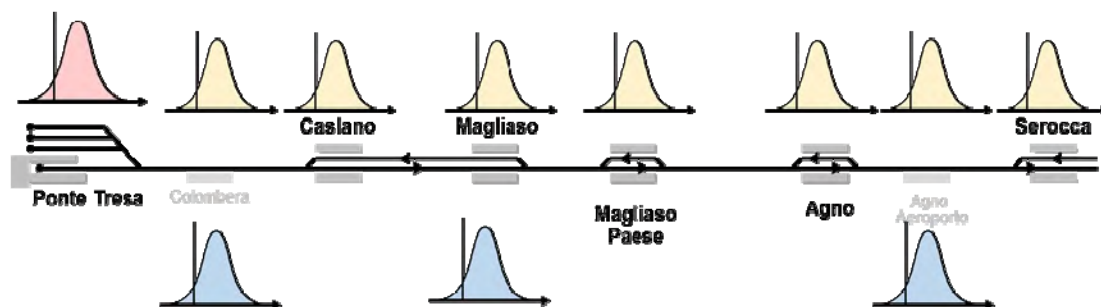


Figura 63: Applicazione delle curve di distribuzione per una serie di simulazioni stocastiche

6.4.2 Scenari di simulazione

Per riprodurre le curve di distribuzione potrebbero essere utilizzati i dati attuali sulla puntualità dei convogli in circolazione sulla linea esistente. Date però le importanti modifiche di infrastruttura, del materiale rotabile, dell'offerta e delle condizioni di esercizio previste dal progetto della nuova rete tram-treno, i dati attuali non sono ritenuti rappresentativi. Si è preferito dunque applicare distribuzioni diverse e standardizzate, facendo variare principalmente il ritardo medio alla partenza dai terminali.

In linea, le variabilità dei tempi di percorrenza sono sempre di circa +/- 30 secondi (per la tratta più lunga tra due fermate, vale a dire in galleria) e le variabilità alle stazioni principali variano rispetto ai tempi pianificati tra -10 e + 20 secondi circa (media intorno allo 0).

Il ritardo medio in partenza dai terminali è fatto variare con 30, 60, 90 e 120 secondi per verificare il comportamento del sistema, che viene gradualmente messo "sotto pressione".

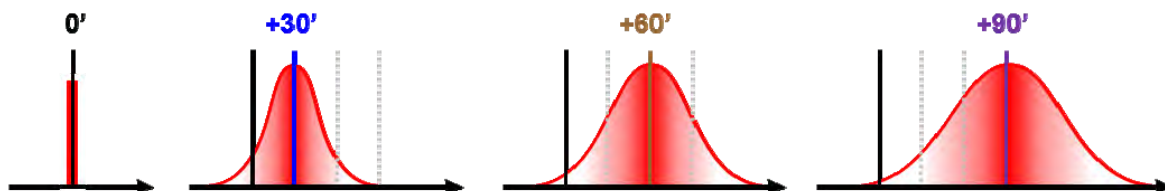


Figura 64: Scenari di simulazione: curve di distribuzione delle partenze dai terminali

Questo tipo di analisi, fatto sulla base di una serie di simulazioni stocastiche ha il grande vantaggio di non analizzare unicamente il ritardo provocato da una singola perturbazione ma di produrre una "vibrazione" del sistema generale e dunque un andamento più conforme a una realtà quotidiana dell'esercizio.

6.4.3 Modalità di simulazione

Le simulazioni stocastiche sono prodotte in modalità di tipo “punta infinita”.

Questo significa che l’orario simulato non corrisponde al servizio operativo realizzato sulle 24 ore, ma che la fascia orario più densa e critica, vale a dire l’ora di punta, viene ripetuta durante tutta la simulazione.

Nel caso della rete tram-treno l’orario più denso è quello con l’applicazione della cadenza 10 minuti sull’insieme della rete. Si tratta infatti dell’orario più denso e che genera in caso di perturbazione più rapidamente dei problemi d’esercizio.

Quest’orario, previsto durante una sola ora al mattino (iper-punta 7-8) e alla sera (iper-punta 17-18), viene verificato come se fosse applicato su una fascia oraria di 4-5 ore successive. In questo modo è possibile verificare il comportamento del sistema ferroviario “sotto forte stress”, senza che questo abbia la possibilità di “respirare”, come succede in realtà alla fine dell’iper-punta, dopo le 8 o le 18.

È così possibile identificare i punti più deboli del sistema e, se necessario, elaborare misure per stabilizzare l’esercizio.

La simulazione di un orario giornaliero su 24 ore necessita di disporre di ipotesi stabilizzate sul concetto di stazionamento. Sulla base delle simulazioni di punta infinita è possibile tuttavia procedere a una deduzione sugli impatti di una fascia completa con transizione tra ora di punta e di morbida. L’orario 24 ore è naturalmente meno denso della punta infinita e dunque più favorevole al riassorbimento dei ritardi.

I grafici delle pagine seguenti servono ad illustrare i risultati della simulazione dinamica.

Si tratta sempre e solo di una simulazione della serie completa delle stocastiche realizzate per far convergere i risultati. Questi grafici non sono dunque rappresentativi della “vera realtà” dell’esercizio, ma rappresentano solo di uno dei casi simulati.

6.4.4 Scenario di simulazione con ritardo medio di 30 secondi

Asta di Ponte Tresa

E' possibile notare alcune tracce modificate sulla sezione compresa tra Agno e Ponte Tresa rispetto all'orario pianificato, dove si trovano le tratte a binario unico, meno flessibili per la gestione delle perturbazioni.

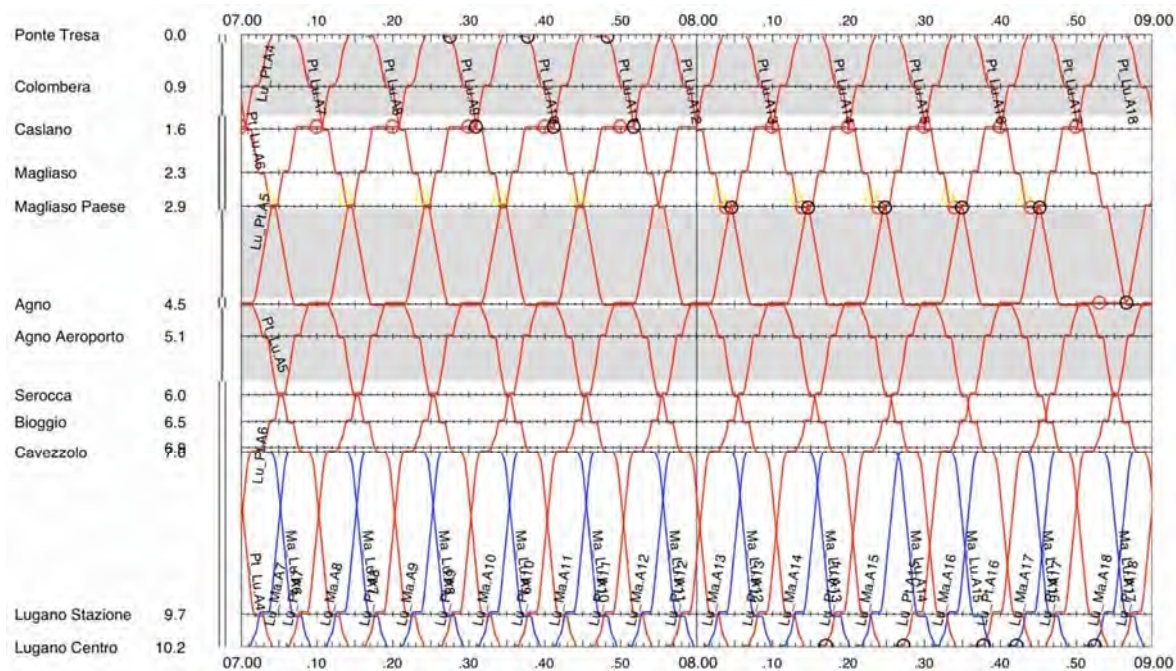


Figura 65: simulazione dell'asta di Ponte Tresa con ritardo medio di 30".

Esistono alcune situazioni in cui il primo treno incrociante deve aspettare l'arrivo del secondo, in particolare a Caslano.

Il giro banco può, in certi casi, ridursi sotto i tre minuti a Ponte Tresa.

Questi piccoli ritardi sono comunque gestibili senza problemi importanti e il regime d'esercizio rimane stabile.

Asta di Manno

Essendo l'orario molto stabile tra Lugano e Cavezzolo, non ci sono ripercussioni significative sull'esercizio da/verso Manno.

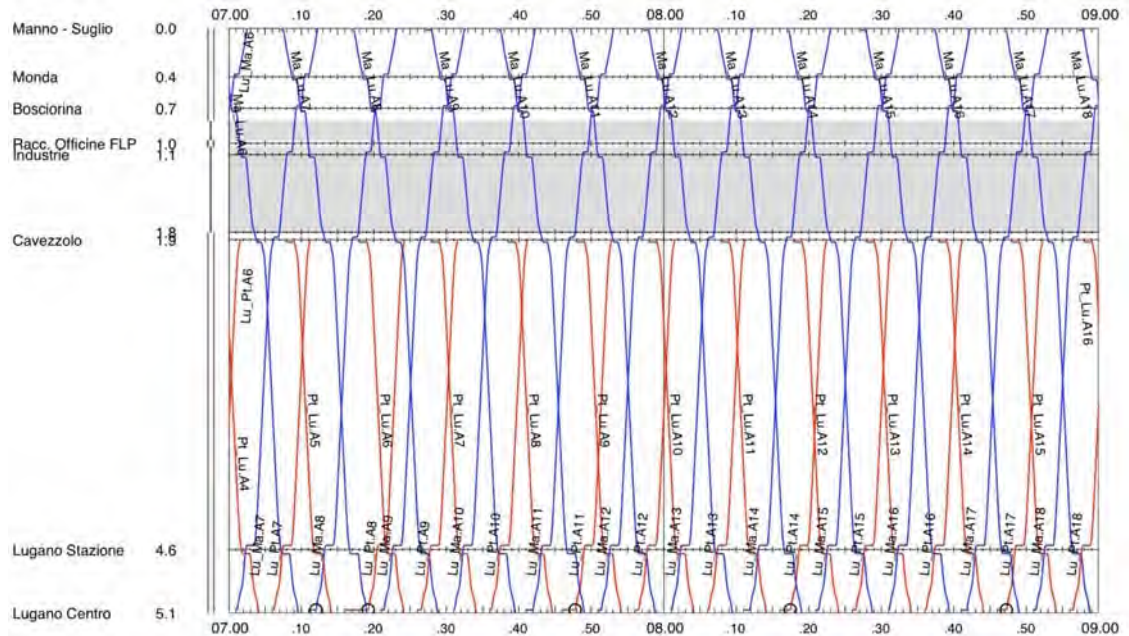


Figura 66: simulazione dell'asta di Manno con ritardo medio di 30".

Conclusione generale

La rete e gli orari pianificati sono in grado di sopportare senza nessun problema una distribuzione del ritardo medio alla partenza di 30 secondi. La qualità di servizio resta elevata malgrado queste perturbazioni.

6.4.5 Scenario di simulazione con ritardo medio di 60 secondi

Asta di Ponte Tresa

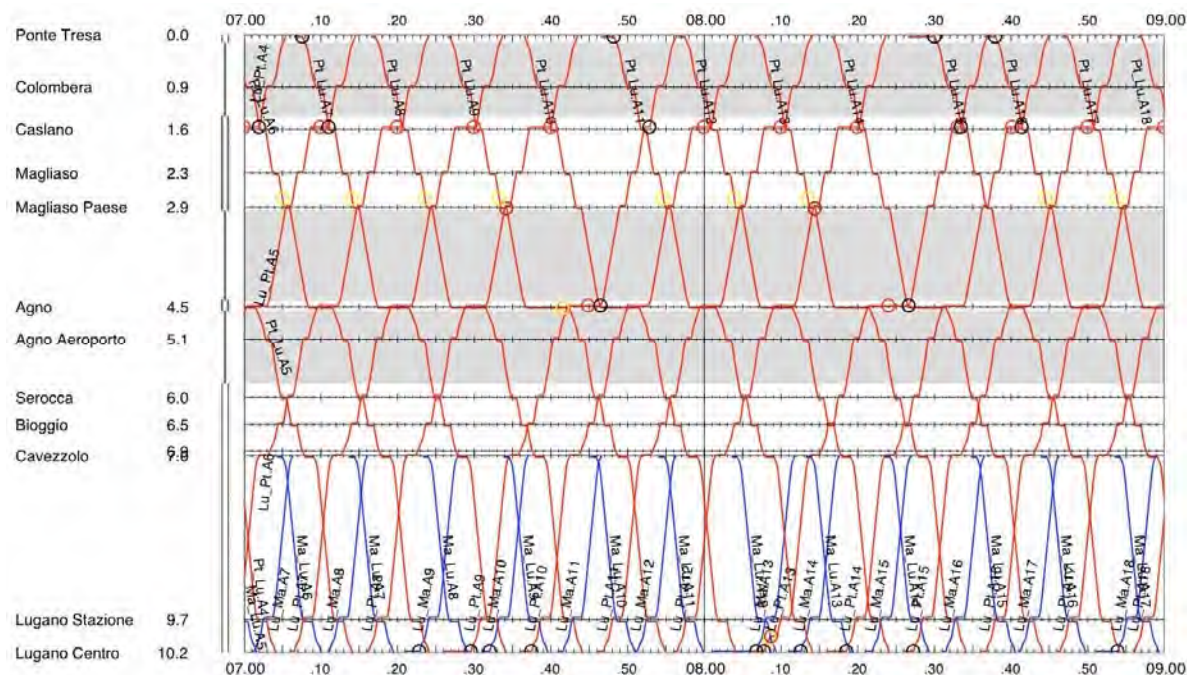


Figura 67: simulazione dell'asta di Ponte Tresa con ritardo medio di 60".

Sull'orario grafico dell'asta di Ponte Tresa, si notano alcune partenze ritardate che creano delle irregolarità di puntualità. Tuttavia la configurazione dell'infrastruttura e le riserve disponibili permettono di gestire efficacemente le perturbazioni.

Si può citare come esempio la circolazione ravvicinata tra due convogli in partenza da Lugano alle 07:30 e alle 08:07, possibile grazie alla marcia a vista e poi al doppio binario in galleria.

L'esercizio può continuare, anche con alcuni treni in ritardo. Questi ritardi si protraggono per circa mezz'ora. In seguito il servizio si ristabilizza e i convogli tornano a essere sulle tracce pianificate.

Asta di Manno

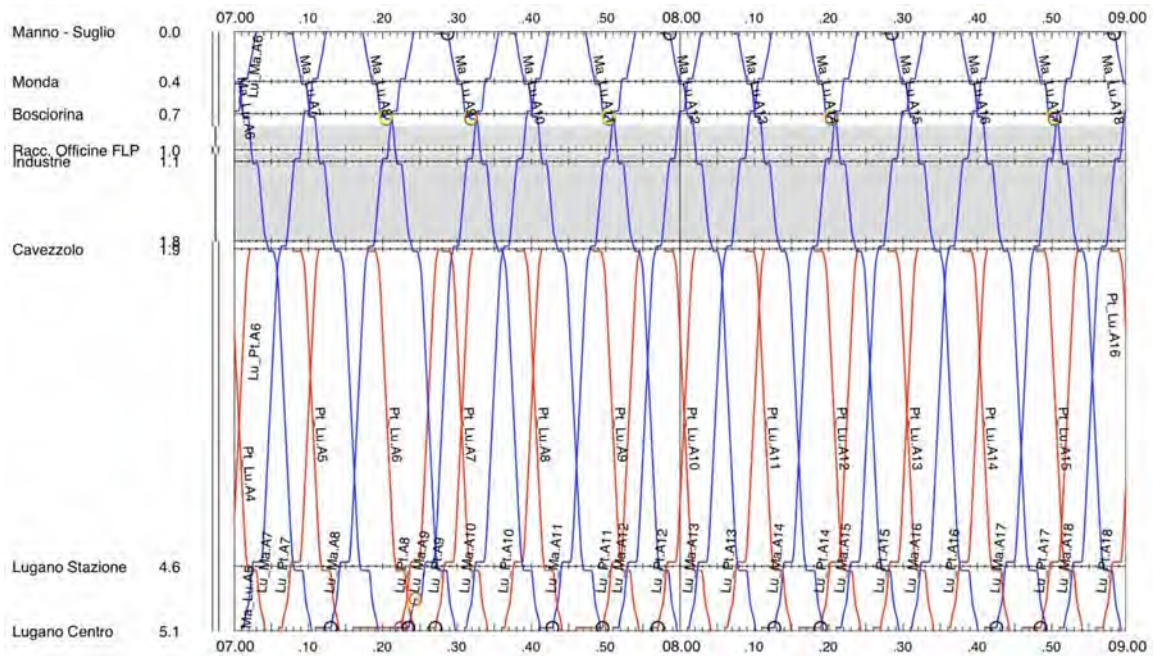


Figura 68: simulazione dell'asta di Manno con ritardo medio di 60".

Si notano alcune tracce leggermente ritardate, ma l'esercizio rimane molto stabile.

Conclusione generale

Il sistema ferroviario e gli orari pianificati sono in grado di sopportare senza problemi una distribuzione del ritardo medio alla partenza di 60 secondi. La qualità di servizio resta buona.

6.4.6 Scenario di simulazione con ritardo medio di 90" secondi

Asta di Ponte Tresa

Con un ritardo medio di 90 secondi l'esercizio rimane abbastanza stabile, anche se si possono formare alcune lacune nell'offerta.

Nel primo caso di simulazione scelto nella serie probabilistica notiamo che il sistema riesce ad assorbire bene i ritardi generati e malgrado alcuni intervalli irregolari di circolazioni (partenze ritardate da Ponte Tresa verso le 08:24 per esempio) è possibile ristabilire l'orario abbastanza rapidamente.

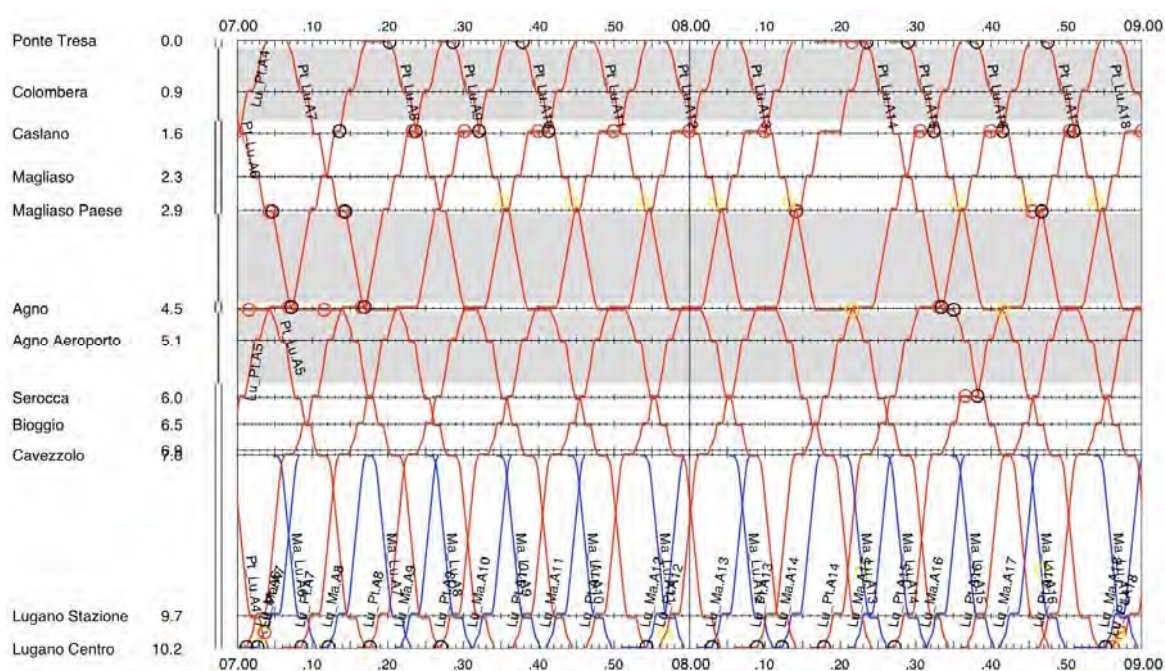


Figura 69: simulazione 1 dell'asta di Ponte Tresa con ritardo medio di 90" – caso A.

Con questo ritardo potrebbero presentarsi alcuni casi in cui sarebbe necessario operare delle scelte di gestione della circolazione e dell'esercizio.

Nella simulazione seguente (che fa parte della stessa serie probabilistica) sarebbe possibile far circolare il treno in partenza da Ponte Tresa (evidenziato con un tratteggio) soltanto se un convoglio di riserva con conducente fosse disponibile.

Altrimenti sarebbe necessario decidere, per esempio, di:

- Sopprimere la corsa (soluzione che il simulatore Opentrack non può decidere di fare in modo automatico),
- Limitare la corsa proveniente da Lugano a Magliaso.

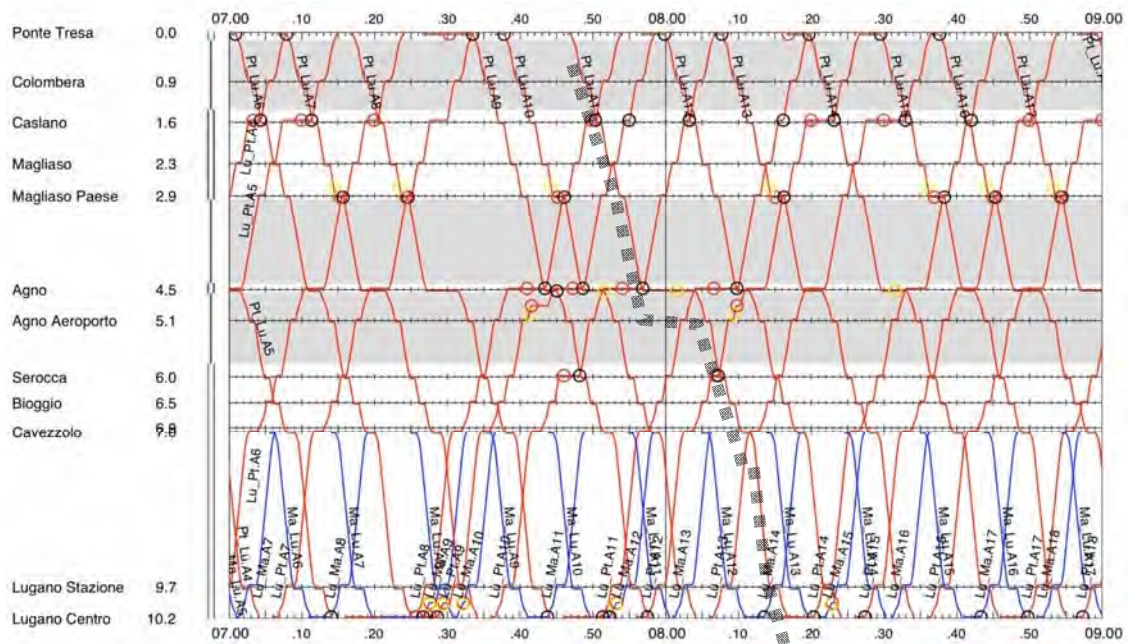


Figura 70: simulazione 1 dell'asta di Ponte Tresa con ritardo medio di 90" – caso B.

Malgrado ciò, notiamo che l'esercizio continua senza problemi o effetti di ritardi "a valanga" e che è possibile ristabilire un servizio regolare in questa simulazione, lo ricordiamo, di punta infinita.

Asta di Manno

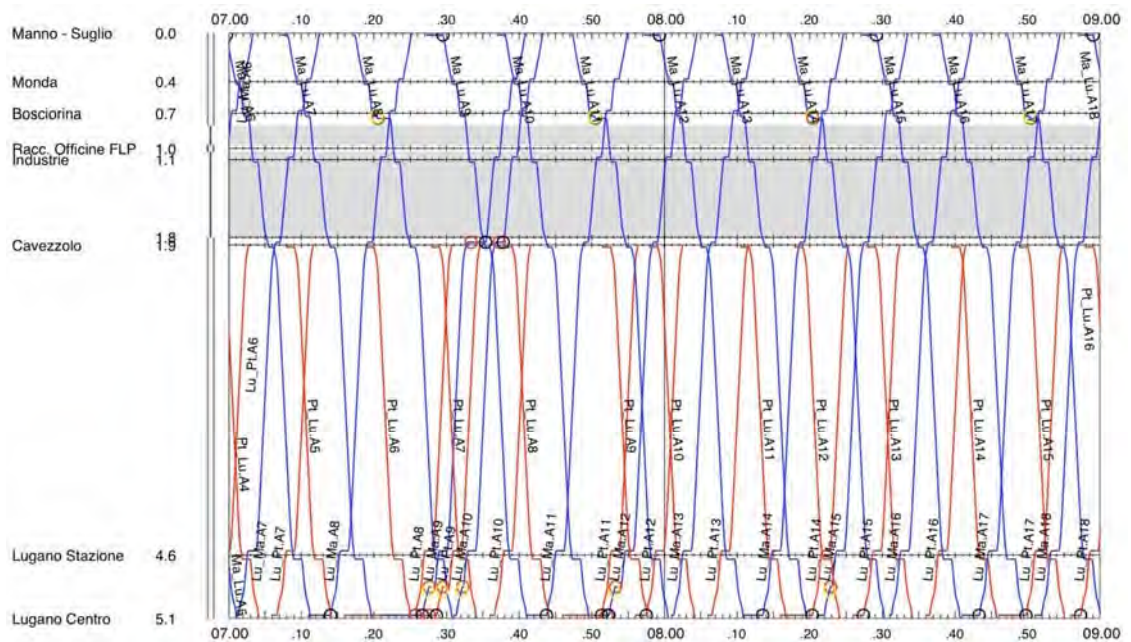


Figura 71: simulazione dell'asta di Manno con ritardo medio di 90".

A partire da 90' secondi di ritardo medio il servizio rischia di andare leggermente "fuori cadenza" per un certo intervallo di tempo.

Notiamo nella simulazione precedente (una delle serie probabilistiche) che l'arrivo ritardato a Manno e in sequenza stretta dopo le 7:40 provoca praticamente la creazione di un "buco d'offerta" verso Lugano. In questo caso abbiamo un convoglio che resta in attesa a Manno e che dovrà essere ritirato alla fine dell'ora di punta.

Anche se saranno necessarie delle scelte di gestione dell'esercizio (come per esempio limitare il convoglio che segue ravvicinato a Cavezzolo) l'orario si mantiene fattibile senza creare problemi e l'esercizio può essere stabilizzato dopo qualche decina di minuti.

Conclusione generale

Con un ritardo medio di 90 secondi il sistema è in grado di gestire le perturbazioni e ritornare in uno stato stabile in modo "autonomo".

In alcuni casi sarà tuttavia necessario procedere a degli interventi di gestione dell'esercizio a seconda degli obiettivi definiti in termini di servizio (come per esempio limitazione o soppressione di certe corse o presenza di convogli di riserva montati il mattino).

6.4.7 Scenario di simulazione con ritardo medio di 120" secondi

Asta di Ponte Tresa

Con una distribuzione di 120" secondi di ritardo medio appaiono le prime situazioni complesse di gestione dell'esercizio.

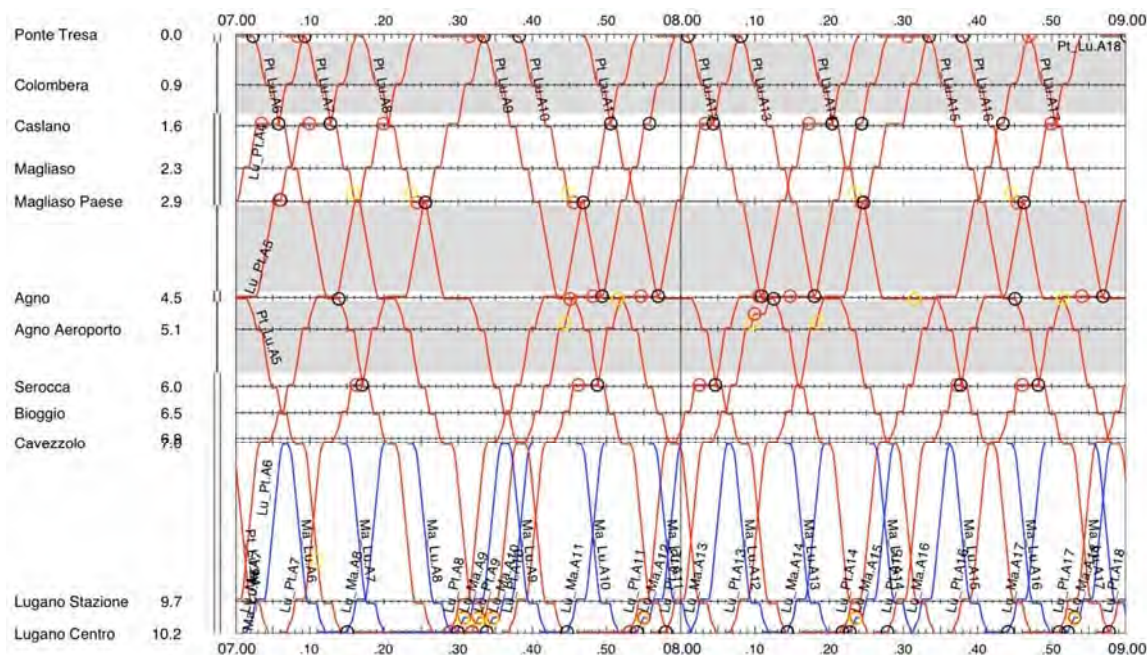


Figura 72: simulazione 1 dell'asta di Ponte Tresa con ritardo medio di 120" – caso A.

In questo primo caso di simulazione si notano delle grosse lacune di servizio che non possono essere riassorbite dopo un'ora.

Tuttavia l'esercizio tiene comunque anche in questo caso e i clienti possono essere trasportati a destinazione, anche se non in condizioni ottimali.

Il sistema arriva al limite delle sue capacità di riassorbimento "automatico" dei ritardi. Questo significa che è necessario prendere delle misure per stabilizzare l'orario già a partire da una situazione con circa 90' di ritardo medio.

In caso contrario, delle azioni più incisive si rivelano necessarie per ripristinare lentamente il traffico, come ad esempio la limitazione del percorso di un treno in forte ritardo, la soppressione di una corsa o il un passaggio ad un servizio con cadenza ridotta durante un certo tempo, in modo da permettere ai convogli di ritrovare le loro tracce originali e riposizionare il materiale rotabile.

Nel secondo caso di simulazione scelto, si nota invece che ad un certo punto Opentrack si trova davanti ad una situazione di conflitto non risolvibili automaticamente, con 3 treni che dovrebbero trovarsi in contemporanea ad Agno.

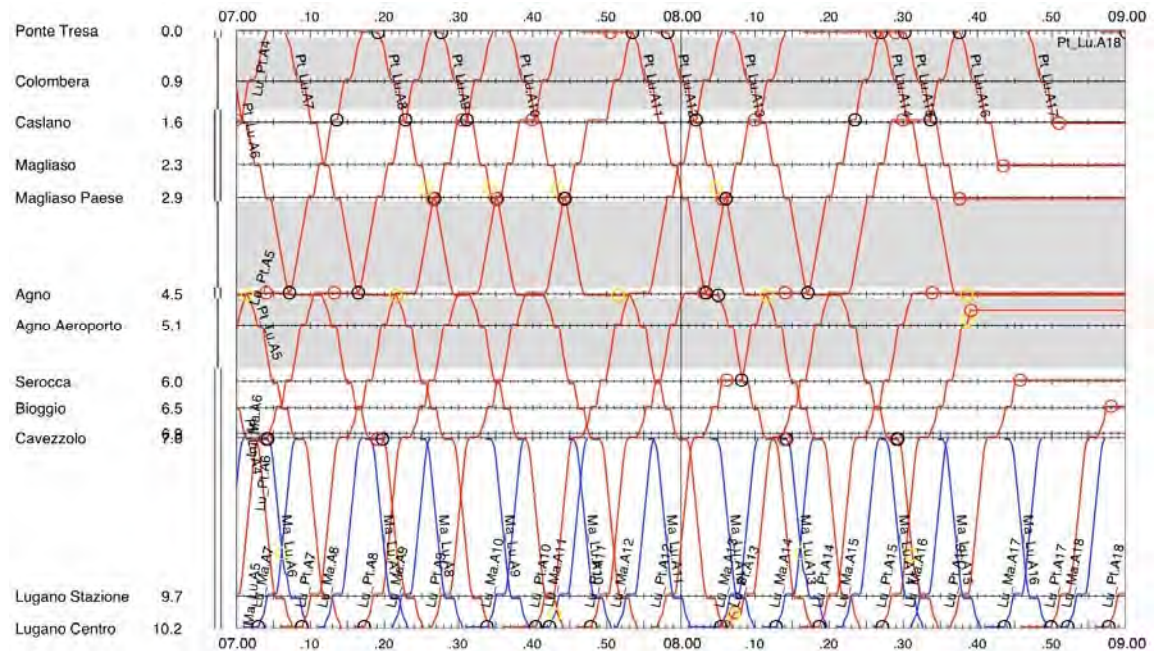


Figura 73: simulazione 1 dell'asta di Ponte Tresa con ritardo medio di 120" – caso B.

La simulazione conferma che il sistema, in situazione di punta infinita, è al limite della sua capacità a gestire i ritardi.

Il simulatore non dispone delle capacità degli agenti di circolazione per decidere come far avanzare i convogli e quali misure prendere per ristabilire l'esercizio e dunque non trova soluzioni.

Asta di Manno

Anche con 120 secondi di distribuzione del ritardo medio, l'asta mi Manno continua a funzionare in modo accettabile, anche se ci sono alcune importanti lacune di servizio.

Come nel caso precedente, il problema si pone all'arrivo di due convogli ravvicinati a Manno, di cui uno deve restare al terminale senza poter rientrare nella cadenza di servizio.

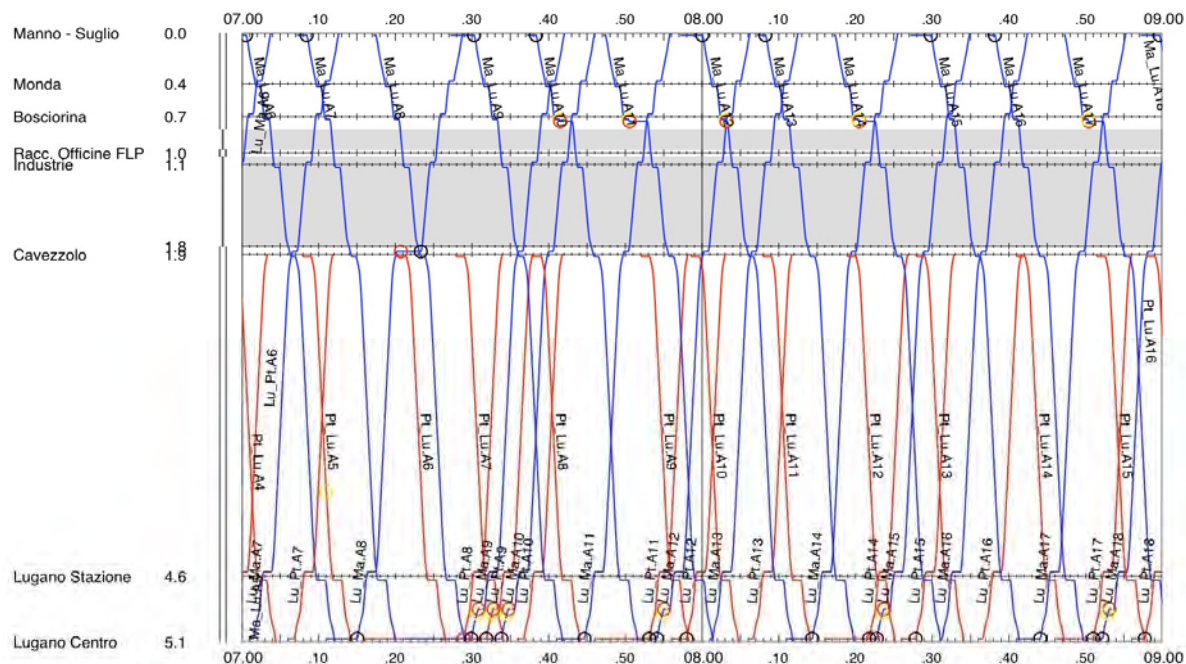


Figura 74: simulazione dell'asta di Ponte Manno con ritardo medio di 120".

Conclusione generale

A partire da 120 secondi di ritardo medio si notano le prime simulazioni della serie probabilistica che provocano dei ritardi non facilmente riassorbibili autonomamente o le prime situazioni di conflitti non risolvibili in automatico.

Questo significa che il regolatore del traffico (gestore) dovrà vegliare e prendere misure correttive appena si identificano situazioni di ritardo che superano i 90 secondi (iterazione precedente).

6.4.8 Deduzione dei risultati della punta infinita sulle 24 ore

Le simulazioni dinamiche mostrano che la rete si trova nell'incapacità di risolvere i problemi di ritardo a partire da un ritardo medio di circa 120 secondi in caso di punta infinita (ora di punta costante).

Nel caso di un servizio reale su 24 ore, con il passaggio all'ora di morbida, il riassorbimento automatico o manuale dei ritardi verrebbe semplificato. Ciò permette di affermare che l'infrastruttura della rete tram-treno è in grado di gestire nell'arco delle 24 ore ritardi medi nell'ordine dei 120 secondi.

6.5 Conclusioni

Le simulazioni dinamiche realizzate mostrano che gli orari pianificati sono fattibili in situazione nominale determinista e non sono stati identificati problemi o criticità particolari.

La rete tram-treno è in grado di assorbire, per una situazione di punta infinita, una media di ritardo alla partenza di circa 90 secondi in modo autonomo. Sopra questo ritardo medio, delle misure operative devono essere prese per assicurare la continuità del servizio. Tuttavia, questo ritardo medio di 120 secondi diventa più facilmente gestibile nella realtà di un servizio giornaliero, grazie alle transizioni verso frequenze minori, con più possibilità di riassorbimento dei ritardi.

Questo risultato positivo conferma la fattibilità globale del progetto e la sua capacità di assorbire delle situazioni di ritardo quotidiane.

È evidente che questa analisi illustra quali sono i limiti del sistema ferroviario, che non devono essere considerati come dei problemi, ma delle indicazioni importanti per l'organizzazione futura dell'esercizio e delle misure da prendere per stabilizzarlo. La futura rete tram-treno del Luganese sarà un sistema di trasporto più complesso ed esigente di quello attuale, e come tutti i sistemi complessi, richiederà una gestione adeguata e precisa dei rischi e della produzione.

L'impresa di trasporto dovrà organizzarsi a tutti i livelli per prevenire ancora più di oggi i problemi e disporre delle risorse e dei processi in grado di risolverli tempestivamente.

7 ANALISI COSTI-BENEFICI

La stima dei costi e degli introiti ha lo scopo di fornire le prime indicazioni sul futuro sforzo finanziario che gli enti pubblici saranno chiamati a sopportare con la messa in servizio della rete tram-treno del Luganese.

Per questa stima vengono prese in considerazione i costi chilometrici totali (comprendenti tutte le voci di spesa (gestione, manutenzione, ammortamento veicoli, costi di esercizio, ..) sulla base di prezzi unitari dedotti dai dati storici della FLP e da altre realtà di reti esistenti.

Gli introiti sono considerati proporzionali al numero di passeggeri trasportati.

Questa prima stima potrà essere affinata in futuro grazie a studi e analisi specifiche su questo tema, una volta conosciuti i dettagli del materiale rotabile e tutte le ipotesi di esercizio commerciale e di gestione della rete.

7.1 Situazione attuale

In questo capitolo sono analizzati gli introiti e i costi attuali della linea esistente. Alcuni fattori chiave sono “isolati” e in un secondo tempo utilizzati per elaborare le stime con la messa in servizio della rete tram-treno.

7.1.1 Introiti attuali

Gli introiti della FLP possono essere suddivisi in tre voci:

- Introiti di trasporto (biglietti, abbonamenti);
- introiti accessori;
- contributi pubblici, indennità.

La tabella seguente presenta le cifre del rapporto d’esercizio della FLP del 2013.

	In migliaia di franchi (KCHF)	In percento del totale degli introiti [%]
Introiti di trasporto	2'979	~ 29%
Introiti accessori	787	~ 8%
Indennità per costi non coperti	6'113	~ 59%
Indennità TIA	403	~ 4%
Totale	10'282	100%

Tabella 8: Introiti FLP nel 2013

Nel 2013, il totale delle entrate ammontava a circa 10,3 milioni di franchi.

È importante ricordare che dal 2013 le FLP è membra della Comunità tariffale integrale (TIA) “Arcobaleno” che raggruppa diverse imprese di trasporto. Questa organizzazione si occupa, tra l’altro, della politica di tariffazione e della redistribuzione degli incassi. La FLP non dispone dunque più di introiti propri ma percepisce una quota fissa della Cassa comunitaria. La quota è attualmente stabilita a 5,289% e nel futuro sarà periodicamente rivista sulla base di stime dei passeggeri effettivamente trasportati.

Gli **introiti di trasporto** corrispondono a circa 3 milioni di CHF, vale a dire circa il 29% del totale delle entrate.

Gli **introiti accessori** provengono da diverse attività (servizi per conto di terzi, locazioni e affitti, ecc.) non strettamente legate all’attività trasportistica e si aggirano a circa 780'000 CHF (8% del totale).

I **contribuiti pubblici**, destinati a compensare i costi non coperti dell’esercizio, rappresentano la fonte d’entrata principale. I contribuiti pubblici assicurano la maggior parte delle entrate, pari a circa 6 mio. CHF, ossia il 63% del totale.

Grazie all’informazione sugli introiti di trasporto (circa 3 mio. CHF) e il numero di passeggeri annuali trasportati (2'108'506 persone) per il 2013, è possibile allestire un indicatore molto prezioso per la futura stima degli introiti: l'**introito per passeggero**, che si situa, nel caso delle FLP, pari a circa **1.40 CHF/passeggero**.

Per valutare la situazione attuale e proiettarla sulla futura rete del tram-treno, sono state realizzate alcune analisi di benchmark.

La linea ferroviaria LEB - Lausanne-Echallens-Bercher SA presenta caratteristiche simili alla futura rete tram-treno del Luganese. Il tracciato di circa 23 km con scartamento metrico è stato prolungato grazie ad un tunnel al centro di Losanna alcuni anni fa. L’offerta attuale è di 15 minuti in zona periurbana, tra Losanna e Cheseaux. L’introito medio per passeggero è di circa 1.8 CHF/passeggero (stima propria).

Le linee tramviarie a Ginevra (che hanno una lunghezza che varia tra i 6 e i 13 km) presentano un introito per viaggiatore situato tra 0.7 e 1 CHF/passeggero (stima propria). Questo importo, meno elevato, è probabilmente dovuto al contesto territoriale diverso che modifica le caratteristiche degli spostamenti. Il LEB o le FLP attraversano infatti un territorio più periurbano, con lo scopo di collegarlo al loro centro d’agglomerato.

Per valutare gli introiti futuri, una prima stima è dunque realizzata con l’introito per passeggero attuale, vale a dire 1.4 CHF/passeggero. Una seconda stima è effettuata con un aumento del 15%, vale a dire 1.6 CHF/passeggero. Questa cifra corrisponde all’aumento ipotizzato dall’UFT nel quadro del Programma di sviluppo strategico della ferrovia (fonte: pagina 20 della perizia Rapp Trans *Ferrovia Lugano-Ponte Tresa: verifica degli scenari di sviluppo della domanda* [1]).

7.1.2 Costi attuali

I costi della FLP, nel 2013, possono essere suddivisi in quattro voci:

- oneri per il personale;
- spese di gestione;
- spese di costruzione e rinnovamento non attivabili;
- ammortamenti.

La tabella seguente presenta le cifre, disponibili nell'ultimo rapporto d'esercizio del 2013.

	In migliaia di franchi (KCHF)	In percento del totale delle spese [%]
Oneri del personale	3'988	~39%
Spese di gestione	4'227	~41%
Spese di costruzione e rinnovamento non attivabili	55	~1%
Ammortamenti	1'947	~19%
Totale	10'217	100%

Tabella 9: Costi FLP 2013

Nel 2013, il totale delle uscite ammontava a circa 10.2 mio. CHF.

Gli **oneri del personale**, composto da 42 collaboratori, è di circa 4 mio. CH, ovvero il 39% del totale delle spese.

Le **spese di gestione** sono costituite da diverse voci (spese generali, marketing, assicurazioni e rifusione danni, servizi da parte di terzi, locazione e affitti, energia e prodotti di consumo, materiale e prestazioni di terzi per la manutenzione). Queste spese ammontano a circa 4.2 mio. CHF, ossia il 41% del totale delle uscite.

La parte **ammortamenti** è di circa 2 mio.CHF, vale a dire il 19% del totale. Sono ammortati gli impianti e immobili ferroviari (impianti di telecomunicazione e sicurezza, impianti per la trazione elettrica, stabili, ecc.), i veicoli e la mobilia.

Grazie all'informazione sulle spese totali (10'217 KCHF) e i 470'500 km/anni percorsi (somma dei chilometri percorsi dai veicoli secondo i dati alla pagina 27 del rapporto d'esercizio) è possibile allestire un indicatore per la futura stima delle spese: il **costo chilometrico** che si situa a circa **21.7 CHF/km**.

Come per gli introiti, qualche confronto con altre realtà svizzere è interessante.

La linea ferroviaria LEB (Lausanne-Echallens-Bercher SA) presenta nel 2013 un costo chilometrico di circa 29 CHF/km (stima propria).

Le linee di tram a Ginevra presentano un costo chilometrico situato tra 22 CHF/km e 29 CHF/km a seconda delle linee considerate.

Per le stime sono stati dunque scelti **due valori di costi chilometrici**: uno vicino a quelli attuali di **22 CHF/km** e uno simile alle cifre più elevate di Losanna e Ginevra di **30 CHF/km**. Un aumento del costo chilometrico è infatti verosimile a causa dell'ammortamento delle 12 composizioni del materiale rotabile previste.

7.2 Situazione con rete tram-treno

7.2.1 Costi futuri

La stima dei costi è realizzata sulla base del numero delle corse annuali che saranno effettuate secondo il concetto d'offerta elaborato in precedenza, moltiplicate per la lunghezza delle aste di Ponte Tresa (~ 10,3 km) e di Manno (~ 5,3 km). Le distanze ottenute sono state poi maggiorate del 4% per considerare la necessità d'effettuare corse non commerciali (per esempio per raggiungere l'officina).

Sull'arco di un anno sono considerati 251 giorni feriali, 50 sabati, 50 domeniche e 14 giorni festivi.

Applicando un costo chilometrico di 22 CHF/km (forchetta bassa) e di 30 CHF/km (forchetta alta), si ottengono i costi d'esercizio annuali seguenti:

	Corse annuali	Distanza percorsa [km/anno]	Costi annuali [CHF/anno]	
			Stima con 22 CHF/km	Stima con 30 CHF/km
Asta Ponte Tresa	48'442	497'645	11'493'291	15'672'670
Asta Manno	28'106	147'866	3'152'652	4'299'071
Totale			14'645'943	19'971'740

Tabella 10: Stima dei costi d'esercizio rete tram-treno

La tappa prioritaria della rete tram-treno comporta costi annuali d'esercizio stimati tra **14.6 e 20 mio. CHF**. Rispetto ad oggi (10.2 mio. CHF), l'aumento va da +40% a +100%.

7.2.2 Introiti di trasporto futuri

Per la **stima degli introiti**, vengono considerati gli introiti in funzione dei passeggeri trasportati.

La perizia Rapp Trans indica una forchetta di 14'000-17'500 passeggeri al giorno per un feriale medio.

Per suddividere i viaggiatori tra le due aste sono utilizzati i dati del modello cantonale del traffico (scenario obiettivo 2025 del programma d'agglomerato di seconda generazione del Luganese PAL2). Studiando i movimenti alle fermate che non sono comuni alle due aste, è possibile attribuire 86% all'asta di Ponte Tresa e 14% all'asta di Manno.

Il modello cantonale del traffico non dispone di dati specifici sul fine settimana; per valutare la frequentazione si è ipotizzata una variazione infrasettimanale comparabile a quella odierna sull'asta di Ponte Tresa. Se ne deduce che il sabato circolano il 65% dei viaggiatori di un giorno feriale e la domenica il 30% dei viaggiatori di un giorno feriale.

Per l'asta di Manno, la domanda nel week-end dovrebbe essere decisamente inferiore a quella dei feriali, visto che la zona servita è essenzialmente industriale o d'attività terziaria. Inoltre l'asta di Manno non può vantare di un forte potenziale di svago o d'acquisto come quella di Ponte Tresa (nessun accesso al lago o ai centri commerciali svizzeri/italiani). Per questi motivi si è ipotizzata nei week-end una domanda due volte inferiore in percento sull'asta di Manno rispetto all'asta di Ponte Tresa. Questo significa che il sabato circolano solo 33% dei viaggiatori presenti in un giorno feriale e la domenica solo il 15% dei viaggiatori di un giorno feriale.

	Feriale	Sabato	Domenica
Ponte-Tresa-Lugano	100%	~65%	~30%
Manno-Lugano	100%	~33%	~15%

Tabella 11: Ripartizione passeggeri nei giorni feriali, sabato e domenica

Grazie a queste ipotesi, possono essere calcolati i passeggeri annuali per asta.

La stima degli introiti è dunque realizzata applicando un introito per passeggero di 1.4 CHF/passeggero (forchetta bassa) e di 1.6 CHF (forchetta alta).

	Passeggeri annuali per asta		Introiti dei viaggiatori annuali [CHF/anno]	
	Stima bassa	Stima alta	Stima bassa	Stima alta
Ponte-Tresa-Lugano	3'649'795	4'562'244	5'109'713	fr. 7'299'590
Manno-Lugano	536'352	670'441	fr. 750'893	fr. 1'072'705
Totale			fr. 5'860'606	fr. 8'372'295

Tabella 12: Stima degli introiti rete tram-treno

La tappa prioritaria della rete tram-treno dovrebbe fornire degli introiti **stimati tra i 5.8 e 8.4 mio. CHF**. Rispetto al 2013 (3 mio. CHF), l'aumento sarebbe dell'ordine di +90% fino a +180%.

7.2.3 Costi non coperti futuri

	Costi non coperti [CHF/anno]	
	Stima bassa	Stima alta
Ponte-Tresa-Lugano	fr. 4'193'701	fr. 10'562'957
Manno-Lugano	fr. 2'079'947	fr. 3'548'177
Totale	fr. 6'273'648	fr. 14'111'134

Tabella 13: Stima costi non coperti rete tram-treno

La tappa prioritaria della rete tram-treno dovrebbe comportare costi non coperti situati **tra 6.3 e 14.1 mio. CHF**.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Ferrovia Lugano-Ponte Tresa: verifica degli scenari di sviluppo della domanda, Sezione della mobilità, Versione 1.0, 30 settembre 2014
- [2] AGGLOMERATO DI LUGANO- COMPENSORIO VALLE DEL VEDEGGIO Piano d'offerta del trasporto pubblico su ferro (TILO/Tram) e su gomma per il comparto Valle del Vedeggio dopo l'apertura della galleria di base AlpTransit del Ceneri, DT-Sezione della mobilità/Commissione Vedeggio Valley/CRTL, 2014
- [3] Masterplan Medio-Alto Vedeggio, Commissione Vedeggio Valley (CVV), 2012

9 DATI E ANALISI SUPPLEMENTARI

9.1 Benchmark sulla lunghezza del materiale rotabile

9.1.1 Svizzera

- **Basilea – BLT**

Si tratta storicamente di un vero e proprio servizio comparabile a un tram-treno, poiché i convogli circolano nella campagna basilese e in centro città.

I nuovi tram Tango della Stadler hanno una lunghezza di **45 metri**.



Figura 75: tram Tango delle BLT in città e in campagna.

Il servizio prevede 8 corse all'ora tra le 06 e le 20 nei giorni feriali (cadenza 7,5 minuti)

- **Agglomerazione Zurigo – VBZ, Glattalbahn e Limatthalbahn (progetto)**

In centro città e per le nuove linee regionali di “prolungamento” del tram verso i centri vicini, i convogli Cobra Bombardier-Alstom hanno una lunghezza di **36 metri**.



Figura 76: tram Cobra in periferia e in città

Il servizio prevede 8 corse all'ora tra le 06 e le 20 nei giorni feriali (cadenza 7,5 minuti).

- **RBS – Regionalbahn Bern-Solothurn**

Si tratta di un della rete suburbana a scartamento metrico più importante della Svizzera, con 16 treni ogni ora alla stazione terminale sotterranea di Berna.



Figura 77: I “Mandarlini” (Be 4/12 arancioni come quelli di FLP) e nuovi NEXT della RBS

I nuovi treni Next di **60 metri** sostituiscono le attuali composizioni Be 4/8 e 4/12 (uguali a quelle della FLP). I treni circolano anche accoppiati con una lunghezza complessiva di 120 metri. L’offerta in ora di punta varia da 4 treni all’ora (15 minuti) fino a 8 treni all’ora.

Si tratta tuttavia di un **caso non comparabile al tram-treno del luganese**. I volumi di traffico sono molto differenti (24 milioni per RBS rispetto ai 2 milioni delle FLP) e i convogli non sono destinati a circolare sul sedime stradale in centro città.

- **Forchbahn**

I vecchi convogli Be 4/4 di una lunghezza di circa **19 metri** circolano anche in quadrupla composizione, per una lunghezza totale di quasi 80 metri. I nuovi treni Stadler **25,5 metri** circolano anche in tripla composizione, per una lunghezza di circa 75 metri.



Figura 78: vecchie automotrici al terminale di Stadelhofen e nuovi convogli Stadler verso Forch

Nell’ora di punta 8 treni circolano da/per Forch, di cui la metà da/per Esslingen. Anche i treni della Forchbahn circolano fino in centro a Zurigo, utilizzando i binari tramviari da Realp, ma i volumi di traffico annuali (circa 6 milioni di viaggiatori) non sono comparabili a quelli della FLP (circa 2 milioni).

9.1.2 Germania

- **Karlsruhe**

La città che ha prodotto il concetto del tram-treno si è equipaggiata da poco con nuovo materiale rotabile Bombardier di **37 metri di lunghezza**, che può essere accoppiato se necessario nelle ore di punta.



Figura 79: convogli Bombardier di 37m di lunghezza in esercizio a Karlsruhe.

Si tratta di una grande agglomerazione, con volumi di traffico di circa ½ milione di abitanti, molto più elevati di quelli del tram treno del Luganese.

- **Stuttgart**

Il nuovo tram S-DT 8.12 della Stadler, che circola anche in periferia, ha una lunghezza di **39 metri**.

Durante tutta la giornata le linee possono contare delle frequenze che vanno fino a 10 minuti, con frequenti superposizioni di linee per rinforzare ulteriormente l'offerta (12 corse orarie invece di 6).



Figura 80: i veicoli in sito misto urbano e su tratta riservata

9.1.3 Francia

Il primo tram-treno di Francia utilizza dei veicoli Avanto di **37 metri** di lunghezza, per una frequenza di 15 minuti in ora di punta.

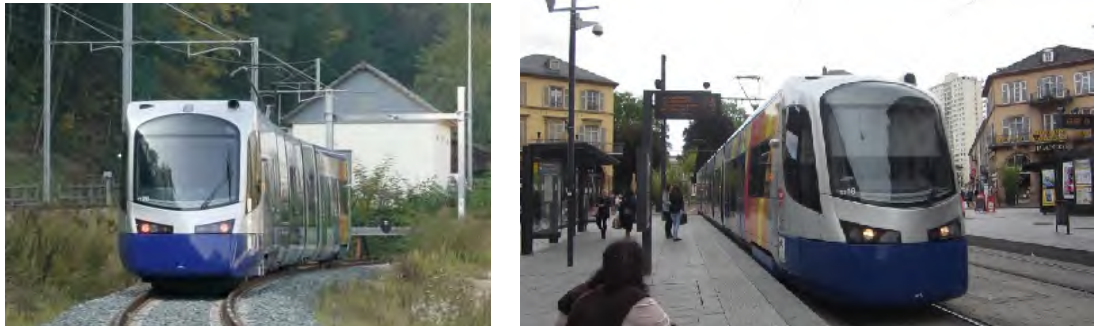


Figura 81: un tram-treno su tratta ferroviaria e in centro città.

9.1.4 Paesi Bassi

La recente Randstadrail nella regione di Rotterdam e Utrecht utilizza veicoli Citadis Alstom di **36 metri** di lunghezza, con frequenze di 10 minuti nelle ore di punta (con più linee sovrapposte in centro città a Den Haag).



Figura 82: un tram-treno su tratta ferroviaria e in centro città (tratte e fermate in sito protetto)

9.1.5 Conclusioni

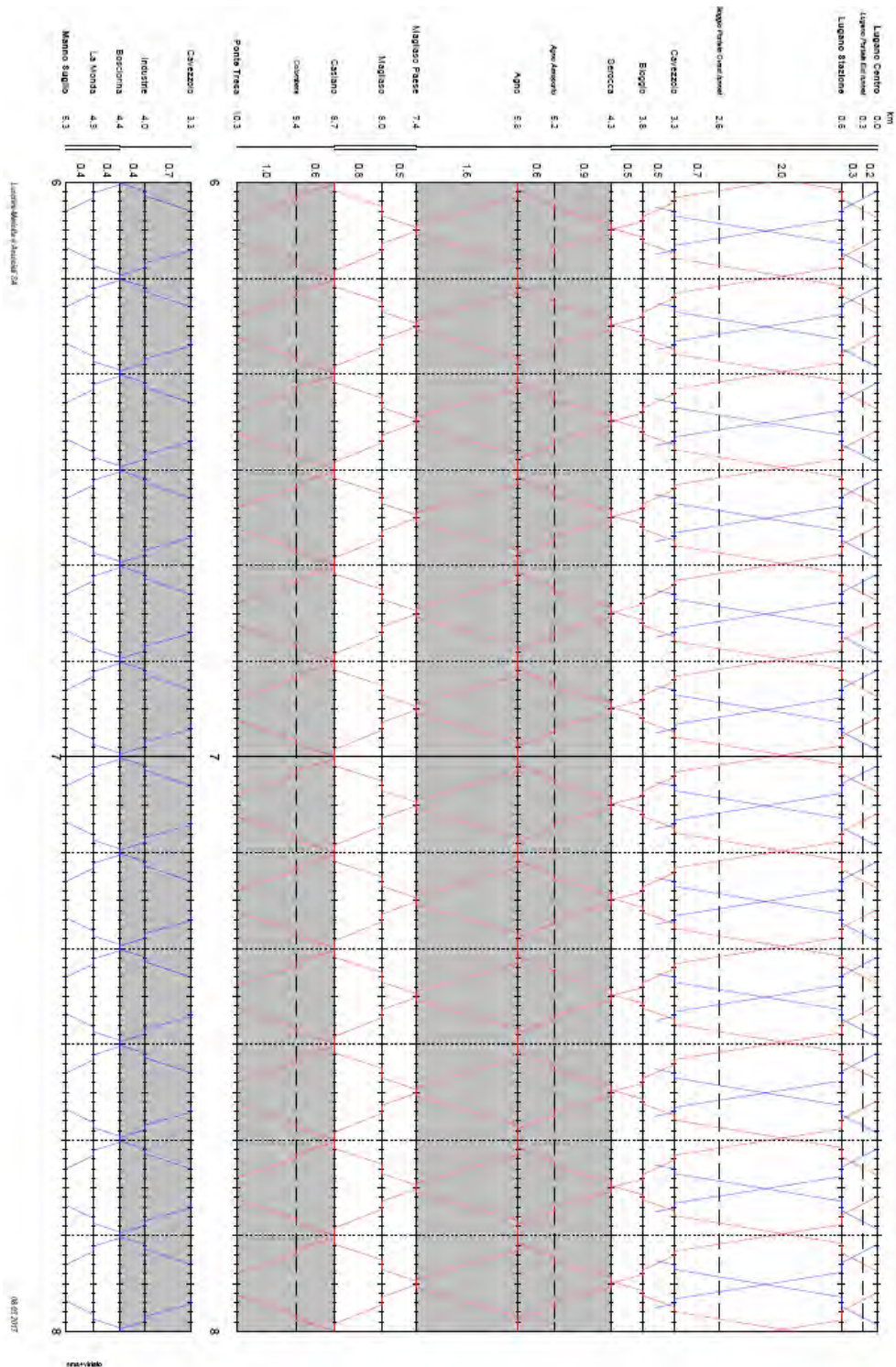
I casi esaminati mostrano che la scelta di un materiale per realizzare un servizio di tipo tram-treno e dunque adatto a circolare in un centro urbano, sono generalmente orientati verso dei veicoli di circa 40 metri di lunghezza. Si tratta d'altronde di una caratteristica legata sovente a delle frequenze di servizio dell'ordine di 10-8 minuti di intervallo.

Delle composizioni più capienti e di lunghezza più importante esistono, come mostrato, ma circolano solo su reti che comportano dei carichi di traffico molto più elevati di quelli della futura rete tram-treno del luganese.

Le scelte di progetto sono dunque compatibili con gli standard attuali nelle condizioni quadro considerate.

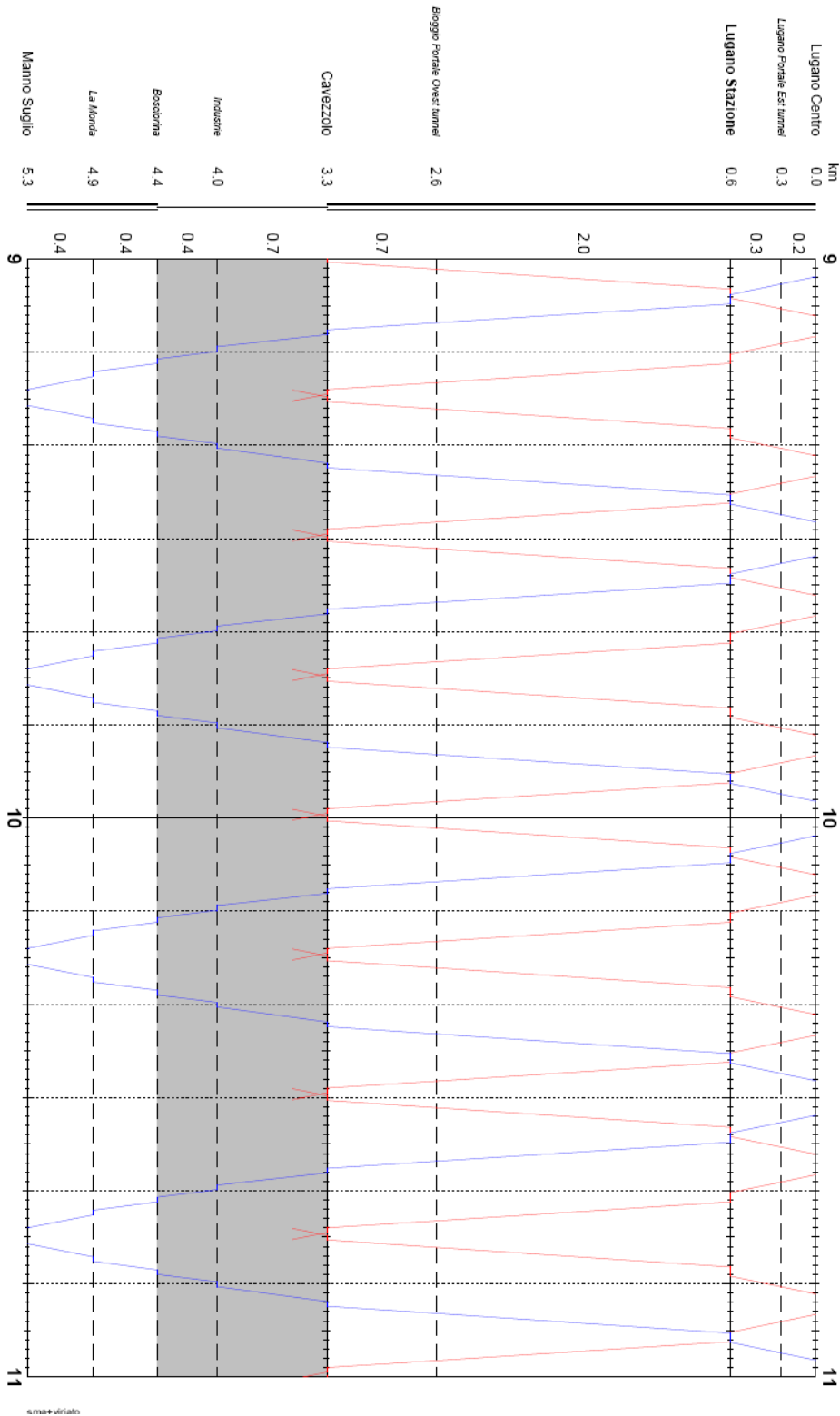
9.2 Orari grafici

9.2.1 Ora di punta



9.2.3 Ora di morbida – orario d’esercizio commerciale, asta di Manno

L’orario seguente corrisponde all’offerta commerciale in ora di morbida di un giorno feriale.



9.3 Analisi comparativa dei tempi di viaggio

9.3.1 Introduzione

I due casi più importanti e significativi di tempi di viaggio analizzati sono:

- i tempi da/per il centro di Lugano, al nodo intermodale del piazzale Ex Scuole;
- i tempi da/per la stazione FFS (marciapiede centrale dei binari 2 e 3).

I tempi sono calcolati da/per tre stazioni rappresentative della linea:

- Ponte Tresa,
- Agno,
- Bioggio (ultima stazione della linea esistente verso il centro che resterà attiva con il progetto tram-treno).

I tempi di percorrenza della rete tram-treno sono variabili tra ore di punta e di morbida a causa delle differenti frequenze offerte e dei vincoli infrastrutturali presenti sulla tratta esistente Bioggio – Ponte Tresa che rimarrà in esercizio.

Il tempo di viaggio è calcolato come la somma del tempo di percorrenza con il materiale ferroviario (dal momento della partenza del veicolo dalla stazione di origine) fino all'arrivo alla destinazione finale, tenendo dunque conto e integrando altri tempi di spostamento complementari necessari (marcia a piedi, funicolare, ecc).

Tempo di viaggio = tempo di percorrenza tram-treno + tempo complementare

9.3.2 Tempi di percorrenza ferroviari per Lugano Stazione e Lugano Centro

- **Situazione attuale**

L'indicatore ufficiale svizzero indica per la situazione attuale (sia in ora di punta che in ora di morbida):

- Ponte Tresa – Lugano FLP 25 minuti
- Agno – Lugano FLP 16 minuti
- Bioggio – Lugano FLP 12 minuti

Questi tempi sono utilizzati per il calcolo dei tempi di viaggio da/per la stazione FFS e verso il centro di Lugano.

- **Situazione tram treno**

I tempi di percorrenza del progetto sono dedotti a partire dai grafici di circolazione.

Sono considerati per il calcolo dei minuti “commerciali”, vale a dire degli “arrotondamenti” dei tempi tecnici ferroviari per disporre di un dato paragonabile ai tempi di percorrenza attuali degli indicatori ufficiali (che non tengono conto dei mezzi minuti).

Per assicurare un paragone oggettivo e corretto, nel servizio del tram-treno in situazione di progetto è soppressa la fermata Colombera (che oggi non esiste), ciò che riduce le percorrenze di circa 1'00"-1'25". La fermata di Agno Aeroporto (situazione di progetto) non ha nessun effetto trovandosi tra due punti di incrocio.

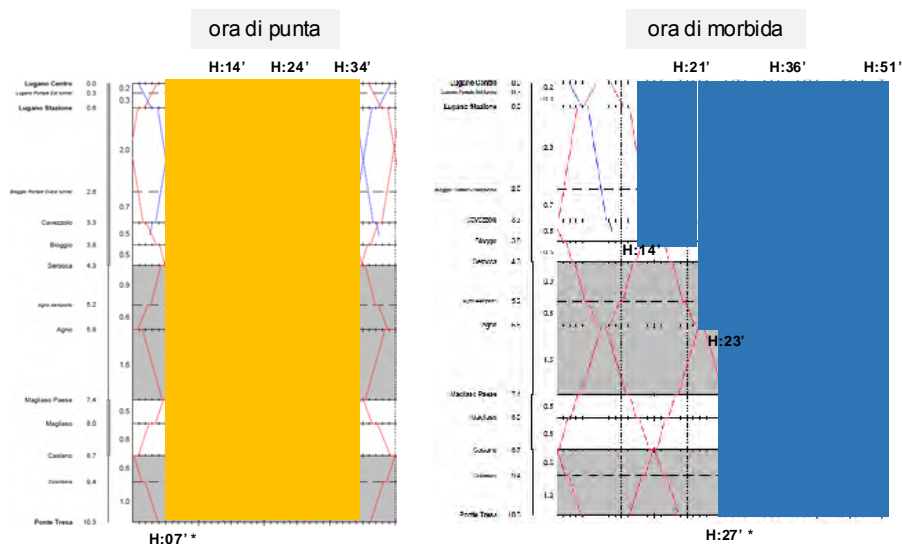


Figura 83: minuti di partenza dalle stazioni e arrivo a Lugano Centro (punta e morbida), i minuti di partenza da Ponte Tresa non comprendono la fermata di Colombera .

Gli orari pianificati prevedono i tempi di percorrenza commerciali **da/per Lugano Centro** seguenti:

Da/per Lugano Centro	Ora di punta	Ora di morbida
Ponte Tresa – Lugano Piazzale Ex Scuole	27'	24'
Agno – Lugano Piazzale Ex Scuole	13'	13'
Bioggio – Lugano Piazzale Ex Scuole	8'	7'

Tabella 14: Percorrenze tram-treno da/per Lugano Centro

Le differenze tra i tempi di percorrenza tra l'ora di punta e di morbida sono dovuti alla differente struttura dell'orario tra una cadenza a 10' e 15'. In ora di punta si ha la presenza di 5 punti di incrocio, mentre in ora di morbida solo 3.

I tempi di percorrenza **da/per Lugano Stazione Sotterranea** sono indicati nella seguente tabella:

Da/per Lugano Stazione Sotterranea	Ora di punta	Ora di morbida
Ponte Tresa – Lugano Stazione Sotterranea	24'	21'
Agno – Lugano Stazione Sotterranea	10'	10'
Bioggio – Lugano Stazione Sotterranea	5'	4'

Tabella 15: Percorrenze tram-treno da/per Lugano Stazione Sotterranea

9.3.3 Tempi di viaggio da/verso Lugano Centro

- **Situazione nel 2014 prima dei lavori della nuova stazione**

Si tratta della configurazione conosciuta prima dell'inizio dei lavori dall'utenza, che poteva scegliere tra il percorso a piedi o la vecchia funicolare per rendersi verso il centro cittadino.

Per il percorso a piedi, il tragitto fino al nodo intermodale di Piazzale Ex Scuole implica un tragitto di circa 700 metri e un tempo di **circa 10'30''** (stima per un percorso su tratta pianeggiante).

Per l'uso della funicolare bisogna considerare:

- la marcia a piedi dalla stazione FLP fino alla fermata superiore della funicolare, di circa 2 minuti,
- il tempo di attesa medio di 1'30'' se si considera un tempo di percorrenza di 2 minuti della funicolare e 1 minuto per il carico-scarico dei passeggeri (tempo trascorso tra l'arrivo e la partenza),
- il tempo di percorrenza di 2 minuti,
- il tempo di marcia tra la stazione a valle e la pensilina, di circa 4 minuti.

Il totale è dunque di **circa 9'30''**. L'uso della funicolare è preso come riferimento per l'analisi comparativa, anche perché più credibile per uno spostamento dal centro verso la stazione (evitando dunque la salita e le scale a piedi).



Figura 84: itinerari nella situazione attuale per raggiungere piazzale Ex Scuole dalla stazione Lugano FLP.

I tempi di viaggio considerati per l'analisi comparativa sono dunque:

Da/per Lugano Centro	ora di punta / ora di morbida
Ponte Tresa – Lugano Piazzale Ex Scuole	34'30'' = 9'30'' + 25'
Agno – Lugano Piazzale Ex Scuole	25'30'' = 9'30'' + 16'
Bioggio – Lugano Piazzale Ex Scuole	21'30'' = 9'30'' + 12'

Tabella 16: Tempi di viaggio 2014 da/per Lugano Centro

- **Situazione nel 2017 dopo la messa in servizio della nuova stazione**

I lavori in corso nell'ambito del progetto Alptransit prevedono il rifacimento dell'atrio e delle zone pubbliche e la riorganizzazione degli spazi della stazione.

In particolare, sono previsti:

- La messa in esercizio di una nuova funicolare (nel frattempo già avvenuta, 12.2016);
- la creazione di un nuovo collegamento diretto tra la Stazione FLP attuale e l'atrio principale FFS (fine dell'attraversamento di via Maraini), che svolge anche un ruolo di nuovo percorso pedonale verso il centro;
- la creazione di una nuova scalinata verso la cattedrale San Lorenzo.

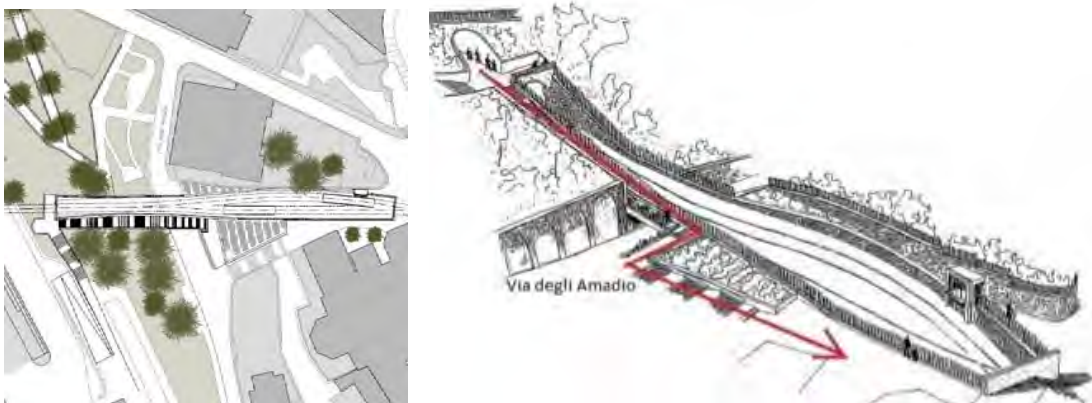


Figura 85: visualizzazione delle nuove vie di comunicazione del settore "sotto" stazione



Figura 86: Nuova organizzazione dagli spazi, che facilitano il collegamento tra funicolare e FLP

Per la marcia a piedi, il tragitto è ridotto di circa 150 metri e il nuovo tempo di spostamento è dunque di circa **8'30''**.

Anche per l'uso della funicolare il tragitto si riduce e semplifica notevolmente e possiamo considerare i nuovi tempi elementari seguenti:

- 1 solo minuto tra la stazione FLP e la fermata superiore della funicolare;
- il tempo di attesa medio che rimane di circa 1'30'';
- il tempo di percorrenza tra la stazione a monte e a valle un po' ridotto, di circa 1'30'';
- il tempo di marcia tra la stazione a valle e il piazzale Ex Scuole che rimane invariato, di circa 4 minuti.

Il totale è dunque di **circa 8'00''**. Questo "miglior tempo" è preso come riferimento per l'analisi comparativa.

Abbiamo dunque per la situazione 2017 i tempi di viaggio seguenti:

Da/per Lugano Centro	ora di punta / ora di morbida
Ponte Tresa – Lugano Piazzale Ex Scuole	33'00'' = 8' + 25'
Agno – Lugano Piazzale Ex Scuole	24'00'' = 8' + 16'
Bioggio – Lugano Piazzale Ex Scuole	20'00'' = 8' + 12'

Tabella 17: Tempi di viaggio 2017 da/per Lugano Centro

• Situazione con il progetto tram-treno

I tempi di viaggio corrispondono in questo caso ai tempi di percorrenza ferroviari esposti nella tabella 11.

9.3.4 Tempi di viaggio da/verso la stazione FFS

Per assicurare una valutazione chiara e omogenea, sono stati valutati i tempi di viaggio da/per il centro dal marciapiede centrale della stazione di Lugano, situato tra i binari 2 e 3, dove arrivano e partono i treni a lunga percorrenza in direzione nord e sud.



Figura 87: un treno ICN in partenza verso nord al binario 3 della Stazione FFS di Lugano

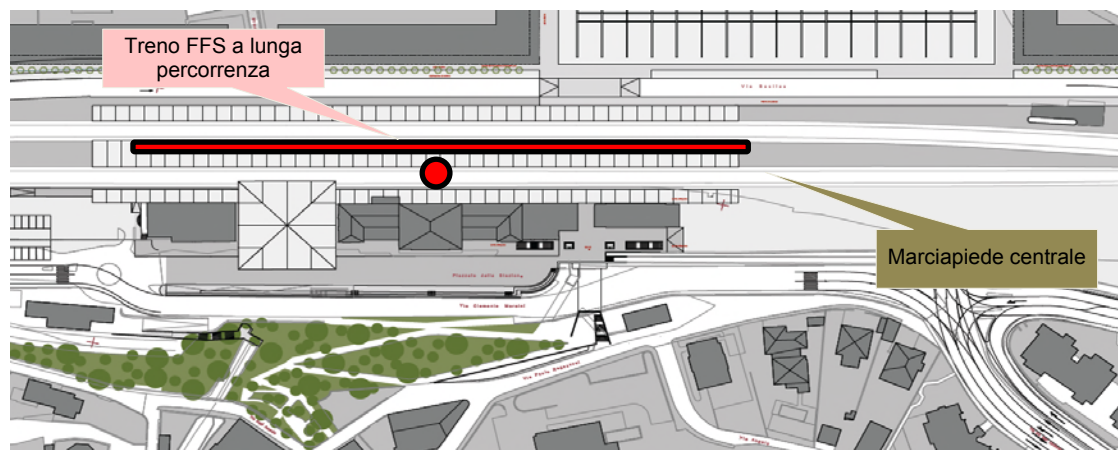


Figura 88: posizionamento del punto di calcolo e dei convogli a lunga percorrenza

• **Situazione 2014 (prima dei lavori della nuova stazione)**

Per raggiungere i treni FFS a lunga percorrenza dalla stazione FLP attuale è necessario risalire le scale verso via Maraini, attraversare la strada e percorrere il sottopasso che porta dall'atrio principale al marciapiede.

La distanza è di circa 240 m e il tempo necessario a percorrere questa distanza può essere stimato a circa **3'50''- 4'00''** (velocità di marcia media di 4 km/h + 15'' secondi d'attesa al passaggio pedonale pedonali).

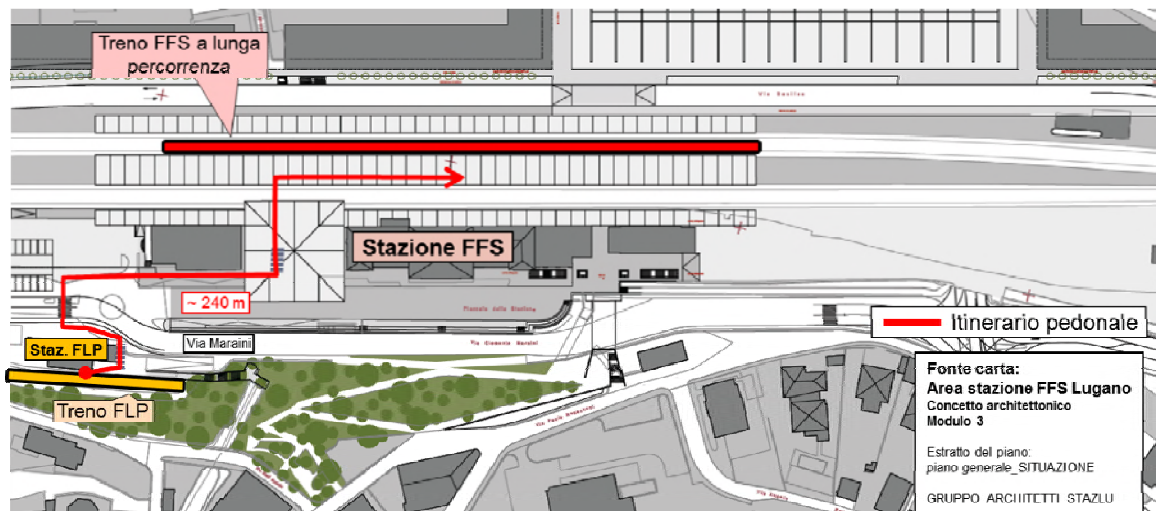


Figura 89: valutazione dei tempi di marcia tra la stazione FLP e il marciapiede centrale nel 2014

I tempi di viaggio (in ora di punta e di morbida) da/per il marciapiede principale sono dunque i seguenti:

Da/per Stazione FFS	ora di punta / ora di morbida
Ponte Tresa – FFS	29'00'' = 4'00'' + 25'
Agno – FFS	20'00'' = 4'00'' + 16'
Bioggio – FFS	16'00'' = 4'00'' + 12'

Tabella 18: Tempi di viaggio 2014 da/per la Stazione FFS

- **Situazione 2017 (con la nuova stazione)**

Come indicato in precedenza, esiste un nuovo passaggio diretto verso il nuovo atrio della stazione, che permette di accedere molto più rapidamente e comodamente al marciapiede centrale.

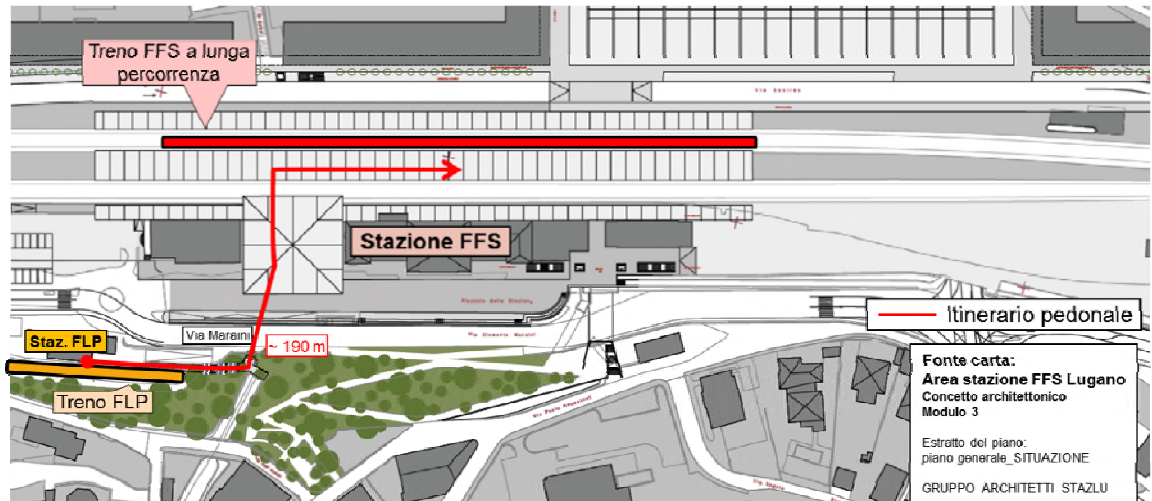


Figura 90: valutazione dei tempi di marcia tra la stazione FLP e il marciapiede centrale nel 2017

Il tempo di marcia si riduce da 4' a circa 2'30" e i tempi di viaggio (in ora di punta e di morbida) sono dunque i seguenti:

Da/per Stazione FFS	ora di punta / ora di morbida
Ponte Tresa – FFS	27'30" = 2'30" + 25'
Agno – FFS	17'30" = 2'30" + 16'
Bioggio – FFS	14'30" = 2'30" + 12'

Tabella 19: Tempi di viaggio 2017 da/per Lugano Centro

- **Situazione con tram-treno**

Le immagini seguenti mostrano il posizionamento della nuova stazione sotterranea del tram-treno rispetto al marciapiede centrale FFS e il nuovo itinerario pedonale, che passerà dall'attuale tunnel di Besso.

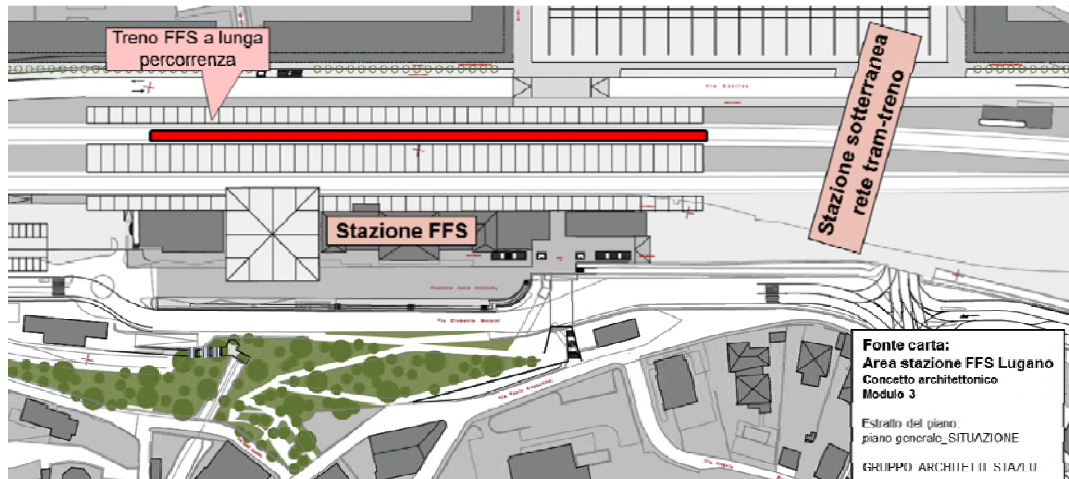


Figura 91: posizione della nuova stazione sotterranea del tram-treno

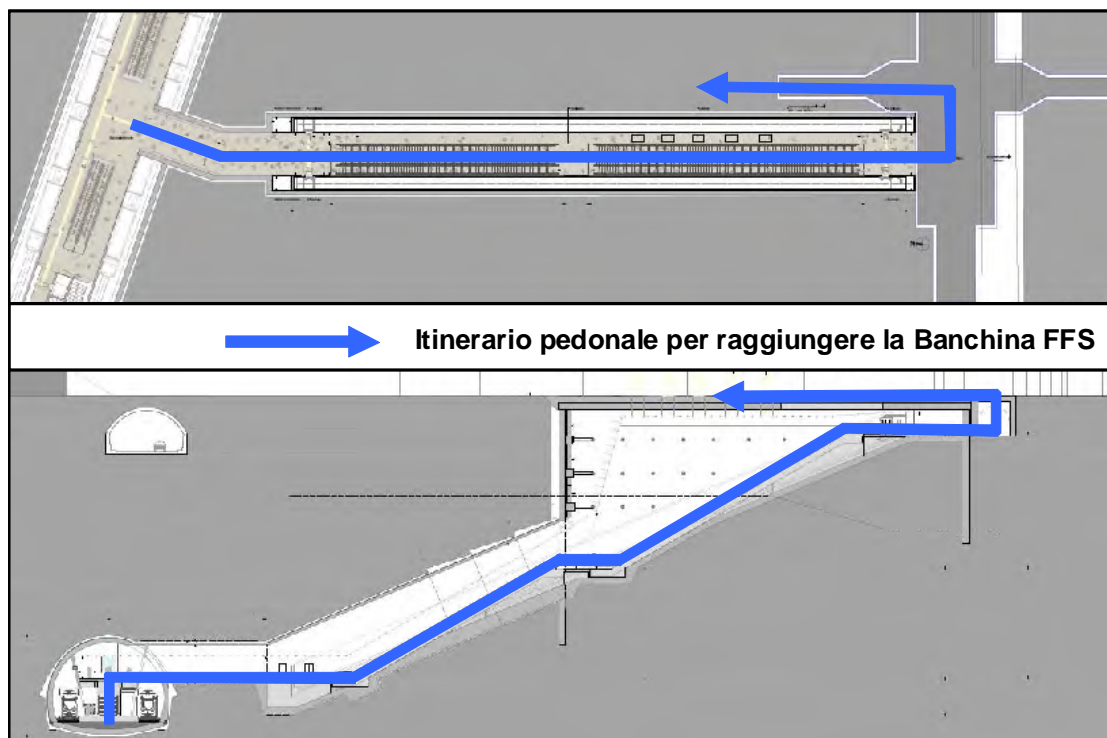


Figura 92: Itinerario pedonale tra la stazione sotterranea e il marciapiede centrale FFS

Delle scale mobili collegheranno la fermata sotterranea della rete tram-treno alla stazione FFS. La distanza da percorrere a piedi sarà di circa 190 metri e le scale mobili avranno una

lunghezza di circa 90 metri. Il tempo di percorrenza è stimato in circa **4' minuti** in caso di marcia sulle scale mobili (e circa 5' se la persona rimane immobile).

Abbiamo dunque i tempi di percorrenza per la situazione di progetto seguenti:

Da/per Lugano Stazione FFS	Ora di punta	Ora di morbida
Ponte Tresa – Lugano Stazione FFS	28' = 24' + 4'	25' = 21' + 4'
Agno – Lugano Stazione FFS	14' = 10' + 4'	14' = 10' + 4'
Bioggio – Lugano Stazione FFS	9' = 5' + 4'	8' = 4' + 4'

9.3.5 Sintesi comparativa dei tempi di viaggio

Le tabelle seguenti permettono di paragonare i tempi di viaggio tra le 3 situazioni analizzate per l'ora di punta e di morbida. Il differenziale in % è calcolato tra la situazione di progetto tram treno e il 2017, poiché si tratta dell'evoluzione direttamente percepita dall'utenza al momento della messa in esercizio dei nuovi servizi ferroviari.

Ora di punta	2014	2017	tram-treno	Δ% 2017- tram treno
da/per Lugano Centro	[minuti]	[minuti]	[minuti]	[%]
Ponte Tresa	34'30"	33"	27'	- 18 %
Agno	25'30"	24'	13'	- 46 %
Bioggio	21'30"	20'	8'	- 60 %

Tabella 20: Tabella comparativa dei tempi di viaggio da/per Lugano Centro in ora di punta

Ora di morbida	2014	2017	tram-treno	Δ% 2017- tram treno
da/per Lugano Centro	[minuti]	[minuti]	[minuti]	[%]
Ponte Tresa	34'30"	33"	24'	- 27 %
Agno	25'30"	24'	13'	- 46 %
Bioggio	21'30"	20'	7'	- 65 %

Tabella 21: Tabella comparativa dei tempi di viaggio da/per Lugano Centro in ora di morbida

Ora di punta	2014	2017	tram-treno	Δ% 2017- tram treno
da/per Stazione FFS	[minuti]	[minuti]	[minuti]	[%]
Ponte Tresa	29'	27'30"	28'	~ 0 %
Agno	20'	17'30"	14'	- 20 %
Bioggio	16'	14'30"	9'	- 38 %

Tabella 22: Tabella comparativa dei tempi di viaggio da/per Lugano Stazione FFS in ora di punta

Ora di morbida	2014	2017	tram-treno	Δ% 2017- tram treno
da/per Stazione FFS	[minuti]	[minuti]	[minuti]	[%]
Ponte Tresa	29'	27'30"	25'	- 9 %
Agno	20'	17'30"	14'	- 20 %
Bioggio	16'	14'30"	8'	- 45 %

Tabella 23: Tabella comparativa dei tempi di viaggio da/per Lugano Stazione FFS in ore di morbida

Analizzando i valori esposti nelle precedenti tabelle possiamo notare una riduzione generale dei tempi di viaggio. Appare evidente come gli effetti positivi del tram-treno vengono in parte ridotti nella tratta Ponte Tresa – Agno durante le ore di punta a causa di vincoli infrastrutturali (tratte a binario singolo) presenti sulla linea, che impongono, con una frequenza di esercizio di 10 minuti, delle attese per l'incrocio dei convogli. Gli effetti del progetto tram-treno sono invece molto più importanti per gli spostamenti che si trovano oltre questi vincoli, con riduzioni tra il 46 e il 65% dei tempi di percorrenza, indipendentemente dalla frequenza di esercizio.

Come già esposto al capitolo 5.5, le limitazioni sulla tratta Ponte Tresa – Agno potrebbero essere in gran parte eliminate grazie alla realizzazione di un sotto- o sovrappassaggio pedonale presso la stazione di Agno, che permetterebbe ai passeggeri di raggiungere o evacuare la banchina sul binario 2 indipendentemente dai convogli in arrivo o in partenza, permettendo così un esercizio più flessibile.

9.4 Plausibilità di un giro banco in 3 minuti

9.4.1 Considerazione introduttive generali

Il nuovo orario del progetto tram-treno implica, durante l'ora di punta, la necessità di assicurare un giro banco (inversione di marcia) del nuovo materiale rotabile in circa 3 minuti alla stazione di Ponte Tresa. Il tempo minimo richiesto per realizzare questo tipo di operazione è legato alle caratteristiche di 2 elementi principali del sistema ferroviario: l'infrastruttura con il suo sistema di sicurezza ed il materiale rotabile.

- **Infrastrutture e sistemi di sicurezza**

Riguardo questo primo elemento, la stazione di Ponte Tresa non comporta a priori nessuno problema particolare. La modernizzazione dei sistemi di sicurezza e di gestione del traffico del 2007-2008 ha messo la rete FLP a livello delle norme attuali e ai comuni standard di sicurezza e gestione svizzeri. I tempi di distruzione e creazione di un nuovo itinerario (in questo caso la sua inversione) sono praticamente istantanei.

- **Materiale rotabile**

Riguardo al materiale rotabile, un tempo di giro banco di 3 minuti è considerato in Svizzera come già sufficiente per dei convogli di tipo "ferroviario classico", vale a dire dei treni con locomotiva e vetture (di cui quella di testa equipaggiata con cabina di pilotaggio). Con l'utilizzazione di materiale automotore (treni con motorizzazione ripartita a composizione fissa) questa operazione è da considerarsi ancora più facile e rapida da realizzare, poiché non ci sono incognite riguardo la composizione del convoglio e lo stato delle vetture (per esempio la prova freni). Nel caso del tram-treno del Luganese, l'uso di un materiale di tipo tranviario semplifica notevolmente le operazioni di giro banco. Questi veicoli dispongono di tecnologie e caratteristiche tecniche orientate ad un uso intenso in ambito urbano, dove le operazioni ai terminali devono svolgersi sempre rapidamente per assicurare un impiego efficace del materiale rotabile. Un giro banco in 3 minuti è da considerarsi come una caratteristica acquisita per i nuovi veicoli di tipo tram-treno.

Il reimpiego del personale di macchina non pone grossi problemi in situazione di esercizio nominale. I convogli avranno una lunghezza di circa 45 m e il percorso tra una cabina e l'altra necessita di un percorso a piedi di meno di 1 minuto.

Le situazioni perturbate sono state trattate nelle simulazioni stocastiche con il vincolo di assicurare un tempo di giro banco minimo di 2 minuti. Se ritenuto necessario, è possibile immaginare un cambio del personale di macchina (pausa a Ponte Tresa) per aumentare l'affidabilità dell'esercizio.

- **Stabilità dell'esercizio**

Le considerazioni riguardo questo aspetto sono presentate al capitolo 6 del presente rapporto.

Durante l'ora di punta il terminale di Ponte Tresa non deve essere considerato come un "tampone" per assorbire eventuali problemi di esercizio.

I margini per assicurare la stabilità si trovano piuttosto in tratta, e in particolare tra Serocca e Caslano, dove le necessità di incrocio implicano di tracciare l'orario con dei margini addizionali.

Questi margini permettono di assicurare che i convogli arrivino al momento giusto nelle stazioni e allo stesso tempo permettono di disporre di un margine di stabilità per l'esercizio, da "consumare" in caso di bisogno.

9.4.2 Alcuni esempi ferroviari significativi in Svizzera

- **Stazione FFS di Zurigo Aeroporto**

La stazione di Zurigo Aeroporto non è soltanto interessata da treni in transito, ma è anche il terminale della linea S16/S2. Fino al 2006 i treni della S16 invertivano direzione tutte le ½ ore (vedere reticolare qui sotto), mentre oggi alcuni servizi sono prolungati verso Effretikon e Winterthur. Nell'orario del 2014 sono comunque ancora visibili delle operazioni di giro banco realizzate in 3 minuti (evidenziate con un cerchio verde sull'orario grafico). Per questo tipo di servizio è stato utilizzato anche del vecchio materiale RABDe 510 modernizzato (foto a sinistra alla stazione di Zurigo Museumstrasse).

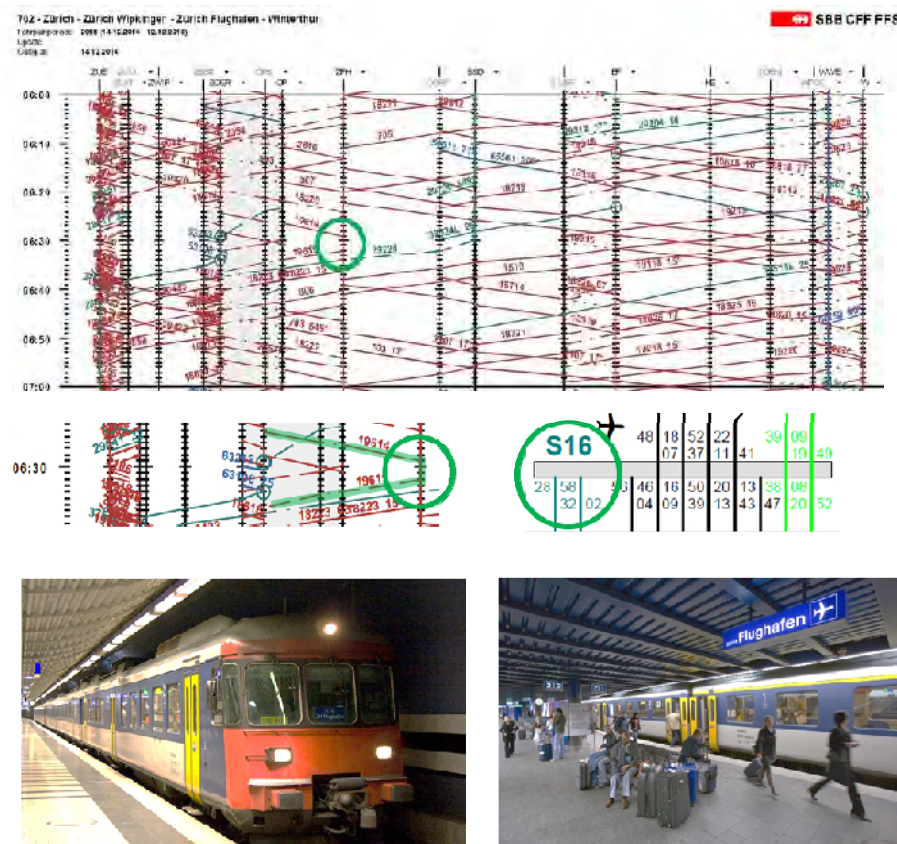


Figura 93: situazione di giro banco in 3 minuti alla stazione di Zurigo Aeroporto

• **Stazione FFS di Chambrelieu**

La stazione di Chambrelieu è l'unica della Svizzera che implica un cambio di direzione per i treni che percorrono una tratta ferroviaria, in questo caso tra Neuchâtel et La Chaux-de-Fonds.

Ogni ora sono realizzate 4 operazioni di giro banco.

Fino ad alcuni anni fa, tutte le operazioni erano realizzate in 3 minuti (vedere reticolare 2005). Oggi i tempi variano tra 3 e 2 minuti (vedere reticolare 2014).

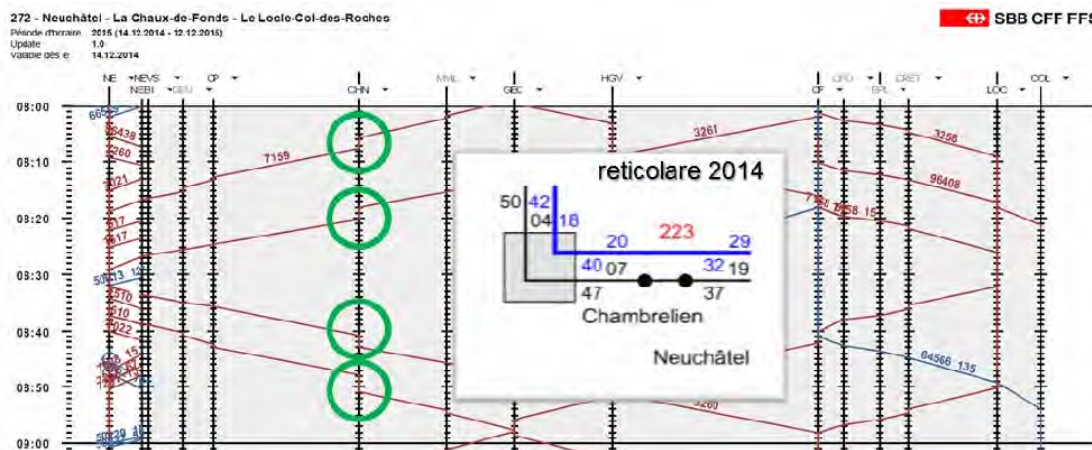
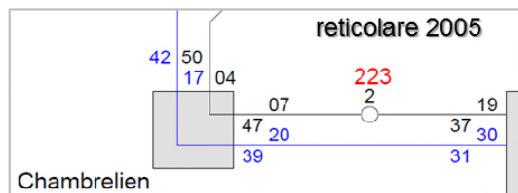


Figura 94: situazione di giro banco in 2 e 3 minuti alla stazione di Chambrelieu

Questa riduzione a 2 minuti permette di disporre di ulteriore flessibilità. Per renderla possibile è necessaria la presenza di un secondo macchinista nella cabina della vettura pilota di coda. Ciò che permette di evitare la marcia a piedi tra le due cabine e accelerare le operazioni di giro banco (un macchinista “smonta” il convoglio, mentre il secondo lo “riarma” qualche istante dopo).

- **Stazione RBS di Bollingen**

Sulla linea della S7 da/per Worb, le RBS offrono un servizio cadenzato al quarto d'ora durante tutta la giornata, svolto con lo stesso materiale Be4/12 attualmente in dotazione alla FLP.

Per assicurare il trasporto degli importanti flussi di traffico delle ore di punta, sono introdotte nell'orario di base 4 corse aggiuntive da/per la fermata intermedia di Bollingen.

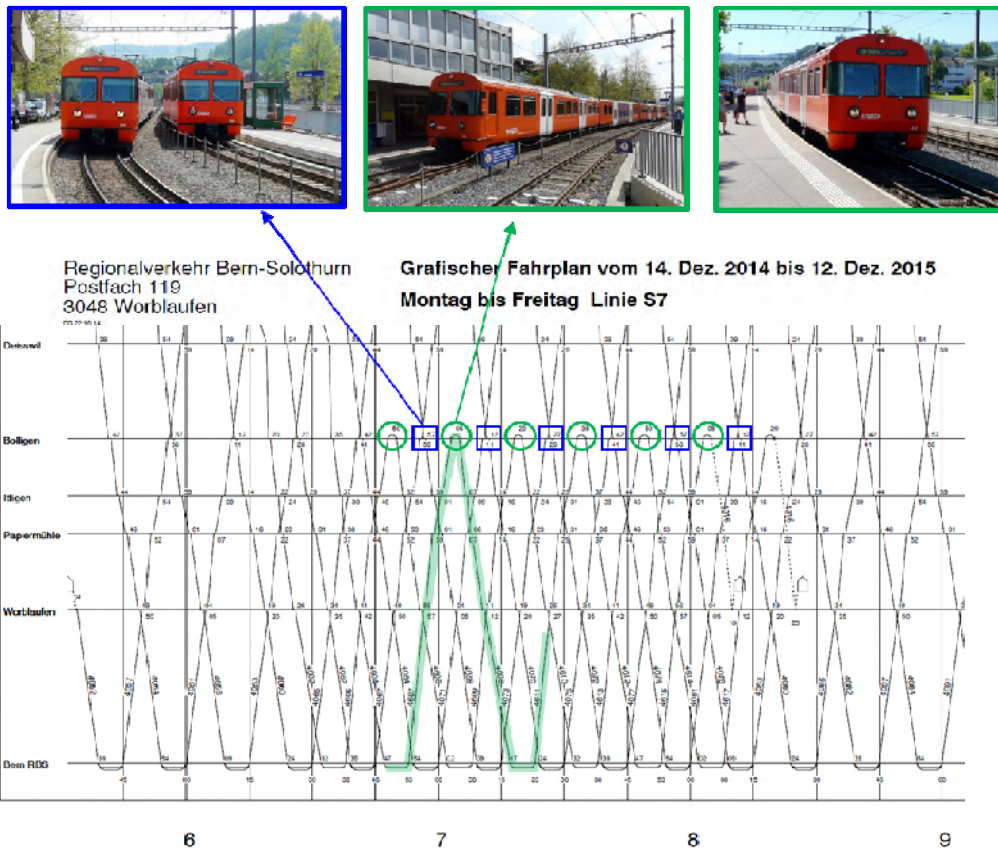


Figura 95: situazione di giro banco in 2 minuti alla stazione di Bollingen

Per poter assicurare questo servizio, i treni supplementari di punta devono assicurare un giro banco in 2 minuti. Questa pratica è dunque realizzata sistematicamente e frequentemente senza problemi particolari durante la punta del mattino e della sera.

- **Stazione RBS terminale sotterranea di Berna**

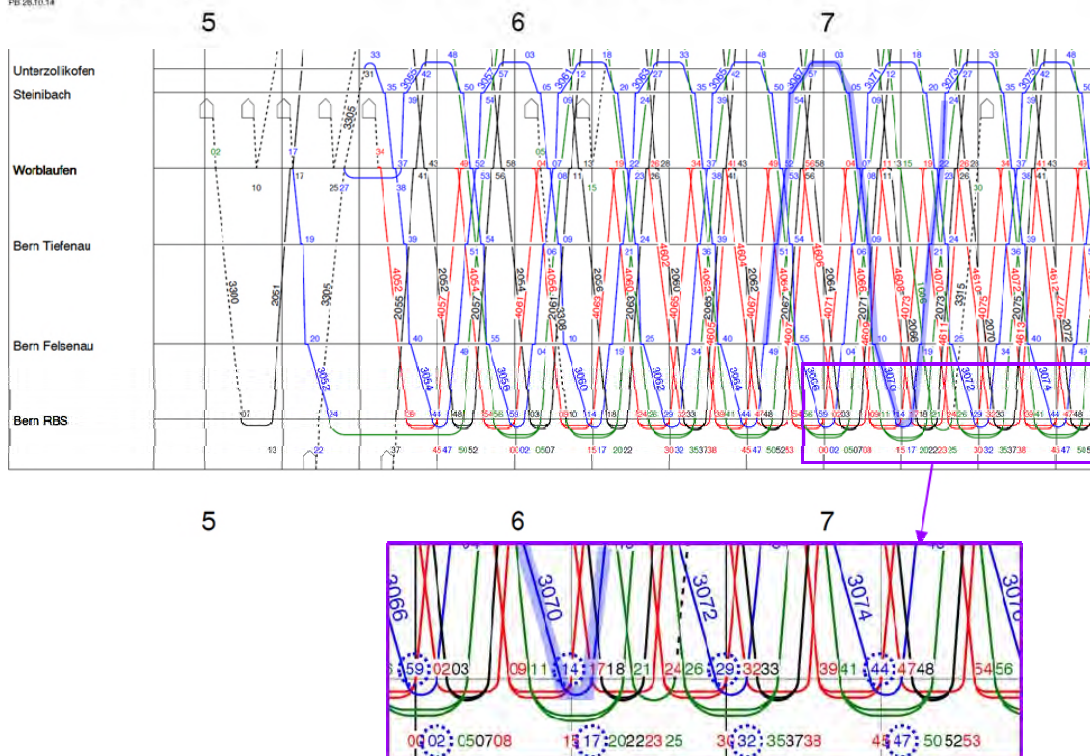
La stazione terminale sotterranea della RBS di Berna dispone di 4 soli binari e deve poter gestire il forte traffico delle ore di punta, con quasi 20 treni in entrata e uscita, vale a dire una media di circa 4 treni per binario ogni ora, dunque uno ogni 15 minuti circa.



Regionalverkehr Bern-Solothurn
Postfach 119
3048 Worblaufen

Grafischer Fahrplan vom 14. Dez. 2014 bis 12. Dez. 2015
Montag bis Freitag Linien RE S8 S9

FBI 26.10.14



L'orario grafico mostra che per poter assicurare questo servizio, è necessario che la linea S9, con cadenza 15 minuti da/per Unterzolkofen, deve girare banco regolarmente in 3 minuti a Berna non solo in ora di punta ma durante tutta la giornata.

9.4.3 Conclusioni

Un giro banco a 3 minuti è possibile e pianificato oggi anche dalle FFS nelle situazioni che lo richiedono, sia per assicurare un uso ottimizzato delle risorse e/o in caso di vincoli legati alle infrastrutture.

Il caso della RBS è il più significativo per il progetto del tram-treno del Luganese, poiché mostra la fattibilità di questa ipotesi in una situazione paragonabile, tanto in termini di materiale rotabile quanto di organizzazione dell'esercizio.

9.5 Adattamento rete bus

La messa in servizio della tappa prioritaria della rete tram-treno del Luganese modificherà la struttura e la qualità della copertura dell'offerta di trasporto pubblico. L'offerta di trasporto pubblico su gomma dovrà essere adattata e calibrata per permettere una coordinazione ed una complementarità tra i vari vettori di trasporto.

Delle ipotesi di adattamento e riorganizzazione della rete bus sono state formulate per permettere il dimensionamento e la progettazione dei nodi d'interscambio. I dettagli sono esposti nel documento allegato al presente rapporto (allegato 1).

Al **nodo intermodale di Cavezzolo** sono previsti 3 stalli bus per le linee 422 Cademario – Bioggio, 433 Melide – Bioggio e 435 Savosa – Bioggio. Questi stalli possono essere utilizzati anche per altri servizi, ad esempio in caso di guasti alla linea ferroviaria e l'inserimento di bus sostitutivi.

Al **nodo intermodale di Manno** sono previsti 4 stalli bus per accogliere quattro linee (di cui due passanti e due con capolinea). Sono state considerate il prolungamento della linea urbana 5 (Manno-) Lamone-Lugano Centro-Viganello e le linee regionali 423 Lamone-(Manno)-Arosio-Migliaglia, 444 (Lugano-) Lamone-(Manno)-Bedano-Torricella e 453 (Manno-) Lamone-Taverne-Rivera.

A **Lugano Centro**, una riorganizzazione della struttura delle linee bus urbane non è considerata necessaria. Gli spazi necessari nel settore della pensilina devono tuttavia essere riorganizzati per poter accogliere il tram-treno. La proposta di sistemazione prevede:

- due marciapiedi dedicati esclusivamente al capolinea del tram-treno;
- quattro marciapiedi di transito/fermata per i bus;
- una corsia di manovra/sosta/transito per il traffico pubblico.

Grazie alle infrastrutture previste, ed in particolare al numero di stalli proposto, sarà possibile gestire il trasporto pubblico su gomma ai nodi intermodali in modo ottimale disponendo di una flessibilità sufficiente per eventuali adattamenti o modifiche dei servizi futuri.

Rivera, 29 settembre 2017

Per il consorzio LU-NA:

Luigi Lucchini
Giuliano Montanaro
Florian Comment



Via Stazione 8
6982 AGNO

RETE TRAM-TRENO DEL LUGANESE



Dipartimento del
territorio

Comuni AGNO, BIOGGIO, CASLANO,
LUGANO, MAGLIASO, MANNO,
MONTECENERI E PONTE TRESA

Divisione delle
costruzioni

Via Franco Zorzi 13
Casella postale 2170
6501 BELLINZONA

PROGETTO DEFINITIVO

Consorzio
LU-NA

c/o AF Toscano SA
Via Lischedo 9
6802 RIVERA

Impresa ferroviaria
Ferrovie Luganesi SA (FLP)
Roberto Ferroni

Capoprogetto
Piano dei trasporti del Luganese
Ivan Continati

Progettista
Consorzio LU-NA
Andrea Galli

Piano no.: **RTL.000 D / 002**

Scala: -

Data: 29 settembre 2017

Modifiche:

Operatore:

**Lucchini Mariotta e
Associati SA**

CH – 6946 Ponte Capriasca
Tel. + 91 930 94 10
info@silma.ch
www.silma.ch

Piano no.: 460092 / 002

Progettato Disegnato Controllato

LL - GAL

Dimensione: A4

Costruzione rete ferrotranviaria

Tappa prioritaria

- Bioggio – Lugano Centro
- Bioggio - Manno
- Bioggio - Ponte Tresa

Rapporto di esercizio – Allegato 1 Ipotesi sulla rete bus e impatti sui terminali

RTL.000

Indice	pagina
SINTESI	2
1 INTRODUZIONE	3
2 COMPARTO VEDEGGIO: IPOTESI SULLA RETE BUS E IMPATTI SUI TERMINALI	4
2.1 Situazione attuale	4
2.2 Situazione all’orizzonte temporale del tram-treno	5
2.3 Affinamento delle ipotesi di riorganizzazione della rete bus	6
2.4 Dimensionamento dei nodi di interscambio	7
3 COMPARTO LUGANO CENTRO: IPOTESI SULLA RETE BUS E IMPATTI SUI TERMINALI	9
3.1 Situazione attuale	9
3.2 Situazione con tram-treno	16
4 CONCLUSIONI	21
5 BIBLIOGRAFIA	22

Elaborazione

Presentato da:

Lucchini Mariotta e Associati SA
CH 6946 Ponte Capriasca
Tel. +91.930 94 10
info@silma.ch
www.silma.ch

SINTESI

La messa in servizio della tappa prioritaria della rete tram-treno del Luganese modificherà la struttura e la qualità della copertura dell'offerta di trasporto pubblico. L'offerta di trasporto pubblico su gomma dovrà essere adattata e calibrata per permettere una coordinazione ed una complementarietà tra i vari vettori di trasporto.

Delle ipotesi di adattamento e riorganizzazione della rete bus sono state formulate per permettere il dimensionamento e la progettazione dei nodi d'interscambio.

Al **nodo intermodale di Cavezzolo** sono previsti 3 stalli bus per le linee 422 Cademario – Bioggio, 433 Melide – Bioggio e 435 Savosa – Bioggio. Questi stalli possono essere utilizzati anche per altri servizi, ad esempio in caso di guasti alla linea ferroviaria e l'inserimento di bus sostitutivi.

Al **nodo intermodale di Manno** sono previsti 4 stalli bus per accogliere quattro linee (di cui due passanti e due con capolinea). Sono state considerate il prolungamento della linea urbana 5 (Manno-) Lamone-Lugano Centro-Viganello e le linee regionali 423 Lamone-(Manno)-Arosio-Miglieglia, 444 (Lugano-) Lamone-(Manno)-Bedano-Torricella e 453 (Manno-) Lamone-Taverne-Rivera.

A **Lugano Centro**, una riorganizzazione della struttura delle linee bus urbane non è considerata necessaria. Gli spazi necessari nel settore della pensilina devono tuttavia essere riorganizzati per poter accogliere il tram-treno. La proposta di sistemazione prevede:

- due marciapiedi dedicati esclusivamente al capolinea del tram-treno;
- quattro marciapiedi di transito/fermata per i bus;
- una corsia di manovra/sosta/transito per il traffico pubblico.

Grazie alle infrastrutture previste, e in particolare il numero di stalli proposto, sarà possibile gestire il trasporto pubblico su gomma ai nodi intermodali in modo ottimale disponendo di una flessibilità sufficiente per eventuali adattamenti o modifiche dei servizi futuri.

1 INTRODUZIONE

Alla messa in servizio della tappa prioritaria della rete tram-treno del Luganese, l'offerta di trasporto pubblico su gomma dovrà essere adattata e calibrata per permettere una coordinazione ed una complementarietà tra i vari vettori di trasporto. Le proposte sviluppate mirano ai seguenti obiettivi:

- evitare doppioni;
- assicurare una buona integrazione dei differenti mezzi di trasporto pubblico (su gomma e rotaia);
- proporre all'utenza una mobilità del trasporto pubblico sempre più attrattiva con una coordinazione ottimale dei servizi.

Per raggiungere questi obiettivi la rete di trasporto su gomma deve svolgere una funzione di complementarità efficace con i nuovi servizi del tram-treno.

Nel quadro del presente studio l'obiettivo non è quello di riprogrammare il trasporto su gomma, ma progettare e dimensionare in modo adeguato i futuri nodi di intercambio. Alla stesura del presente rapporto, la futura offerta su gomma non è stata ancora pianificata dagli organi competenti. Le ipotesi del presente studio sono state formulate sulla base degli indirizzi del Programma di agglomerato del Luganese di seconda generazione (PAL 2) e dello studio Vedeggio Valley¹. Per il dimensionamento del nodo intermodale di Cavezzolo sono pure stati integrati i recenti sviluppi ipotizzati nell'ambito del PAL 3, poiché questi condizionano il numero di stalli necessari.

L'adattamento proposto permette il dimensionamento e la progettazione dei nodi di intercambio tram-treno/bus. Le modifiche ipotizzate della rete su gomma sono considerate sufficientemente realistiche e tengono in considerazione una certa flessibilità per permettere un dimensionamento dei nodi di interscambio e una futura eventuale ottimizzazione dell'offerta.

Parallelamente al presente studio, sono state analizzate possibili varianti di servizio bus in sostituzione della linea FLP esistente per le aree di Sorengo, Muzzano e Collina d'Oro. Esse consentiranno di allacciare anche nuove zone insediate sul piano del Vedeggio e verranno approfondite nell'ambito del Programma di agglomerato del Luganese di terza generazione (PAL 3). Misure per favorire la circolazione dei bus sulla tratta Agno-Piodella-Lugano sono da considerare nell'ambito del progetto di circonvallazione Agno-Bioggio.

¹ [1] AGGLOMERATO DI LUGANO- COMPRESORIO VALLE DEL VEDEGGIO Piano d'offerta del trasporto pubblico su ferro (TILO/Tram) e su gomma per il comparto Valle del Vedeggio dopo l'apertura della galleria di base AlpTransit del Ceneri, DT-Sezione della mobilità/Commissione Vedeggio Valley/CRTL, 2014

2 COMPARTO VEDEGGIO: IPOTESI SULLA RETE BUS E IMPATTI SUI TERMINALI

2.1 Situazione attuale

La figura seguente presenta la rete bus attuale dove la centralità della fermata FFS di Lamone-Cadempino e la struttura degli orari le assicurano un ruolo di interscambio principale tra il servizio ferroviario TILO e le linee di trasporto pubblico su gomma, come pure l'interconnessione tra le varie linee bus. La linea urbana 5 (Lamone Cadempino-Lugano Centro-Viganello) della TPL è prolungata puntualmente fino al nucleo di Manno il giovedì, venerdì e sabato nelle ore serali, come pure alcune corse della linea 444.

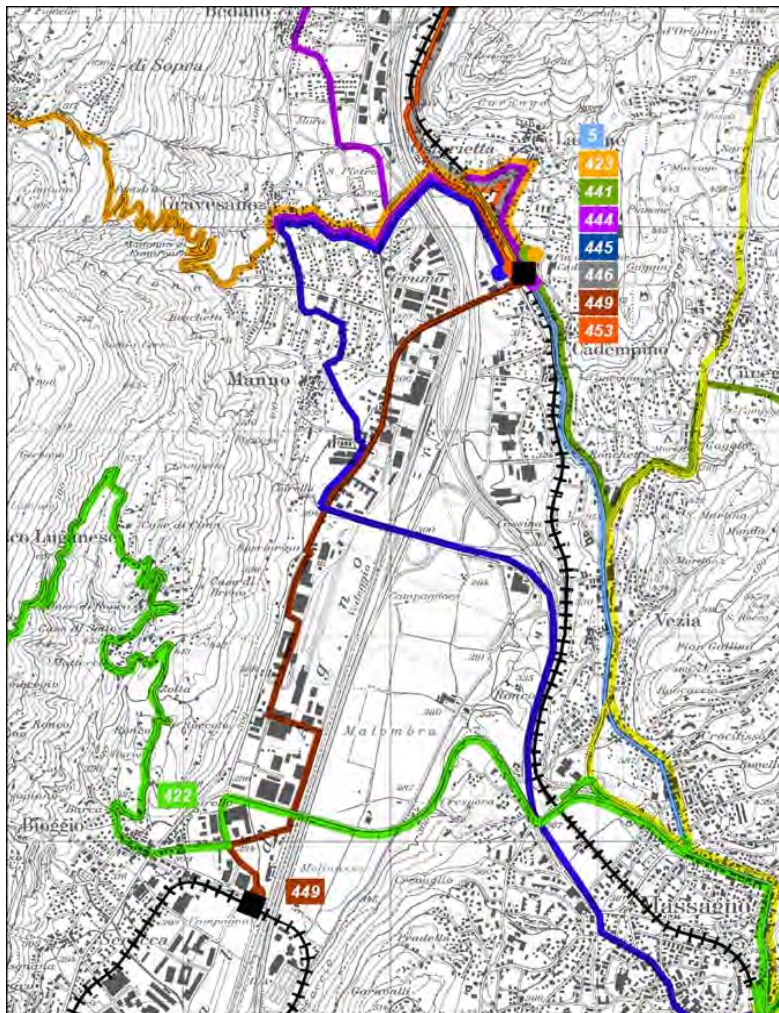


Figura 1: Linee di bus attuali (2015) nel comparto Vedeggio

Al nodo di Bioggio Molinazzo attualmente solo la linea 449 offre coincidenze snelle con i treni della FLP.

2.2 Situazione all’orizzonte temporale del tram-treno

All’orizzonte di progetto, la struttura e l’entità del servizio ferroviario sarà condizionato dalla messa in servizio dei tunnel di base del Gottardo e del Ceneri. L’importanza attuale del nodo di interscambio di Lamone-Cadempino sarà ridimensionato, in quanto le relazioni più attrattive tra il Locarnese/Bellinzonese ed il Luganese utilizzeranno il tunnel di base del Ceneri e non serviranno più la fermata di Lamone. Lamone rimarrà comunque un nodo importante per le relazioni regionali verso l’alto Vedeggio, l’Alto Malcantone ed in parte la Capriasca.

Con la realizzazione della tappa prioritaria della rete tram-treno, accanto a Lamone due nodi d’interscambio diventano operativi e serviti da diverse linee bus: **il nuovo terminale tram-treno Manno-Suglio e la fermata Cavezzolo.**

Diverse soluzioni di riorganizzazione del trasporto su gomma sono immaginabili e dipenderanno dalla nuova offerta ferroviaria che sarà pianificata con l’apertura del tunnel di base del Monte Ceneri. Nello studio sullo sviluppo del trasporto pubblico nella Valle del Vedeggio² riguardo l’affinamento degli indirizzi di sviluppo ipotizzati dal Masterplan medio e alto Vedeggio³ una nuova riorganizzazione delle linee di bus è stata proposta. La figura seguente presenta gli scenari sviluppati che prevedono nuove fermate ferroviarie a Torricella-Taverne e Bironico-Camignolo e tengono già in considerazione la nuova rete tram-treno.

² AGGLOMERATO DI LUGANO- COMPRESORIO VALLE DEL VEDEGGIO Piano d’offerta del trasporto pubblico su ferro (TILO/Tram) e su gomma per il comparto Valle del Vedeggio dopo l’apertura della galleria di base AlpTransit del Ceneri, DT-Sezione della mobilità/Commissione Vedeggio Valley/CRTL, 2014

³ Masterplan Medio-Alto Vedeggio, Commissione Vedeggio Valley (CVV), 2012

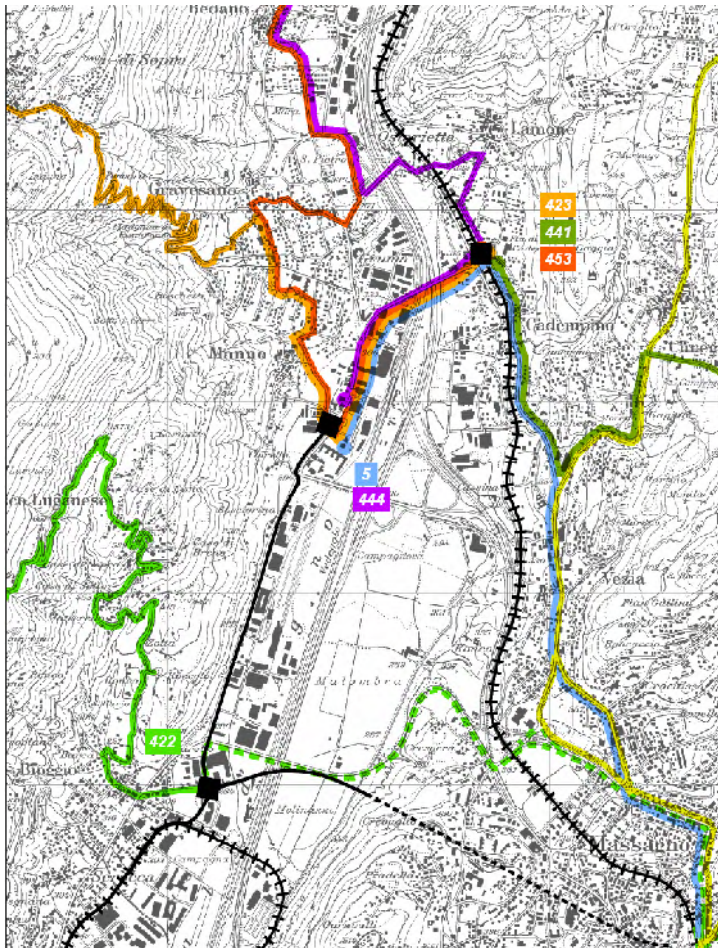


Figura 2: Linee bus proposte nel comparto Vedeggio (tale immagine si base sullo scenario previsto dal PAL2, e non contempla ancora le linee ipotizzate dal PAL3 in attestamento alla fermata Cavezzolo).

2.3 Affinamento delle ipotesi di riorganizzazione della rete bus

Le attuali linee 445 Lugano-Manno-Lamone e 449 Bioggio-Lamone sono soppresse poiché costituiscono un doppione con la nuova offerta tram-treno.

La linea urbana 5 Lamone-Lugano Centro-Viganello è prolungata sistematicamente dalla fermata FFS di Lamone-Cadempino al terminale di Manno per collegarla efficientemente al terminale del tram-treno e servire così in modo ottimale il territorio della zona industriale ubicata fra questi due nodi d'interscambio.

Le linee 423 Lamone-Arosio-Migliaglia, 444 (Lugano-) Lamone-Bedano-Torricella e 453 (Lamone-)Taverne-Rivera sono modificate per servire contemporaneamente sia il capolinea del tram-treno che la fermata ferroviaria di Lamone-Cadempino.

La linea 446 viene soppresa e la sua funzione viene assicurata e ampliata tramite un prolungamento della linea 444 verso la Capriasca (Tesserete).

La linea 422 (Lugano-) Bioggio-Cademario è attestata al nodo intermodale di Cavezzolo e potrebbe essere prolungata in modo mirato (per esempio durante le ore di punta) verso i quartieri alti di Lugano (liceo 2 Lugano).

Per il dimensionamento del nodo intermodale di Cavezzolo, si considerano pure le ipotesi di sviluppo pianificati nell'ambito del PAL 3 ossia:

- Nuova linea 432: Melide – Bioggio, con frequenze ogni 60 minuti;
- Nuova linea 435: Savosa – Bioggio, con frequenze ogni 30 minuti.

2.4 Dimensionamento dei nodi di interscambio

Per quanto riguarda il nodo intermodale di Manno esso prevede:

- 2 stalli per bus articolati (18 metri);
- 2 stalli per bus standard (12 metri).

Due stalli bus sono necessari per le linee che prevedono un capolinea a Manno (linee 5 e 444). Il dimensionamento considera la possibilità di un arrivo contemporaneo dei veicoli delle 2 linee. Due stalli bus sono necessari per la fermata dei veicoli delle linee passanti (linee 423 e 453). La configurazione prevista permette un'ampia flessibilità di utilizzo degli stalli disponibili.

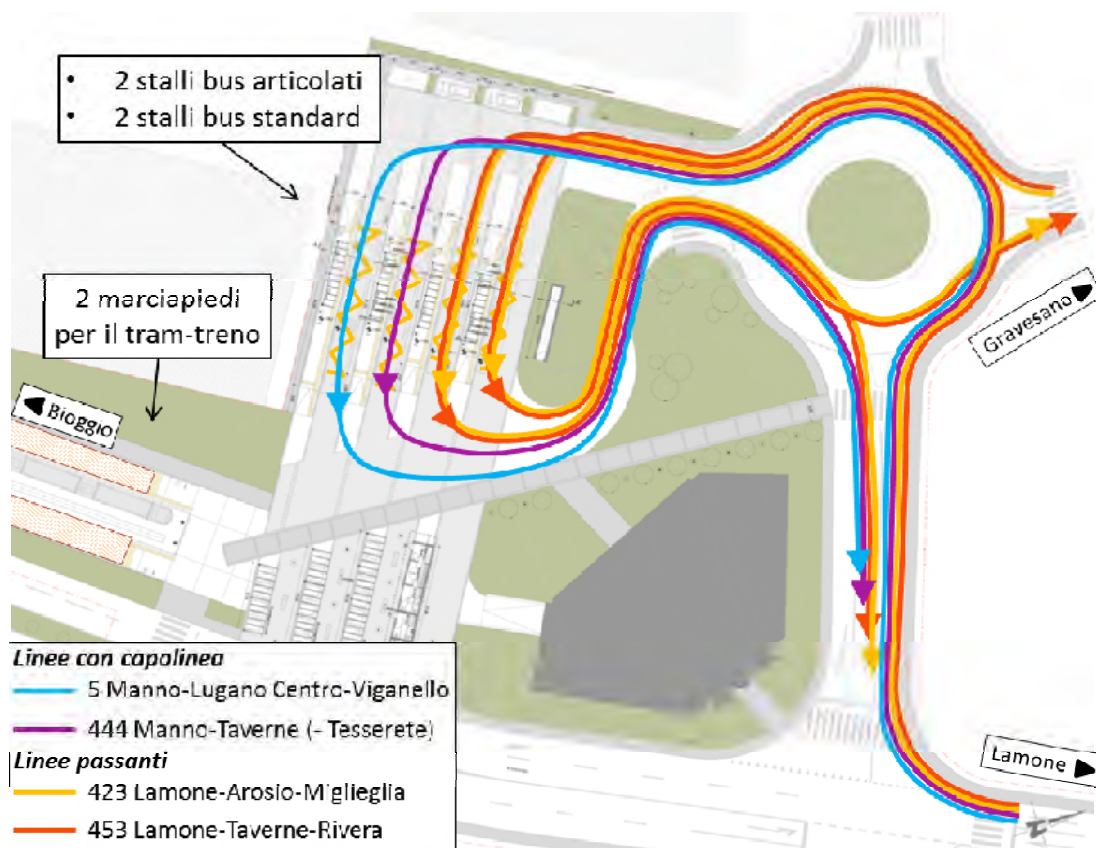


Figura 3: futura configurazione del terminale di Manno-Suglio

Il nodo d'interscambio di Manno offre in questo modo uno spazio sufficiente per le zone d'attesa dei viaggiatori (banchine) e permette un'ampia flessibilità di utilizzo degli stalli disponibili.

Al **nodo intermodale di Cavezzolo** sono previsti 3 stalli bus per le linee 422 Cademario – Bioggio, 433 Melide – Bioggio e 435 Savosa – Bioggio. Questi stalli possono essere utilizzati anche per altri servizi, ad esempio in caso di guasti alla linea ferroviaria e l'inserimento di bus sostitutivi.

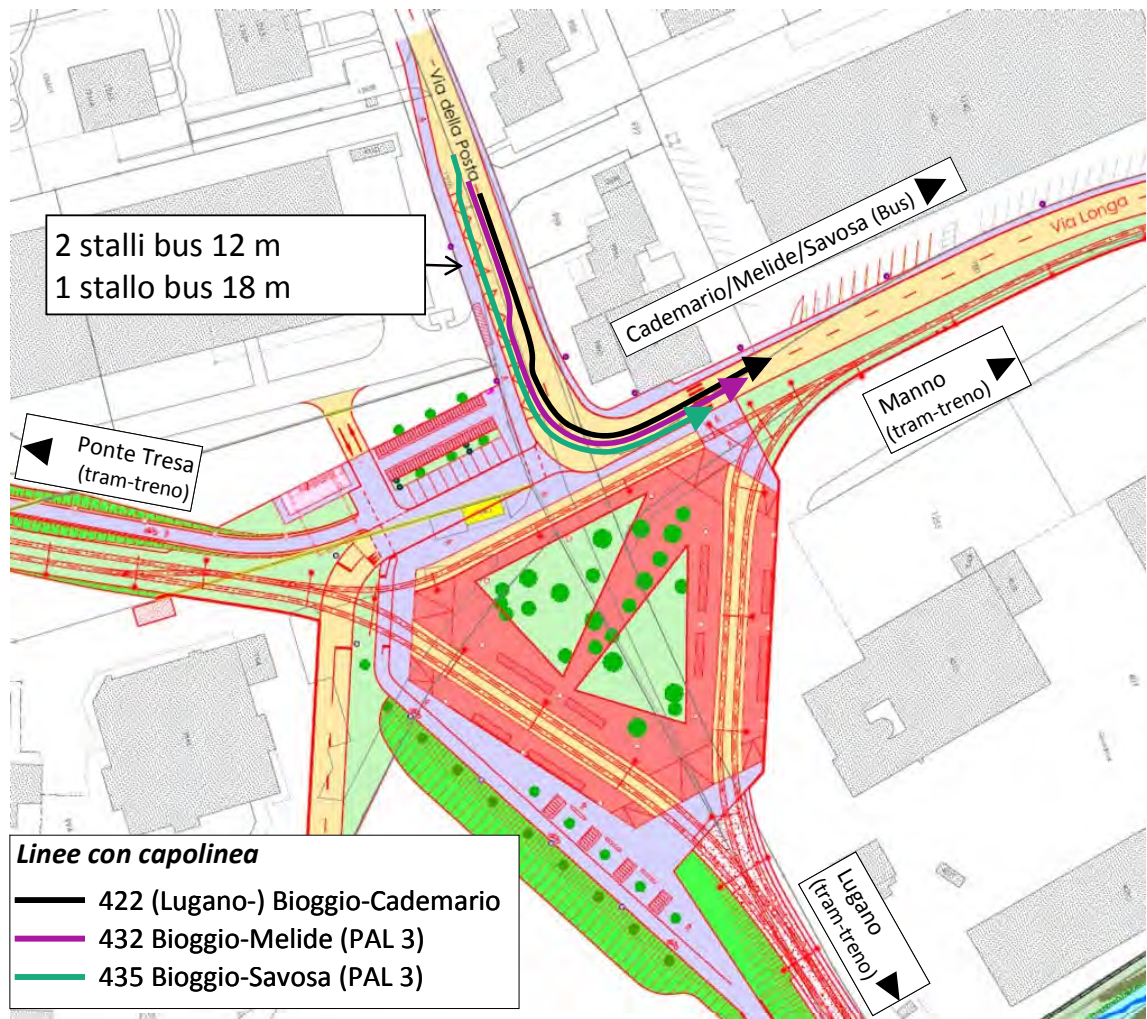


Figura 4: futura configurazione del terminale di Cavezzolo

3 COMPARTO LUGANO CENTRO: IPOTESI SULLA RETE BUS E IMPATTI SUI TERMINALI

Per rispondere ai vincoli di esercizio e alle esigenze di interscambio, gli spazi e le funzionalità della fermata di Lugano Centro (“Pensilina Botta”) devono essere adattati. Gli interventi proposti mirano a predisporre il terminale ad assicurare una gestione flessibile dell'esercizio, un interscambio adeguato con la rete di trasporto pubblico su gomma, garantendo la possibilità di un futuro ampliamento della rete tram-treno.

Una riorganizzazione della rete di trasporti pubblici urbani su gomma, già realizzata nel 2012 nell'ambito del PVP (Piano della viabilità del Polo), non è ritenuta necessaria. Infatti i servizi del tram-treno hanno un carattere periurbano e regionale e coprono dei settori differenti da quelli della rete delle linee urbane TPL.

3.1 Situazione attuale

- **Organizzazione attuale dei servizi su gomma**

Il dimensionamento del nodo di interscambio di Lugano Centro deve essere verificato secondo le tipologie delle linee di trasporto pubblico. Esse possono essere distinte in:

- linee passanti, che in generale sostano solo il tempo necessario per il carico/scarico dei passeggeri;
- linee che si attestano (capolinea), che necessitano di un'occupazione prolungata in funzione della struttura dell'orario.

Le linee urbane passanti (2, 3 e 5) sono orientate sull'asse Est-Ovest. Tutte le linee urbane con capolinea (1, 4, 7, S e F) sono per contro orientate sull'asse Nord-Sud.

Oltre le linee urbane, alcune linee regionali e locali servono la fermata Lugano Centro (rispettivamente S. Antonio e al Forte). Le linee regionali/locali 431, 433, 434 e 461 sono passanti. Le linee regionali/locali 12, 439 e 490 fanno capolinea. Le linee regionali/locali 11 e 441 prevedono un capolinea ma sostano il tempo necessario per il carico/scarico dei passeggeri.

La figura seguente presenta l'offerta di trasporto pubblico urbana attuale. Tutte le linee urbane servono Lugano Centro salvo la linea 6 Stazione FFS-USI-Cornaredo.

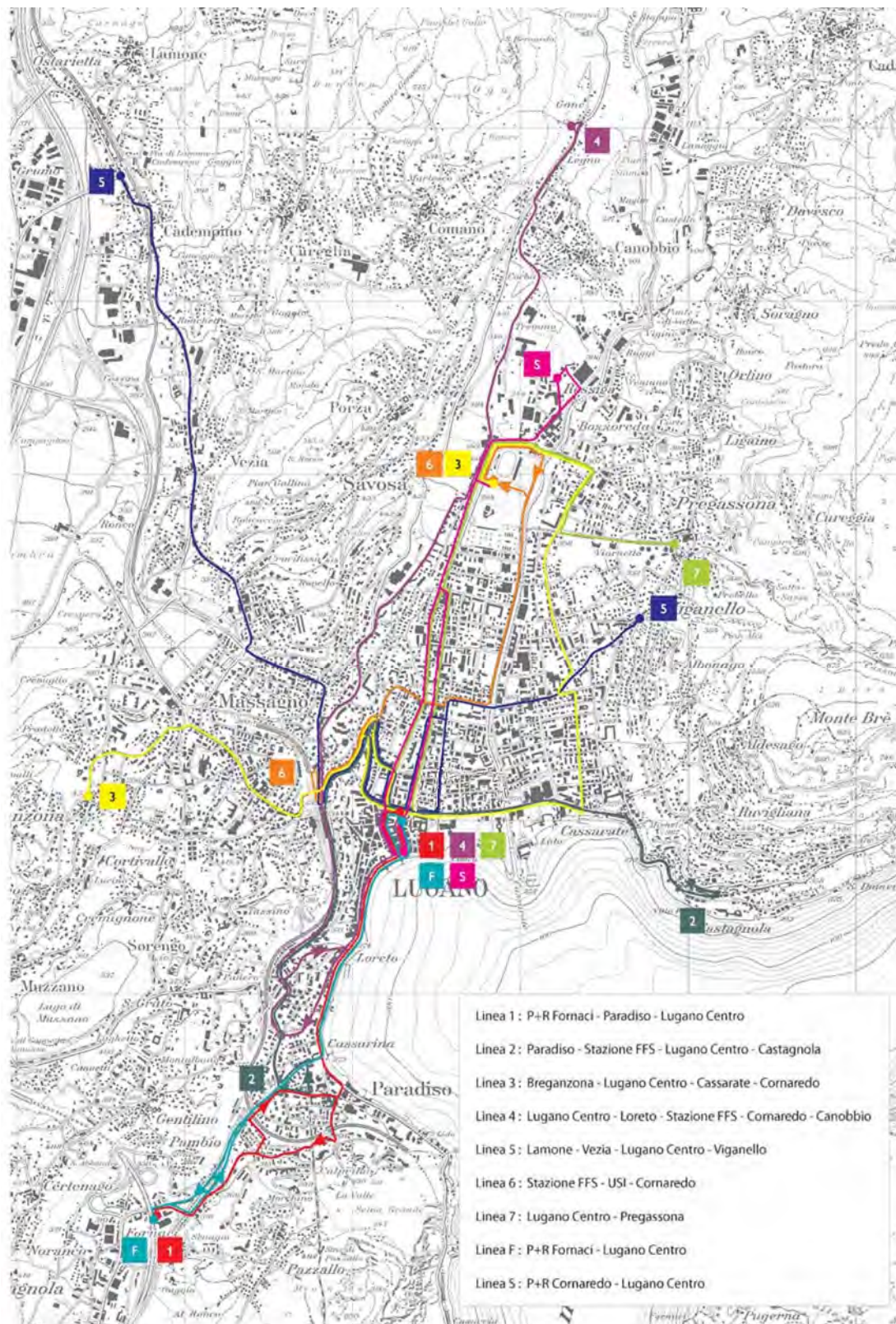


Figura 5: Linee urbane Lugano (situazione 2015)

La figura seguente presenta le linee di bus regionali/locali che servono Lugano Centro (rispettivamente S. Antonio e al Forte).

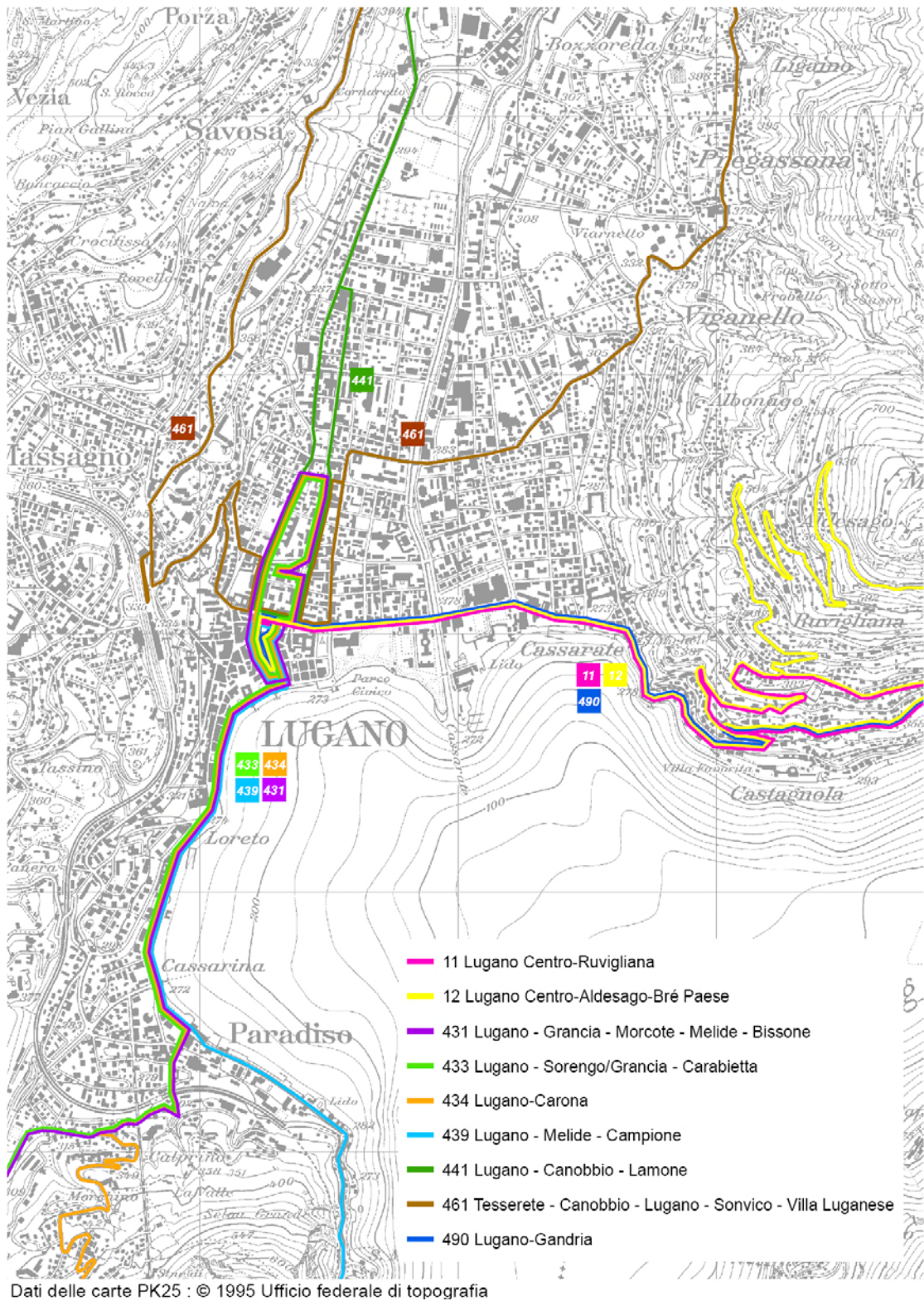


Figura 6: Linee regionali/locali che servono Lugano Centro

- **Posizionamento delle fermate**

La zona centrale di Lugano è servita da 6 fermate: Al Forte, Autosilo Balestra, Cappuccine, Centro, Piazza Manzoni e S. Antonio.

L'utilizzo delle fermate in centro dipende dalla tipologia della linea (locale, regionale o urbana), dall'impresa di trasporto (Autopostale, TPL, SNL) e dai vincoli di circolazione.

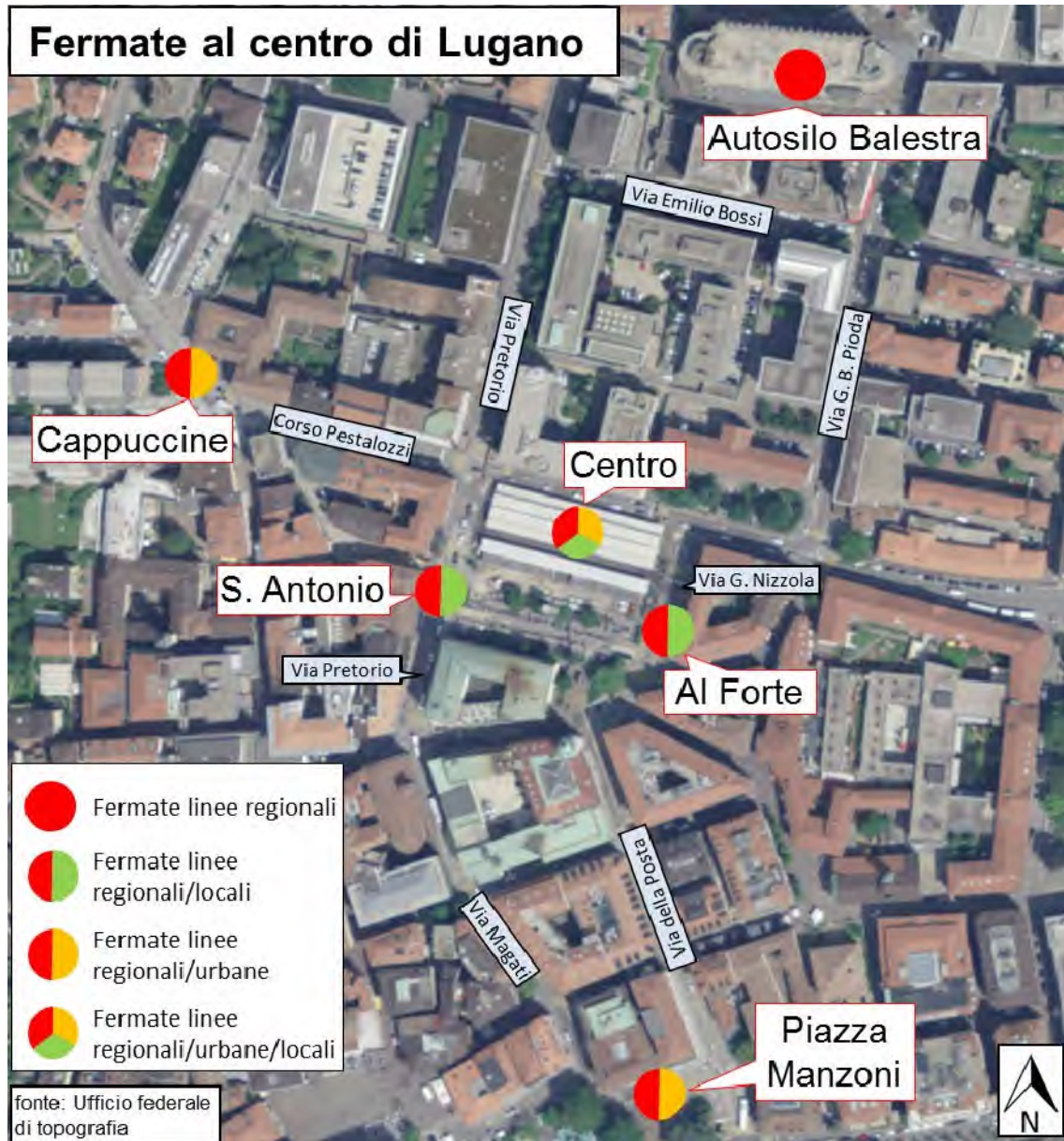


Figura 7: Fermate zona centrale Lugano



Figura 8: Fermate e percorso linee regionali (Autopostale)

Cinque linee regionali dell'Autopostale (422, 436, 442, 443, 444) fermano a Cappuccine e all'Autosilo Balestra (capolinea delle linee regionali di Autopostale) transitando davanti alla fermata Centro.

Tre linee regionali dell'Autopostale (431, 433 e 434) servono S. Antonio e Al Forte.

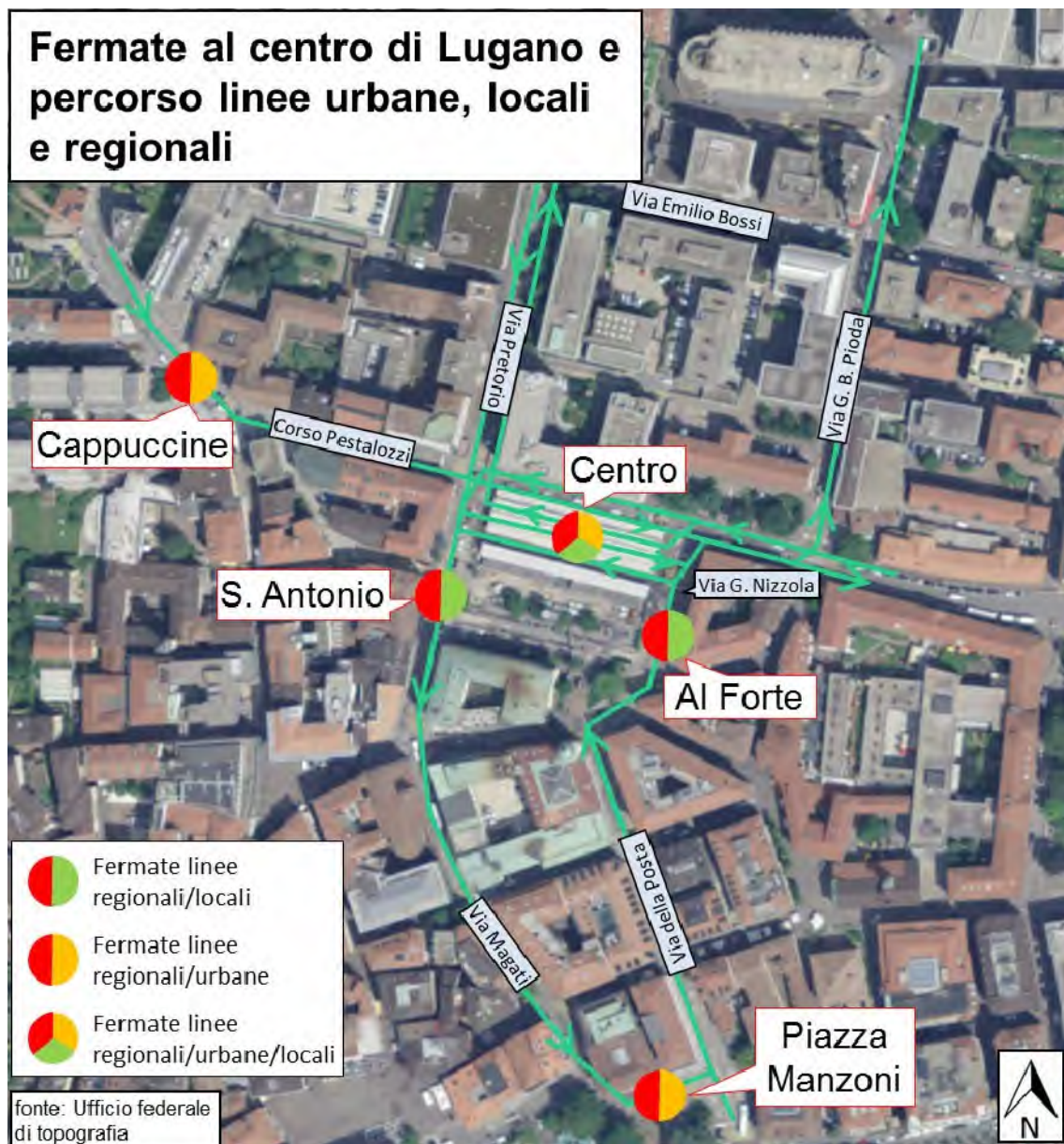


Figura 9: Fermate e percorso linee urbane/locali/regionali

Novembre linee urbane/locali (1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, F, S) dei Trasporti pubblici Luganesi (TPL) e due linee regionali dell'ARL (441, 461) servono la fermata Centro.

Le linee urbane 3, 4, 5, 7, F e S impiegano dei bus standard e articolati.

In più delle tre linee dell'Autopostale precedentemente citate (431, 433 e 434), le fermate S. Antonio e Al Forte sono servite da una linea della TPL (12) e da due linee della società di navigazione SNL (439 e 490).

- **Configurazione attuale della fermata Lugano Centro**

La fermata Lugano Centro dispone oggi di 4 marciapiedi che assicurano spazi sufficienti per l'esercizio. La Figura 10 presenta l'utilizzo dei marciapiedi e delle corsie disponibili. Ogni marciapiede di sosta ha una lunghezza di circa 53 metri, ciò che permette di accogliere simultaneamente 2 bus articolati (18 metri ognuno) e un bus non articolato (12 metri).

Fermata attuale (2013) di Lugano Centro e linee di bus

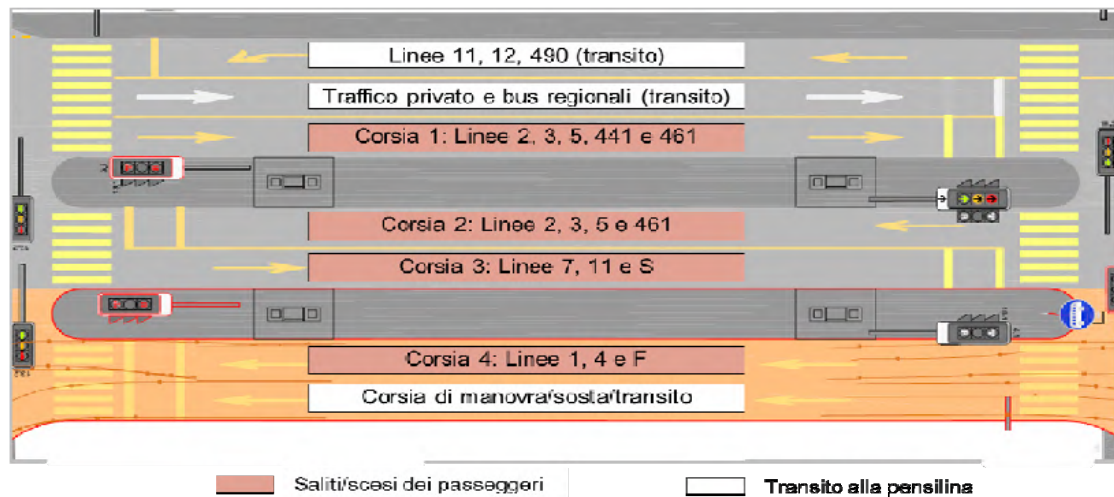


Figura 10: Caratteristiche attuali di utilizzo della fermata Centro di Lugano

Oltre alle 4 corsie dedicate all'accesso dei marciapiedi, la fermata dispone di 3 corsie di transito:

- due assicurano il transito nei due sensi di circolazione del trasporto pubblico e una di queste pure il traffico privato;
- la terza è dedicata al trasporto pubblico e può essere utilizzata anche per sosta e manovra dei veicoli.

La corsia di sosta/manovra/transito permette ai bus della linea 1 o F di sorpassare i bus della linea 4 se necessario.

3.2 Situazione con tram-treno

La rete dei trasporti pubblici urbani della TPL non dovrebbe subire importanti modifiche con la tappa prioritaria della rete tram-treno. Il terminale di Lugano centro deve mantenere un interscambio ottimale tra le linee di trasporto su gomma e garantire l'apporto/distribuzione tra le linee bus e la rete tram-treno.

I vincoli dettati dalla modifica del sistema viario e la creazione degli spazi necessari all'attestamento del tram-treno necessita una modifica delle infrastrutture e una riorganizzazione della circolazione per il traffico pubblico e privato:

- il transito sia per il trasporto pubblico sia privato nei due sensi non sarà più possibile. Infatti lo spazio di queste corsie sarà occupato dalle infrastrutture del tram-treno. Il traffico di transito dovrà dunque essere deviato su altri itinerari;
- a causa della presenza delle infrastrutture ferroviarie la corsia di sosta numero 1 (Figura 10) non sarà più disponibile.

Per le linee dell'Autopostale che servono Cappuccine, il capolinea dell'autosilo Balestra sarà raggiungibile passando da Corso Pestalozzi, Via Pretorio e Via Emilio Bossi (Figura 11).

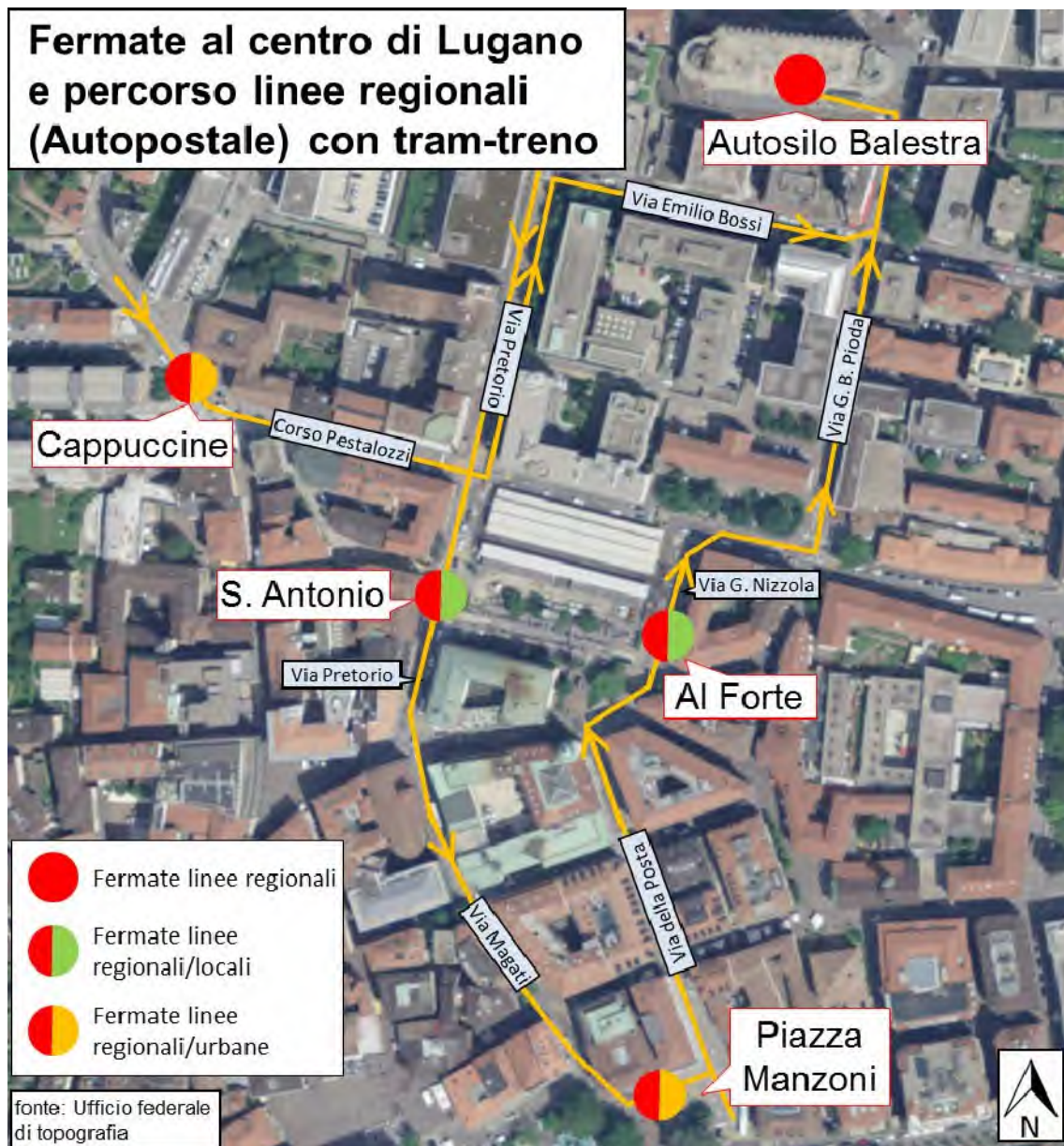


Figura 11: Itinerari delle linee di Autopostale con tram-treno

- **Futura configurazione della fermata Lugano Centro**

La proposta di sistemazione della fermata Lugano Centro (Figura 12) prevede:

- due corsie per il tram-treno;
- quattro corsie per la sosta dei bus;
- una corsia di manovra/sosta/transito per il traffico pubblico.

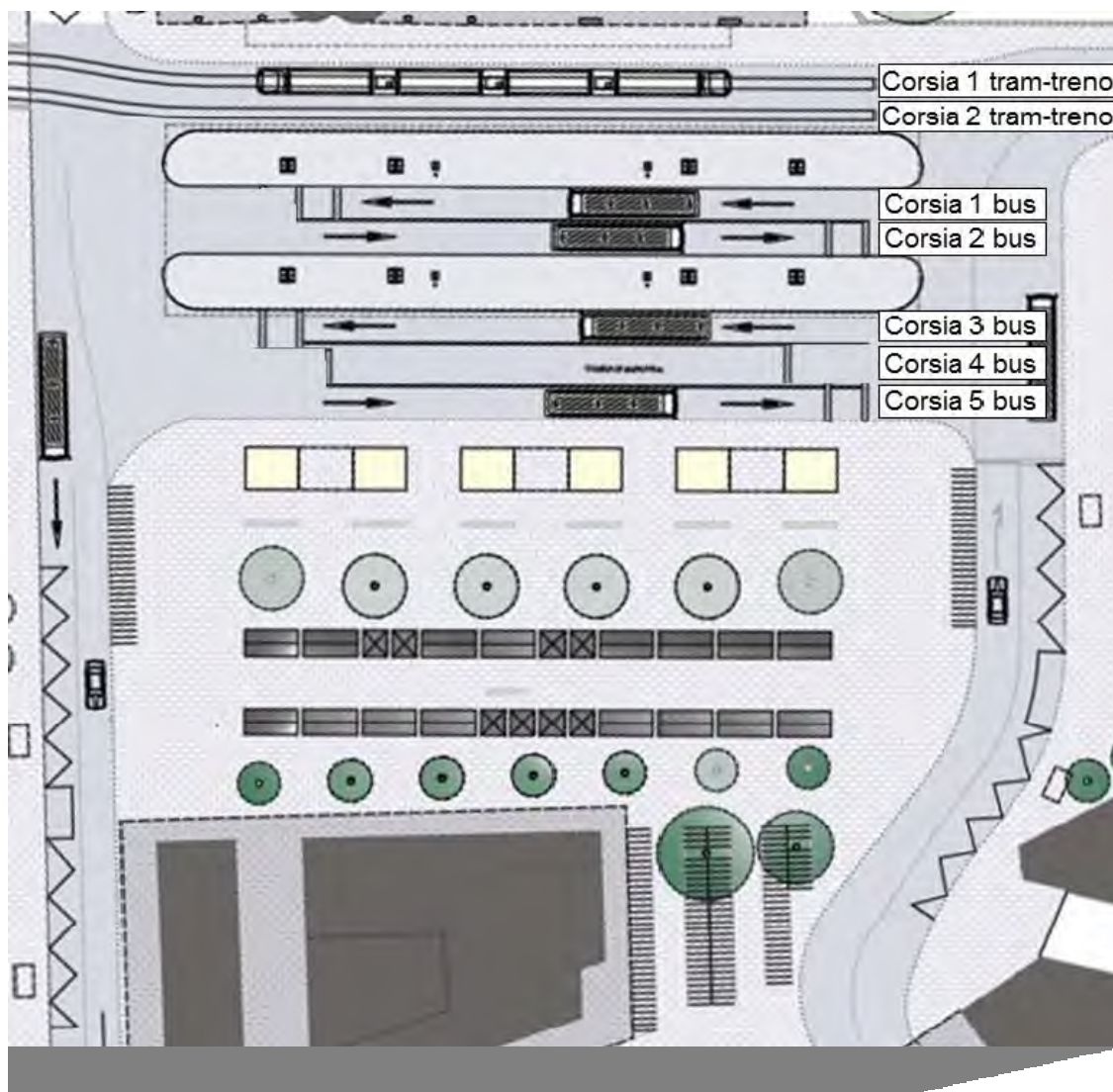


Figura 12: Proposta funzionale per la fermata di Lugano Centro

Le corsie bus utilizzate per il carico/scarico dei passeggeri hanno una lunghezza di circa 52 metri (la corsia 3 di circa 55 metri) che permettono come nella situazione attuale d'accogliere simultaneamente 2 bus articolati (18 metri ognuno) e un bus non articolato (12 metri).

Una verifica di funzionamento della nuova configurazione della fermata di Lugano Centro è stata realizzata per diversi scenari d'offerta mantenendo gli itinerari e l'organizzazione delle linee attuali:

- offerta attuale all'ora di punta del mattino;
- offerta dell'ora di punta del mattino aumentata di 35%;
- offerta attuale all'ora di morbida pomeridiana;
- offerta attuale all'ora di morbida pomeridiana domenicale.

Le figure seguenti rappresentano l'occupazione delle corsie per la proposta di sistemazione che prevede 4 corsie per la sosta dei bus. Le linee 3, 4, 5, 7, F e S impiegano sia dei bus standard che articolati.



Figura 13: Utilizzazione stalli bus con offerta attuale dell'ora di punta



Figura 14: Utilizzazione stalli bus con offerta aumentata di 35% dell'ora di punta



Figura 15: Utilizzazione stalli bus all'ora di morbida pomeridiana (lun-ven)



Figura 16: Utilizzazione stalli bus all'ora di morbida pomeridiana (do)

Le offerte dell'ora di punta attuale, dell'ora di punta aumentata di 35% nonché dell'ora di morbida pomeridiana (lun-ven) sono gestibili con la configurazione di fermata proposta. Infatti non ci sono casi dove la capacità delle corsie è superata. L'offerta dell'ora di morbida pomeridiana domenicale necessita di piccoli adattamenti degli orari dei bus per essere compatibile con la configurazione di fermata proposta. I bus delle linee passanti (2, 3, 5) sostano infatti più del tempo strettamente necessario ai movimenti di saliti/scesi e questa situazione potrebbe nuocere al buon funzionamento del nodo d'interscambio (per esempio quattro bus non possono sostare sulla corsia 2 se due di questi sono articolati). Questa caratteristica dovrà essere presa in considerazione durante l'elaborazione degli orari delle linee bus.

Nel caso di aumento dell'offerta, la capacità e la funzionalità della nuova fermata potrebbero essere migliorate apportando alcune modifiche minori sulla rete urbana. A titolo d'esempio puramente illustrativo, si potrebbe immaginare una diametralizzazione delle linee 1 e 7, che potrebbe servire le fermate Sant'Antonio e Al Forte. In questo modo la fermata Lugano Centro dovrebbe accogliere meno bus e sarebbe meno sollecitata.

4 CONCLUSIONI

Le analisi realizzate indicano le future modalità di funzionamento dei nodi d'interscambio di Lugano Centro, Cavezzolo e Manno-Suglio.

Sulla base delle ipotesi effettuate, grazie alle infrastrutture previste, e in particolare al numero di stalli, sarà possibile gestire il trasporto pubblico su gomma e disporre di una flessibilità sufficiente per eventuali adattamenti o modifiche dei servizi.

5 BIBLIOGRAFIA

- [1] AGGLOMERATO DI LUGANO- COMPENSORIO VALLE DEL VEDEGGIO Piano d'offerta del trasporto pubblico su ferro (TILO/Tram) e su gomma per il comparto Valle del Vedeggio dopo l'apertura della galleria di base AlpTransit del Ceneri, DT-Sezione della mobilità/Commissione Vedeggio Valley/CRTL, 2014
- [2] Masterplan Medio-Alto Vedeggio, Commissione Vedeggio Valley (CVV), 2012

Rivera, 29 settembre 2017