

**Regione Piemonte, Direzione Trasporti**  
*Settore Pianificazione dei Trasporti*

Progetto INTERREG IIIA Italia-Francia “ALCOTRA”

**CALIPSO**

**Miglioramento delle relazioni ferroviarie tra  
la stazione di Torino e Nizza**

con particolare riferimento  
alla linea ferroviaria Cuneo-Ventimiglia

**SINTESI**

**Caratteristiche e proposte relative alla linea ferroviaria  
Torino-Cuneo-Limone-Breil-Ventimiglia**

*a cura di:*



*Gruppo di lavoro del POLITECNICO DI TORINO*

Bruno DALLA CHIARA, prof. ing., *Dipartimento DITIC-Trasporti*  
Michele GALATOLA, ing.  
Sandro PELASSA, ing.

SETTEMBRE 2008

## OBIETTIVI E RISULTATI SALIENTI

La Regione Piemonte, nell'ambito del Progetto INTERREG-ALCOTRA, ha incaricato (marzo 2007-luglio 2008) il Politecnico di Torino, Dipartimento DITIC-Trasporti, di studiare le caratteristiche ed impiego della linea ferroviaria Cuneo-Ventimiglia, del valico del Tenda, per verificare se sia possibile migliorarne l'utilizzo sia con possibili interventi sull'infrastruttura e relativi impianti sia con i treni utilizzabili.

A tal fine, è stato redatto un documento, di un centinaio di pagine, per fornire:

- A. un'analisi delle caratteristiche della *linea ferroviaria esistente* Cuneo-Ventimiglia;
- B. un'analisi delle *criticità della linea* ai fini del suo adeguamento in esercizio per servizi prevalentemente indirizzati al trasporto di persone, con particolare riferimento alle caratteristiche di elettrificazione della linea, alle stazioni, ai raccordi esistenti ed all'impiego della stessa;
- C. un'analisi della *domanda esistente* in termini di traffico e formulazione di ipotesi per poter agevolare i partner francesi del progetto nello studio della domanda potenziale, alla luce degli interventi possibili e di un nuovo eventuale programma di esercizio;
- D. la formulazione di massima di un *programma* o di *proposte di esercizio* compatibili con le caratteristiche di tracciato, del materiale rotabile e della domanda;
- E. considerazioni di carattere generale sull'evoluzione dei trasporti in termini di *sostenibilità energetica*, con particolare riferimento alla linea in questione.

I risultati salienti consistono:

1. nella possibilità di fornire all'utenza una connessione ferroviaria da Torino al litorale e viceversa in tempi rapidi, indicativamente di circa due ore, se si introducessero servizi effettivamente alternativi all'autovettura, *basati su connessioni ferroviarie punto-punto con treni ad assetto variabile*, eventualmente a partire dalle sole fasce orarie o giorni a maggiore domanda;
2. nella possibilità di fornire un *servizio ferroviario con auto al seguito*, di tipo breve (es. Limone-Tenda/Breil) o lungo (Torino-Cuneo-Ventimiglia);
3. nella possibilità di migliorare la capacità della linea, i tempi di percorrenza ed eventualmente consentire anche il transito ad alcuni treni merci mediante l'*elettrificazione* da Limone a Ventimiglia;
4. in interventi su *terminali* conseguenti alle precedenti osservazioni e possibili interventi sugli *scambi*;
5. in interventi relativi al superamento delle *barriere architettoniche* e miglioramento della *sicurezza*.

# INDICE

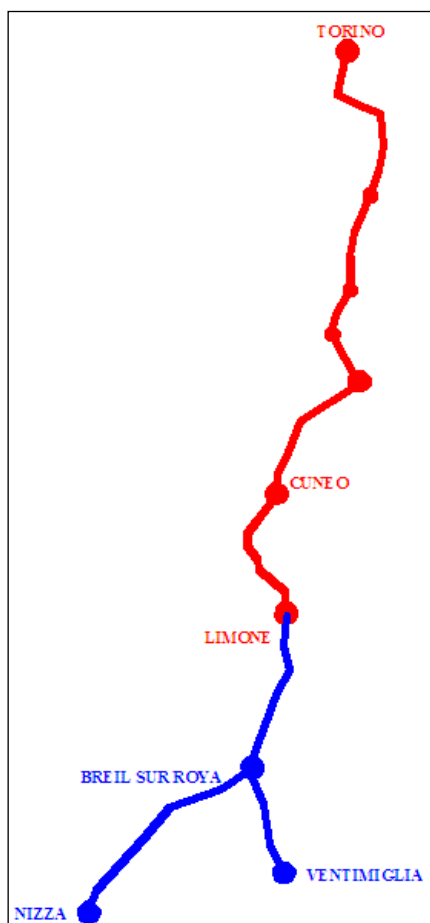
1.	INQUADRAMENTO STORICO E TERRITORIALE DELLA LINEA.....	3
2.	TRACCIATO E CARATTERISTICHE DELLA LINEA FERROVIARIA .....	5
3.	ESERCIZIO DELLA LINEA E CONFRONTO CON IL TRASPORTO STRADALE .....	6
4.	IPOTESI DI MIGLIORAMENTO DEL SERVIZIO .....	12
5.	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA .....	18
6.	CONSIDERAZIONI A SUPPORTO DELL'ANALISI DELLA DOMANDA POTENZIALE .....	19
7.	CONSIDERAZIONI DI CARATTERE ENERGETICO ED AMBIENTALE .....	22
8.	CONCLUSIONI .....	23

# 1. Inquadramento storico e territoriale della linea

## 1.1 Riferimenti geografici e riepilogo storico

La linea ferroviaria che collega Torino e Cuneo a Ventimiglia, verso sud, ed a Nizza, verso sud-ovest, è collocata a cavallo di tre regioni: Piemonte e Liguria in Italia, Provence-Alpes-Côte d'Azur ("PACA") in Francia.

Tale linea rappresenta la *connessione internazionale occidentale verso il mare* di tutto l'arco alpino, consentendo infatti di valicare le Alpi Marittime per raggiungere la costa italiana, presso il confine, e quella francese (Figura 1).



La costruzione della linea era stata ultimata nel 1935 con l'elettrificazione completa; dopo le distruzioni dell'ultima guerra, è stata poi riaperta nel 1979.

Il primo tratto storicamente realizzato, Torino-Moncalieri, fu aperto al pubblico nel 1848; entrò poi in esercizio, nell'arco di poco tempo, anche quello Moncalieri-Trofarello. Il tratto sino a Savigliano venne inaugurato nel 1853; nel 1870 venne aperta l'intera tratta fino a Cuneo, con la realizzazione della stazione definitiva. Nel 1904 si stipulò un accordo italo-francese per lo studio e la costruzione, da parte della Francia, dei 19 km della linea Cuneo-Ventimiglia ricadenti nel relativo territorio.

I lavori per l'*elettrificazione* della linea iniziarono nel 1928 e nel 1935 tutta la linea fu messa sotto tensione; il risparmio dei tempi di percorrenza da Torino verso la costa oscillava tra i 45' e l'ora, a seconda della tipologia di treni passeggeri, mentre il servizio merci poteva avvalersi di locomotori in grado di trainare sino a 275 t ad una velocità di 50 km/h.

Durante il secondo conflitto mondiale la linea Cuneo-Breil-Ventimiglia era rimasta gravemente danneggiata; già nell'estate del 1945 erano però iniziati i lavori di ripristino da Cuneo Gesso a Limone.

**Figura 1.** Linea ferroviaria Torino-Cuneo-Ventimiglia/Nizza, schema (in rosso, tratte elettrificate; in blu, tratte diesel)

Con la conclusione del trattato di pace con la Francia, nel 1947 il *tratto di linea in territorio francese passava da 19 a 47 chilometri circa*: i nuovi confini erano stati fissati, a nord, sul culmine circa della galleria del Colle di Tenda e a sud, oltre Piena. Tra il 1973 e '74 vennero ripresi sul suolo italiano i lavori per il ripristino di tratti di linea. Nel 1976 venne concordata l'esecuzione dei lavori di ripristino del tratto di linea in territorio francese, da eseguirsi in circa tre anni. Il progetto dell'elettrificazione fu accantonato, ma il 6 ottobre del 1979 fu riaperta l'intera linea, 51 anni dopo la prima cerimonia d'inaugurazione, del 1928.

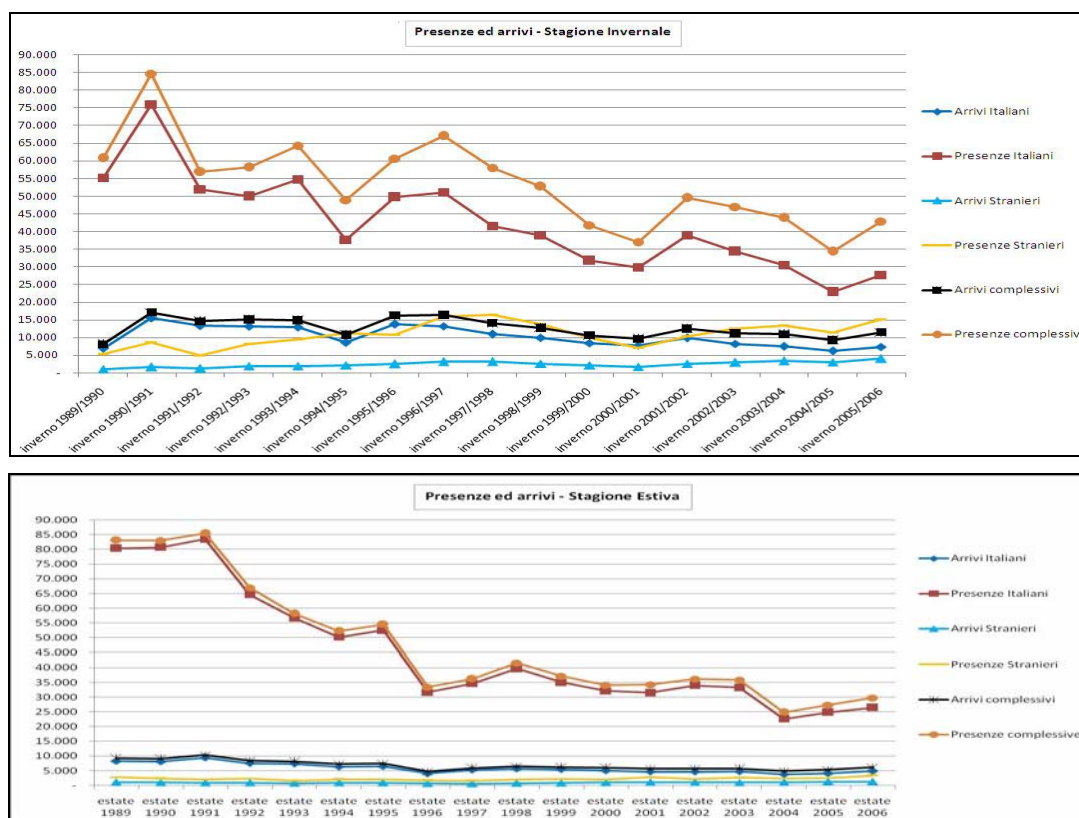
Nell'estate del 2008 è stato completato l'ammodernamento dell'armamento del tratto italiano della linea, oggi con rotaie UNI 60.

## 1.2 Luoghi di interesse lungo il tracciato della linea

La linea ferroviaria congiunge importanti località turistiche, parchi naturali, luoghi di culto e poli d'attrazione per manifestazioni, affari e svago; lo studio comprende, laddove disponibili, i relativi dati di frequentazione. I bacini di traffico più rilevanti si trovano sull'estremità del percorso: Torino, zona di Sanremo, Montecarlo e Costa Azzurra. Lungo il tracciato esistono però località di grande attrazione, direttamente servite dalla ferrovia.

*Limone Piemonte* (Cuneo), comune di circa 1500 abitanti a 1010 m d'altitudine, è un paese a grande vocazione turistica, estiva ed invernale, come stazione sciistica: sul suo territorio sono presenti ben 6'000 seconde case. Lo studio riporta un'analisi degli arrivi e presenze italiane e straniere dall'inverno 1989/90 al 2006; idem per la stagione estiva; i dati relativi agli arrivi durante l'anno evidenziano la forte stagionalità del turismo. Emerge un'incidenza percentuale consistente dei turisti stranieri in Limone, specie nella stagione invernale: la loro quota percentuale sul totale varia indicativamente tra il 20 ed il 36%, sia in termini di presenze che di arrivi; tali valori scendono in estate vicino al 20%, in termini di arrivi, e nell'ordine del 10% o inferiori con riferimento alle presenze.

Lo studio riporta anche arrivi e presenze (2005-2006) nei comuni di Borgo S.Dalmazzo, Roccavione, Robilante, Vernante, di rilevanza turistica meno significativa rispetto a Limone.



**Figura 2. Presenze ed arrivi nel comune di Limone – Stagione invernale ed estiva**

A cavallo del confine sono presenti notevoli attrazioni turistiche, tra le quali due parchi naturali e la Valle delle Meraviglie, famosa per le incisioni rupestri dell'età neolitica. Sul territorio sono presenti alcuni luoghi di culto (Santuario Madonnina della Valle di Vernante, Notre Dame des Fontaines a Brighe, il Santuario delle Grazie di Airole) e rifugi alpini, attrazione non trascurabile. Sono numerose le località balneari, sia italiane che francesi, di attrazione turistica consolidata, soprattutto a carattere estivo: ad esempio, Bordighera, Sanremo, Mentone, Monte Carlo e Nizza.

## 2. Tracciato e caratteristiche della linea ferroviaria

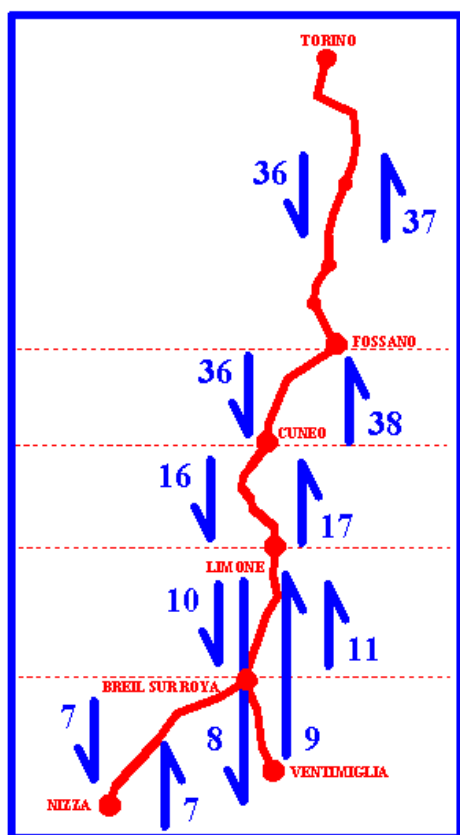
Sono sintetizzate nel seguito le caratteristiche salienti del tracciato considerato; sono indicate anche quelle dei tratti Torino-Cuneo e Ventimiglia-Taggia Arma o Arma di Taggia, sui quali circolano anche alcuni treni passeggeri che percorrono la linea Cuneo-Ventimiglia (fonti: RFI, SNCF).

- *Lunghezza tracciato*  
Torino – Cuneo: 76 km  
Cuneo – Ventimiglia: 96 km ←  
Ventimiglia – Arma di Taggia: 22 km
- *Armamento e trazione*  
Torino – Fossano: doppio binario elettrificato  
Fossano – Cuneo – Limone: semplice binario elettrificato ←  
Limone – Ventimiglia: semplice binario non elettrificato ←  
Ventimiglia – Arma di Taggia: semplice binario elettrificato
- *Pendenza massima*  
Torino – Fossano: 7‰  
Fossano – Cuneo: 10‰  
Cuneo – Ventimiglia: 26‰ ←  
Ventimiglia – Arma di Taggia: 6‰
- *Velocità massime consentite*  
Torino – Fossano: ≤160 km/h  
Fossano – Cuneo: ≤135 km/h  
Cuneo – Ventimiglia: ≤95 km/h ←  
Ventimiglia – Arma di Taggia: > 160 km/h
- *Moduli di incrocio e precedenza*  
Torino – Fossano: 440 – 570 m  
Fossano – Borgo S. Dalmazzo: 390 m  
Borgo S. Dalmazzo – Ventimiglia: ≥ 247 m ←  
Ventimiglia – Arma di Taggia: 360- 435 m
- *Codifica per traffico combinato*  
Torino – Fossano: P/C45  
Fossano – Ventimiglia: Codifica Base FS  
Ventimiglia – Arma di Taggia: P/C22
- *Grado di saturazione delle linee (valori puramente indicativi):*  
Torino – Fossano: /  
Fossano – Ventimiglia: /  
Ventimiglia – Arma di Taggia: > 75% (orario 6-9), > 75% (orario 9-22), > 50% e < 75% (orario 22-6)

### 3. Esercizio della linea e confronto con il trasporto stradale

#### 3.1 L'offerta: numero e tipologia dei convogli

Lo schema seguente riporta il numero di convogli disponibili quotidianamente in un giorno infrasettimanale (www.trenitalia.it, mercoledì 31 marzo 2007).



L'offerta attuale della linea Cuneo-Ventimiglia risulta essere la seguente (Tabella 1): 5263 posti nei giorni feriali (suddivisi in 2570 posti per i treni dispari e 2693 per quelli pari) e 6201 posti nei giorni festivi (suddivisi in 3256 posti per i treni dispari e 2945 per quelli pari).

I convogli utilizzati per la trazione sono:

- Aln – Automotrici diesel Aln.663 ed altre, utilizzate in composizione 63x1, 63x2, ... [posti x carrozza/elemento]
- Aln Sncf – Automotrici diesel Sncf, utilizzate in composizione 149x1 (diramazione Breil-Nice ed alcune corse da Breil a Cuneo)
- Ale – Automotrici elettriche Ale.724, utilizzate in composizione 76x3
- Minuetto – Convoglio diesel, in composizione 149x1
- Media distanza – Convogli costituiti da carrozze trainate da locomotori D445, per un numero totale di posti: 378 (5 carr.), 460 (6 carr.), 546 (5 carr.), 418 (6 carr.).

Tabella 1. Posti offerti – Prospetto riassuntivo giorno feriale e festivo

Cuneo-Limone		Cuneo-Breil		Cuneo-Ventimiglia	
1860 (feriale)		550 (feriale)		2853 (feriale)	
Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari
857	1003	275	275	1438	1415
2008 (festivo)		550 (festivo)		3643 (festivo)	
Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari
1234	774	275	275	1747	1896

### 3.2 Tempi di percorrenza dei vari itinerari ferroviari

Nella valutazione degli itinerari è stato scelto un giorno infrasettimanale feriale, il giovedì. Per quanto riguarda la relazione *Domodossola-Ventimiglia*, dalla Tabella 2 si evince che il tempo di percorrenza minore medio, in ambito ferroviario, si riscontra per la tratta più lunga (Domodossola – Milano – Genova – Ventimiglia) tra quelle in questione, per ragioni legate ad una maggiore importanza del tracciato considerato rispetto ai concorrenti, con ricorso dunque a convogli a media-lunga percorrenza, con poche fermate intermedie, il che consente una riduzione dei tempi totali. La tratta più breve, Domodossola – Torino – Cuneo – Ventimiglia, è carente in termini di tracce disponibili rispetto agli altri itinerari, essendo, soprattutto da Fossano a Ventimiglia, una linea attualmente di profilo secondario e pertanto poco utilizzata.

**Tabella 2. Confronto tra i vari itinerari ferroviari che collegano Domodossola a Ventimiglia**

	<b>Domodossola - Torino - Cuneo - Ventimiglia</b>	<b>Domodossola - Torino - Savona - Ventimiglia</b>	<b>Domodossola - Alessandria - Ventimiglia</b>	<b>Domodossola - Milano (Genova) Ventimiglia</b>
<b>Numero tracce</b>	<b>4</b>	10	13	8
<b>Durata media viaggi</b>	<b>7 h 47 m</b>	8 h 40 m	8 h 25 m	6 h 11 m
<b>Numero medio cambi</b>	<b>1,00</b>	4,10	4,69	1,25

Per quanto riguarda la tratta che congiunge *Torino a Ventimiglia* (Tabella 3), il percorso più breve è quello che passa per Cuneo, sia in termini temporali che spaziali: l'itinerario via Savona è infatti lento anche a causa del traffico sul litorale; il tracciato per Cuneo e Limone consente invece di by-passare il tratto ligure con un vantaggio di oltre un'ora, in media.

**Tabella 3. Confronto tra gli itinerari ferroviari che collegano Torino a Ventimiglia**

	<b>Torino - Cuneo - Ventimiglia</b>	<b>Torino - Savona - Ventimiglia</b>
<b>Numero tracce</b>	<b>8</b>	15
<b>Durata media viaggi</b>	<b>3h 30 m</b>	4 h 38 m
<b>Numero medio cambi</b>	<b>1,00</b>	1,13
<b>Numero fermate</b>	<b>25</b>	40
<b>Distanza</b>	<b>175,05 km</b>	242,19 km
<b>Velocità commerciale</b>	<b>50,0 km/h</b>	52,3 km/h

Come accennato, nell'itinerario per Cuneo le tracce sono più limitate.

In merito alla connessione Cuneo-Nizza (Tabella 4), il numero delle fermate, effettuate in quasi tutti i viaggi, rimane elevato – in media una ogni 7 km circa – incidendo in maniera significativa sui tempi di percorrenza. Non vi sono tuttora convogli diretti o che comunque effettuino un numero limitato di fermate lungo il percorso.

La trazione dei convogli è gestita solitamente in modo autonomo dai due paesi transfrontalieri, con effettuazione del cambio a Breil sur Roya. Due treni al giorno per ciascuna direzione, però, sono gestiti da un unico operatore (Trenitalia o SNCF), per cui senza alcun cambio intermedio è possibile raggiungere la destinazione finale.

Tale situazione non induce – se non in un caso, da Cuneo a Nizza in 2 h 32', per una velocità in ogni caso inferiore ai 60 km/h – miglioramenti sostanziali nei tempi di percorrenza, considerando che comunque vengono effettuate regolarmente tutte le fermate intermedie. Una carenza nel collegamento fra le due città è rappresentata dal numero limitato di tracce utilizzate, pari ad appena 3+4 corse a/r nei giorni infrasettimanali.



**Tabella 4. Confronto tra gli itinerari ferroviari che collegano Cuneo a Nizza**

	<b>Cuneo-Nizza</b>	<b>Nizza-Cuneo</b>
<b>Numero tracce</b>	3 infrasettimanali + 1 domenicale	4
<b>Durata media viaggi</b>	3 h 4 m	2 h 56 m
<b>Numero medio cambi</b>	0,25 (da 0 a 1)	0,5 (da 0 a 1)
<b>Numero fermate</b>	20	
<b>Distanza</b>	144 km	
<b>Velocità commerciale</b>	46,9 km/h	49,0 km/h

La tratta *Cuneo-Ventimiglia* è gestita completamente da Trenitalia, nonostante vi sia un attraversamento di alcune decine di chilometri in territorio francese. Anche su questo itinerario si notano le carenze rilevate sui precedenti, ovvero la persistenza di un sistema di esercizio che prevede *l'arresto del treno in corrispondenza di tutte le fermate*, spesso molto ravvicinate tra di loro.

**Tabella 5. Confronto tra gli itinerari ferroviari che collegano Cuneo a Ventimiglia**

	<b>Cuneo-Ventimiglia</b>	<b>Ventimiglia-Cuneo</b>
<b>Numero tracce</b>	8	9
<b>Durata media viaggi</b>	1 h 55 m	2 h 3 m
<b>Numero medio cambi</b>	0	
<b>Numero fermate</b>	14	
<b>Distanza</b>	99 km	
<b>Velocità commerciale</b>	51,8 km/h	48,5 km/h

In altri termini, l'esercizio ferroviario è finalizzato al servizio delle località intermedie e non a quello delle località terminali.

### **3.3 Confronto tra le modalità ferroviaria e stradale – Tempi di percorrenza**

Nel documento sono riportati i *tempi e costi di percorrenza dei vari itinerari stradali* (Domodossola - Ventimiglia, Torino, Ventimiglia, Cuneo-Nizza, Cuneo-Ventimiglia)

Per quanto riguarda la possibilità di raggiungere il Ponente ligure da Domodossola, dove si collega il traforo del Sempione tra Italia e Svizzera, il trasporto ferroviario è *oggi ampiamente non competitivo*, sia per l'elevato tempo di viaggio – da 6 ad oltre 8 ore – che per i cambi – da uno a quasi cinque, in media. Il collegamento ferroviario nord-sud tra *Domodossola e Ventimiglia* riporta evidenti carenze e non può rappresentare attualmente una valida alternativa al trasporto su gomma.

Sono riportati in Tabella 6 i valori di confronto tra la modalità ferroviaria e stradale per il tratto *Torino-Ventimiglia, Cuneo-Nizza, Cuneo-Ventimiglia*.

**Tabella 6. Torino/Cuneo-Ventimiglia, confronto strada-ferrovia**

	Ferrovia		Strada	
Percorso	Torino - Cuneo - Ventimiglia	Torino - Savona - Ventimiglia	Torino - Savona - Ventimiglia	Torino - Cuneo - Ventimiglia
Durata media viaggi	3h 30'	4 h 38 m	2 h 38'	3 h 37 m
Costo*	9,40 €	12,90 €	45,85 €	18,73 €
Percorso	Cuneo-Limone-Breil-Sospel-Nizza			
Durata media viaggi	3 h 4'		2 h 13'	
Costo*	circa 20 € (circa 11 € passando da Ventimiglia)		17,69 €	
Percorso	Cuneo-Limone-Ventimiglia			
Durata media viaggi	1 h 55 m		1 h 43 m	
Costo*	4,80 €		9,57 €**	

(\*) Le tariffe ferroviarie si riferiscono ai prezzi Trenitalia, sono valide per un adulto in 2° classe, tariffa di tipo standard su treni Regionali. Per il trasporto stradale, i costi sono computati considerando l'utilizzo di un'auto utilitaria a trazione benzina, con costo del carburante pari a 1,3 €/l

(\*\*) Con un'occupazione di due persone/auto i costi in sostanza si equivalgono.

In una *comparazione sui tempi* si nota che viaggiando *in auto si ha un risparmio notevole, quasi un'ora*, rispetto alla media del trasporto ferroviario sul tracciato Torino-Cuneo-Ventimiglia. Bisogna considerare però che l'opportunità di raggiungere su strada Ventimiglia, passando da Savona dunque allungando il percorso lungo l'autostrada, comporta *un notevole costo per l'utente*, che rappresenta *quasi cinque volte il rispettivo onere ferroviario*. Tale valore si riduce ovviamente qualora si faccia riferimento ai *posti offerti dall'auto*.

Appare chiaro che basterebbe ridurre di qualche decina di minuti il tempo di percorrenza su ferro per renderlo maggiormente competitivo, oltre ad incrementare il numero delle tracce attuali, magari prevedendo un cadenzamento orario allorquando necessario. Beninteso, non si considerano i percorsi terminali che in ogni caso avvengono su strada e che talvolta potrebbero determinare la scelta modale.

Nel caso *Cuneo-Nizza*, pur non essendo l'itinerario stradale rappresentato da vie a scorrimento veloce, risulta comunque vantaggioso in termini di tempo rispetto al potenziale concorrente ferroviario: su un percorso stradale così difficile – i sali-scendi sono continui, la carreggiata stretta ed i raggi di curvatura limitati creano disagi – ove la velocità media è comunque limitata, appare strano che non si predisponga un servizio migliore su ferro; a causa dell'elevata tariffa internazionale il costo del biglietto di sola andata lievita a 20 €.

In merito alla relazione stradale *Cuneo-Ventimiglia*, rimangono valide le considerazioni effettuate per la Cuneo-Nizza; dal lato costi la situazione è simile (il biglietto ferroviario singolo standard, a tariffa nazionale, costa circa la metà del carburante consumato da un'utilitaria), mentre i tempi di percorrenza su ferrovia sono decisamente più competitivi rispetto al caso precedente: si evitano i tempi di attesa nelle stazioni di cambio e si ha il vantaggio di avere la trazione unica per il raggiungimento della destinazione.

Se si abbassassero ulteriormente i tempi, congiuntamente alla costituzione di un orario adeguato, probabilmente l'attrattività nei confronti del trasporto ferroviario aumenterebbe in netta misura.

### 3.4 Dati di frequentazione stradale e ferroviaria

I dati storici rilevati dall'ANAS hanno consentito di delineare un trend evolutivo del traffico veicolare sulla Strada Statale n°20 del Colle di Tenda e della Valle Roya (Tabella 7, Tabella 8). Le sezioni di rilevamento, praticamente costanti nel corso degli anni, sono le seguenti:

- Sezione 1: Borgo S.Dalmazzo
- Sezione 2: Tunnel del Tenda (1980) - Limone (1984)
- Sezione 3: Fanghetto, Olivetta S.Michele

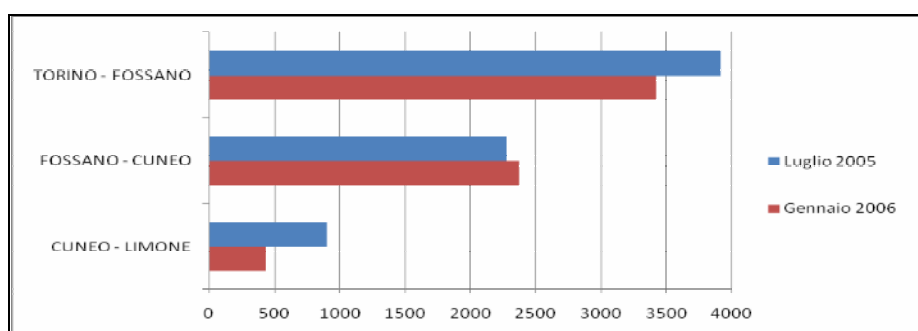
**Tabella 7. TGM Annuale Totale (rilevamenti in giorni infrasettimanali feriali)**

Sezioni	Tipologie traffico	1980	1984	2002	2004
Sezione 1	Traffico Leggero	13841	17036	17716	17394
	Traffico Pesante	1258	1670	948	625
	Traffico Totale	<b>15099</b>	<b>18706</b>	<b>18664</b>	<b>18019</b>
Sezione 2	Traffico Leggero	1891	2415	4345	6046
	Traffico Pesante	137	222	321	306
	Traffico Totale	<b>2028</b>	<b>2637</b>	<b>4666</b>	<b>6352</b>
Sezione 3	Traffico Leggero	1958	1917	/	/
	Traffico Pesante	92	90	/	/
	Traffico Totale	<b>2050</b>	<b>2007</b>	/	/

**Tabella 8. TGM Annuale Totale – Traffico Automobili (giorni infrasettimanali feriali)**

Sezione	Stagione	1980	1984	2002	2004
Sezione 1	Primavera - Estate	13283	18125	18255	17890
	Autunno - Inverno	12820	13930	16428	15084
Sezione 2	Primavera - Estate	2257	1419	4284	6030
	Autunno - Inverno	1359	3244	4085	4895
Sezione 3	Primavera - Estate	2461	2134	/	/
	Autunno - Inverno	1350	1574	/	/

La relazione comprende inoltre i dati relativi alla frequentazione ferroviaria, con l'indicazione dei saliti e discesi per le singola tratte, dalle quali sono state desunte le presenze sui treni (Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6).



**Figura 3. Presenze rilevate nei giorni infrasettimanali di luglio 2005 e gennaio 2006 (somma treni pari e treni dispari)**

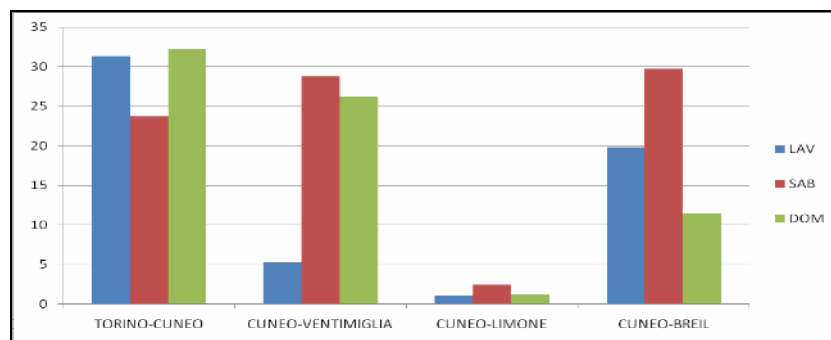


Figura 4. Occupazione media dei convogli nel mese di luglio 2006 [% posti x km]

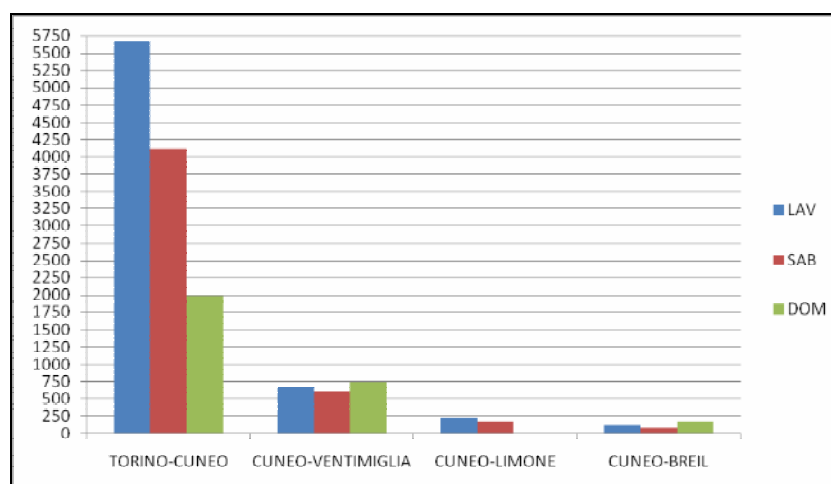


Figura 5. Viaggiatori medi rilevati nel mese di gennaio 2007 (somma treni pari e treni dispari)

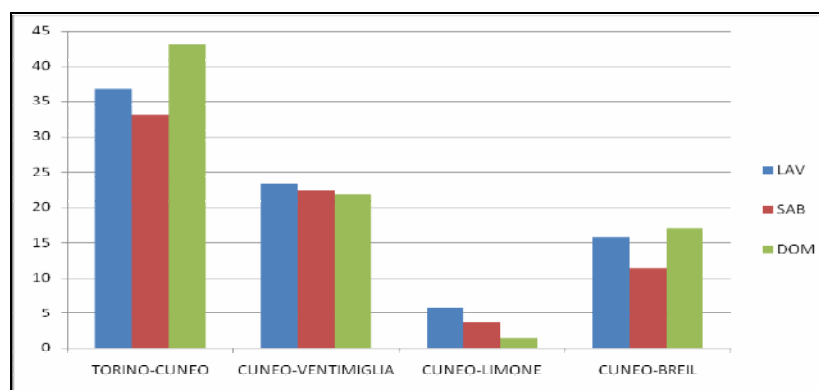


Figura 6. Occupazione media dei convogli nel mese di gen. 2007 [% posti x km]

Se si pongono in relazione i dati di frequentazione ferroviaria sulla tratta Cuneo-Limone con i passaggi stradali al Colle di Tenda (subito dopo Limone, dunque i dati sono correttamente confrontabili), si nota il divario netto tra le due modalità (Figura 7, Figura 8).

In particolare, a fronte negli ultimi due anni di un numero medio pari od inferiore a 1000 viaggiatori che si servono del treno, nel traffico stradale le cifre sono molto superiori – circa 5500 passaggi nel 2004, corrispondenti ad almeno 6600 persone transitate (si considera un coefficiente di occupazione dei veicoli di 1,2).

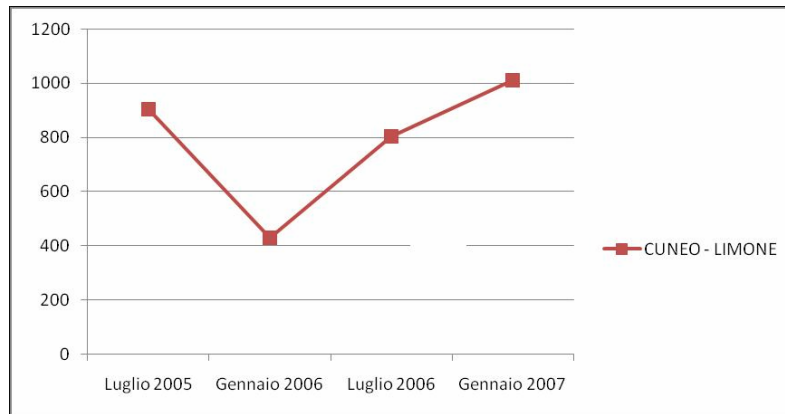


Figura 7. Dati del traffico ferroviario infrasettimanale sulla tratta Cuneo-Limone

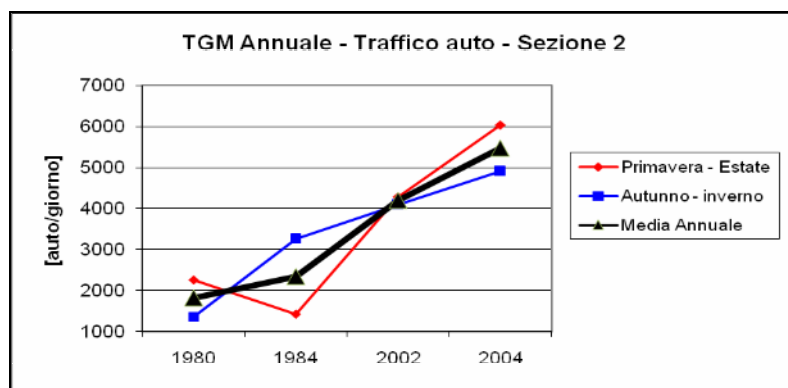


Figura 8. Dati del traffico stradale infrasettimanale al Colle di Tenda

## 4. Ipotesi di miglioramento del servizio

### 4.1 Trasporto persone

Sui percorsi tortuosi può essere utile l'utilizzo di materiale rotabile ad assetto variabile, il che implica aumentare la velocità massima nelle curve pur mantenendo entro valori accettabili l'accelerazione laterale a bordo veicolo.

Questa scelta comporta requisiti d'infrastruttura: la cassa viene inclinata solo per valori di sopraelevazione superiori a 10 mm per evitare che l'assetto inclinato sia erroneamente assunto in rettilineo per effetto di un non corretto allineamento del binario; non conoscendo anticipatamente la posizione sul tracciato percorso, il sistema percepisce con un minimo ritardo le curve, per cui non raggiunge la velocità che potrebbe invece conseguire nel caso si disponesse di un *sistema anticipativi*, in grado di far ruotare le casse quando effettivamente si entra in curva, con un risparmio sui tempi di percorrenza.

Rispetto al materiale rotabile convenzionale quello ad assetto variabile permette d'inclinare la cassa sino ad 8° aggiuntivi, con la possibilità di compensare maggiormente l'accelerazione laterale indotta dalla velocità in curva. I vantaggi sono dunque riscontrabili per bassi raggi di curvatura; la sopraelevazione massima, pari a 160 mm, corrispondente a circa 6°, spesso non è sufficiente ad avere un'accelerazione laterale ammissibile a bordo veicolo.

Lo studio comprende uno studio *teorico* eseguito sul tratto Cuneo-Limone, con indicazione sulle velocità raggiunte ed i tempi di percorrenza di treni di tipo convenzionale in rango A

( $a_{nc}=0,6 \text{ m/s}^2$ ), B ( $a_{nc}=0,8 \text{ m/s}^2$ ) e di treni ad assetto variabile, con diversi valori di accelerazione non compensata<sup>1</sup>.

Allo studio teorico fanno seguito le *simulazioni*, per il calcolo del miglioramento dei tempi di percorrenza, condotte su due diverse tipologie di materiale rotabile: un treno Minuetto classico, attualmente circolante sulle linee italiane, ed un prototipo di Pendolino, derivante dalla flotta degli ETR 600/610, composto da sole 4 unità (Tabella 9).

Per il treno Minuetto è stato studiato il caso di trazione elettrica (*EMU*) e diesel (*DMU*), entrambi poi considerati in composizione singola a tre casse (*1 EMU; 1 DMU*) ed accoppiato 6 casse (*2 EMU; 2 DMU*). Per il prototipo di Pendolino corto è stata presa in considerazione la sola trazione elettrica. Il numero di fermate è stato scelto proponendo un servizio puntuale per l'utenza, garantendo un numero limitato delle stesse nelle zone a maggiore domanda ed escludendo le soste di minor interesse. In questo modo è possibile aumentare la velocità commerciale del servizio, mettendo comunque in comunicazione i grandi centri presenti sulla linea nonché i luoghi di origine e destinazione<sup>2</sup>.

Le simulazioni con il Minuetto sono state condotte seguendo i profili di velocità attuali, Torino Porta Nuova – Fossano in rango C, mentre Fossano – Ventimiglia in rango B. Per le simulazioni con il prototipo di Pendolino corto a quattro casse, si è studiato un profilo di velocità nuovo, definito rango *B'*. Tale rango nasce dall'esigenza di adattare un rotabile al momento esclusivo per linee principali a linee secondarie come quella oggetto di studio. La logica nel considerare un prototipo di Pendolino corto e leggero è stata quella di concepire un rotabile agile, dotato di una tecnologia *tilting* che ben potesse adattarsi al percorso tortuoso, soprattutto per quanto riguarda la tratta Cuneo – Ventimiglia, dove ora è previsto un rango B. Tale tratta è caratterizzata da curve di piccolo raggio aventi sopraelevazione anche massima.

Recentemente sono stati svolti lavori di manutenzione sulla linea italiana, con sostituzione di traverse ed armamento: le nuove traverse sono in c.a.p. posate con modulo da 60 cm, mentre le rotaie sono del tipo 60 UNI. Si nota che il nuovo armamento è equivalente a quello delle linee principali per le quali è applicato il rango C, quindi P per i treni ad assetto variabile, dove circolanti. Per quanto riguarda l'armamento francese, si tratta di traverse in legno e bi-blocco a modulo di 60 cm, con rotaie tipo UNI 50: questo tipo d'armamento non risponde alle norme di sicurezza previste per il rango C quindi nelle simulazioni per tale tratta compare il rango vigente.

Le *esperienze straniere* dimostrano come, ad esclusione di treni ad assetto variabile di tipo passivo, è possibile una circolazione di treni veloci su percorsi non dedicati. Il caso del VT610 in Germania è un esempio dove è ammessa un'accelerazione non compensata tra 1,8 e 2  $\text{m/s}^2$ . Ciò è possibile dato il buono stato del binario ed una corretta manutenzione. Altre

---

<sup>1</sup> RFI impone in rango A la velocità massima – velocità di fiancata – di 90 km/h fra Cuneo e Robilante, 80 km/h fra Robilante e Breil, 75 km/h fra Breil e XXmiglia, in rango B rispettivamente 95 Km/h fra Cuneo e Robilante, 85 fra Robilante e il confine Nord, 80 fra il confine Nord e XXmiglia. Probabilmente ciò è dovuto all'esiguità delle tratte in cui potrebbe essere solo in teoria sviluppata una velocità maggiore che in pratica non può essere raggiunta a causa delle limitazioni imposte dalle tratte limitrofe. Occorre dunque riflettere sull'opportunità della simulazione a velocità 160 o 250 km/h fra Cuneo e Ventimiglia, per evitare critiche. Inoltre manca il rango C e occorre quindi accertare i motivi e verificare se le condizioni del binario ammettono una  $a_{nc} > 0,8 \text{ m/s}^2$ . Il rango C è previsto da Torino PN a Fossano.

<sup>2</sup> Nel primo semestre 2008 il servizio offerto prevedeva 16 corse giornaliere, di cui una notturna, da Torino Porta Nuova a Ventimiglia, con un tempo di percorrenza variabile dalle 3 h 15' con 13 fermate (Torino Lingotto, Trofarello, Villastellone, Carmagnola, Racconigi, Cavallermaggiore, Savigliano, Fossano, Centallo, Cuneo, Limone, Tende, Breil Sur Roya), con soste di un minuto, ad un massimo di 3h 45' con 24 fermate (Torino Lingotto, Trofarello, Villastellone, Carmagnola, Racconigi, Cavallermaggiore, Savigliano, Fossano, Centallo, Cuneo, Borgo S. Dalmazzo, Roccavione, Robilante, Vernante, Limone, Vievola, Tende, La Brighe, St Dalmas De Tende, Fontan Saorge, Breil Sur Roya, Olivetta S. Michele, Airole, Bevera, Ventimiglia) [orario TRENITALIA al 11.06.08].

applicazioni sperimentate riguardano il tratto Modane-Lione percorso con Pendolino ETR 460 con accelerazione non compensata massima sul carrello di  $1,6 \text{ m/s}^2$ .

Lo studio di un nuovo rango di circolazione è stato affrontato principalmente per quelle tratte dove non è presente il rango C (da Fossano a Ventimiglia) cioè dove non si possono estendere le normali condizioni di sicurezza in curva previste dal rango C semplicemente aumentando l'accelerazione non compensata a livello del carrello da  $1$  a  $1,8 \text{ m/s}^2$  come succede nel caso del rango P. La nuova  $a_{nc}$  (l'accelerazione non compensata) studiata nasce da un'equivalenza tra i ranghi C e P:  $\max a_{nc} \text{ rango B} = 1.44 \text{ m/s}^2$ .

Nella tratta in territorio francese da Vievola ad Olivetta S. Michele (47,022 km pari al 25,5 % dell'intero percorso) si deve tenere un rango di velocità B, giustificato dall'armamento non idoneo al rango teorico B'.

Le 5 soste equivalgono ad un tempo totale di fermata pari a 300 s mentre le 7 soste ammontano a 420 s. Le variazioni di tempo e velocità<sup>3</sup> sono stati messi a confronto con il minor tempo di percorrenza reale tratto da orario Trenitalia in data 16.06.08 pari a 3h 15' con 13 soste intermedie (tempo totale soste 15').

I *risultati* ottenuti sono puramente *teorici*, risultato di un modello che non tiene conto delle tracce orario attualmente presenti sulla linea. Sono stati esclusi rallentamenti dovuti a precedenza, scambi lenti<sup>4</sup>, ponti da ammodernare, tratti soggetti a frane che comportano un maggior tempo di percorrenza. Da una prima analisi, i risultati ottenuti sembrano avere una bontà dell'ordine del 10 – 15 %<sup>5</sup>.

La valutazione del comfort a bordo è stata valutata per mezzo dell'indice caratterizzante il transitorio d'ingresso curva (*Percentage in Curve Transition  $P_{CT}$* ), valore puntuale caratteristico di ogni curva e non temporale. Il valore di  $P_{CT}$  riportato in tabella esprime una media su tutte le curve del tracciato. Studi futuri possono prevedere l'elaborazione di un codice che possa restituire indici di comfort in funzione dello spazio e del tempo come l'*MSDV (Motion Sickness Dose Value)*.

---

<sup>3</sup> Da tener presente che siamo sul semplice binario e che quindi negli inevitabili incroci almeno uno dei due treni viene penalizzato nella realtà, cosa che scompare nella simulazione.

<sup>4</sup> In caso di riordino dell'armamento sull'intera linea, sarebbe opportuno che gli scambi attuali delle stazioni intermedie percorribili a 30 km/h fossero sostituiti da altri percorribili a 60. Il provvedimento potrebbe riuscire utile per i treni che entrano in deviated, specialmente nelle stazioni con binari lunghi.

<sup>5</sup> I tempi di percorrenza sono stati calcolati senza considerare rallentamenti dovuti a precedenza e scambi e senza inserire allungamenti di percorrenza (*marges de régularité*). In caso di attuazione delle proposte, sarebbe utile confrontarsi con Trenitalia sul modo utilizzato per calcolare questi tempi per costruire gli orari. Si è tentato di introdurre un coefficiente correttivo: in caso di applicazione del servizio, occorrerebbe interloquire con Trenitalia sulla differenza tra il modello matematico e il modello reale, per rendere più realistiche le simulazioni.

**Tabella 9. Simulazioni con diverse tipologie di treni, di trazione e variando il numero di fermate: risultati**

<b>TORINO – VENTIMIGLIA</b>																				
MAT	RANGO	5 FERMATE						7 FERMATE						NESSUNA FERMATA						
		Max P <sub>CT</sub>	t percorrenza		delta t	v media	delta v	Max P <sub>CT</sub>	t percorrenza		delta t	v media	delta v	Max P <sub>CT</sub>	t percorrenza		delta t	v media	delta v	
		[ % ]	[ h : ' : " ]	[ s ]	[ % ]	[ km/h ]	[ % ]	[ % ]	[ h : ' : " ]	[ s ]	[ % ]	[ km/h ]	[ % ]	[ % ]	[ % ]	[ h : ' : " ]	[ s ]	[ % ]	[ km/h ]	[ % ]
1 DMU	C+B	9.788	2.08.22	7702.05	-34.17	89.73	45.91	9.788	2.12.53	7972.71	-31.86	87.94	43.00	10.193	1.58.57	7136.73	-39.00	93.85	52.61	
1 EMU	C+B	9.788	1.59.47	7186.70	-38.58	96.44	56.82	9.799	2.03.44	7423.89	-36.55	94.83	54.20	11.122	1.51.34	6693.91	-42.79	100.12	62.80	
2 DMU	C+B	9.788	2.06.49	7608.50	-34.97	90.88	47.77	9.788	2.11.15	7875.38	-32.69	89.09	44.86	12.40	1.57.34	7054.05	-39.71	94.96	54.42	
2 EMU	C+B	9.789	1.59.45	7185.35	-38.59	96.46	56.85	9.789	2.03.40	7420.37	-36.58	94.88	54.28	12.40	1.51.37	6696.55	-42.76	100.08	62.74	
ETR	C+B	9.957	1.59.42	7182.32	-38.61	96.51	56.92	9.964	2.03.36	7416.31	-36.61	94.93	54.37	12.40	1.51.35	6694.53	-42.78	100.11	62.78	
ETR	P+B'+B+B'	4.097	1.50.13	6612.54	-43.48	105.22	71.09	4.097	1.54.55	6894.87	-41.07	102.58	66.80	8.661	1.39.54	5994.31	-48.77	111.92	81.99	
ETR	P+B'	4.097	1.47.06	6426.07	-45.08	108.42	76.30	4.097	1.51.52	6712.17	-42.63	105.56	71.64	8.661	1.36.48	5807.84	-50.36	115.55	87.90	

<b>VENTIMIGLIA – TORINO</b>																				
MAT	RANGO	5 FERMATE						7 FERMATE						NESSUNA FERMATA						
		Max P <sub>CT</sub>	t percorrenza		delta t	v media	delta v	Max P <sub>CT</sub>	t percorrenza		delta t	v media	delta v	Max P <sub>CT</sub>	t percorrenza		delta t	v media	delta v	
		[ % ]	[ h : ' : " ]	[ s ]	[ % ]	[ km/h ]	[ % ]		[ h : ' : " ]	[ s ]	[ % ]	[ km/h ]	[ % ]	[ % ]	[ % ]	[ h : ' : " ]	[ s ]	[ % ]	[ km/h ]	[ % ]
1 DMU	C+B	8.671	2.05.22	7521.90	-35.71	96.01	56.11	8.672	2.09.55	7795.16	-33.37	90.06	46.44	9.788	1.56.18	6978.15	-40.36	96.01	56.11	
1 EMU	C+B	11.08	1.59.40	7180.32	-38.63	96.53	56.97	11.073	2.03.33	7413.46	-36.64	94.97	54.43	12.853	1.51.30	6689.99	-42.82	100.18	62.90	
2 DMU	C+B	12.525	2.04.49	7489.37	-35.99	92.38	50.22	12.525	2.09.20	7759.57	-33.68	90.49	47.15	12.933	1.55.52	6951.67	-40.58	96.38	56.71	
2 EMU	C+B	11.126	1.59.40	7179.78	-38.63	96.54	56.98	12.114	2.03.31	7411.43	-36.65	95.00	54.47	12.406	1.51.33	6693.21	-42.79	100.13	62.82	
ETR	C+B	12.420	1.59.38	7177.77	-38.65	96.57	57.03	12.427	2.03.29	7408.81	-36.68	95.04	54.53	12.554	1.51.32	6691.91	-42.80	100.15	62.85	
ETR	P+B'+B+B'	5.091	1.49.47	6587.38	-43.70	105.64	71.77	5.092	1.54.27	6866.58	-41.31	103.03	67.53	12.083	1.39.36	5975.87	-48.92	112.27	82.56	
ETR	P+B'	5.091	1.46.41	6400.88	-45.29	108.87	77.02	5.092	1.51.24	6684.37	-42.87	106.03	72.40	12.083	1.36.29	5789.37	-50.52	115.93	88.50	



#### ***4.2 Servizi navetta per autovetture con carrozze per servizi alle persone***

Si possono ipotizzare *due tipologie di servizi di trasporto con auto al seguito*:

- uno di tipo *lungo*, tra Torino e la costa, che richiederebbe un apposito terminale di accesso nell'hinterland torinese, uno eventualmente a Cuneo, ed uno presso la costa ligure (Ventimiglia);
- uno di tipo *breve*, senza rilevanti interventi, potendo sfruttare le aree e la viabilità di accesso esistenti, con eventuale adeguamento dei terminali esistenti.

Per quanto riguarda il servizio navetta di tipo breve con appositi carri ferroviari per il trasporto di autovetture, si ricordano due occasioni nei decenni passati, comunque successive al rifacimento della linea, durante le quali fu necessario attivare il servizio: la prima oltre venti anni fa, la seconda tra il 1996 e 1997, con sei carri, una carrozza e doppia trazione diesel.

Per incentivare lo scambio modale verso la ferrovia, si è pensato in primo luogo al servizio *a corto raggio* e, successivamente, *a quello lungo*, entrambi destinati al trasporto delle autovetture e, in generale, ai veicoli stradali privati, su appositi treni. In tal modo i fruitori del servizio potrebbero comodamente recarsi in Riviera a partire dal capoluogo piemontese e, una volta giunti a destinazione, utilizzare il proprio mezzo per gli spostamenti locali.

Per i passeggeri potrà essere previsto l'alloggiamento in carrozze dotate di servizi innovativi quali ad esempio l'accesso alla rete internet, oppure gli utenti potrebbero semplicemente rimanere a bordo auto ed usufruire dei vantaggi di un viaggio veloce e con tempo utilizzabile.

Nonostante le distanze tra Torino e la Riviera di Ponente non siano elevate – circa 180 km – il percorso stradale, soprattutto da Cuneo alla costa, risulta essere piuttosto impervio e poco scorrevole, per le caratteristiche delle valli attraversate, per cui questo tipo di trasporto ferroviario, se convenientemente organizzato, potrebbe risultare competitivo in termini di tempi di percorrenza e comodità.

I dati del trasporto stradale, ottenuti presso ANAS, purtroppo forniscono esclusivamente una analisi del traffico nei giorni feriali, non contemplando i flussi turistici nei fine settimana; tuttavia possono fornire un'utile indicazione circa la percorrenza media dei veicoli privati lungo la tratta in questione, in particolare nella valle Roya, interessata nei week-end dai flussi di andata e ritorno dei turisti verso la riviera.

Il servizio previsto sarebbe di tipo diretto o, eventualmente, con caricamento dei veicoli anche a Cuneo. I punti nodali da studiare nel dettaglio affinché il servizio si realizzi, sia veramente funzionale e competitivo sono:

- i tempi di carico e scarico dei veicoli;
- il materiale di trazione da utilizzare e gli eventuali cambi dei locomotori;
- la scelta dei carri per il caricamento dei veicoli e la composizione dei convogli.

I tempi di carico e scarico dei veicoli sui convogli ferroviari rappresenta in qualche modo il fulcro del sistema: su una tratta così breve, è infatti essenziale ridurre questi tempi al minimo.

Nel caso di un servizio navetta diretto Torino-Ventimiglia o Torino-Nizza, ad oggi bisognerebbe utilizzare mezzi di trazione diesel, come gli attuali locomotori D445, dotati di una potenza di circa 1,6 MW, altrimenti si potrebbe prevedere il cambio dei mezzi di trazione nella stazione di Cuneo, qualora vi fosse in questa città una domanda di trasporto sufficiente, oppure in quella di Limone, polo di attrattività turistica soprattutto nel periodo invernale.



**Figura 9. Servizio di auto al seguito sulla tratta italo-svizzera Iselle-Kandersteg ed altri esempi**



**Figura 10. Esempio di accesso/uscita rapida da vagoni in ro-ro con guida diretta e non delegata**

Sono stati tracciati alcuni scenari per la costituzione dei convogli, considerando come limite di traino le 360 tonnellate (senso dispari) e 380 tonnellate (senso pari) assicurate del locomotore diesel D445 – attualmente uno dei più potenti locomotori diesel utilizzati su tutta la rete da Trenitalia – sulla tratta Torino-Cuneo-Ventimiglia; in alternativa si potrebbe fare riferimento alle 560 tonnellate citate del G2000 se servissero prestazioni più alte.

Per la composizione dei treni sono stati utilizzati per le prime ipotesi i carri ferroviari svizzeri ed italiani a pianale; sono poi state analizzate diverse possibili composizioni dei treni.

#### ***4.3 Altre considerazioni: salvaguardia delle utenze deboli ed ipotesi di trasporto merci***

L'art. 20 del DPR 384/1978 prevede: «Le principali stazioni ferroviarie dovranno essere dotate di passerelle, rampe mobili o altri mezzi idonei di elevazione, al fine di facilitare l'accesso al treno, alle persone in difficoltà di deambulazione. [...]».

La *sicurezza e l'eliminazione delle barriere architettoniche* sono priorità per tutte le stazioni ferroviarie. E' da verificare se sia osservato, in tutte stazioni lungo il tragitto, il disciplinare tecnico emanato dalle ferrovie italiane per l'eliminazione delle barriere architettoniche per ipovedenti, non vedenti e per i portatori di handicap in generale. Il DPR 503/1996 fissa poi precise norme per le stazioni ferroviarie presenziate, il cui mancato rispetto può comportare anche la dichiarazione d'inagibilità delle stesse.

Poiché sulla parte della linea di competenza italiana il nuovo armamento è equivalente a quello delle linee principali per le quali è applicato il rango C, pur con una ben maggiore tortuosità del tracciato, questo lascia presupporre la possibilità di fare circolare *convogli per il trasporto merci*; a tal fine si rimanda alla relazione della Regione Liguria.

## 5. Elettrificazione della linea

Senza l'elettrificazione appare che la linea stessa debba rimanere nell'attuale situazione di secondarietà e scarsa importanza, specie a livello di *linea internazionale*. Il transito dei treni, nel caso di linea elettrificata, risulterebbe più rapido ed immediato.

Nell'ipotesi di realizzazione del traffico merci, le potenze in gioco con il traffico merci non sarebbero probabilmente compatibili con le potenze disponibili con trazione diesel.

Il medesimo discorso dicasi nel caso si vogliano utilizzare treni ad assetto variabile, con elevate accelerazioni possibili maggiormente nel caso della disponibilità della trazione elettrica.

Occorre nel caso prestare attenzione alle sagome limiti disponibili: si profila perciò la scelta del sistema idoneo di elettrificazione, a barra fissa o altre soluzioni che abbiano ingombri ridotti – soprattutto laddove vi è necessità, ad esempio in galleria.



**Figura 11. Linea elettrificata e da elettrificare a 3000 V CC (secondo questa proposta), nel tratto da Limone a Ventimiglia**

È opportuno dunque prevedere, ai fini di stabilire la fattibilità dell'intervento, una stima dei costi dell'elettrificazione dei circa 68 chilometri di linea che separano i comuni di Limone Piemonte e Ventimiglia, di cui buona parte si trovano sul territorio transalpino.

Al fine della determinazione sommaria di tale intervento, sono stati considerati e studiati alcuni documenti specifici del settore, che forniscono utili indicazioni a tale proposito.

Nel documento sono pertanto citati, in sintesi, i preventivi per l'elettrificazione di alcune tratte ferroviarie del Nord Ovest, alcuni dei quali utilizzati a base di gara, e il cui costo è stato attualizzato all'anno 2006 in base ai dati ricavati dall'Istituto Nazionale di Statistica.

Sulla base dei dati raccolti ed analizzati, tenendo presente che la linea in questione presenta diversi tratti in galleria, si deduce che se si mantenessero i requisiti delle linee ad alta velocità i costi risulterebbero dell'ordine di circa 60 M€. Tuttavia appare più verosimile adottare gli standard tradizionali, ottenendo, sulla base delle esperienze passate, un valore variabile tra 25 e 30 M€; l'importo potrebbe aumentare in misura delle caratteristiche specifiche della linea di alimentazione primaria, del territorio, di accessibilità, ecc.

## 6. Considerazioni a supporto dell'analisi della domanda potenziale

Dai dati di traffico riportati nella relazione, si riscontrano consistenti, talvolta intensi, *flussi di traffico in inverno* - specie quando c'è neve - nel fine settimana verso Limone Piemonte ed altre località sciistiche, sia dalla costa francese sia da quella ligure e sia da Torino e viceversa. Ci sono anche parecchi movimenti di autovetture da Torino verso la zona di Sanremo, Montecarlo, Costa Azzurra e viceversa, ma molto meno che nei fine settimana estivi.

Un servizio di auto al seguito - auto su ferrovia, purché con guida diretta da parte dei conducenti nelle fasi di carico e scarico, magari con contestuali servizi internet a bordo in apposita carrozza da usare durante il viaggio - è probabilmente auspicabile, in funzione dell'analisi della domanda per l'attraversamento del Tenda, sia perché il tunnel stradale del Tenda subirà dei lavori di durata pluriennale, con contestuale possibile chiusura di parte della strada, sia perché comunque la strada della valle Roya è tortuosa ed è un percorso vincolato per il traffico avente origine in Cuneo e destinazione sulla costa, prevalentemente Sanremo/Ventimiglia o Nizza e viceversa.

I *flussi di traffico in primavera ed estate*, come riscontrabile dai dati ANAS, sono intensi verso la costa e viceversa, specie nel fine settimana, ma non solo.

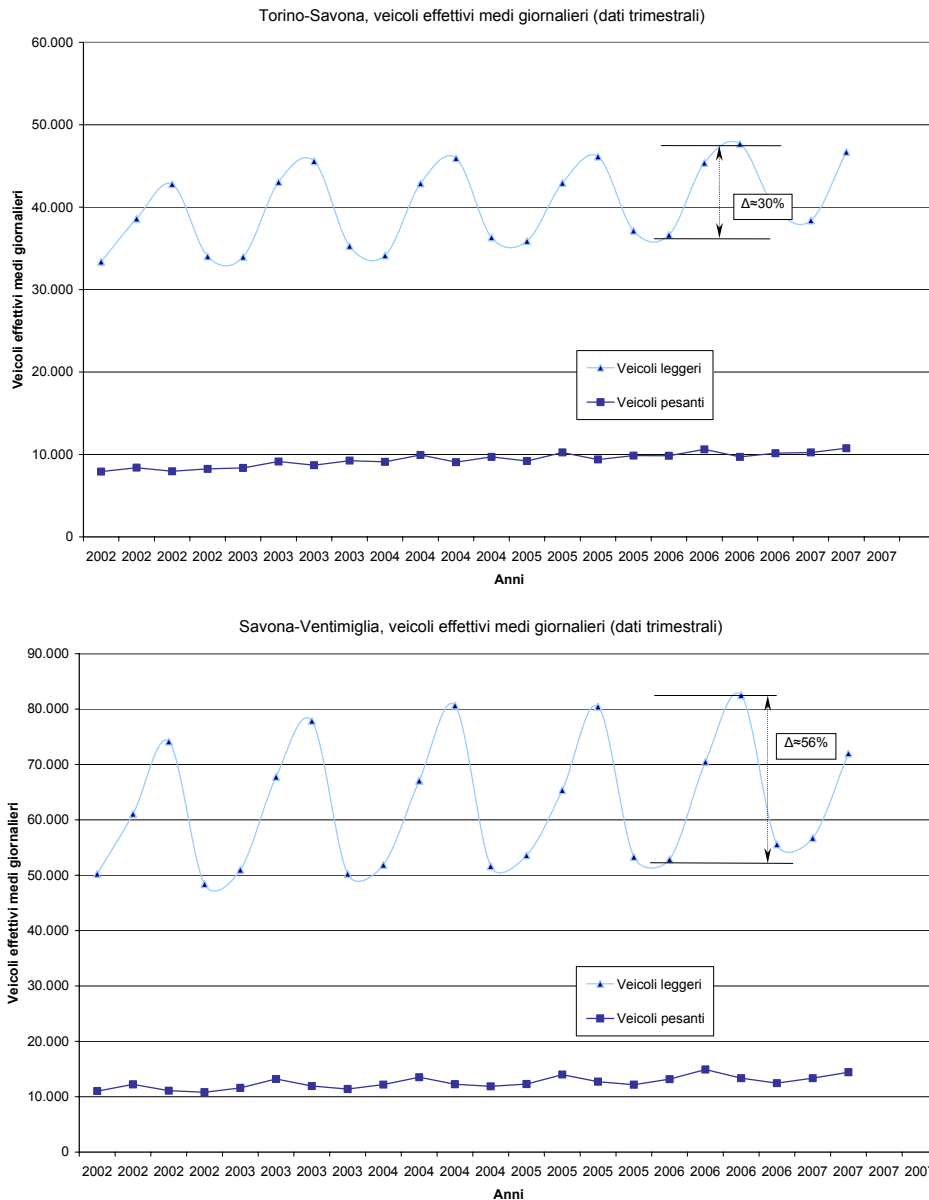
Molte auto utilizzano l'autostrada Torino-Savona-Sanremo-Costa Azzurra (Figura 12) piuttosto che transitare per il tunnel del Tenda. Le località turistiche balneari, sia della zona di Sanremo-Ventimiglia sia nella zona di Montecarlo e Costa Azzurra, sono i veri bacini d'attrazione e generazione della domanda che arriva da Torino e, in misura minore, dalla provincia di Cuneo. Inoltre in estate anche la valle delle Meraviglie, i santuari ed i luoghi circostanti (§ 1.2) attraggono traffico.



Figura 12. Autostrada Torino-Savona-Ventimiglia

Tuttavia, il risultato, nel caso di ipotesi positive o molto positive sul traffico futuro sulla linea ferroviaria del Tenda, riguarderebbe investimenti che sono *condizionati* dall'esistenza di un vincolo storico del dopoguerra (*Convenzione italo-francese*), che presuppone che eventuali spese di costruzione e manutenzione siano addebitate all'Italia.

Quanto alla domanda di traffico potenziale, certamente essa è funzione dell'offerta se esiste già una domanda soddisfatta in altro modo o se l'offerta è in grado di generarne di nuova per ragioni di tempo e/o di costo. In questo caso la domanda esiste tra Torino e Ventimiglia, prevalentemente su un percorso alternativo a quello del Tenda, quello dell'autostrada Torino-Savona-Ventimiglia: si riportano in Figura 13 alcuni dati rilevanti ai fini dello studio.



**Figura 13. Evoluzione del traffico annuale, in veicoli effettivi medi giornalieri, per trimestri, sull'autostrada Torino-Savona e Savona-Ventimiglia (2002-2007) [fonte AISCAT]**

Si rileva che il traffico di veicoli effettivi leggeri aumenta tra circa il 47 e 56% nel periodo estivo sulla Savona-Ventimiglia; tale valore cresce fino a circa il 69% se riferito ai veicoli per le rispettive percorrenze chilometriche (v·km).

La quota parte di tale traffico che da Torino va fino a Ventimiglia via autostrada, al posto che percorrere Torino-Fossano/Cuneo-Tenda-Ventimiglia, è rilevabile dalle considerazioni inerenti alla Tabella 10. Dai dati analizzati si desume che il traffico passeggeri dal Piemonte esiste già, potenzialmente, e la domanda può essere soddisfatta con *materiale rotabile*

adeguato ed *interventi di elettrificazione* della linea del Tenda, in parte o fortemente condizionanti un servizio veloce (treni *tilting* in circa due ore da Torino alla costa con cinque fermate) e pesante (traffico merci); è da notare l'incidenza del traffico merci e del traffico estivo; quanto al trasporto merci, è una domanda potenziale, che oggi non può adeguatamente essere soddisfatta senza l'elettrificazione, essendo i pesi dei treni merci ben più elevati di quelli passeggeri.

Si ritiene importante un servizio ferroviario in frequenza lungo la costa ligure, quasi come una metropolitana - con cadenzamento certo ben inferiore - cui fare afferire quello dalla linea del Tenda, che quindi non necessita di una frequenza elevata bensì di un servizio di adduzione (ad orario, non in frequenza), con ad esempio alcuni treni al giorno per direzione tra Torino e la costa e rafforzamento con "charter" nel fine settimana, d'estate soprattutto, pressappoco come nelle relazioni aeree tra grandi città.

Dai dati riportati si vede che il traffico pesante incide per circa 1/5 sul totale e non ha una rilevante variazione stagionale come quello dei veicoli leggeri, essendo marginalmente legato al turismo estivo.

Il traffico di merci sulla linea del Tenda implica proprio il lasciare tracce o spazio per i passeggeri lungo la costa, sia su ferrovia che su strada.

Sono stati raccolti da Autostrade per l'Italia i dati sui veicoli entranti in autostrada a Torino ed uscenti, dopo il transito per Savona, al confine con la Francia oppure nelle località limitrofe: Ventimiglia, Sanremo e Bordighera. I dati non comprendono spostamenti con origini nei caselli individuati della Torino-Savona. I veicoli che trasportano persone - non si sa però quante/veicolo - da Torino alle località liguri prima del confine sono circa 7-8 mila nei mesi estivi e arrivano a 18-20 mila se s'includono quelli che varcano il confine, molti dei quali diretti a Mentone, Montecarlo, Nizza, ecc.

Sulla base di tali dati, risulta possibile:

- stimare la variabilità dei flussi mensili durante l'anno;
- la calibrazione d'un modello di scelta fra le alternative disponibili fra Torino e la frontiera;
- l'indicazione di massima sul numero di spostamenti mensili/giornalieri prevedibili per il collegamento ferroviario.

**Tabella 10. Veicoli leggeri e pesanti da Torino al confine tra regioni Liguria e PACA, F (2007)**

	<b>Veicoli leggeri (2 assi)</b>	<b>Veicoli pesanti (3-4-5 assi)</b>
Gennaio	9.450	1.898
Febbraio	9.190	2.047
Marzo	12.312	2.182
Aprile	17.061	1.521
Maggio	11.085	1.730
Giugno	15.494	1.671
Luglio	18.286	1.751
Agosto	19.353	1.051
Settembre	11.609	1.565
Ottobre	9.515	1.883
Novembre	9.139	2.043
Dicembre	12.369	1.530

## 7. Considerazioni di carattere energetico ed ambientale

Il settore dei trasporti è molto esigente in termini di energia e provoca indicativamente anche il 25% delle emissioni di CO<sub>2</sub> in ambiente: in Italia, per esempio, ha consumato da solo *il 32% del fabbisogno energetico nazionale* del 2001. Per questo motivo è uno dei settori nei quali il risparmio energetico è da ricercarsi con premura; all'interno del settore, il consumo di energia è strettamente legato al modo di trasporto usato. Nel Rapporto Ambientale di Trenitalia viene evidenziato come il treno presenti un comportamento energetico migliore di aerei e veicoli su gomma nel trasporto delle merci, a parità di distanza.

Un impiego maggiore della ferrovia, purché logisticamente efficace, a scapito del trasporto su gomma, potrebbe quindi garantire alla collettività alcuni vantaggi, come minori consumi energetici complessivi ed il decongestionamento, seppur parziale, delle strade. La ferrovia ha quindi un compito importante nel perseguimento di un futuro energeticamente sostenibile.

*La politica dei trasporti deve in qualche modo entrare in tale contesto:* nella ferrovia, è un problema più che altro organizzativo, complicato dal fatto che un sistema di trasporto pubblico, ad *uso condiviso*, deve anche essere economicamente e facilmente accessibile ai più: è dimostrato come il numero di fermate intermedie innalzi notevolmente il consumo specifico dei treni e, quindi, pur nel rispetto delle esigenze delle piccole comunità, per ridurre i consumi energetici dovrebbero essere effettuate solo le fermate necessarie.

Infine, l'efficienza energetica del treno è ulteriormente migliorabile con interventi quali il *recupero dell'energia durante le fasi di frenatura* e lo sviluppo di *nuovi motori*, sia diesel che elettrici, specie su linee con forti variazioni di altimetria come la linea del Tenda. Interventi sul materiale rotabile sono possibili, ma considerato il lungo ciclo di vita medio, la loro applicazione è meno immediata nel tempo.

Il documento propone alcuni riferimenti di confronto tra consumi su strada e su ferrovia.

## 8. Conclusioni

Il miglioramento dell'esercizio della linea ferroviaria Cuneo-Ventimiglia, del Tenda, può essere perseguito mediante tre tipi di interventi:

1. *sull'infrastruttura e relativi impianti*, includendo sia la *linea* - in particolare con il completamento dell'*elettrificazione* e, nel medio-lungo termine, con l'ammodernamento dell'*armamento sul territorio francese* - sia i *terminali* di accesso alla stessa, nel caso di servizio con *auto al seguito*.
2. *sull'esercizio* per il trasporto passeggeri, mediante *treni ad assetto variabile corti*, con poche fermate, diesel o elettrici a seconda dell'elettrificazione della linea;
3. *sull'esercizio* per il trasporto passeggeri ed *auto al seguito*, mediante un servizio *navetta*. Questa soluzione può anche prevedere, sul medio-lungo termine, servizi di connessione di internet (mediante *bluetooth*, WiMax, GSM-R,...) a bordo sulle carrozze dove i passeggeri alloggiano durante il viaggio.

Altri tipi di intervento possono riguardare la tratta in territorio ligure, non di competenza della Regione Piemonte o interventi presso le *stazioni* lungo la linea per il superamento delle *barriere architettoniche*, la messa in *sicurezza*, la dotazione di *terminali* d'accesso ben inseriti nel contesto paesaggistico.

Per quanto riguarda il servizio con treni ad assetto variabile, si ritiene, sulla base delle considerazioni emerse e dei calcoli effettuati, di notevole interesse la possibilità di attivare un *trasporto veloce* tra Torino, Cuneo, Limone, Breil e la riviera, con poche fermate, indirizzato ad un determinato tipo di clientela, abituata all'utilizzo dell'autovettura.

Per quanto riguarda l'*armamento ferroviario* sulla parte della linea di competenza italiana, sono stati recentemente svolti i lavori di sostituzione di traverse e rotaie, così da avere tutte le traverse in c.a.p., moduli da 60 cm e rotaie UNI 60. Questo implica che il nuovo armamento della linea è equivalente a quello delle linee principali per le quali è applicato il rango C, quindi P per i treni ad assetto variabile, dove circolanti. Per quanto riguarda il versante francese, l'armamento è costituito da traverse in legno e traverse bi-blocco, con rotaie di tipo UNI 50; non si fa riferimento ai ranghi come in territorio italiano, bensì alle velocità di fiancata.

Occorre peraltro, nel caso di esercizio con treni ad assetto variabile, prestare attenzione alla regolarità del binario ed alla eventuale presenza di difetti di binario che, se rilevanti, possono indurre un moto non voluto sulla cassa, essendo questo innescato dal giroscopio sul carrello che rileva l'innalzamento della rotaia esterna laddove inizia la sopraelevazione in curva, per lo meno al disopra di un determinato valore (es. 10 mm). Il problema è tuttavia superabile:

- con l'inserimento di boe (*transponder*) lungo la linea;
- installando un sistema di assetto cassa di tipo innovativo consistente nell'attivazione dell'assetto variabile non solo in funzione del segnale di giroscopio, che rimarrebbe comunque come soluzione degradata, ma della effettiva posizione del treno corto (es. quattro carrozze) lungo la linea rilevabile associando ai segnali dell'odometro eventuali boe per l'azzeramento di errori accumulati ed una cartografia elettronica per assicurare il treno alla posizione lungo la linea;
- ulteriori accorgimenti o soluzioni sono ammissibili e possono essere prese in considerazione.



Osservando le esperienze straniere, quella senz'altro più sperimentata, quasi unica se si tralasciano applicazioni di treni ad assetto variabile di tipo passivo e poche altre, è quella del VT610 in Germania, dove è ammessa un'accelerazione non compensata di  $1.8-2 \text{ m/s}^2$ , su linee tortuose con buono stato del binario.

Altre applicazioni sperimentate riguardano il tratto Modane-Lione percorso dal Pendolino ETR 460 con accelerazione non compensata massima sul carrello di  $1.6 \text{ m/s}^2$ .

Con la resistenza dell'armamento sul versante italiano tra Cuneo e Limone non dovrebbero sussistere impedimenti all'introduzione del rango C.

Qualora non venga migliorato l'armamento sul versante francese, si porrà il problema del rango: si tratterebbe di una prima applicazione di un treno ad assetto variabile (corto) su una linea che non è utilizzabile in rango italiano C, pertanto non si possono estendere le condizioni di sicurezza in curva del rango C semplicemente aumentando l' $a_{nc}$  (accelerazione non compensata, a livello del carrello) da 1 a  $1.8 \text{ m/s}^2$  come nel caso del rango P. Quindi l' $a_{nc}$  dovrebbe essere ragionevolmente più bassa di 1.8 ed un'ipotesi, tutta da verificare, è porla circa uguale a  $1.44 \text{ m/s}^2$ . Peraltro, nulla vieta che un esercizio con treni ad assetto variabile possa avvenire con tale rango B evoluto nella tratta italiana e limitarsi a rispettare le condizioni di esercizio (ad esempio, le velocità di fiancata ammesse) sulla breve tratta francese.

Qualora le proposte suddette vengano tutte attuate in misura tale da attrarre molto traffico sulla linea, si potrebbe porre il problema di *capacità della linea*, essendo a singolo binario. Invero quasi tutte le stazioni - se si eccettua Roccavione tra Cuneo e Limone e La Brigue sul versante francese - permettono l'incrocio dei treni, e si tratta dunque, in sequenza dall'Italia, di: Borgo San Dalmazzo, Robilante, Vernante, Limone, Vievola, Tenda, San Dalmazzo di Tenda, Fontan Saorge, Breil sur Roja e PM km 11+959, tra Ventimiglia e Breil. Semmai si dovesse rendere necessaria una potenzialità molto elevata, si può pensare alla realizzazione di binari di incrocio intermedi sulle tratte più lunghe, per esempio all'interno della galleria del Tenda, su pendenza del 2‰, oppure nella galleria di Bergue, su pendenza del 17‰. Invero queste sarebbero soluzioni un po' estreme, trattandosi di posti movimento in galleria, con problematica del diesel se non si elettrificasse e, soprattutto, con necessità di interrare l'acquedotto presente nella galleria del Tenda.

Per quanto riguarda il servizio di navetta con appositi *carri ferroviari per il trasporto di autovetture*, si ricordano due occasioni nei decenni passati, comunque successive al rifacimento della linea, durante le quali fu necessario attivare il servizio: la prima oltre venti anni fa, la seconda tra il 1996 e 1997, con sei carri, una carrozza e doppia trazione diesel.

Si possono ipotizzare due tipologie di *servizi* di trasporto con auto al seguito: di tipo *lungo*, tra Torino e la costa o di tipo *breve*. In merito a quest'ultimo tipo di servizio, le stazioni alle quali viene più spontaneo pensare, data la collocazione geografica, sono Limone, Vievola, Tenda e Breil. Le stazioni di Tenda e Breil sono presenziabili. Tutte le stazioni consentirebbero un treno da almeno quattro carri; esiste un piano di caricamento in tutte e tre. Presso Vievola è un po' più limitato ma con una buona accessibilità.

In merito ai carri, si tratterebbe di carri a pianale (escludendo quelli bisarca), tutti con pianale a circa 90 cm, quindi con carrelli ordinari, con opportuna ribaltina per la salita e discesa ro-ro delle autovetture. Le soluzioni con carri ultrabassi sarebbero da evitare, come si può approfondire.

La distanza tra Limone Piemonte e Vievola è di circa 10 km, mentre tra Limone e Tenda di circa 19 km e tra Limone e Breil di circa 46 km. Non sembra ci possa essere problema d'incrocio nel caso di servizio frequente di connessione Limone-Vievola mentre il problema

non si dovrebbe porre nel caso di servizio navetta Limone-Tenda o Breil, avendo la possibilità d'incrocio a Vievola o Tenda, circa a metà strada.

Volendo effettuare un *servizio navetta* tra il cuneese e la costa di tipo breve, le stazioni più adatte sembrano dunque essere Limone e Tenda o Breil, con autovetture e veicoli di dimensioni contenute (minibus, caravan,...).

Quanto al sistema di controllo marcia treno, si propone l'ipotesi di sovrapposizione nel medio periodo 2012-2015 del sistema ERTMS liv.1 ai sistemi di controllo marcia treno esistenti: una locomotiva attrezzata con ERTMS può percorrere la linea che a sua volta può essere percorsa dai treni che fanno servizio solo nazionale.

Per concludere, le proposte inerenti all'*infrastruttura* sono le seguenti.

- A. *Elettrificazione* a 3000 V sulla tratta francese<sup>6</sup> i cui costi, secondo la convezione internazionale tra Italia e Francia per la ricostruzione dei danni bellici, dovrebbero essere sostenuti dall'Italia; si può però ipotizzare un finanziamento da parte dell'UE trattandosi di *connessione internazionale* di un certo rilievo.
- B. Sostituzione *armamento* in territorio *francese*, peraltro già in corso sulla linea verso Nizza (con rotaie UNI 50); in tal caso, si ritiene che la convezione internazionale tra Italia e Francia non sussista, in quanto la linea esistente già equivale alla ricostruzione dei danni di guerra e l'ammodernamento della linea costituirebbe un passo successivo.
- C. Realizzazione dei *terminali* per il carico e scarico delle autovetture e veicoli di dimensioni compatibili con carri e sagoma nelle stazioni di Torino, Cuneo, Limone e Tenda o Breil.
- D. Eventuale inserimento di *binario di incrocio* nella galleria del Tenda o/e galleria di Bergue, in caso di traffico sostenuto.

---

<sup>6</sup> I franchi e spazi necessari per la linea elettrica a 3000 V in CC sono inferiori a quelli della linea 25000 V, la cui compatibilità con la linea e la sagoma ammissibile sarebbe tutta da verificare ed è probabilmente non possibile senza interventi sull'infrastruttura.