

Variante al PRGC di Livello Comunale
“Accesso Nord: Mobilità Sistemática e Turistica”

Verifica dell'impatto complessivo sulla rete stradale di primo livello
e sulle penetrazioni urbane a seguito delle previsioni di insediamento urbanistico

Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 4 |
| 1.1 | OBIETTIVI DELLO STUDIO | 4 |
| 1.2 | CENNI AL PROGETTO | 4 |
| 1.3 | STRUTTURA DELLA RELAZIONE | 5 |
| 2 | MODELLO DI DOMANDA/OFFERTA | 7 |
| 2.1 | DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI | 7 |
| 2.1.1 | <i>Scenario Base (SB - 2021)</i> | 7 |
| 2.1.2 | <i>Scenario di Riferimento (SR - 2025)</i> | 7 |
| 2.1.3 | <i>Scenario di Progetto (SP - 2025)</i> | 8 |
| 2.2 | STRUTTURA DEL MODELLO DI PREVISIONE DELLA DOMANDA | 8 |
| 2.3 | MODELLO A QUATTRO STADI | 10 |
| 2.3.1 | <i>Generazione e Distribuzione del Trasporto Privato</i> | 11 |
| 2.3.2 | <i>Generazione e Distribuzione del Trasporto Pubblico Locale</i> | 13 |
| 2.3.3 | <i>Scelta Modale</i> | 14 |
| 2.3.4 | <i>Scelta del Percorso</i> | 15 |
| 2.4 | PROIEZIONE DELLE MATRICI O/D | 16 |
| 2.5 | MODELLIZZAZIONE DELLA RETE NELLO SCENARIO DI RIFERIMENTO | 17 |
| 3 | ANALISI DELLA DOMANDA SULLA CABINOVIA | 18 |
| 3.1 | DOMANDA DI PROGETTO SULLA CABINOVIA | 18 |
| 3.1.1 | <i>Saliti/Discesi</i> | 19 |
| 3.1.2 | <i>Flussi sulla rete di progetto</i> | 20 |
| 3.2 | IPOTESI DI CALCOLO | 21 |
| 4 | CABINOVIA E TRASPORTO PUBBLICO LOCALE | 22 |
| 4.1 | UN SISTEMA INTEGRATO | 22 |
| 4.2 | LINEE IMPATTATE DALLA CABINOVIA | 22 |
| 4.2.1 | <i>Percorsi delle linee impattate dal progetto</i> | 24 |
| 4.2.2 | <i>Diagrammi di Carico - Linee Impattate dal Progetto (2h di punta)</i> | 26 |
| 4.3 | IMPATTO DELLA CABINOVIA SULLA RETE DEL TPL | 28 |
| 4.4 | SERVIZIO TPL SUL CARSO | 28 |
| 4.5 | SERVIZI TURISTICI | 31 |
| 5 | VALUTAZIONE DEI BENEFICI | 32 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.1 | GRADO DI SATURAZIONE | 33 |
| 5.2 | RETE DI PRIMO LIVELLO | 35 |
| 5.3 | SODDISFAZIONE DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ | 35 |
| 5.4 | RIEQUILIBRIO TRA TRASPORTO PUBBLICO E PRIVATO | 35 |
| 5.5 | INCIDENTALITÀ | 36 |
| 5.6 | IMPATTO AMBIENTALE E RISPARMIO ENERGETICO | 36 |
| 6 | SOSTENIBILITÀ ECONOMICA | 38 |
| 6.1 | IPOTESI DI RIFERIMENTO | 38 |
| 6.2 | RICAVO DA TARIFFA MEDIO | 38 |
| 6.3 | ANALISI DI SENSITIVITÀ SUGLI UTILI | 39 |
| 7 | ANALISI DI ALTERNATIVE | 42 |
| 7.1 | INTRODUZIONE | 42 |
| 7.2 | IPOTESI PROGETTUALI | 42 |
| | 7.2.1 <i>Piano di Esercizio Tramviario</i> | 42 |
| | 7.2.2 <i>Linee di Desiderio</i> | 43 |
| | 7.2.3 <i>Scelta Modale</i> | 45 |
| | 7.2.4 <i>Sensitività del tempo di percorrenza della linea tramviaria sulla scelta modale</i> | 47 |
| | 7.2.5 <i>Scelta del Percorso</i> | 48 |
| | 7.2.6 <i>Trasporto Pubblico</i> | 48 |
| | 7.2.7 <i>Trasporto Privato</i> | 50 |
| 7.3 | CONCLUSIONI | 51 |
| 8 | CONCLUSIONI | 53 |

1 INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi dello Studio

Nell'ambito della Variante al PRGC in oggetto, il presente documento propone l'illustrazione del progetto della Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso, con riferimento alla verifica dell'impatto complessivo sulla rete stradale di primo livello e sulle penetrazioni urbane a seguito delle previsioni di insediamento urbanistico.

1.2 Cenni al Progetto

Trieste è legata all'Italia attraverso una stretta lingua di terra che si estende a nord della città. E questo unico collegamento con il resto della penisola è il più debole e critico sotto il profilo infrastrutturale. A ovest della città c'è il mare, a sud e a est vi è un sistema di accesso alla città che parte da comodi valichi di confine con la Slovenia che presentano caratteristiche autostradali o comunque di viabilità di primo livello e confluiscono poi in una viabilità di penetrazione alla città adeguata e agevole (via Flavia, Strada per Basovizza, tratta sud della Grande Viabilità Triestina, Strada di Fiume, ecc.).

A nord, invece, le infrastrutture stradali di penetrazione in città sono estremamente carenti: la strada statale 14 "Costiera", che è già inibita al traffico pesante, richiede continue attività di consolidamento, con smottamenti e frane continue. È una strada che dovrebbe essere di tipo turistico più che un asse di accesso alla città. L'alternativa è la Grande Viabilità Triestina che è la naturale prosecuzione della autostrada A4. Questa, tuttavia, circonda la città delegando la penetrazione da nord a vie particolarmente pendenti o inadeguate (strada del Friuli, via Commerciale, via Bonomea, ecc.). I veicoli che arrivano in città non hanno alternative e ogni mattina nell'ora di punta più di 1.900 veicoli si spingono su questi accessi inadeguati per raggiungere il centro città (piazza Libertà e le Rive cittadine).

Il progetto della cabinovia si pone quindi come risoluzione definitiva e in chiave moderna dell'annoso problema della penetrazione nord della città: partendo dall'altipiano del Carso che circonda la città (nei pressi di Campo Romano a Opicina), facilmente raggiungibile dalla viabilità principale, la cabinovia è in grado di portare l'utente in pochi minuti nel pieno centro cittadino con un percorso

strategico, anche perché attraversa completamente l'area di Porto Vecchio: i 70 ettari del vecchio porto austroungarico, ora meraviglioso esempio di archeologia industriale, a seguito di un recente emendamento alla finanziaria del governo è passato in proprietà dall'Autorità Portuale al Comune di Trieste. Un accordo di programma in corso porterà alla riconversione e alla valorizzazione dell'area. In previsione delle numerose attività che si insedieranno (dal ricettivo al congressuale, dal residenziale all'hi-tech, dalle crociere al commerciale), non è pensabile delegare la domanda di mobilità da e per questa zona alle sole modalità di trasporto tradizionali, anche perché entrerebbe in crisi non tanto questa area ma l'intero sistema del traffico cittadino.

Nell'ambito del PNRR, Trieste ha ricevuto un finanziamento per l'attuazione dell'intervento Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso, un sistema di trasporto pubblico a fune integrato con l'esistente rete di trasporto pubblico urbano. Il tracciato di progetto prevede quattro stazioni collocate come segue:

- 1. Stazione di testa Opicina: questa stazione è destinata a intercettare la domanda in arrivo su gomma da nord e destinata al centro cittadino, dove si colloca un parcheggio di interscambio intermodale anche con i servizi TPL del Carso;*
- 2. Stazione intermedia Bovedo: questa stazione è un punto di offerta per l'intero rione di Barcola anche grazie al parcheggio di interscambio realizzato due anni fa;*
- 3. Stazione intermedia Porto Vecchio: la stazione serve la zona centrale di Porto Vecchio con particolare riferimento all'area museale e congressuale in costruzione, ma anche per il futuro sviluppo dell'intera zona di Porto Vecchio;*
- 4. Stazione di testa Trieste: la cabinovia conclude la sua corsa in un punto nevralgico, nel pieno centro della città a due passi dalla piazza principale e in corrispondenza del principale polo intermodale della città (stazione ferroviaria, hub del trasporto pubblico locale, stazione delle autocorriere extraurbane).*

Si tratta di un trasporto continuo flessibile a frequenze elevate (ordine di 20"), con una capacità massima di 1.800 passeggeri/ora per senso di marcia. Per ulteriori dettagli progettuali si può fare riferimento al Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica depositato agli atti.

1.3 Struttura della Relazione

La relazione presenta la metodologia di calcolo della domanda di trasporto stimata sulla Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso (nel seguito "Cabinovia"), e le analisi dei benefici della stessa sulla rete del trasporto privato e su quella del trasporto pubblico (di cui fa parte

integrante). Vengono presentate le ipotesi di crescita della mobilità e la loro implementazione negli scenari di sviluppo trasportistici. Si conclude l'analisi con i risultati relativi alla valutazione delle variazioni del flusso viario e del grado di saturazione sugli archi di penetrazione urbana, sulla rete di primo livello (come definiti dal PRITMML), e negli archi stradali maggiormente impattati positivamente dallo sviluppo della Cabinovia, oltre che dei benefici ambientali e trasportistici dovuti alla realizzazione dell'infrastruttura, anche in relazione alla sua integrazione con il sistema di Trasporto Pubblico Locale di Trieste, al quale appartiene. Vengono presentate inoltre le analisi su alternative di trasporto e verifiche della sostenibilità economica dell'opera.

2 MODELLO DI DOMANDA/OFFERTA

2.1 Definizione degli Scenari di Analisi

In accordo con le scelte emerse nell'ambito della redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) di Trieste, gli scenari di sviluppo considerati per la valutazione del progetto in oggetto sono sviluppati sinteticamente in seguito. In questo senso si considera un unico scenario di progetto al 2025 che include le scelte pianificate nello Scenario di Riferimento ed il progetto della Cabinovia.

2.1.1 Scenario Base (SB - 2021)

Lo scenario base rappresenta lo stato di fatto della domanda e dell'offerta sul territorio; considerando che l'analisi della domanda è stata effettuata nell'anno 2019, l'anno di riferimento (2021) è stato considerato analogo a quello dell'analisi O/D.

2.1.2 Scenario di Riferimento (SR – 2025)

Lo Scenario di Riferimento è stato costruito e modellizzato seguendo le indicazioni del PUMS e prevedendo gli investimenti già pianificati, i progetti avviati e/o in sviluppo, gli interventi infrastrutturali programmati e gli interventi organizzativi e gestionali per l'ottimizzazione del sistema di trasporto, in coerenza con la strategia di mobilità che emerge dai documenti di pianificazione. In particolare, tale scenario si compone dei seguenti elementi di offerta:

- a) *Nuova viabilità nell'area del Porto Vecchio (Lotti 1 e 2);*
- b) *Strada di collegamento tra l'Ospedale di Cattinara, via Alpi Giulie e SS 202 (GVT);*
- c) *Interventi connessi al progetto "ex Maddalena";*
- d) *Interventi connessi al progetto "ex Fiera".*

La domanda fa riferimento agli incrementi generati dalle seguenti trasformazioni urbanistiche:

- a) *Trasformazioni urbanistiche da PRGC;*
- b) *Trasformazioni urbanistiche da Piano del Commercio;*

c) Carichi indotti dalla trasformazione dell'area del Porto Vecchio.

Lo scenario di riferimento considera inoltre tutti i progetti di trasporto pubblico e stradale che possono considerarsi in esercizio secondo gli strumenti di pianificazione e con le strategie di mobilità urbana, insieme ad un ulteriore sviluppo dei progetti in coerenza con il PUMS.

2.1.3 Scenario di Progetto (SP – 2025)

Lo Scenario di Progetto è stato costruito e modellizzato seguendo le indicazioni del PUMS e prevedendo gli investimenti e le previsioni di modifica dell'offerta di rete e della domanda contenuti nello Scenario di Riferimento, ed associando l'intervento in Progetto; lo SP, quindi, si differenzia dallo SR soltanto in virtù degli impatti attesi dal Progetto stesso e dalle eventuali ristrutturazioni di rete ad esso associate quali, in questo caso, la realizzazione di un nuovo nodo di interscambio presso il capolinea Nord della cabinovia (Campo Romano) e l'adeguamento dell'esistente Park Bovedo (posto in corrispondenza della fermata a valle della cabinovia).

2.2 Struttura del Modello di Previsione della Domanda

Il modello sviluppato per la progettazione del PUMS di Trieste e per la valutazione dell'impatto della Cabinovia è stato implementato in ambiente PTV VISUM.

La zonizzazione dell'area di studio è stata condotta con riferimento alla zonizzazione effettuata nel corso delle analisi del 2003 ed affinata per aggiornarla agli scopi odierni. L'attività ha riguardato in primo luogo la verifica della corrispondenza tra le sezioni censuarie Istat 2001 e la zonizzazione 2003, con piccoli interventi di ri-associazione univoca di alcune sezioni censuarie alle zone del 2003. Successivamente è stata avviata l'attività di associazione delle sezioni censuarie Istat 2011 alle Zone del 2003 sfruttando, dove possibile (ovvero per 1.104 sezioni), la corrispondenza tra sezioni 2001 e 2011 e procedendo ad una attribuzione manuale nei restanti casi (ovvero per 15 sezioni).

È stata così creata l'associazione univoca tra le 1.119 sezioni censuari Istat 2011 relative al territorio provinciale e le zone 2003. I 7 portali 2003, invece, sono rimasti invariati. Rispetto alla zonizzazione del 2003, nella zonizzazione 2019 sono state aggiunte 2 zone a Trieste (zona 2802 Molo VII e 5600 Zona industriale che erano accorpate rispettivamente alle zone 2703 Molo V e 5502 Zona industriale Ex Esso) ed è stata soppressa la zona 6924 di San Dorligo della Valle che condivideva la sezione censuaria 24 con la zona 6928 (che nella nuova zonizzazione la ricomprende per intero). La zonizzazione complessiva finale 2019 computa dunque in 147 zone interne (ed in particolare 85 zone per il Comune di Trieste, 19 zone per il Comune di Duino Aurisina, 3 zone per il Comune di Monrupino, 16 zone per il Comune di Muggia, 13 zone per il Comune di San Dorligo della Valle e 11

zone per il Comune di Sgonico) e 9 portali (dei quali 7 esterni corrispondenti con la principale viabilità di accesso al territorio provinciale: Cartiere del Timavo, Lisert, Ferneti, Lipizza, Pese, Rabuiese, Lazzaretto; e 2 interni corrispondenti, rispettivamente, con la stazione ferroviaria centrale di Trieste e con l'autostazione di Trieste). La Figura 1 rappresenta un estratto della zonizzazione dell'area di studio, propedeutica all'analisi della domanda.

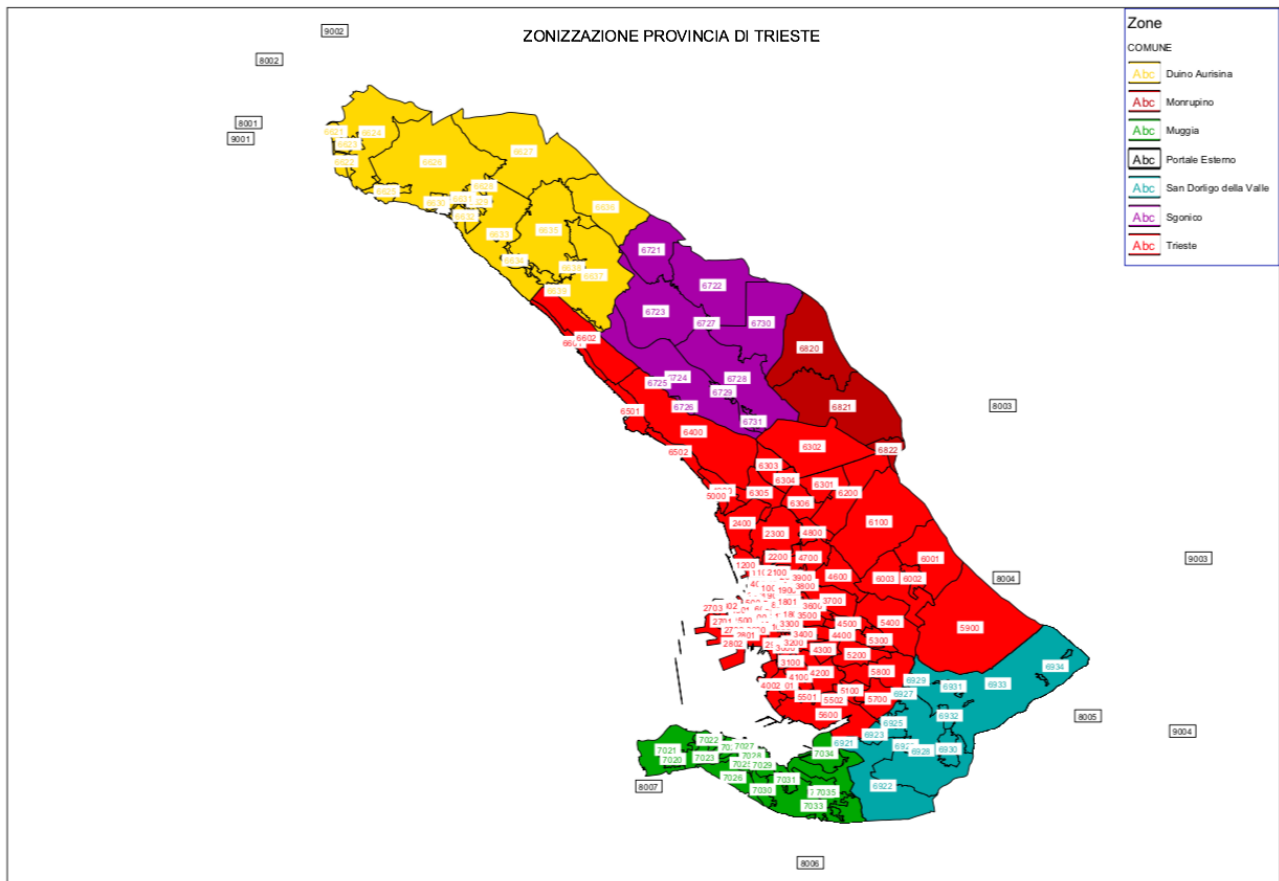


Figura 1 – Zonizzazione dell'area di studio

Il modello è stato calibrato con dati aggiornati al 2019. Il periodo modellizzato fa riferimento all'ora di punta del mattino (7:30 – 8:30) per il trasporto privato, ed alle due ore di punta (7:00 – 9:00) per quanto riguarda la modellizzazione della rete del TPL.

Il grafo completo (Figura 2) è stato costruito a partire dal grafo in dotazione all'Amministrazione Comunale di Trieste, ed allargato e infittito per consentire l'analisi di tutta l'area di studio (in coerenza con le indagini O/D) e la modellizzazione dell'offerta e della domanda del TPL su gomma nell'area. Nel modello è stato caricato l'intero programma di esercizio del trasporto pubblico locale offerto su gomma dall'azienda Trieste Trasporti S.p.A, riferito al Piano di Esercizio invernale 2019-2020.

Il modello di esercizio del TPL è stato dedotto dal file in formato *General Transit Feed Specification*, GTFS, reso disponibile da Trieste Trasporti. Il database dei servizi su gomma si compone complessivamente di 1.408 fermate e di 15.652 corse appartenenti a 59 linee che si distribuiscono sul territorio attraverso 655 distinti istradamenti. Il database fornito è relativo a circa 8 mesi di esercizio (periodo compreso tra 01/11/2019 ed 13/06/2020), pertanto sono anche state estratte e caratterizzate le corse relative al solo servizio di un giorno tipo (mercoledì 15 gennaio 2020) che ammontano ad un totale di 5.839 corse su gomma. Il database si completa anche con la linea Marittima 01M Trieste Muggia (10 coppie di corse nel giorno feriale tipo). La fase di caricamento sul modello VISUM dei percorsi da fonte GTFS è avvenuta sul grafo preesistente (grafo condiviso con il trasporto privato), avendo cura di verificare la correttezza degli istradamenti.

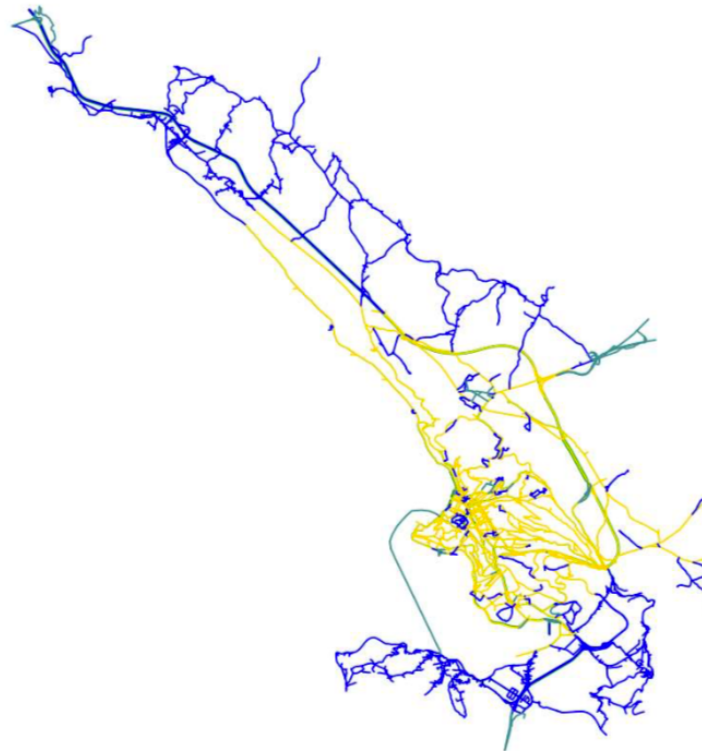


Figura 2 – Grafo della rete dell'area di studio – in giallo gli archi del modello originale in dotazione al Comune di Trieste, in azzurro e verde gli archi aggiunti per la modellizzazione della mobilità dell'area di studio

2.3 Modello a Quattro Stadi

Il modello multimodale è stato sviluppato secondo una struttura tipica a quattro stadi per la calibrazione e validazione di ciascun sotto-modello con i dati più recenti a disposizione. La generazione e la distribuzione della domanda sono state condotte con la costruzione delle matrici O/D per il trasporto privato e pubblico, sulla base dei dati ricavati dalle indagini O/D e di dati ISTAT di supporto. Il periodo modellizzato è quello dell'ora di punta della mattina (7:30 – 8:30) per il

trasporto privato, la doppia ora di punta (7:00 – 9:00) per il Trasporto Pubblico con coefficiente di passaggio all'ora di punta pari a 0,56.

2.3.1 Generazione e Distribuzione del Trasporto Privato

La matrice O/D dei Mezzi Leggeri nell'ora di punta del mattino è stata ricostruita attraverso la procedura di seguito descritta. Sono state elaborate le interviste a domicilio somministrate a circa 800 famiglie, per circa 1.700 componenti e 5.500 spostamenti nella giornata per vario motivo e con vario mezzo. Tali interviste sono state tutte geo-referenziate, in origine e destinazione, rispetto alla zonizzazione adottata e rispetto al mezzo (privato, TPL gomma o ferro, a piedi e bici). Dalle interviste sono stati estratti i seguenti 935 spostamenti effettuati in ora di punta del mattino classificandoli in:

- *537 primi spostamenti del giorno effettuati in ora di punta del mattino per motivo di studio o lavoro (confrontabili con l'Istat);*
- *202 primi spostamenti del giorno effettuati in ora di punta del mattino per altro motivo;*
- *256 spostamenti successivi al primo, ma comunque effettuati in ora di punta del mattino.*

I «primi spostamenti» registrati con le interviste a domicilio in ora di punta (somma di tutti motivi) sono dunque 739, che rispetto al numero di intervistati «validi» (pari a 1.683) rappresentano il 44%. Tale valore rappresenta il grado di emissività delle zone ed in particolare il rapporto tra numero di residenti e spostamenti emessi nell'ora di punta del mattino. Noto tale valore, per le zone nelle quali sono state effettuate interviste con primi spostamenti in ora di punta del mattino (59 zone di Trieste rispetto alle 85 zone di Trieste complessive) si è proceduti all'espansione di tali relazioni O/D in modo che essa computasse, in termini di spostamenti, un valore pari al 44% dei residenti delle zone interessate.

Gli spostamenti successivi al primo hanno subito la stessa espansione del proprio primo spostamento. Per validare la procedura sono stati confrontati, il totale degli spostamenti emessi in ora di punta secondo la matrice Istat con quelli computati con l'espansione delle interviste a domicilio (Figura 3). Entrambi i valori si riferiscono al totale in ora di punta (qualsiasi mezzo).

È stata così generata la matrice degli spostamenti in ora di punta, espansa rispetto ai residenti, ricavata dalle interviste a domicilio. Parallelamente è stata generata una matrice base Istat come aliquota della matrice Istat complessiva (tutti i modi). Tale coefficiente, pari a 0,54 rappresenta il rapporto tra gli spostamenti Istat di sola andata rilevati tra le 7:15-8:15 (fascia più «simile» a quella di punta 7:30 – 8:30) e gli spostamenti complessivi (la distinzione Istat per modo si evince dal dato Istat Comune – Comune).

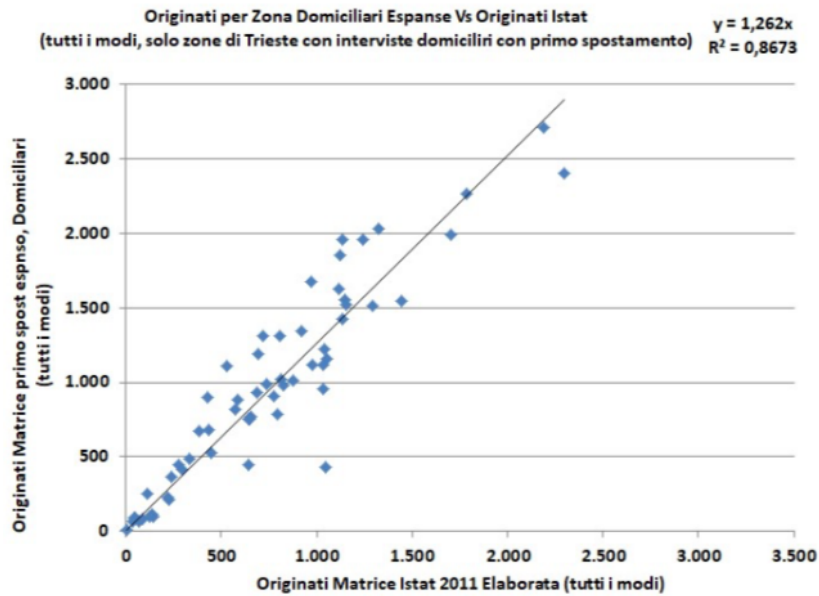


Figura 3 - Correlazione tra gli spostamenti da fonte domiciliari espansi ed i residenti

La matrice Istat base dell'ora di punta è stata aggiunta alla matrice delle interviste a domicilio secondo le seguenti due «regole»:

- per il solo modo privato è stata aggiunta la matrice Istat (mezzo privato) alla matrice delle interviste a domicilio per la componente riguardante tutte le zone in origine nelle quali il numero di intervistati che hanno effettuato il primo spostamento in ora di punta con mezzo privato è assente o poco significativo;
- per tutti gli altri modi (TPL, piedi e bici) è stata aggiunta la matrice Istat (del mezzo relativo) alla matrice delle interviste a domicilio per la componente riguardante tutte le zone in origine nelle quali il numero di intervistati in ora di punta è nullo.

Dalla matrice così definita (mix tra interviste a domicilio espansi e pendolarismo Istat) è stata estratta la componente mezzo privato. Dalla matrice dei veicoli leggeri così assegnata sono state estratte le «sub matrici» intercettate in corrispondenza di 19 sezioni cordonali nelle quali sono state somministrate interviste ai conducenti dei veicoli leggeri. In particolare, presso queste sezioni sono state somministrate la mattina 1.628 interviste valide espansi su un flusso complessivamente intercettato in ora di punta del mattino pari a 7.350 veicoli (per un tasso di campionamento pari al 22% circa ed un coefficiente di espansione medio pari a 4,51 (7.350 veicoli /1.628 interviste). Le «sub matrici» estratte dal modello in quanto in transito presso le 19 sezioni cordonali sono state «sostituite» dalle omologhe «sub matrici» ricavate dalle interviste cordonali.

La matrice complessiva così ottenuta è stata sottoposta ad una procedura di correzione di tipo *TFlow Fuzzy* in ambiente PTV VISUM sulla base dei conteggi sulle sole sezioni non oggetto di interviste

cordionali (130 sezioni rilevate rispetto alle 149 complessive). L'esito della procedura di calibrazione della matrice dei Mezzi Leggeri, pari 35.826 spostamenti in ora di punta del mattino, è riportato nella Figura 4.

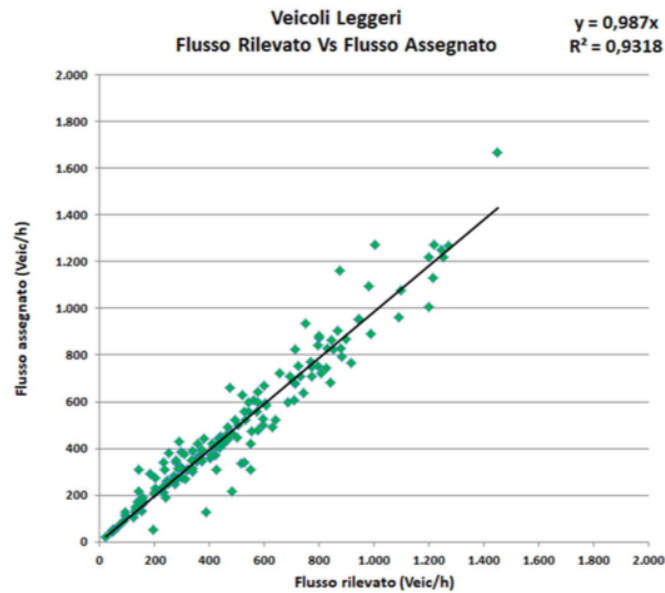


Figura 4 - Calibrazione della matrice dei veicoli leggeri ora di punta del mattino (7:30 – 8:30)

2.3.2 Generazione e Distribuzione del Trasporto Pubblico Locale

La matrice O/D del TPL nell'ora di punta del mattino è stata ricostruita attraverso la procedura di seguito descritta. Sono state geo-referenziate rispetto alla zonizzazione adottata le interviste a domicilio e quelle alle fermate.

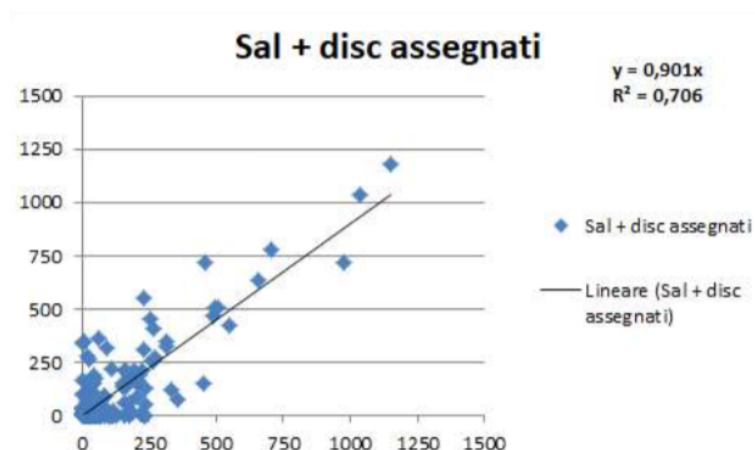


Figura 5 - Calibrazione della matrice del TPL nelle ore di punta del mattino (7:00 – 9:00)

Alla matrice costruita da tali interviste, elaborate individuando quelle dell'ora di punta del mattino opportunamente espanse rispetto ai residenti della zona di origine ed al coefficiente di emissione in ora di punta, pari a 0,44, è stata aggiunta, per le zone non coperte da interviste in origine, la matrice Istat, sempre riferita alla zonizzazione adottata.

La matrice determinata come sopra, mix tra le interviste a domicilio, quelle alle fermate e il pendolarismo di fonte Istat, è assegnata al modello e successivamente corretta con procedura *TFlow Fuzzy* in ambiente PTV VISUM sulla base dei conteggi dei saliti e discesi in ora di punta (143 fermate che computano, complessivamente, 10.229 saliti e 8.853 discesi fascia di punta del mattino). L'esito della procedura di calibrazione della matrice dei TPL ha portato alla definizione di una matrice pari a 33.146 spostamenti nella fascia di punta del mattino compresa tra le 7:00 e le 9:00. Il grado di affidabilità delle stime è riportato nella Figura 5.

2.3.3 Scelta Modale

Il modello multimodale descritto consente di supportare il modello di ripartizione modale da adottare in fase di sviluppo degli scenari di progettazione. Per la fase della Scelta Modale stato sviluppato un modello di ripartizione modale di tipo Logit binomiale privato (con coefficiente di occupazione dedotto dalle interviste pari a 1,32) e pubblico (coefficiente di passaggio da biorario a orario pari a 0,56) calibrato sia per forma aggregata (confronto tra il totale delle matrici di input e output) che per singola relazione. Tale modello è caratterizzato da funzioni di costo che tengono conto del costo generalizzato del viaggio dedotto in funzione delle seguenti variabili:

- *per l'auto: distanza di viaggio e tempo di viaggio;*
- *per il mezzo pubblico: tempo a piedi per giungere alla fermata di inizio viaggio, tempo di attesa, tempo di viaggio a bordo, eventuale tempo di attesa al trasbordo e tempo a piedi per giungere a destinazione dalla fermata di fine viaggio.*

Le variabili sopra elencate, tutte dedotte direttamente dagli indicatori di output del modello di assegnazione del modello, sono state trasformate in costo generalizzato attraverso opportuni coefficienti che tengono conto, ad esempio, del valore del tempo di viaggio (VOT), del costo chilometrico degli spostamenti in auto e del costo del titolo di viaggio per il TPL (fisso o chilometrico).

La procedura è stata implementata in ambiente PTV VISUM per la calibrazione rispetto allo scenario attuale, ed è automaticamente disponibile negli scenari di progetto al fine di stimare la diversione modale a seguito di qualsiasi intervento sull'offerta privata e/o pubblica. Nel processo di calibrazione del modello Logit, sono state per prima cosa definite le funzioni di costo del mezzo privato (in funzione della distanza e del costo della sosta a destinazione) e del mezzo pubblico (in funzione del

costo del biglietto); successivamente sono state definite le utilità in funzione del costo monetario e del tempo di viaggio (dato fornito in output dal modello). Al trasporto pubblico è stata aggiunta una variabile ulteriore che tiene conto dell'effettivo uso del TPL (Beta TPL). Questa variabile «misura» per ogni relazione del modello nella quale i due modi sono in competizione, l'effettivo utilizzo del TPL rispetto alle funzioni di costo ed al tempo di viaggio. Essa rappresenta quindi la «resistenza» all'uso del TPL pur in presenza di una convenienza del costo generalizzato (tempo + costo economico). Nella prima parte del procedimento di calibrazione sono stati stimati i coefficienti Beta delle funzioni di utilità in forma aggregata (riportati nella descrizione della formulazione precedente). In tale procedura il coefficiente Beta TPL, costante per tutte le relazioni del modello, è risultato pari a -1,137. La procedura di calibrazione ha portato ad un valore R^2 relativo alla quota privata risulta pari a 0,9407 (con coefficiente della x pari a 0,758), mentre il valore R^2 relativo alla quota del trasporto pubblico è risultato pari a 0,6363 (con coefficiente della x pari a 0,869). Il modello, come illustrato nella Figura 6, mostra un R^2 complessivo pari a 0,845 (con coefficiente della x pari a 0,777).

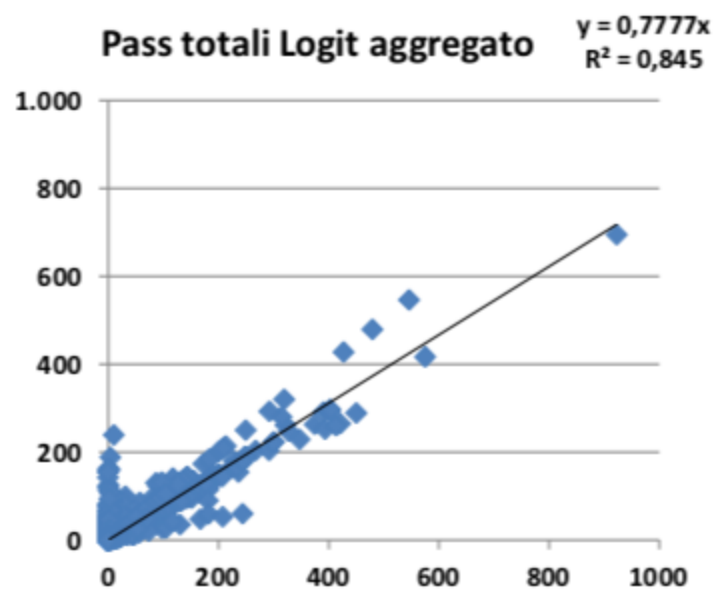


Figura 6 – Grado di correlazione complessiva del modello Logit.

2.3.4 Scelta del Percorso

Il modello multimodale è stato quindi utilizzato per assegnare le matrici dei mezzi privati e del TPL sulla rete. In particolare, la matrice del Trasporto Privato è stata assegnata al modello di simulazione sulla rete già «caricata» con i mezzi pesanti assegnati (coefficiente di equivalenza con i veicoli leggeri pari a 3). In tale modo i veicoli leggeri si «muovono sulla rete» trovando un «precarico» dovuto ai mezzi pesanti (che a loro volta, invece, sono stati assegnati a rete libera). La matrice del

TPL è stata assegnata alla rete secondo una procedura di assegnazione ad orari, in coerenza alla disponibilità dei dati di offerta di input da *feed* GTFS.

2.4 Proiezione delle Matrici O/D

Si è ipotizzato che tutte le trasformazioni urbanistiche da Piano Regolatore, Piano del Commercio e Porto Vecchio siano traguardate al 2025. Nello sviluppo degli scenari di simulazione la domanda di mobilità subisce un incremento, invariante per tutti gli scenari, a seguito della attuazione degli interventi urbanistici da PRGC, Piano del Commercio e Porto Vecchio. La quantificazione dell'incremento di domanda parte dalla stima del traffico indotto, associato a ciascuno di questi interventi. Per il Porto Vecchio tale stima è stata calcolata sulle previsioni di sviluppo dell'area (riferimento alla Variante del PRGC – Accordo di Programma Porto Vecchio), nel caso degli altri interventi è stata dedotta in relazione al carico urbanistico ed alla destinazione d'uso espressa in veicoli/h pesanti e leggeri (quest'ultimi convertiti in pax/h attraverso l'indice di occupazione pari a 1,32) generati ed attratti. Ad ogni intervento è stata associata, in relazione all'ubicazione sul territorio, la relativa zona di traffico. I passeggeri sono stati ripartiti in passeggeri su veicoli leggeri ed in passeggeri su TPL in relazione al rapporto tra queste due quantità già note sia in origine che in destinazione per le varie zone (per Porto Vecchio, che è una nuova zona di traffico alla quale è stato attribuito il numero 9000, si è ipotizzata una ripartizione pari a quella complessiva di tutte le zone del Comune di Trieste).

Ai carichi indotti si deve aggiungere la quantità di mezzi pesanti indotti, stimata complessivamente in 212 veicoli/h, ed attribuiti alle varie zone in relazione alle destinazioni d'uso. Questa procedura porta, dunque, ad ipotizzare che i nuovi interventi si comportino, in termini di ripartizione modale degli spostamenti indotti, esattamente come le zone nelle quali sono inseriti (nel caso di Porto Vecchio si è ipotizzata una ripartizione modale analoga a quella di tutto il territorio comunale di Trieste). In sostanza si ipotizza, in questa prima fase, che gli interventi si attuino a condizioni di offerta attuale invariata. Così facendo le matrici O/D risultanti dagli incrementi (espresse in veicoli leggeri, veicoli pesanti e passeggeri TPL) potranno essere sommate alle corrispondenti matrici attuali, determinando le nuove matrici "base" dello scenario di riferimento. Tali nuove matrici "subiranno" gli effetti della variazione di offerta in termini di diversione modale. E' necessario, infatti, dapprima "trasformare" gli spostamenti indotti in matrici O/D. Ancora una volta si ipotizza che i nuovi carichi urbanistici si comportino come le zone di traffico nelle quali sono ubicati, andando dunque ad incrementare, in maniera proporzionale all'attuale, le singole relazioni O/D (per la zona di Porto Vecchio si è ipotizzato che tutte le altre zone del modello producano relazioni verso questa zona in maniera proporzionale al grado di emissioni ed attrazione complessivo attuale).

Per gli interventi di trasformazione urbanistica, la procedura utilizzata è quella proposta dall'*Institute of Transportation Engineers* (ITE) che permette la stima dei flussi di traffico addizionali, indotti dagli interventi urbanistici, a seconda del tipo di destinazione ed uso del suolo (Land Use) all'interno del Manuale Trip Generation (8th Edition).

Per lo Sviluppo del Porto Vecchio sono stati utilizzati dati analoghi provenienti dalle ipotesi di insediamento in fase di inserimento nella Variante al PRGC (maggio 2020).

2.5 Modellizzazione della Rete nello Scenario di Riferimento

Nello scenario di riferimento il modello assegna la domanda di mobilità attuale incrementata a seguito dell'attuazione degli interventi urbanistici descritti in precedenza. L'incremento della domanda, quantificabile tra l'8 ed il 10%; riguarda sia i veicoli privati (leggeri e pesanti), che il TPL. L'offerta, invece, si modifica nella sola componente infrastrutturale stradale, relativamente ad interventi di carattere locale (Porto Vecchio, Cattinara, la Maddalena e l'ex Fiera). Nel modello è stata inserita la nuova zona 9000 in corrispondenza del comparto di Porto Vecchio. L'assegnazione sul modello delle matrici incrementate determina un generale aumento dei flussi (sia privati che passeggeri) soprattutto nella zona di Porto Vecchio proprio a causa del carico indotto dalla nuova zona 9000, pari a circa un terzo della domanda aggiuntiva.

La modellizzazione della rete viaria, copre tutto il Comune di Trieste, i Comuni dell'Unione Territoriale (UTI) quali Sgonico, Duino-Aurisina, Monrupino, San Dorligo della Valle - Dolina e Muggia, fino ai confini nazionali con la Slovenia ed al confine con la Provincia di Gorizia. La rete comunale fa riferimento allo stato di fatto di dicembre 2019.

Per quanto riguarda la zona di espansione del Porto Vecchio, che ricade nel centro del corridoio trasportistico analizzato, considerato che la viabilità attuale di ingresso/uscita e penetrazione è stata realizzata per quanto riguarda l'ingresso/uscita nord ed è in fase di progettazione per quanto riguarda l'ingresso/uscita sud, il modello tiene conto dell'espansione potenziale ipotizzando le seguenti due connessioni:

- 1. Connessione dal centro potenziale degli spostamenti dell'area del Porto Vecchio con la rotatoria di viale Miramare (ingresso nord);*
- 2. Connessione dal centro potenziale degli spostamenti dell'area del Porto Vecchio con l'asse delle Rive (ingresso sud).*

3 ANALISI DELLA DOMANDA SULLA CABINOVIA

3.1 Domanda di Progetto sulla Cabinovia

A valle della modellizzazione della rete di trasporto e della domanda, il modello multimodale restituisce i valori di passeggeri stimati sull'infrastruttura di progetto. Si riportano i diagrammi di carico e le valutazioni sulla saturazione per tratta nelle due direzioni dell'infrastruttura in progetto. Ai fini del calcolo della saturazione si fa riferimento alla capacità in esercizio, pari a 1.530 pass/ora/direzione. La capacità massima dell'impianto è di 1.800 pass/ora/direzione. La Figura 7 presenta il diagramma di carico per direzione nell'ora di punta del mattino (7:30 – 8:30). I valori si riferiscono ai passeggeri a bordo per ciascuna tratta e per direzione. I valori di saturazione per tratta sono riportati nella Tabella 1.

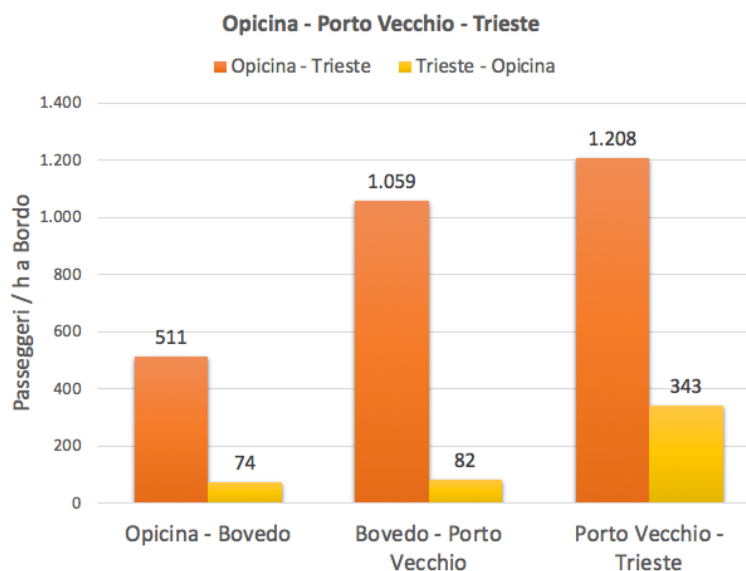


Figura 7 – Diagramma di carico – Infrastruttura di progetto

La domanda totale giornaliera (1.409 passeggeri/ora) è stata valutata diminuendo del 15% la domanda totale calcolata, per tenere conto di effetti di adattamento e di incremento dell'utenza nei primi anni di esercizio (Ramp-up). Il coefficiente di passaggio da ora di punta a giorno viene

considerato pari a 9 (in funzione delle analisi del rapporto tra flusso nell'ora di punta e flusso giornaliero ottenuto dalla campagna di rilevazione dati del 2019 – Paragrafo 3.2). La capacità effettiva dell'impianto viene posta pari all'85% di quella teorica (1.800 passeggeri/h/direzione), quindi pari a circa 1.530 passeggeri/h/direzione. La linea intercetta infine un corridoio di domanda potenziale di 8.146 residenti, e di un potenziale attrattivo di circa 2.688 addetti¹.

Tabella 1 – Saturazione per tratta

| Saturazione | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Tratta | Flusso (pass/h) | Saturazione (%) |
| Trieste - Porto Vecchio | 343 | 22% |
| Porto Vecchio - Bovedo | 82 | 5% |
| Bovedo - Opicina | 74 | 5% |
| Opicina - Bovedo | 511 | 33% |
| Bovedo - Porto Vecchio | 1059 | 69% |
| Porto Vecchio - Trieste | 1208 | 79% |

3.1.1 Saliti/Discesi

Le tabelle seguenti presentano i risultati relativi ai saliti ed ai discesi nelle fermate in progetto, per direzione, nell'ora di punta del mattino. Il totale della domanda risulta pari a 1.658 passeggeri/ora, che è stata ridotta del 15% per tenere conto di effetti di adattamento e di incremento dell'utenza nei primi anni di esercizio (Ramp-up), ottenendo quindi il valore finale di 1.409 passeggeri/ora.

Tabella 2 – Saliti e Discesi – Direzione Trieste

| Direzione Trieste | | |
|--------------------------|---------------|----------------|
| Fermata | Saliti | Discesi |
| Opicina | 511 | 0 |
| Bovedo | 576 | 29 |
| Porto Vecchio | 198 | 49 |
| Trieste | 0 | 1208 |
| Totale | 1286 | 1286 |

¹ Dato stimato dal rapporto Urbes 2015 - ISTAT

Tabella 3 – Saliti e Discesi – Direzione Opicina

| Direzione Opicina | | |
|-------------------|------------|------------|
| Fermata | Saliti | Discesi |
| Trieste | 343 | 0 |
| Porto Vecchio | 11 | 271 |
| Bovedo | 18 | 27 |
| Opicina | 0 | 74 |
| Totale | 372 | 372 |

3.1.2 Flussi sulla rete di progetto

Di seguito una cartografia (Figura 8) che riporta i flussi sulla linea di progetto nell'ora di punta del mattino. Non essendo interessato alcun arco stradale si riporta soltanto l'indicazione dei flussi orari di passeggeri per la parte di mobilità sistemática.

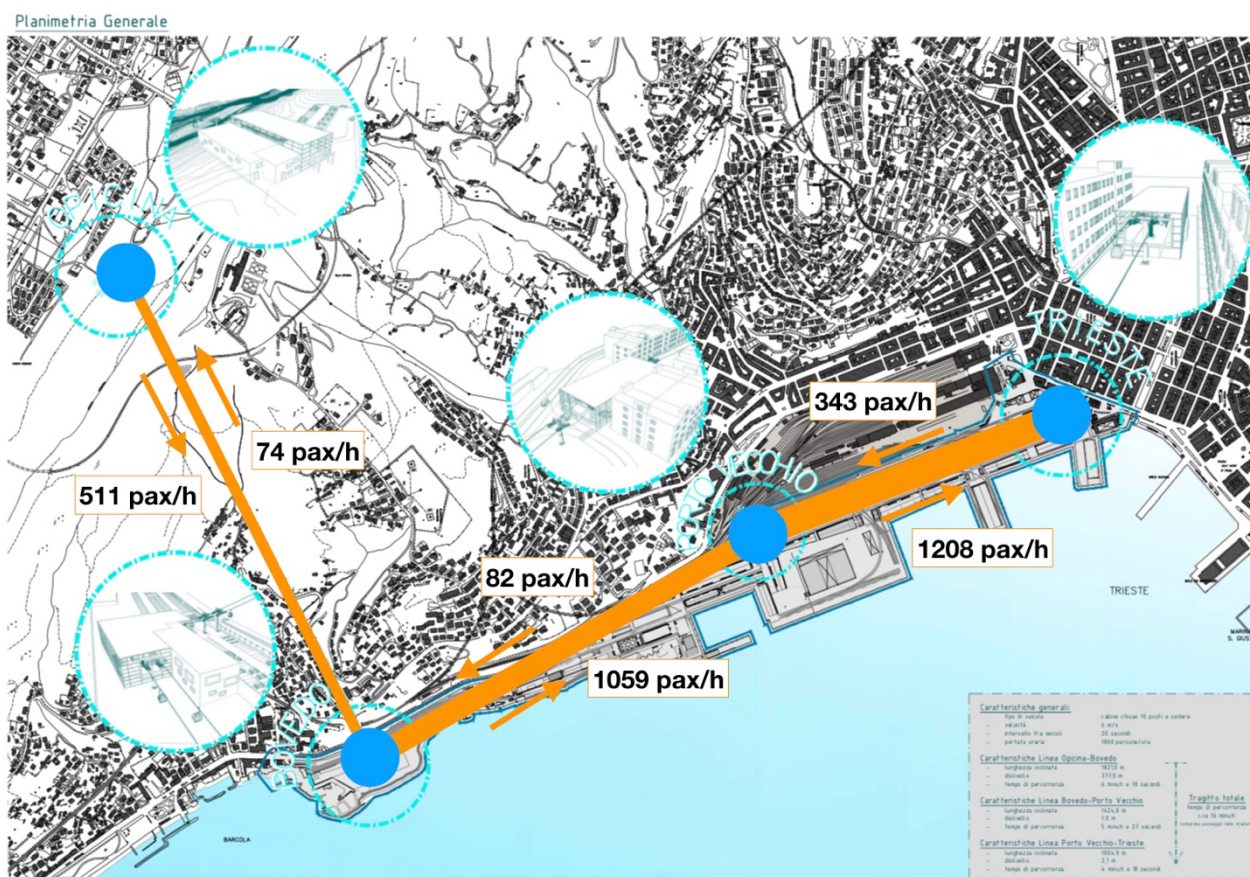


Figura 8 – Flussogramma passeggeri / ora di punta per direzione della cabinovia di progetto

3.2 Ipotesi di Calcolo

Il passaggio tra flussi/passeggeri nell'ora di punta a giorno si effettua tramite un fattore che deriva dalla letteratura scientifica, che prescrive, sia per il Traffico Giornaliero Medio² (TGM) che per studi relativi a trasporti pubblici di massa³, un valore variabile da 9 a 12. Nel caso in esame, il valore scelto è stato 9; tale valore deriva da conteggi veicolari nell'area di studio che portano ad una stima del traffico giornaliero medio dalle ore 7 alle 21 (orario di esercizio della cabinovia) pari al 90% del traffico totale giornaliero sulle 24 ore. In questo caso, quindi, considerando il valore minimo fornito dal Manuale HCM ($k\text{-factor} = 0,1$) si ottiene un fattore di passaggio da ora di punta a giorno pari a 10 che, diminuito del 10% per tenere conto della sola componente diurna, si stabilizza a 9. Ulteriori ipotesi sul calcolo della domanda potenziali derivano dalle seguenti considerazioni:

- 1. I passaggi nei giorni festivi sono stati ridotti del 40%; tale valore cautelativo, pur non essendo previsto dalla teoria, è stato inserito in quanto gli spostamenti nei giorni festivi possono essere influenzati dalle condizioni meteo rispetto ai giorni feriali;*
- 2. I passaggi totali annui sono stati ulteriormente ridotti del 15% per fattori legati ad imprevisti, al tempo di adattamento alla nuova infrastruttura, ad anomalie non preventivabili; il tutto in un'ottica di sostenibilità e di un dimensionamento a favore di sicurezza;*
- 3. La domanda indotta dai turisti, pari al 10% della domanda totale, è stata cautelativamente inserita tra gli spostamenti sistematici, anche se nella realtà sarà una percentuale aggiuntiva.*

Il calcolo dell'offerta da modello è stato effettuato dai tracciati GTFS di input. La capienza media del singolo veicolo è stata considerata pari a 75 posti, in accordo con il parco rotabile di Trieste Trasporti. Il calcolo dell'offerta annua (al netto delle percorrenze tecniche), sono stati considerati i km di percorrenza da *feed* GTFS costanti per tutti gli scenari.

Per le percorrenze annue relative al trasporto privato, è stato considerato un coefficiente di passaggio tra giorno ed anno pari a 300, in coerenza con le previsioni del TPL.

L'estensione della rete infrastrutturale allo stato attuale, di riferimento e di progetto varia soltanto in virtù dell'intervento di progetto (km). La rete dei servizi varia in funzione degli scenari di riferimento e di progetto, includendo l'intervento di Progetto e le variazioni/accorpamenti di rete in accordo con gli strumenti di pianificazione. I dati del parco veicolare sono stati ricavati dalla carta dei servizi di Trieste Trasporti⁴.

² *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2000

³ Grimaldi, Raffaele & Laurino, Antonio & Beria, Paolo. (2010). *The choice between bus and light rail transit: a stylised cost-benefit analysis model*. University Library of Munich, Germany, MPRA Paper.

⁴ https://www.triestetrasporti.it/download/azienda/CartaServizi_TriesteTrasporti_2019_27MAG19.pdf.

4 CABINOVIA E TRASPORTO PUBBLICO LOCALE

4.1 Un Sistema Integrato

Facendo riferimento al modello di trasporto multimodale su cui sono state basate le analisi di domanda e di offerta di mobilità, la Cabinovia è parte integrante della rete di Trasporto Pubblico Locale (TPL) di Trieste per i seguenti motivi:

- 1) *Le stazioni e le fermate sono collegate con opportuni connettori alle esistenti fermate del TPL ed ai percorsi principali di accesso pedonale al sistema del TPL;*
- 2) *Le assegnazioni fanno riferimento ad una matrice di passeggeri del TPL opportunamente assegnata alla rete di cui la cabinovia fa parte.*

Nel seguito verranno quindi approfonditi gli aspetti di spostamento di utenza da alcune linee del TPL alla Cabinovia, processo che avviene a valle della procedura di scelta del percorso dove l'utente trova convenienza ad utilizzare la nuova infrastruttura rispetto alle linee attuali che da Opicina portano a Trieste. Verranno inoltre approfonditi gli aspetti di aumento della domanda sul TPL grazie all'inserimento della nuova linea "Cabinovia" nella rete TPL dell'area metropolitana di Trieste.

4.2 Linee Impattate dalla Cabinovia

In sede di assegnazione dei flussi di passeggeri alla rete di trasporto pubblico, il modello multimodale ha restituito degli interessanti risultati sull'impatto della Cabinovia sulla scelta della domanda di TPL nella rete: alcune linee che dall'altipiano portano a Trieste centro si scaricano di una quota parte che preferisce utilizzare la Cabinovia di progetto per recarsi nelle destinazioni prefissate. Tali linee sono definite come "linee impattate" dal progetto, cioè linee del servizio TPL urbano direttamente coinvolte dall'intervento in termini di offerta e/o domanda. Al fine di individuare le X_i linee impattate, si fa riferimento al modello multimodale di trasporto sviluppato. I flussi sulle linee impattate derivano, sia nello stato di fatto che in quello di riferimento e di progetto, dalle assegnazioni di passeggeri che derivano dall'analisi modellistica. Tali valori, fanno riferimento a matrici O/D di passeggeri opportunamente calibrate su dati reali di saliti/discesi alle fermate risalenti al 2019.

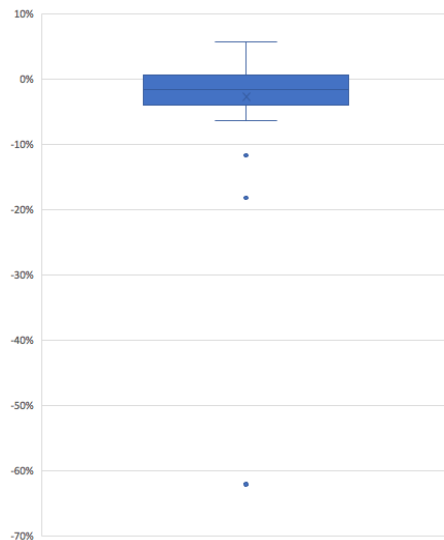
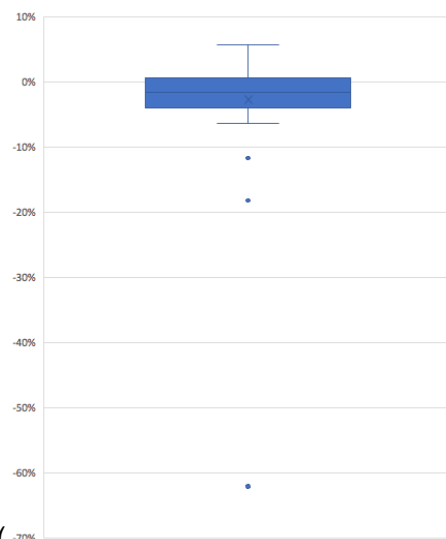


Figura 9 – Boxplot rappresentante le differenze percentuali di passeggeri-km sulle linee del TPL nel caso di chiusura dell'infrastruttura di progetto

Confrontando i dati relativi ai passeggeri-km sulle linee afferenti all'area di influenza del Progetto è stato possibile valutare quali linee sono impattate dall'esercizio della nuova infrastruttura. In questo senso si è fatto riferimento alla configurazione dello Scenario di Progetto in relazione allo Scenario di Riferimento. In questo modo è stato possibile stimare l'influenza del solo intervento di Progetto sulla mobilità.

Sono state considerate le matrici O/D del TPL e del trasporto privato applicando lo split modale dovuto all'apertura della cabinovia. Sono state analizzate le differenze percentuali dei passeggeri-km per linea: su 53 linee modellizzate ed analizzate, soltanto 3 restano al di fuori del range interquartile con degli scostamenti di più e meno il 10%; sono state analizzate e ritenute impattate dal Progetto le 3 linee comprese tra gli outliers negativi, i cui valori di scostamento dell'offerta



arrivano fino al 60% circa (

Figura 9).

Tabella 4 – Variazioni in termini di domanda sulle linee impattate dal progetto

| Linea | Impatto dovuto al Progetto (passeggeri-km 2h di punta) |
|-------|---|
| 2/ | -62% |
| 4 | -18% |
| 42 | -12% |

La Tabella 4 illustra gli scostamenti percentuali di domanda delle linee maggiormente impattate dal progetto. Come previsto, si tratta dei collegamenti da e per l'Altipiano Carsico, le zone servite dal capolinea alto del Progetto e con destinazione il centro di Trieste. Soltanto le 3 linee maggiormente impattate generano circa il 70% della domanda tendenziale TPL sull'infrastruttura di progetto. La restante quota parte di passeggeri provenienti da TPL esistente deriva da impatti minori su altre linee che vengono impattate in maniera poco rilevante, ma che contribuiscono al 30% della domanda tendenziale. Ad esempio, le linee 6, 8 e 36, sul tratto in piano del tracciato della cabinovia in Porto Vecchio, vengono utilizzate da una quota parte di utenti ma per un tratto di poche centinaia di metri; considerando che l'analisi di impatto è stata compiuta sui passeggeri*km, tali impatti sono quindi poco significativi sull'analisi globale, ma contribuiscono comunque ad una parte del carico sulla cabinovia.

4.2.1 Percorsi delle linee impattate dal progetto

Le figure seguenti presentano sinteticamente i percorsi delle linee impattate su una cartografia del modello, indicando (in blu) il percorso della cabinovia. La Figura 10 illustra il percorso della linea 2/, linea che ormai da anni sostituisce la linea tramviaria 2, al 2021 ferma per ristrutturazione. Tale linea è risultata di maggior impatto dal punto di vista dell'affluenza considerando il minore tempo di percorrenza dal capolinea di Opicina a Trieste Piazza Oberdan rispetto all'originale linea tramviaria.

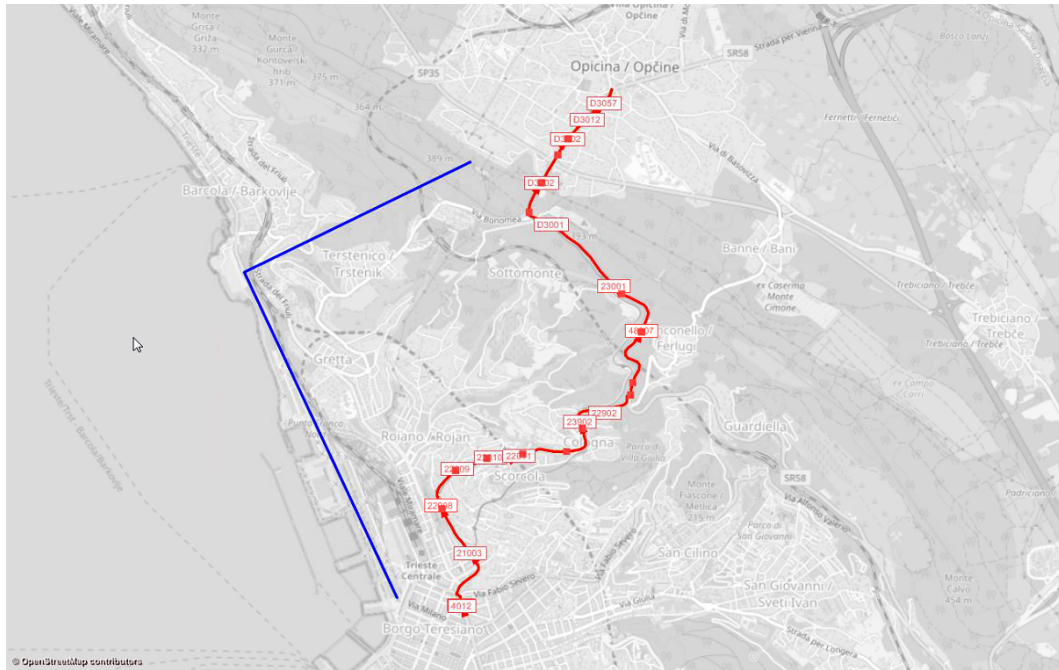


Figura 10 – Linea 2/

La linea tramviaria 2, quando verrà ripristinata al servizio, sarà oggetto di uso prettamente turistico, considerate le alternative su gomma attuali messe a punto dall'azienda di trasporto. La linea 2/, modellizzata sia nello Scenario di Riferimento che in quello di Progetto come “sostitutiva” del Tram, viene scaricata di una forte componente da origine a destinazione, soprattutto, considerando il risparmio di tempo associato al percorso della cabinovia rispetto alla linea su gomma. Si ipotizza quindi che, una volta ripristinato il servizio tramviario, anch'esso sia scaricato di una quota di passeggeri paragonabile a quella della linea 2/ (circa 60%), sempre per gli spostamenti da Origine a Destinazione. Il Tram (linea 2) continuerà a servire con l'attuale frequenza (20 minuti) le fermate esistenti oltre a proporsi per un complementare servizio turistico abbinato alla Cabinovia. La Figura 11 illustra il percorso della linea 4, da Opicina a Piazza Oberdan. Anche in questo caso la componente di trasferimento da TPL attuale all'infrastruttura di progetto risulta in maggior parte derivare dagli spostamenti di estremità, da capolinea a capolinea.

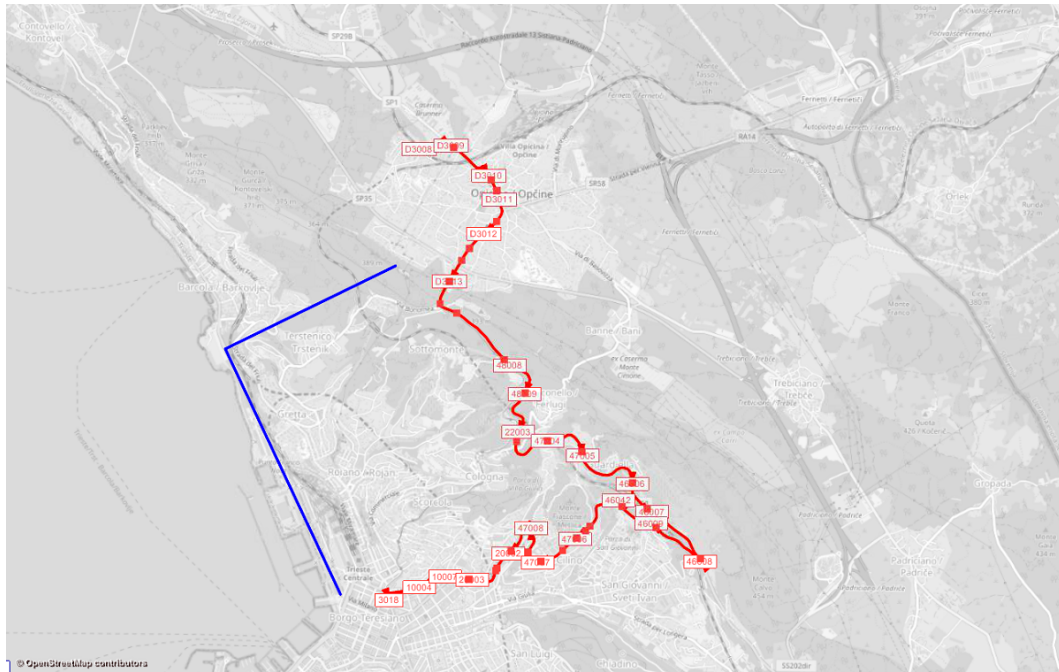


Figura 11 – Linea 4

La Figura 12, infine, riporta uno dei percorsi impattati della linea 42, che serve numerose località dell’altipiano carsico e quindi scende verso Trieste attraverso Strada del Friuli. In questo caso la componente di impatto (seppure di circa il 10% in meno) risulta essere principalmente da utenti dell’altipiano (Prosecco, Opicina alta, Borgo Grotta Gigante) che scelgono l’interscambio auto/piedi – cabinovia presso il capolinea alto di Campo Romano, oltre ad un contributo nella parte bassa della linea, parallela alla cabinovia, per le utenze provenienti da Strada del Friuli.

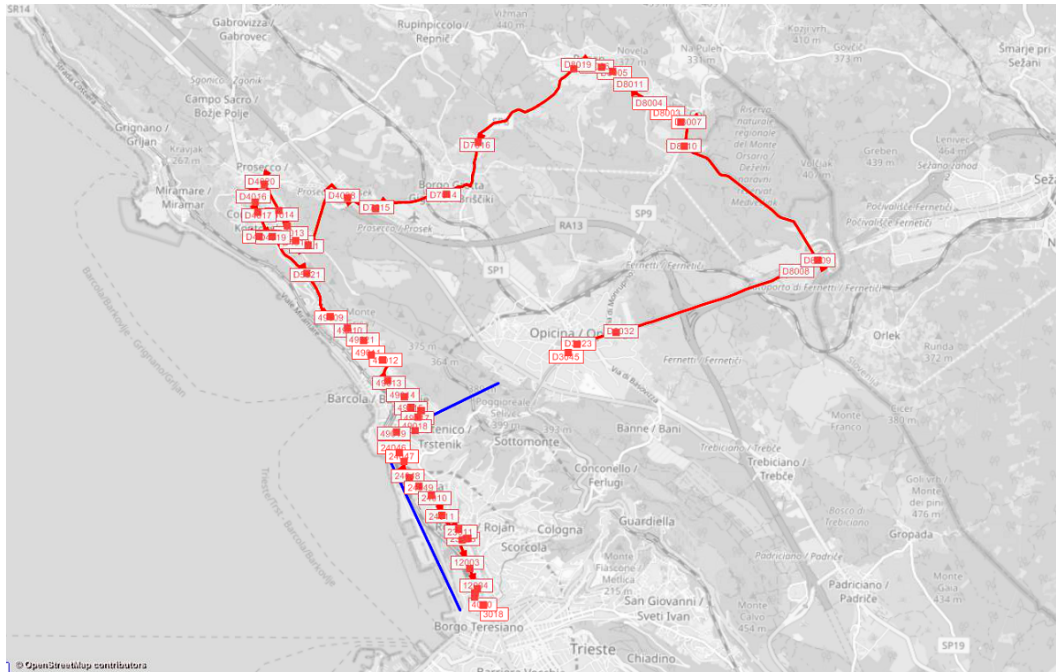


Figura 12 – Linea 42

4.2.2 Diagrammi di Carico - Linee Impattate dal Progetto (2h di punta)

Di seguito sono riportati i diagrammi di carico delle tre linee maggiormente impattate dal progetto, in funzione degli scenari attuale (2019), di Riferimento e di Progetto.

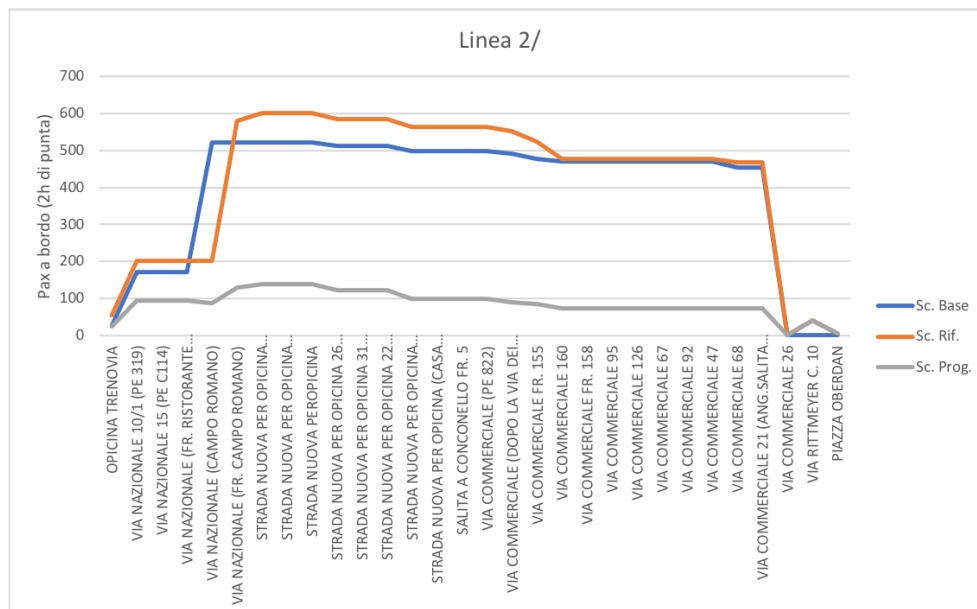


Figura 13 – Linea 2/ - Diagrammi di carico

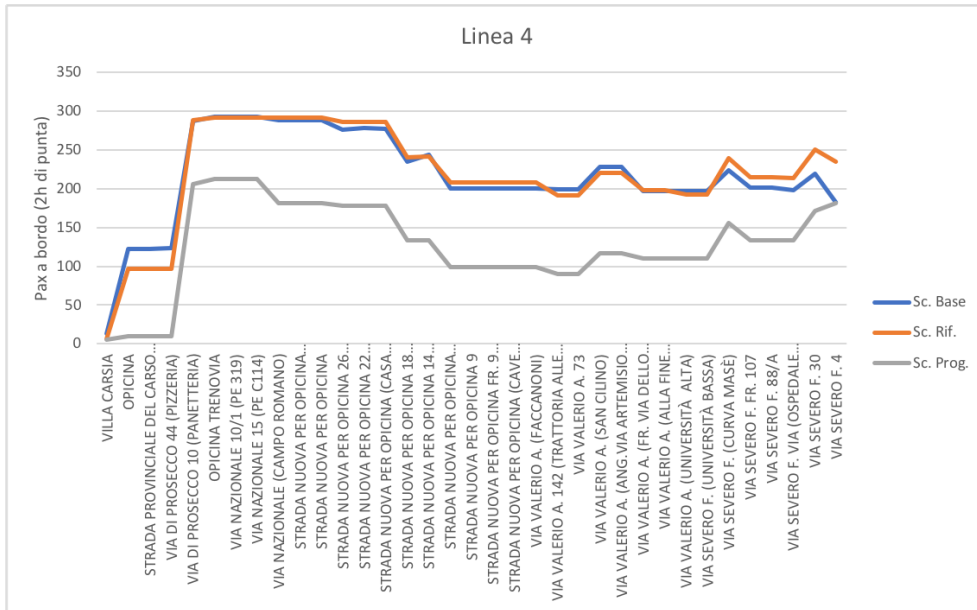


Figura 14 - Linea 4 - Diagrammi di carico

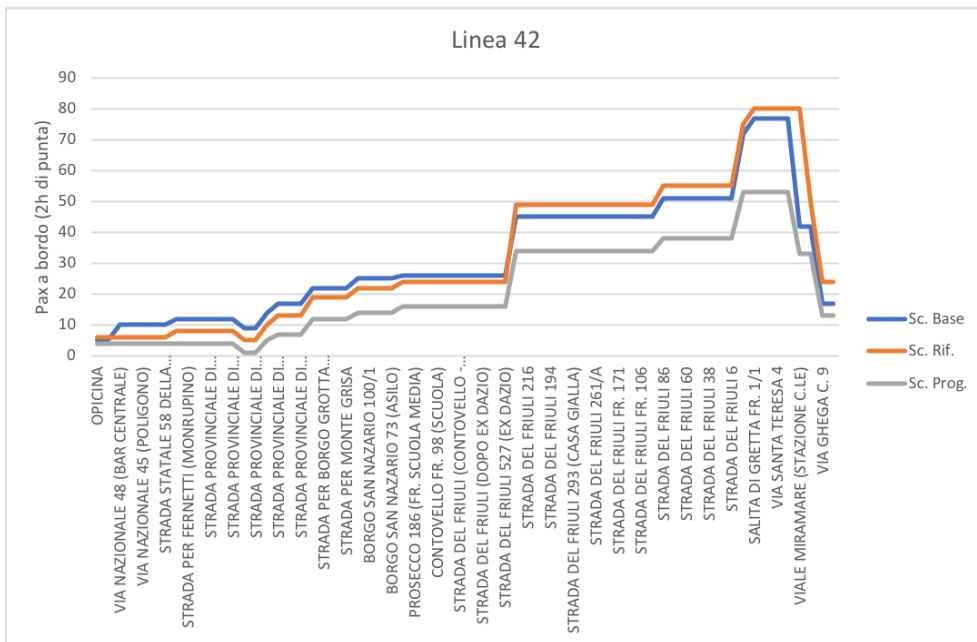


Figura 15 - Linea 42 - Diagrammi di carico

4.3 Impatto della Cabinovia sulla Rete del TPL

Come dimostrato in precedenza, la linea “Cabinovia” fa parte del sistema integrato di Trasporto Pubblico Locale della città metropolitana di Trieste. Al fine di valutare l’incremento di utenza del TPL dovuto alla realizzazione della nuova infrastruttura, si fa riferimento alle matrici orarie dei passeggeri del TPL del modello multimodale di assegnazione del traffico alla rete di trasporto. In particolare, la matrice relativo allo Scenario di Riferimento (senza Cabinovia) consta di 21.945 passeggeri/ora di punta, mentre quella assegnata alla rete dello Scenario di Progetto è aumentata della quota che il modello di Scelta Modale trasferisce dalla mobilità privata a quella pubblica (Cabinovia) pari a circa 620 passeggeri in più, e vale 22.565 passeggeri/ora di punta. Non si considera in questa fase la mobilità che si trasferisce da TPL su gomma a TPL su fune (in quanto ricadenti nella stessa scelta del modo di trasporto). Considerando quindi le matrici modali degli Scenari di Riferimento e di Progetto, l’impatto della Cabinovia sul sistema di Trasporto Pubblico si può stimare in un aumento di circa il 3% dei passeggeri trasportati nell’ora di punta.

4.4 Servizio TPL sul Carso

Nell’ambito della riorganizzazione dei servizi TPL su gomma nel Carso, la Regione ed il Consorzio TPLFVG stanno lavorando su numerosi miglioramenti della qualità del servizio, grazie all’introduzione di servizi a chiamata sulle linee più deboli (Progetto *TS on Demand*). La realizzazione della stazione di monte della Cabinovia ad Opicina funge da polo attrattore ed *Hub* della mobilità sul Carso e all’interno dell’abitato di Opicina stesso (Figura 16).



Figura 16 – Hub TPL Opicina – Collegamenti rapidi ad Opicina

Per questo motivo, i servizi TPL attuali sul Carso possono essere riorganizzati sfruttando il servizio continuo della Cabinovia per gli spostamenti Origine/Destinazione Opicina – Trieste Centro a servizio di lavoratori e studenti.

In questa relazione sono state analizzate alcune linee che gravitano sull'Altipiano Carsico, che potrebbero giovare di una razionalizzazione (accanto al citato servizio a chiamata), al fine di condurre rapidamente l'utenza fino al capolinea di monte della Cabinovia. Le linee considerate con la propria domanda di trasporto sono la 39/ (Aurisina – Ospedale di Cattinara), la 42 (Opicina – Piazza Oberdan), la 43 (Ceroglie – Aurisina), la 44 (San Giovanni del Timavo – Piazza Oberdan), la 46 (Samatorza – Prosecco). Le linee 42, 44 e 46 sono state considerate, per quanto riguarda la domanda, soltanto nel tratto carsico. Si è visto già in precedenza che la linea 42 viene comunque scaricata di una quota parte (12%) di passeggeri/ora Origine/Destinazione che privilegia l'uso della Cabinovia.

Al fine di un dimensionamento di massima di un servizio "navetta" per portare i frequentatori del Carso ad Opicina (capolinea Cabinovia), si è fatto riferimento ai dati di domanda/oraria riferiti alla matrice del TPL di Progetto delle Zone afferenti all'Altipiano Carsico Nord (da Aurisina a Monrupino), la Zona di Opicina e l'Altipiano Carsico Sud (da Opicina a Trebiciano) che hanno come destinazioni le Zone prossime al capolinea della Cabinovia presso il Molo IV e per la zona del Porto Vecchio. Tali valori fanno riferimento soltanto ai passeggeri su TPL. Il valore indicativo di passeggeri/ora di punta coinvolti nello spostamento è di circa 401 ripartito in:

- *116 passeggeri/ora da Altipiano Nord*
- *235 passeggeri/ora da Opicina (passeggeri in domanda tendenziale da TPL a Cabinovia)*
- *50 passeggeri/ora da Altipiano Sud*

Si suppone di dimensionare un servizio ad orari per portare tale utenza presso la stazione di monte della Cabinovia per un rapido interscambio, considerando che da modello i 235 passeggeri TPL dalle zone di Opicina già utilizzano la Cabinovia per le destinazioni prossime al Molo IV e Porto Vecchio.

Ipotizzando due linee di navetta leggera (una che copra l'Altipiano Nord ed Opicina, una l'Altipiano Sud ed Opicina), si possono ipotizzare i seguenti programmi di esercizio di base con mezzi ecologici leggeri da 10 metri, per una capacità complessiva di circa 50 posti/corsa:

- *Linea Altipiano Nord – Opicina – Stazione Cabinovia*
 - *domanda 116 passeggeri/ora/direzione più carica*
 - *3 corse/ora di punta*

- *Linea Altipiano Sud – Opicina – Stazione Cabinovia*
 - *domanda 50 passeggeri/ora/direzione più carica*
 - *2 corse/ora di punta*

Sono state leggermente sovradimensionate le corse per garantire comunque una frequenza appetibile all'utenza. Le frequenze combinate delle due navette (5 corse/ora) presso il centro di Opicina vanno a rafforzare il servizio esistente (linee 2, 2/, 64) per favorire ancora di più l'interscambio Bus – Cabinovia presso la stazione di monte per gli utenti del TPL di Opicina. I servizi navetta potrebbero inoltre essere prolungati (con frequenze maggiori negli orari di ingresso/uscita) al centro scientifico SISSA di via Bonomea, che dista poche centinaia di metri dal capolinea della Cabinovia di Opicina, al fine di servire, in prospettiva, anche gli altri poli scientifici del Carso (Sincrotrone, Area Science Park, Università, SISSA).

Il servizio di morbida può essere ipotizzato a frequenze minori, coadiuvato da servizi a chiamata del tipo menzionato in precedenza (*TS on Demand*), per coprire le zone a domanda debole.

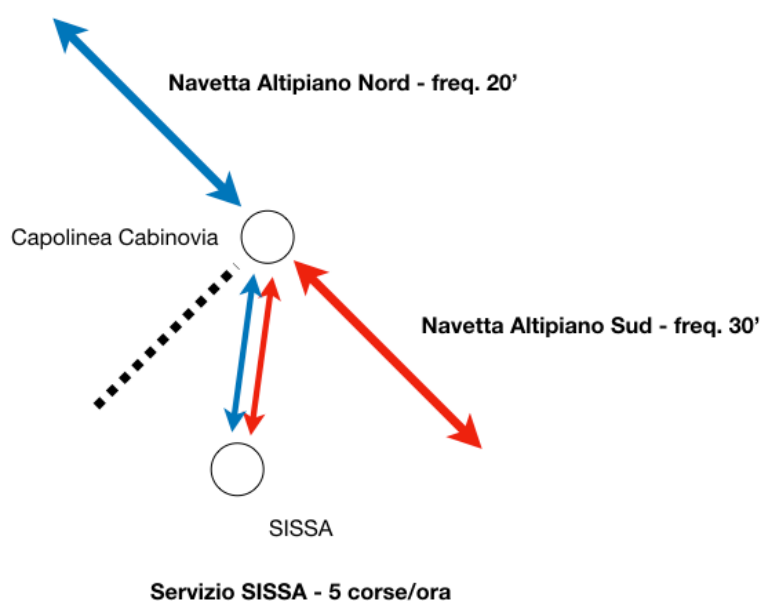


Figura 17 – Schema delle frequenze dei servizi sul Carso a supporto della Cabinovia

Tutti i servizi TPL proposti a supporto della Cabinovia sono indicativi, e possono servire a consolidare l'appetibilità di un servizio che è comunque sostenibile dal punto di vista trasportistico ed economico anche ad offerta TPL attuale. Le ipotesi qui sviluppate possono essere la base per ulteriori sviluppi dell'intera rete di trasporto pubblico, al fine di aumentare l'appetibilità del servizio.

4.5 Servizi Turistici

Nell'ambito della quota parte di passeggeri che potranno utilizzare la Cabinovia per fini turistici, si ipotizza di stazionare i pullman turistici presso il parcheggio di scambio di Opicina, al fine di convogliare i passeggeri verso il centro città con la Cabinovia; in questo caso si evita di congestionare le vie d'accesso urbane con mezzi pesanti (e liberando anche aree di parcheggio in centro a Trieste).

Per quanto riguarda le tariffazioni del parcheggio di interscambio, il biglietto urbano del TPL/Cabinovia consente anche il parcheggio gratuito del mezzo privato; in mancanza di esso, saranno vigenti opportune tariffe orarie/giornaliere.

5 VALUTAZIONE DEI BENEFICI

Al fine di valutare i benefici trasportistici della Cabinovia di progetto si fa riferimento allo stato di congestione degli archi viari del trasporto privato nell'area di influenza del progetto, oltre che ai numeri puri di *split* modale da trasporto privato a quello pubblico.

Sulla base dei dati forniti ed elaborati, il software VISUM è in grado di restituire, per ogni arco interessato, il flusso viario relativo alla singola matrice OD assegnata in termini di flusso totale e di rapporto tra volume di traffico e capacità dell'arco stradale (V/C); quest'ultimo è definito dal rapporto tra il valore orario di flusso transitante in una direzione su arco nell'unità di tempo (veq/h) ed il corrispondente valore della capacità.

Gli scenari comparati nel modello multimodale sono:

- Scenario SR – Stato di Riferimento;
- Scenario SP – Stato di Progetto.

Si ricorda che lo Scenario SR fa riferimento ad uno stato di progettazione pianificato, coerente con il PUMS, avente già gli incrementi di domanda derivanti dalle stime di espansione del PRGC e degli altri strumenti urbanistici; lo Scenario SP di Progetto si differenzia dall'SR soltanto per l'aggiunta nel modello dell'infrastruttura di progetto, che va quindi ad integrare e completare il quadro pianificato (coerente con il PUMS). In questo modo è possibile valutare l'effetto trasportistico del progetto sulla mobilità.

La mobilità che va ad insistere sull'intervento di progetto si basa sulle assunzioni alla base del modello di domanda e di offerta multimodale, dove emerge già lo *split* modale da mezzo privato a mezzo pubblico grazie alle ipotesi del modello (che derivano a loro volta dalle scelte degli scenari del PUMS). Lo Scenario di Progetto va quindi a contribuire allo *split* modale da mezzo privato a pubblico, grazie alla sua configurazione ed al posizionamento delle stazioni e delle fermate presso le "cerniere di mobilità" previste e presso luoghi ad alta attrattività potenziale (Porto Vecchio, Trieste Molo IV).

5.1 Grado di Saturazione

La prima verifica sull’impatto della cabinovia di progetto sulla viabilità nell’area di influenza fa riferimento alla percentuale di archi che presentano valori oltre diverse soglie di saturazione. Analizzando i dati di output provenienti dal modello, si nota che sia nello Scenario SR che nello Scenario di Progetto la percentuale di archi oltre la soglia di saturazione del 90% è la stessa (1,03%, in coerenza con la Tabella 3.1). Tale fatto deriva dalle sistematicità degli spostamenti sulla rete nelle medesime coppie O/D nell’ora di punta, anche in presenza di una riduzione veicolare (450 veq/h).

Andando a filtrare gli archi in sovra-saturazione (saturazione maggiore del 100%), si nota come anche gli archi sovra-saturi rimangano in percentuale uguali tra gli scenari (circa l’1% del totale).

Tabella 5 – Percentuali di archi saturi ed in sovra-saturazione

| | % archi sat > 90% | % archi sat > 100% |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| Scenario di Riferimento | 1,03 % | 1% |
| Scenario di Progetto | 1,03 % | 1% |

È stata quindi valutato il “delta” percentuale relativo all’aumento della saturazione sugli archi oltre la soglia del 90% di saturazione. In questo caso, considerando la quota relativa di saturazione che la cabinovia di progetto riesce a “scorporare” dalla rete dello Scenario di Riferimento, risulta che la quota di diversione modale auto – cabinovia contribuisce in maniera significativa alla saturazione sugli archi sovra-saturati.

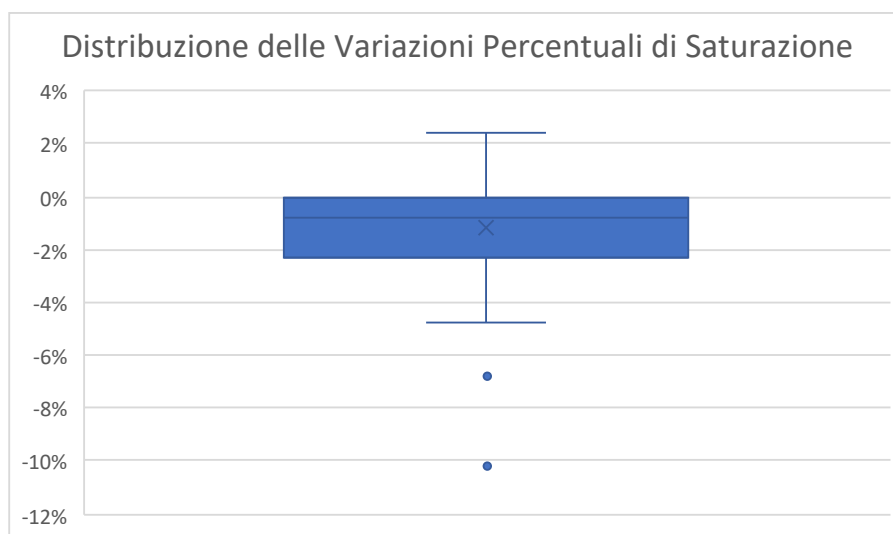


Figura 18 – Distribuzione delle variazioni del grado di saturazione nello Scenario di Progetto

Il *Boxplot* presentato nella Figura 18 illustra la distribuzione delle differenze percentuali del grado di saturazione calcolate sugli archi sovra-saturi nello Scenario di Progetto; si nota come il progetto della cabinovia abbia ricadute per la maggior parte positive sul grado di saturazione globale della rete. Si nota, infatti, come la maggior parte degli archi interessati abbia riduzioni percentuali di saturazione fino al 10% che, in condizioni di sovra-saturazione, risultano impattanti.

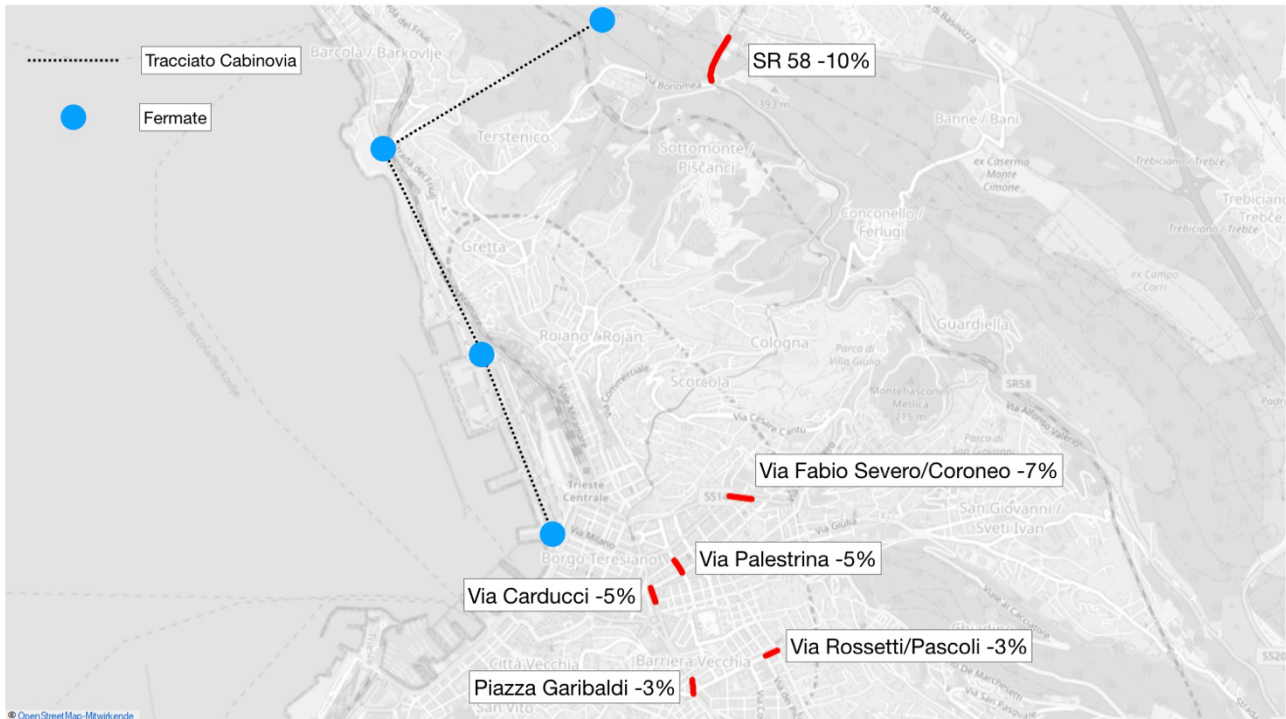


Figura 19 – Visualizzazione degli archi maggiormente impattati dalla diminuzione della saturazione grazie alla cabinovia di progetto

La Figura 19 illustra i risultati estratti dal modello; gli archi indicati sono quelli in cui si registrano i maggiori benefici in termini di diminuzione percentuale del grado di saturazione, a valle della realizzazione della cabinovia di progetto. Tutti gli archi fanno parte della Viabilità Principale della rete viaria del Comune di Trieste, come definita nel PGTU vigente. L'arco relativo alla Strada Regionale 58, inoltre, riveste il ruolo anche di viabilità di livello superiore. Si nota come gli archi interessati dai benefici risiedano su itinerari che si scaricano per la presenza del nuovo collegamento Nord – Centro Città; tale fatto conferma le ipotesi in premessa sui benefici che il progetto può avere rispetto al collegamento relativo alla “penetrazione Nord” di Trieste.

Si evidenzia, inoltre, che tali dati fanno riferimento all'ora di punta della mattina, dove i flussi di mobilità sono, per la maggior parte, nella direzione Nord – Sud. Si ipotizza che i flussi relativi alla punta serale, sebbene più dilatata nel tempo, possano interessare più da vicino anche la viabilità più prossima alla zona del Porto Vecchio, con ulteriori benefici.

5.2 Rete di Primo Livello

Gli Allegati A e B riportati in seguito forniscono, rispettivamente, le analisi sui flussi dell'ora di punta del mattino ed i risultati relativi al grado di saturazione della rete nello scenario SP con riferimento allo Scenario di Riferimento (SR) sulla rete di Primo Livello Regionale e sugli Assi di Penetrazione urbana.

Come si nota, non vi sono particolari differenze tra gli Scenari di Riferimento e di Progetto; come visto in precedenza, i veicoli che la Cabinovia toglie dalla viabilità sono stati stimati in circa 450 veh/ora che, a causa dei diversi percorsi Origine/Destinazione, non hanno un significativo impatto puntuale sulla viabilità di primo livello. Anche gli archi di accesso ai parcheggi di interscambio presso Opicina godono di elevati margini di capacità per cui gli incrementi locali non creano congestione puntuale.

5.3 Soddisfazione della domanda di mobilità

La realizzazione di un corridoio rapido di spostamento tra l'altipiano carsico ed il centro di Trieste favorisce e coadiuva lo *split* modale nel cosiddetto "ingresso Nord" alla città. Il totale di passeggeri orari trasportati dalla cabinovia nell'ora di punta è pari a 1.409 che, rapportati al giorno, raggiungono circa il numero di 12.600 (considerando una media tra giorni feriali e festivi), in entrambi i sensi di marcia. Si evidenzia che l'offerta è sufficiente a soddisfare la domanda sia nell'orario di punta (mattino e pomeriggio per la mobilità sistematica) che nei periodi di morbida. La capacità effettiva dell'impianto, infatti, viene posta pari all'85% di quella teorica (1.800 pass/h/direzione) quindi pari a circa 1.530 pass/h/direzione. Il 15% residuo di capacità può essere rilasciato in picchi particolarmente rilevanti, nel caso, per esempio, di manifestazioni di grande interesse turistico (regata Barcolana).

5.4 Riequilibrio tra trasporto pubblico e privato

Un ulteriore beneficio deriva dalla divergenza modale TPL-cabinovia che si registra principalmente su quattro linee di collegamento Altipiano – Trieste; i risparmi in termini di affluenza media consentono, a regime, di rimodulare i servizi e dedicare chilometri aggiuntivi e frequenza ad altre linee oggi sature. Come specificato in precedenza, l'intervento di progetto attrae il 46% della mobilità dal TPL ed il 44% dal mezzo privato (il restante 10% risulta di indotto). Lo scaricamento di alcune linee che dall'altipiano portano al centro città consente un riequilibrio notevole del sistema del TPL, in quanto tali linee presentano livelli di carico spesso critici (soprattutto per la mobilità sistematica), e quindi possono beneficiare di una riduzione di domanda, sia in termini di affidabilità del servizio (minori tempi alle fermate per imbarco) che di frequenza.

5.5 Incidentalità

La valutazione dei benefici dell'intervento progettuale sulla riduzione dell'incidentalità è stata compiuta analizzando il report fornito dalla Regione Friuli-Venezia Giulia relativo al Piano Regionale e Centro di Monitoraggio della Sicurezza Stradale (CRMSS)⁵. L'elaborato "Rapporto 2010-2016" include statistiche sull'incidentalità nella Regione ed in particolare nell'area di Trieste. La Figura 20 pone a confronto gli archi che beneficiano di una riduzione di traffico a seguito della ripartizione modale dovuta al progetto della cabinovia con una mappa di calore contenuta nel report regionale; si nota come gli archi che si scaricano sono, per la maggior parte, collocati su assi che già oggi sono critici dal punto di vista della numerosità di incidenti (via Carducci, via Palestrina, Piazza Garibaldi). In questo senso si stima che una riduzione di traffico su tali assi possa avere ricadute positive anche sul tema della sicurezza stradale.

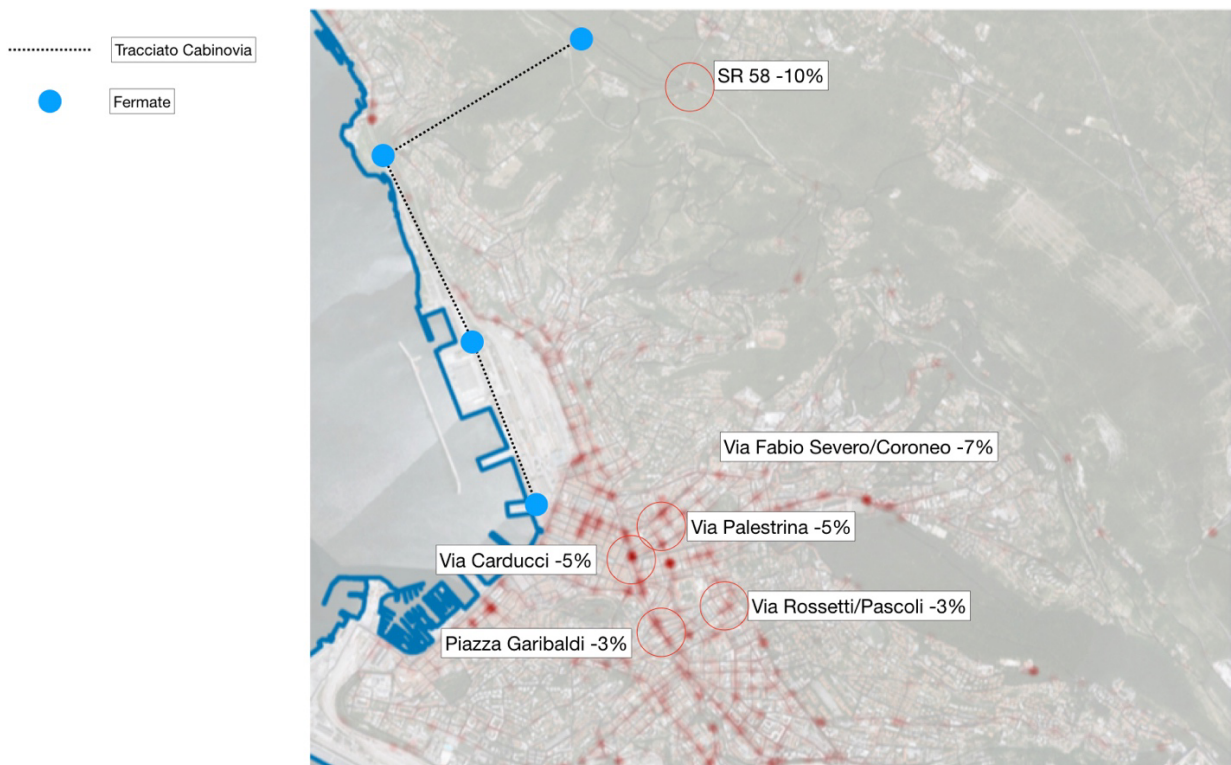


Figura 20 – Confronto tra dati storici di incidentalità ed archi che beneficiano di una riduzione di traffico a valle della realizzazione del progetto della cabinovia

5.6 Impatto Ambientale e Risparmio Energetico

L'intervento progettuale porta dei benefici trasportistici legati alla diminuzione percentuale del grado di saturazione su alcuni archi critici della viabilità principale di Trieste (dal 5 al 10%), grazie alla

⁵ <http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVFG/infrastrutture-lavori-pubblici/infrastrutture-logistica-trasporti/FOGLIA2/>

divergenza modale auto-cabinovia che si registra nelle cerniere di mobilità (interscambio modale) e nei punti di attrazione/generazione di spostamenti (Porto Vecchio, Trieste Centro), dell'ordine di circa 450 veicoli equivalenti nell'ora di punta tolti alla rete viaria. Si tratta di un numero molto elevato se rapportato al volume complessivo di veicoli circolanti nell'ora di punta in tutta l'area di studio che, da matrice O/D, risulta pari a circa 36.000 veicoli equivalenti.

6 SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

6.1 Ipotesi di Riferimento

La seguente sezione illustra delle analisi riferite alla sostenibilità economica della Cabinovia, riferita alle ipotesi di calcolo di cui al Progetto di Fattibilità Tecnico Economica. In questa sede si approfondisce la tematica con riferimento ad un calcolo di tariffa medio del costo del biglietto per la mobilità sistemica (comprensivo della quota di abbonamenti ed altre tipologie di tariffe) e di quello turistico.

Si evidenzia che le analisi presentate nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica sono e restano valide; le ipotesi di seguito proposte vanno ad evidenziare ulteriori possibilità ed alternative a livello di gestione tariffaria del servizio, ai fini di valutarne la sostenibilità economica.

6.2 Ricavo da Tariffa Medio

Al fine di analizzare la quota di ricavi da biglietti ed abbonamenti, in funzione della domanda di mobilità prevista sulla Cabinovia, è stato calcolato il ricavo da tariffa medio sulla rete attuale di autobus urbani di Trieste, con riferimento alle tariffe vigenti in termini di biglietti singoli ed abbonamenti, e alle percentuali di utilizzo (fonte Trieste Trasporti, dati 2019).

La Tabella 6 illustra le tipologie di tariffe e abbonamenti in uso nell'area di studio (tariffe 2019), comprensive della percentuale di utilizzo e del peso relativo al numero di viaggio utilizzabili con un unico titolo (**P**). Il calcolo della tariffa media T_m è stato compiuto pesando opportunamente i vari contributi tariffari secondo la seguente formulazione⁶:

$$T_m = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{P_i} k_i$$

Dove N è il numero dei diversi titoli di viaggio considerati. Il risultato porta a stimare in un ricavo medio da tariffa pari a 0,92 €. Si nota come le tipologie che influiscono principalmente nel calcolo

⁶ Commissione ASSTRA - Un modello di calcolo del costo standard per il trasporto pubblico locale e regionale automobilistico (2013)

sono il biglietto singolo da 60' (~ 82% di vendite), il biglietto orario pluricorse (~ 9% di vendite) e l'abbonamento mensile riferito all'intera rete (~ 6% di vendite).

Tabella 6 – Distribuzione dell'utilizzo dei titoli di viaggio (fonte Trieste Trasporti, 2019).

| Tipologia | C (Costo in €) | P (Viaggi/Titolo) | k (% utilizzo) |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Biglietto orario da 60' – Rete | 1,35 | 1,4 | 0,8221 |
| Biglietto orario da 75' - Rete | 1,65 | 2 | 0,0017 |
| Biglietto due tratte di una linea | 1,65 | 2 | 0,0031 |
| Biglietto giornaliero | 4,60 | 4 | 0,0067 |
| Biglietto orario da 60' - Pluricorse | 12,45 | 13 | 0,0947 |
| Abbonamento 1 Linea o Tratta: 15 gg. | 19,35 | 30 | 0,0005 |
| Abbonamento Rete: 15 gg. | 23,05 | 60 | 0,0044 |
| Abbonamento 1 Linea o Tratta: mensile | 28,50 | 60 | 0,0036 |
| Abbonamento Rete: mensile | 35,75 | 120 | 0,0616 |
| Abbonamento 1 Linea o Tratta: annuale | 285,00 | 720 | 0,0001 |
| Abbonamento Rete: annuale | 375,50 | 1440 | 0,0016 |

6.3 Analisi di Sensitività sugli Utili

Di seguito si ipotizzano gli utili della gestione della Cabinovia variando opportunamente quattro variabili, al fine di misurare la sensitività delle tariffe (per utenti sistematici e turistici) in funzione anche della variabilità sulla stima della domanda di trasporto. Le variabili analizzate sono le seguenti:

- 1) *Domanda annuale di mobilità sistematica*
- 2) *Domanda annuale di mobilità turistica*
- 3) *Costo del biglietto base*
- 4) *Costo del biglietto turistico*

In relazione alla domanda, la quota stimata dal Progetto di Fattibilità Tecnico Economica fa riferimento ai seguenti valori:

- *Domanda annuale di passeggeri sistematici: 3.255.652 (valore Base)*
- *Domanda annuale di passeggeri turisti: 361.739 (valore Base)*

Il costo del biglietto per l'utente sistematico viene considerato pari a 0,92 € (tariffa media) come specificato in precedenza. Il costo del biglietto turistico base viene posto pari a 5 € (paragonabile al costo attuale del biglietto giornaliero, che si può considerare un ottimo paragone per un utilizzo ricreativo della Cabinovia, eventualmente abbinata anche all'utilizzo del Tram di Opicina). Tale valore verrà quindi aumentato per valutare quali sono i vantaggi in termini di utili in funzione della variazione della domanda di trasporto.

La domanda di trasporto, infine, è stata volutamente ridotta di tre quote (10%, 20%, 30% rispetto al valore Base), sia per la mobilità sistematica che per quella turistica. Si ottengono quindi diversi valori di utilità annuale in funzione della matrice delle combinazioni delle diverse quote di mobilità per tre scenari:

- Scenario A – Biglietto turistico a 5 €
- Scenario B – Biglietto turistico a 6 €
- Scenario C – Biglietto turistico a 7 €

Si ricorda inoltre che gli utili derivano, per ipotesi, dalla differenza tra gli incassi dovuti soltanto alla bigliettazione e i costi, che vengono considerati costanti e pari a 3.805.948 €. Il valore di utilità che si ottiene con riferimento al valore di ricavo del biglietto base pari a 0,92 € e a quello turistico pari a 5 € (997.946 €), differisce soltanto del 7% dal valore di utile base del PFTE originale (con biglietto pari ad 1,35 € sia per l'utente sistematico che per il turista).

La Tabella 7 riporta le analisi ottenute con il costo del biglietto turistico pari a 5 € (Scenario A). In questo caso si nota che la gestione resta in utile fino ad una diminuzione della quota turistica stimata sulla cabinovia del 30%, associata al 20% in meno di utenti sistematici, con valori comunque contenuti. La disutilità massima in questo scenario si ha con errori di stima del 30% sia per la quota di domanda sistematica che per quella turistica.

Tabella 7 – Analisi degli Utili – Scenario A - Biglietto Turistico pari a 5 €.

| Mobilità Sistematica | Mobilità Turistica | | | |
|----------------------|--------------------|-----------|------------|------------|
| | Base | -10% | -20% | -30% |
| Base | 997.946 € | 817.077 € | 636.207 € | 455.336 € |
| -10% | 698.427 € | 517.557 € | 336.688 € | 155.818 € |
| -20% | 398.907 € | 218.037 € | 37.168 € | -143.702 € |
| -30% | 99.387 € | -81.483 € | -262.352 € | -443.222 € |

Aumentando di un euro il costo del biglietto turistico (6 €), si ottiene lo Scenario B riportato nella Tabella 8; in questo caso la disutilità emerge soltanto nel caso in cui tutte le componenti di domanda siano minori del 30% di quanto ipotizzato. La disutilità, comunque, resta moderata.

Tabella 8 - Analisi degli Utili – Scenario B - Biglietto Turistico pari a 6 €.

| | Mobilità Turistica | | | |
|--------------------|--------------------|-------------|-----------|-------------------|
| Mobilità Sistemica | Base | -10% | -20% | -30% |
| Base | 1.359.685 € | 1.142.642 € | 925.598 € | 708.553 € |
| -10% | 1.060.166 € | 843.122 € | 626.079 € | 409.035 € |
| -20% | 760.646 € | 543.602 € | 326.559 € | 109.515 € |
| -30% | 461.126 € | 244.082 € | 27.039 € | -190.005 € |

Lo Scenario C (Tabella 9) fa riferimento al caso in cui la tariffa turistica sia portata ad 8 €; in questo caso la gestione resta in utile anche con diminuzioni della quota di domanda fino al 30%.

Tabella 9 - Analisi degli Utili – Scenario C - Biglietto Turistico pari a 7 €.

| | Mobilità Turistica | | | |
|--------------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| Mobilità Sistemica | Base | -10% | -20% | -30% |
| Base | 1.721.424 € | 1.468.207 € | 1.214.989 € | 961.771 € |
| -10% | 1.421.905 € | 1.168.687 € | 915.470 € | 662.253 € |
| -20% | 1.122.385 € | 869.167 € | 615.950 € | 362.733 € |
| -30% | 822.865 € | 569.647 € | 316.430 € | 63.213 € |

Con riferimento alla quota di domanda turistica, si ritiene che la quota base sia perfettamente in linea con gli arrivi di turisti nella città di Trieste negli ultimi anni (1.150.000 circa nel 2019, 970.000 circa nel 2018). Considerata l'attrattività della Cabinovia, si ritiene che diventi una occasione di mobilità e ricreatività unica nel suo genere, e che quindi la domanda base stimata (360.000 turisti circa) sulla Cabinovia sia perfettamente in linea con gli arrivi annuali; con almeno 1 turista su 3 che la utilizzi la gestione resta in utile con prezzi competitivi vista l'unicità dell'esperienza di viaggio.

7 ANALISI DI ALTERNATIVE

7.1 Introduzione

Il progetto della Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso ha come obiettivo principale quello di alleggerire l'ingresso Nord alla città di Trieste dai veicoli privati, con interscambio con la nuova infrastruttura presso il capolinea nord di Opicina e, in parte, presso il Park Bovedo. Nella presente sezione si valuta dal punto trasportistico una alternativa ulteriore rispetto a quelle valutate in sede di Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica. Si analizza l'ipotesi di introdurre una linea tramviaria nel tratto "basso", mantenendo il collegamento a fune tra Opicina e Park Bovedo (che risulta essere quello meno flessibile ad alternative progettuali).

7.2 Ipotesi Progettuali

Nel seguito si valuta la domanda potenzialmente attratta dal progetto di una linea tramviaria da Barcola a Campo Marzio, via Porto Vecchio / Rive, con interscambio con la Cabinovia Campo Romano – Bovedo, confrontando i risultati con quelli presentati al Ministero della Mobilità Sostenibile nell'ambito del finanziamento della Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso. Ai fini delle valutazioni del presente studio, la soluzione tranviaria non ha differenze sostanziali se la stessa viene sostituita da una linea bus ed è indipendente dalla alimentazione della linea (elettrica o a idrogeno, per esempio).

7.2.1 Piano di Esercizio Tramviario

È stata valutata la proposta di un collegamento tramviario dal punto di vista dell'esercizio, stimando i tempi di percorrenza tra fermate, i tempi di sosta e la frequenza in funzione dei vincoli infrastrutturali. Le informazioni sul tracciato e sulle fermate sono state ricavate da proposte di associazioni e/o gruppi di interesse. È stata ipotizzata una velocità media di inter-tratta di 30 km/h ed un tempo di fermata di 30", che tiene conto anche delle decelerazioni ed accelerazioni tra fermate, poste in media ad una distanza di circa 300-350 metri. In questo senso si ottiene una velocità commerciale sulla

tratta di circa 20 km/h, in linea con i progetti più recenti di linee tramviarie in sede propria. La velocità tiene conto del fatto che la linea tramviaria, sebbene in sede propria, deve condividere gli spazi con altri tipi di mobilità dolce negli attraversamenti (pedoni, ciclisti), soprattutto nel tracciato interno all'area del Porto Vecchio riqualificato e sulle Rive. Nel nodo di Bovedo, è stato ipotizzato un tempo di percorrenza per l'interscambio tra linea tramviaria e Cabinovia pari a 2 minuti da sommare al tempo medio di attesa che, nel caso di interscambio Cabinovia – Tram, è stato fissato a metà della frequenza tramviaria di progetto, in questo caso fissata a 5 minuti. Il tempo di percorrenza totale, quindi, è di circa 19 minuti. Nel seguito si vedrà in che misura il tempo di percorrenza e la frequenza di passaggio siano influenti sulla scelta modale attraverso una analisi di sensitività. La Tabella 10 illustra la proposta di tracciato con i tempi di percorrenza stimati (si assume lo stesso tempo di percorrenza in andata e ritorno, ma per questa analisi preliminare ci si basa sul percorso Barcola – Largo Irneri in accordo alla direzione dei flussi maggiori).

Tabella 10 – Tempi di percorrenza tra fermate

| Fermate | Delta (metri) | Progressiva (metri) | Velocità (km/h) | Tempo Fermata (secondi) | Tempo Percorrenza (minuti) |
|--------------------|---------------|---------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|
| Barcola | 0 | 0 | 30 | - | - |
| v.le Miramare 52 | 300 | 300 | | 1,1 | |
| Bovedo | 350 | 650 | | 1,2 | |
| Bagno Ferroviario | 350 | 1000 | | 1,2 | |
| TCC | 300 | 1300 | | 1,1 | |
| Porto Vecchio | 350 | 1650 | | 1,2 | |
| Magazzini 11 | 700 | 2350 | | 1,9 | |
| Largo Santos | 450 | 2800 | | 1,4 | |
| Molo IV | 400 | 3200 | | 1,3 | |
| P.za Unità | 400 | 3600 | | 1,3 | |
| Stazione Marittima | 380 | 3980 | | 1,3 | |
| Pescheria | 300 | 4280 | | 1,1 | |
| Stazione Rogers | 350 | 4630 | | 1,2 | |
| Ex Mercato Ortofr. | 350 | 4980 | | 1,2 | |
| Pass. Sant'Andrea | 650 | 5630 | | 1,8 | |
| Largo Irneri | 450 | 6080 | - | 0,9 | |
| Totale | | | | | 19,2 |

7.2.2 Linee di Desiderio

Nelle analisi è stata considerata la domanda dell'ora di punta del mattino (7:30 – 8:30), che risulta essere quella di riferimento essendo la maggiore che si riscontra nelle 24 ore. Tale domanda ha

ovviamente la componente principale nell'ingresso Nord, e quindi con i flussi maggiori indirizzati verso le destinazioni di Trieste centro. Al fine di valutare l'impatto di una linea tramviaria diretta da Barcola fino a Largo Irneri, sono state analizzate le linee di desiderio (quantità di spostamenti tra zone) delle zone dedicate al prolungamento del servizio dal Molo IV fino a Campo Marzio, che fanno riferimento alle zone censuarie/aggregate numero 2802 (Porto Nuovo), 2701 (Campo Marzio) e 1301/1302 (Molo Audace - Stazione Marittima).



Figura 21 – Attrazione delle Zone 1301/1302



Figura 22 - Attrazione della Zona 2701



Figura 23 - Attrazione della Zona 2802

La Figura 21, la Figura 22 e la Figura 23 illustrano, rispettivamente, le 20 principali zone di provenienza degli spostamenti nello stato di fatto per le destinazioni Molo Audace Stazione Marittima, Campo Marzio e Porto Nuovo. Si nota come tra le principali linee di desiderio non figurino zone a Nord della Stazione Centrale, quelle su cui la tramvia potrebbe avere un diretto impatto sulla mobilità. Tale fatto è testimoniato anche dall’offerta odierna del Trasporto Pubblico su una direttrice simile, che vede un’unica linea (8) che da Roiano viaggia verso Campo Marzio, con frequenze nei periodi di punta fino a 10 minuti, a testimonianza che tali linee di domanda non sono così forti da necessitare elevate frequenze del Trasporto Pubblico. In questo senso anche l’attrattività di un sistema integrato Cabinovia – Tram fino a Campo Marzio è limitata dall’assenza di linee di domanda forte Origine/Destinazione da Nord.

7.2.3 Scelta Modale

Sulla base dei dati di esercizio di cui sopra, sono stati stimati gli effetti dell’infrastruttura di progetto su:

- A. *Disincentivo all’uso della Cabinovia nel tratto Campo Romano – Molo IV a causa del trasbordo presso il nodo di Bovedo e quindi ai maggiori tempi di percorrenza;*
- B. *Incentivo all’utilizzo di un collegamento TPL in sede propria da Barcola in direzione Rive – Campo Marzio, per gli utenti da Nord (Carso) e Barcola / Strada Costiera.*

Per valutare tali aspetti, è stato applicato il Modello di Scelta Modale già utilizzato per il PUMS e per il progetto della Cabinovia Metropolitana. Tale modello probabilistico utilizza delle funzioni di utilità

per valutare la convenienza dell'utente a scegliere un determinato modo di trasporto in funzione del costo generalizzato monetario (C), dei tempi di percorrenza (T), dell'eventuale trasbordo (TR) e di un ulteriore parametro di "inerzia" (β_{TPL}), che misura la resistenza dell'utente al mezzo pubblico anche in presenza di una convenienza dal punto di vista di tempi e costi. Le funzioni di utilità sono espresse nella forma seguente, rispettivamente per il Trasporto Privato U_{Tpr} e per quello pubblico U_{Tpl} :

$$U_{Tpr} = \beta_{tpr}T_{Tpr} + \beta_c C_{Tpr} ; U_{Tpl} = \beta_{tpl}T_{Tpl} + \beta_{ctpl}C_{Tpl} + \beta_{trs}TR + \beta_{TPL}$$

Tutti i vari parametri β sono stati calibrati in funzione della campagna di indagine sulla mobilità condotta nel 2019 nell'area metropolitana di Trieste. Le funzioni di utilità fluiscono quindi in un modello probabilistico LOGIT per ricavare la probabilità che un utente scelga il mezzo $m1$ rispetto al mezzo $m2$ nella forma: $P_{m1} = \frac{e^{Um1}}{e^{Um1} + e^{Um2}}$.

Per quanto riguarda il **punto A**, il modello di Scelta Modale applicato alle coppie che utilizzano la Cabinovia di Progetto testimonia che il trasbordo dalla Cabinovia a Bovedo ha un effetto molto penalizzante sull'appetibilità di tale infrastruttura per gli spostamenti da Nord verso il centro di Trieste (considerando che l'utente che proviene da Nord ha già il naturale trasbordo auto-Cabinovia). Il modello restituisce una disutilità potenziale dello spostamento modale auto-Cabinovia del 33% rispetto allo scenario di progetto con collegamento continuo via Cabinovia. Una ulteriore penalità deriva dal maggior tempo di percorrenza dovuto al trasbordo, al tempo di attesa e al maggior tempo di viaggio da Bovedo al Molo IV (capolinea della Cabinovia); questo aspetto influenza una percentuale di utenza del mezzo pubblico che dall'altipiano carsico, in luogo della Cabinovia, preferisce riutilizzare le linee classiche del TPL (2/, 4) che lo portano in centro città. Questo aspetto sarà poi valutato in fase di assegnazione dei flussi alla rete, in quanto non si tratta di trasferimento modale, ma di diversa scelta del percorso di utenti che già utilizzano il Trasporto Pubblico.

Per quanto riguarda il **punto B**, il modello di Scelta Modale è stato applicato alle coppie Origini/Destinazione Ingresso Nord (Carso) - Barcola – Campo Marzio, per valutare se il prolungamento di una linea senza interscambi intermedi potesse essere appetibile sul trasferimento modale da mezzo privato a Trasporto Pubblico, in alternativa al collegamento Cabinovia tra Bovedo e Molo IV ed interscambio con bus in direzione di Campo Marzio. Come in precedenza, in fase di scelta del percorso si noterà se tale collegamento ha delle potenzialità anche sugli utenti attuali che già utilizzano il Trasporto Pubblico. In questo caso è stato implementata nel modello di Scelta Modale soltanto la quota di Trasporto Privato che da Barcola / Strada Costiera potrebbe essere interessata al collegamento diretto con Campo Marzio; la quota dal Carso (Ingresso Nord ed Opicina), infatti, sarebbe comunque penalizzata da un trasbordo che nel caso del progetto della

Cabinovia Metropolitana si ha presso il nodo del Molo IV, e nel caso della proposta in esame si ha presso Park Bovedo. In questo caso, pertanto, valgono i risultati ottenuti nel punto A. Il tempo di percorrenza tra Bovedo e Largo Irneri attraverso la Cabinovia con interscambio al Molo IV è comunque concorrenziale e confrontabile rispetto a quello della tramvia diretta di progetto; infatti il tempo totale di percorrenza tra Bovedo ed il Molo IV via Cabinovia è di 8 minuti che, sommati ad un tempo a piedi necessario a raggiungere la fermata della Linea 9 sulle Rive in direzione Campo Marzio (6 minuti) ed un tempo di attesa pari a metà frequenza (circa 3 minuti su una frequenza di 5 minuti), ed infine il tempo di percorrenza (5 minuti), porta ad un tempo totale tra Bovedo e Largo Irneri via Cabinovia e Trasbordo (Linea 9) pari a circa: $8 + 6 + 3 + 5 = 22$ minuti, contro i 17 minuti di percorrenza del Tram diretto a cui vanno aggiunti i circa 3 minuti di attesa medi del mezzo al capolinea di Barcola (si ricorda che invece la Cabinovia ha un tempo di attesa trascurabile) per un totale di 20 minuti. Il trasbordo è quindi in questo caso l'unico elemento di disutilità che viene misurato ed inserito nel modello. Nella scelta modale pesa il trasbordo al Molo IV ma con un basso coefficiente di inerzia, in quanto l'utenza viaggia su un corridoio in cui può contare su altissime frequenze, e quindi il contributo del trasbordo pesa notevolmente meno rispetto a quello che pesa su Park Bovedo; quest'ultimo, infatti, agisce su un'utenza prevalentemente di largo raggio alla quale un trasbordo in più (oltre a quello naturalmente necessario per lo spostamento modale auto-Cabinovia) pesa in modo maggiore sul costo totale del viaggio. Applicando il modello di Scelta Modale al possibile spostamento di utenza da auto a Tram da Barcola a Campo Marzio / Porto Nuovo / Stazione Marittima, si ottiene un valore di utilità potenziale di un collegamento senza trasbordo del 17%.

Le Matrici Origini/Destinazione del modo auto sono state di conseguenza aumentate e diminuite in funzione dei valori di disutilità ed utilità e delle coppie interessate dagli spostamenti, e quindi assegnate nuovamente alla rete di trasporto. La matrice Origine/Destinazione del Trasporto Pubblico è stata anch'essa diminuita e aumentata, rispettivamente delle quote modali potenzialmente sottratte al TPL (cabinovia) e attratte dal TPL (Tram).

7.2.4 Sensitività del tempo di percorrenza della linea tramviaria sulla scelta modale

Il piano di esercizio della linea tramviaria è ovviamente provvisorio in questa fase di progettazione, ma si è visto che comunque gli elementi maggiormente influenti sulla scelta modale sono il costo generalizzato dovuto al trasbordo e l'effettiva presenza di una domanda Origine/Destinazione da intercettare. Per valutare l'incidenza del tempo totale di viaggio della linea tramviaria (in funzione della velocità commerciale e della frequenza, quest'ultima influente sul tempo di attesa in fermata), viene presentata un'analisi di sensitività variando i parametri di cui sopra e valutando quindi le differenze sulla scelta modale in funzione delle loro variazioni (Figura 24). Nel grafico sono state

valutate le velocità commerciali di 15 km/h e di 20 km/h accanto ad una variazione di frequenza che va dai 5, ai 7 fino ai 10 minuti. Le cifre indicate nelle “bolle” del grafico sono relative all’aumento di utilità potenziale da auto a TPL in funzione delle diverse caratteristiche dell’esercizio. Si nota come le variazioni siano completamente trascurabili, e dimostrano che in questo contesto lo spostamento di utenza dal mezzo privato a quello pubblico è influenzata in modo decisamente maggiore dal trasbordo rispetto al tempo di viaggio puro.

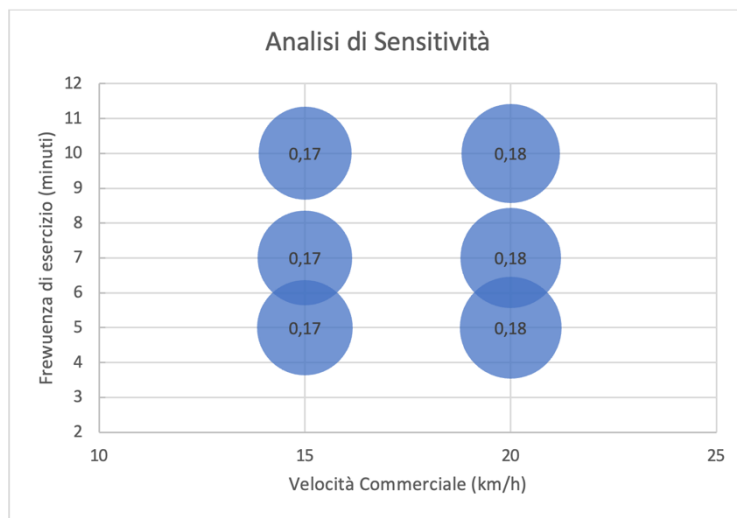


Figura 24 – Sensività del tempo di percorrenza e della frequenza di esercizio della linea tramviaria sulla scelta modale

7.2.5 Scelta del Percorso

Il risultato delle precedenti analisi è la valutazione delle differenze di carico di passeggeri sulla Cabinovia di progetto con le ipotesi di introduzione della linea tramviaria proposta. Si tratta quindi di assegnare il flusso di veicoli e di passeggeri modificato a seguito della scelta modale sulla rete del Trasporto Privato e del Trasporto Pubblico. In generale i risultati dimostrano che l'utilità potenziale del prolungamento della linea tramviaria proposta da Barcola a Campo Marzio non si traduce in una modifica rilevante sulle matrici modali, per mancanza di una domanda di trasporto da Barcola a Campo Marzio (come analizzato in precedenza con le linee di desiderio). Viceversa, pesa la disutilità percentuale del trasbordo a Bovedo sulle coppie O/D interessate al collegamento diretto da Nord alle zone centrali della città (che nello scenario originale utilizzavano la Cabinovia).

7.2.6 Trasporto Pubblico

L'impatto della tramvia proposta sul sistema complessivo del Trasporto Pubblico Locale è notevole: come riportato nella Figura 25 (in verde i tratti più scarichi di passeggeri TPL e pedoni, in rosso i

tratti più carichi) la Cabinovia si scarica del 75% a causa della mancanza di continuità infrastrutturale presso il nodo di Bovedo. Questo fatto si ripercuote sul carico di linee del TPL che erano state scaricate dalla presenza della Cabinovia (4 e 2/), non consentendo quindi un risparmio chilometrico da assegnare ad altre linee più sofferenti.

VARIAZIONI AL TRASPORTO PUBBLICO

~ 75% in meno di passeggeri sul tratto della cabinovia da Opicina a Bovedo

Carico complessivo sul Tram in Porto Vecchio: 200 pax/h/direzione contro i 1200 pax/h/direzione della cabinovia

Domanda complessiva attratta dal Tram sul percorso: 550 pax/h contro i 1400 pax/h della cabinovia

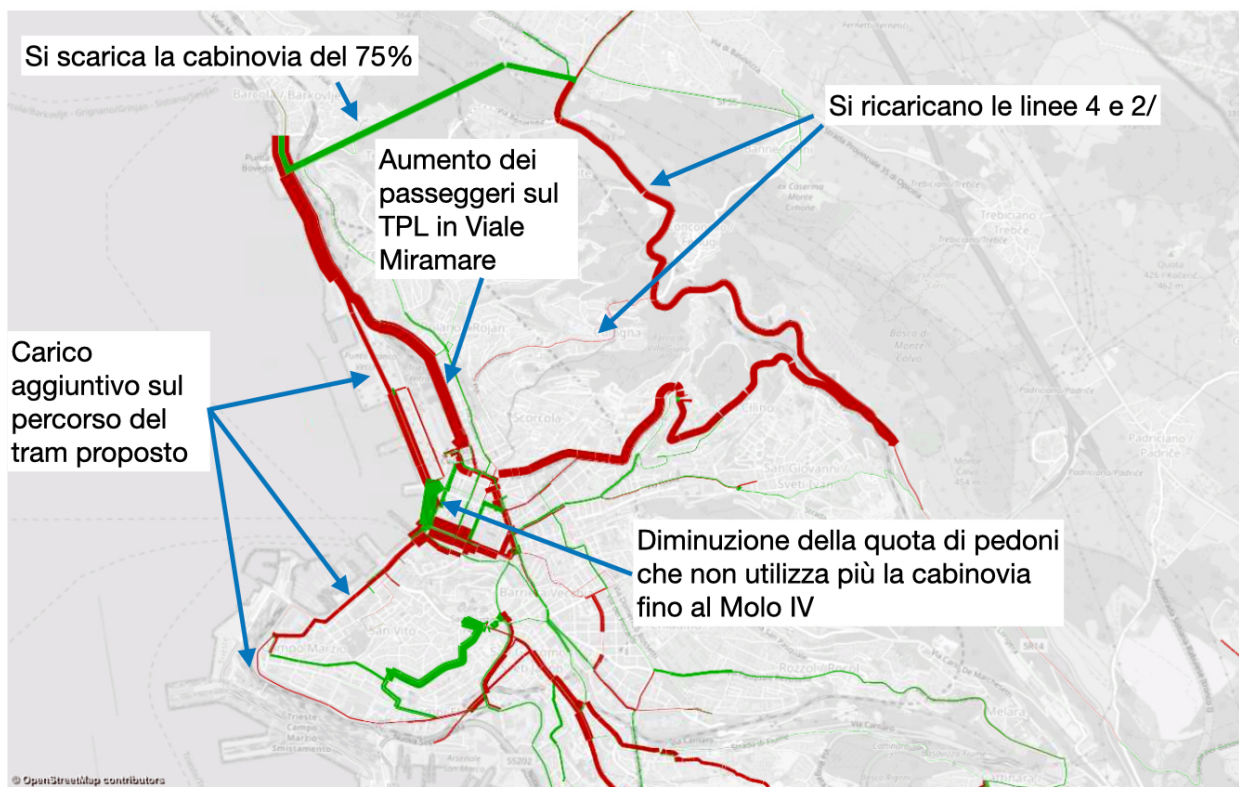


Figura 25 – Variazioni nei flussi pedonali e sul Trasporto Pubblico locale

Il Tram, nel tragitto proposto da Barcola a Campo Marzio, attrae complessivamente una domanda di 550 passeggeri/ora (350 pax/h in direzione Campo Marzio, 200 pax/h nel percorso di ritorno), contro i 1.400 passeggeri/ora della Cabinovia. Nella tratta interna al Porto Vecchio, il carico complessivo sul Tram è di circa 200 passeggeri/ora/direzione, nella tratta dove il carico in presenza della Cabinovia risulta di circa 1.200 passeggeri/ora/direzione. Tale differenza può essere spiegata dal fatto che il 75% della quota di passeggeri che proveniva dalla Cabinovia è stata persa a causa del trasbordo, e che la linea del Tram, in generale, non è particolarmente appetibile nel suo tracciato a causa della mancanza di domanda diretta tra i capolinea e tra le fermate intermedie oltre il Molo IV. Si nota infatti anche un aumento della quota di passeggeri che utilizzava la cabinovia sulla tratta Bovedo – Molo IV che si trasferisce sulle linee del TPL transitanti per viale Miramare (6, 8) che hanno

maggiore attrattività della linea tramviaria transitante in Porto Vecchio (a causa dei tempi di percorrenza non concorrenziali con le altre linee e della richiesta di domanda non indirizzata verso Campo Marzio).

INCREMENTI DOVUTI AL TRAFFICO PRIVATO

~160 veicoli/ora di punta in più sulla rete

~1400 veicoli/giorno in più sulla rete

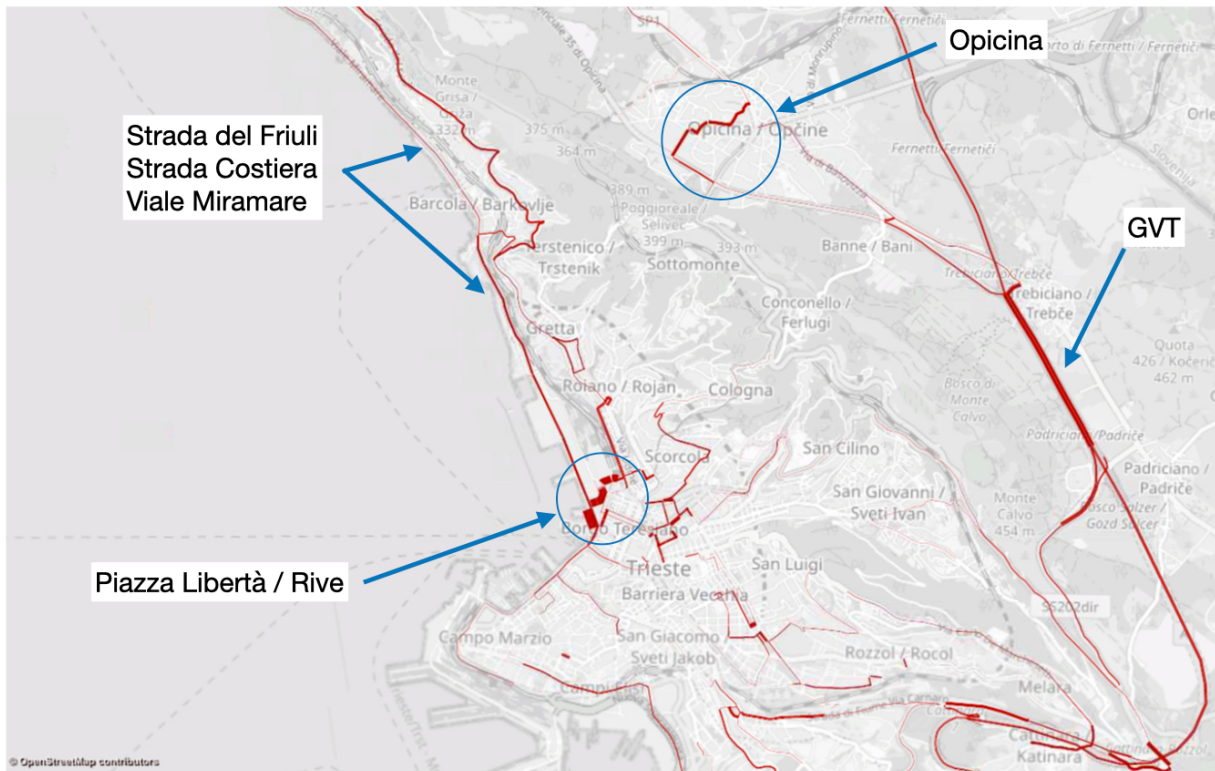


Figura 26 – Incrementi di traffico dovuti al traffico privato

7.2.7 Trasporto Privato

Come riportato in precedenza, il trasbordo a Bovedo causa un decremento dell'appetibilità della Cabinovia del 33% per quanto riguarda lo spostamento modale auto-Cabinovia, che si traduce in un aumento di circa 160 veicoli in più nell'ora di punta per un totale di circa 1.400 veicoli in più al giorno in circolazione sulla rete. Tale valore deriva da una parte dalla diminuzione di utilità che influisce la scelta modale, dall'altra dalla minore convenienza (trasbordo e tempo di percorrenza) a scegliere la Cabinovia come alternativa al bus per gli spostamenti da Nord. Come riportato nella Figura 26, in rosso sono stati evidenziati gli archi stradali con i maggiori incrementi dovuti al mancato spostamento modale auto-Cabinovia presso il capolinea a monte; si caricano nuovamente di utenti che preferiscono il mezzo privato a quello pubblico per raggiungere le destinazioni finali Strada del Friuli,

la Strada Costiera e viale Miramare. Tali flussi interessano direttamente il nodo di Piazza Libertà, già oggi uno dei nodi più critici della città. Si nota anche un incremento di traffico ad Opicina, in funzione di utenti che hanno una utilità maggiore a riprendere il mezzo privato per spostarsi rispetto alla Cabinovia. Altri incrementi si notano sulle provenienze da Nord lungo la GVT, per utenti che riprendono il mezzo privato anche per raggiungere la loro destinazione finale (che prima potevano raggiungere con la Cabinovia più altri mezzi del Trasporto Pubblico).

7.3 Conclusioni

È stato analizzato l'impatto che una linea tramviaria da Barcola a Campo Marzio, con interruzione della Cabinovia presso il nodo di Bovedo, ha sulla distribuzione della domanda di mobilità sulla rete. È stato ipotizzato un programma di esercizio tramviario sul quale è stato quindi valutato l'impatto di tale infrastruttura sulla diversione modale da mezzo privato a mezzo pubblico. Il modello di scelta modale utilizzato ha tenuto conto della:

- 1) *disutilità degli utenti della Cabinovia a compiere un trasbordo presso Bovedo per poi continuare il tragitto con il Tram;*
- 2) *utilità a prolungare con una linea diretta la connessione tra Barcola – Molo IV fino a Campo Marzio, inserendo nel modello di trasporto tutte le caratteristiche tecniche per rendere l'infrastruttura appetibile all'utenza (frequenze di 5 minuti, tempo di percorrenza di 19 minuti circa), compatibilmente con le caratteristiche delle aree attraversate.*

Il modello ha restituito una grossa penalità per il trasbordo presso Park Bovedo per gli utenti in diversione modale auto – Cabinovia; tale contributo causa lo scaricamento del tratto in pendenza della Cabinovia di progetto del 75% (da 511 passeggeri/ora in discesa a 124 passeggeri/ora in discesa) a causa della disutilità percepita nel cambio del mezzo di trasporto (che implica quindi anche ulteriori tempi di spostamento e di attesa rispetto alla Cabinovia). Tali fattori influiscono indirettamente anche sui passeggeri che già viaggiano sul Trasporto Pubblico e che utilizzano la Cabinovia per convenienza (tratta Opicina – Trieste) che, a causa del maggior tempo di percorrenza, tornano a scegliere in parte le linee esistenti (2/ e 4). Tali linee venivano scaricate nel progetto complessivo della Cabinovia consentendo un risparmio chilometrico e di esercizio per il gestore.

L'utilità che si ha nel prolungamento di una linea diretta da Barcola / Park Bovedo a Campo Marzio risulta trascurabile, a causa della scarsissima domanda Origine Destinazione (sia tra i capilinea che tra Bovedo e la Stazione Marittima, zona non direttamente servita dalla Cabinovia). La linea tramviaria nel suo sviluppo complessivo carica, nell'ora di punta del mattino, circa 550 passeggeri/ora tra andata e ritorno. La tratta all'interno del Porto Vecchio è comunque la più carica con circa 200 passeggeri/ora/direzione a bordo in direzione Molo IV. Questi numeri vanno confrontati con il carico della Cabinovia di progetto nella stessa tratta (Bovedo – Molo IV) che ha un carico

medio di circa 1.200 passeggeri/ora nella direzione più carica, e con il carico complessivo (1.400 passeggeri/ora).

È stata infine condotta una analisi di sensitività sul tempo di percorrenza e sulla frequenza della linea tramviaria, in questo studio ipotizzata pari a 19 minuti tra Barcola e Campo Marzio con un servizio ogni 5 minuti, per constatare che anche incrementando la velocità commerciale e la frequenza il contributo sulla scelta modale in diversione da mezzo privato a Tram è trascurabile. Questo risultato porta a considerare ogni servizio assimilabile a quello tramviario (bus elettrico ad alta frequenza etc.), non competitivo sulla Cabinovia in quanto sempre soggetto ad un trasbordo.

Alla luce dei risultati ottenuti, il trasbordo da Cabinovia a Tram presso il park Bovedo è estremamente svantaggioso per la sostenibilità dell'infrastruttura in quanto causa un abbattimento della convenienza sia economica che trasportistica dell'infrastruttura. Il modello restituisce un aumento di circa 160 veicoli in più all'ora (circa 1.500 veicoli al giorno) che tornerebbero a circolare sulla rete stradale anche nelle aree più congestionate, non trovando più beneficio ad utilizzare la Cabinovia per il proprio spostamento. Inoltre, la realizzazione di una linea rapida da Barcola / Bovedo fino a Campo Marzio non trova appetibilità rispetto alla diversione modale di utenza da mezzo privato a pubblico, sia per i tempi di percorrenza non concorrenziali rispetto a quelli della Cabinovia (nonostante un trasbordo), sia per la mancanza di una domanda di mobilità forte tra origine e destinazione (incluse le tappe intermedie oltre il Molo IV).

8 CONCLUSIONI

La presente relazione ha presentato le analisi della mobilità relative al progetto della Cabinovia Metropolitana Trieste – Porto Vecchio – Carso nell’ambito della Variante al PRGC di livello comunale “Accesso Nord – Mobilità Sistemica e Turistica”. È stato presentato il modello multimodale di domanda/offerta utilizzato a supporto delle analisi trasportistiche, rilevando l’ottima affidabilità dello stesso (modello, peraltro, che deriva dal PUMS di Trieste approvato nel 2021). Dopo aver discusso delle ipotesi di calcolo prettamente legate al progetto della Cabinovia, sono stati presentati i risultati relativi all’utilizzo dell’infrastruttura nell’ora di punta del mattino, per un totale di 1.409 passeggeri/ora trasportati. Tali passeggeri fanno riferimento a degli Scenari di Riferimento e di Progetto analoghi a quelli definiti nell’ambito del PUMS, dove si prevede che il Porto Vecchio generi nuove quote di mobilità legate ai nuovi insediamenti previsti.

La Cabinovia metropolitana è stata modellizzata ed analizzata come parte integrante della rete del Trasporto Pubblico Locale dell’area metropolitana di Trieste; le analisi dimostrano che, oltre ad uno *split* modale da mezzo privato a Cabinovia, una quota parte dei passeggeri che potranno utilizzare l’infrastruttura deriva da domanda tendenziale che già utilizza il TPL su gomma, ma che potrebbe trovare giovamento da un nuovo collegamento rapido Altipiano – Opicina – Porto Vecchio – Trieste. Tale fatto è testimoniato dal modello multimodale, che rileva lo scaricamento di alcune linee da Opicina per Trieste di una quota di passeggeri corrispondente alla domanda tendenziale da TPL su gomma a TPL su fune. A corredo dell’integrazione della nuova linea nel TPL, è stato presentato anche un dimensionamento preliminare di un possibile servizio navetta che consenta alla domanda di mobilità sul Carso di trovare un interscambio continuo con la linea a fune presso il capolinea di monte, per consentire una rapida discesa/salita verso/da Trieste.

I benefici trasportistici dell’infrastruttura si inquadrano su diversi aspetti:

- 1) *Minore quantità di mezzi privati in circolazione: il modello prevede che circa 450 veicoli/ora siano tolti dalla circolazione sulla rete stradale, con vantaggi puntuali localizzati in archi con elevato grado di congestione;*
- 2) *Riequilibrio tra Trasporto Pubblico e Privato: l’intervento di progetto attrae il 46% della mobilità dal TPL ed il 44% dal mezzo privato (il restante 10% risulta di indotto/turistico). Lo scaricamento di alcune linee che dall’altipiano portano al centro città consente un riequilibrio*

notevole del sistema del TPL, in quanto tali linee presentano livelli di carico spesso critici (soprattutto per la mobilità sistematica), e quindi possono beneficiare di una riduzione di domanda, sia in termini di affidabilità del servizio (minori tempi alle fermate per imbarco) che di frequenza;

- 3) *Impatto ambientale ed energetico: l'intervento progettuale porta dei benefici trasportistici legati alla diminuzione percentuale del grado di saturazione su alcuni archi critici della viabilità principale di Trieste (dal 5 al 10%), grazie alla divergenza modale auto-cabinovia che si registra nelle cerniere di mobilità (interscambio modale) e nei punti di attrazione/generazione di spostamenti (Porto Vecchio, Trieste Centro), dell'ordine di circa 450 veicoli equivalenti nell'ora di punta tolti alla rete viaria.*

È stata inoltre valutata anche la possibilità di introdurre delle alternative tramviarie al mezzo a fune nel tratto basso che attraversa il Porto Vecchio, mantenendo il tratto a fune soltanto per il tragitto in pendenza Bovedo – Opicina. La modellizzazione matematica restituisce una grossa penalità per il trasbordo presso Park Bovedo per gli utenti in diversione modale auto – Cabinovia; tale contributo causa lo scaricamento del tratto in pendenza della Cabinovia di progetto del 75% (da 511 passeggeri/ora in discesa a 124 passeggeri/ora in discesa) a causa della disutilità percepita nel cambio del mezzo di trasporto (che implica quindi anche ulteriori tempi di spostamento e di attesa rispetto alla Cabinovia). Tali fattori influiscono indirettamente anche sui passeggeri che già viaggiano sul Trasporto Pubblico e che utilizzano la Cabinovia per convenienza (tratta Opicina – Trieste) che, a causa del maggior tempo di percorrenza, tornano a scegliere in parte le linee esistenti (2/ e 4).

Infine, per quanto riguarda le analisi di sostenibilità economiche, sono state fatte ulteriori ipotesi di tariffazione della mobilità sistematica (con riferimento a tutte le tipologie di biglietto/abbonamento urbano esistenti) e turistica, anche con eventuali scostamenti fino al 30% in meno della domanda prevista. I risultati consentono di rendere stabile l'analisi economica con pochissimi accorgimenti relativi al costo del biglietto turistico (che potrebbe essere pari al biglietto attuale giornaliero della rete del TPL), fino a renderla completamente sostenibile anche in presenza di pesanti diminuzioni sia della mobilità sistematica che di quella turistica.

ALLEGATO A

Grado di Saturazione – Rete PRITMML

Scenario di Riferimento

Grado di Saturazione



- Barra arco
Saturazione TPr (PA)
- fino a 45%
 - > 45%
 - > 60%
 - > 75%
 - > 90%

Fascia Oraria:

7:30 - 8:30

Scenario:

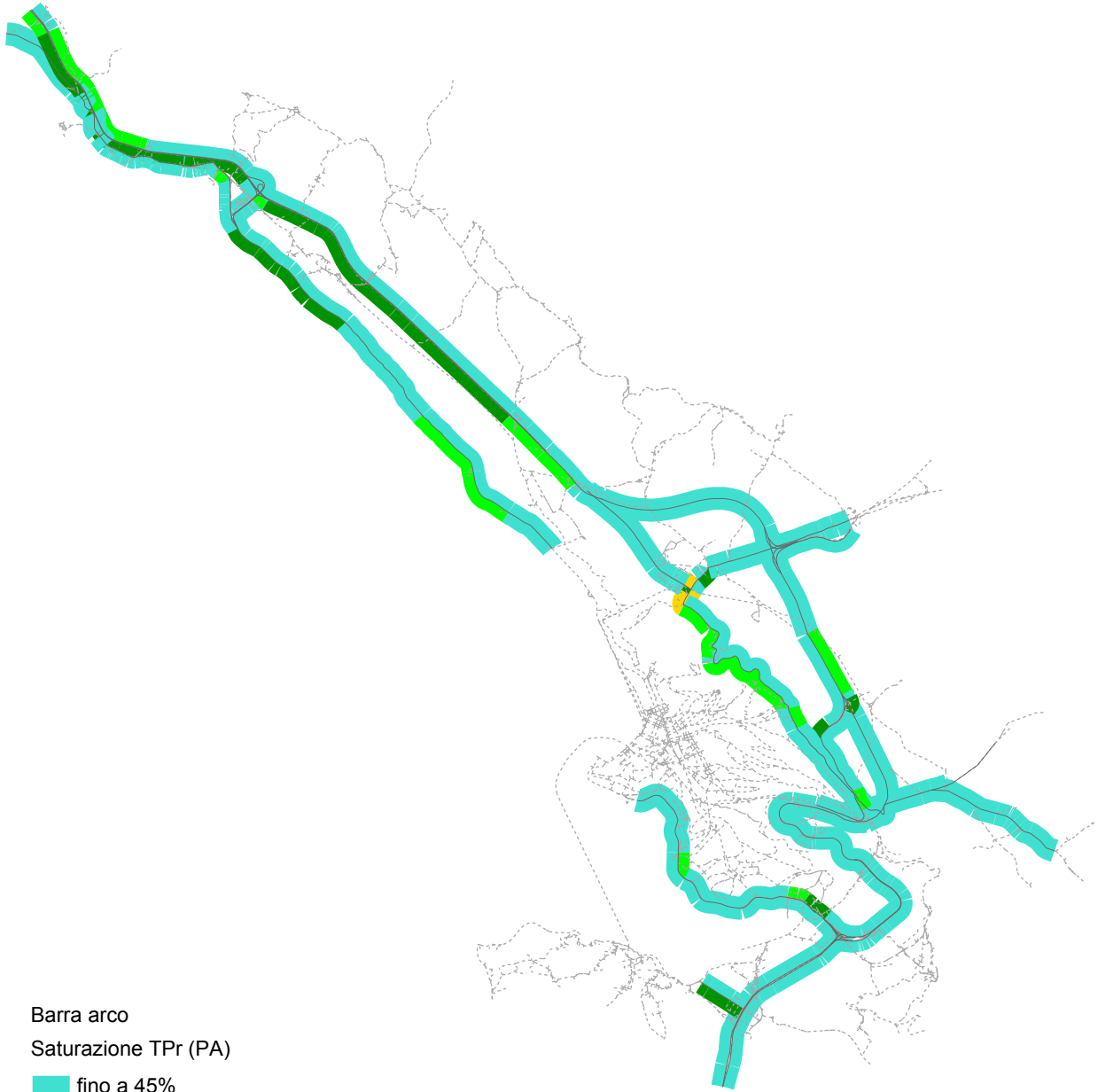
Riferimento

ALLEGATO B

Grado di Saturazione – Rete PRITMML

Scenario di Progetto

Grado di Saturazione



Barra arco
Saturazione TPr (PA)

- fino a 45%
- > 45%
- > 60%
- > 75%
- > 90%

Fascia Oraria:

7:30 - 8:30

Scenario:

Progetto