



ANAS Direzione Generale



Salt p.a.

---

Convenzione Unica  
ANAS S.p.A.  
Salt p.a.

---

ALLEGATO: H

ELEMENTI INFORMATIVI MINIMI PER  
LE STIME DI TRAFFICO AI SENSI DELLA  
DELIBERA CIPE N. 39 DEL 15/6/2007



# **SOCIETA' AUTOSTRADALE LIGURE-TOSCANA**

---

Allegato alla Convenzione

---

**ALLEGATO H**

Elementi Informativi Minimi per le Stime di Traffico ai sensi della  
Delibera CIPE 15 giugno 2007 n. 39/2007 e SMI

**IPOTESI DI SVILUPPO DEL TRAFFICO 2009-2013**

maggio 2009

## Sommario

1. Premessa.....	3
2. Il quadro infrastrutturale di riferimento .....	4
2.1. Scenario programmatico di riferimento.....	5
3. Andamento della domanda di traffico sulla A12 SALT .....	10
4. Principali variabili di natura macro-economica e trasportistica.....	16
4.1. Prodotto Interno Lordo (PIL) .....	17
4.2. Il Traffico Portuale .....	19
4.3. Analisi delle correlazioni .....	22
5. Scenari d'intervento e previsioni sui volumi di traffico.....	26
6. Coordinate metodologiche generali .....	29
6.1.. Modello di Offerta.....	29
6.2. Modello di Domanda.....	31




## 1. Premessa

Al fine di regolare i rapporti di convenzione con le Società Concessionarie Autostradali e di garantire una maggiore trasparenza del rapporto concessorio, Il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) ha emanato la Delibera 1/2007 *“Direttive in materia di regolazione economica del settore autostradale”* in cui vengono definiti i criteri da adottare nella redazione del piano economico-finanziario che deve essere allegato alla convenzione.

La Direttiva prevede che il Piano economico-finanziario sia soggetto ad aggiornamento periodico al termine di ciascun periodo regolatorio, contenendo tutti gli elementi che concorrono alla definizione della tariffa e a consentire l'equilibrio economico e finanziario della concessione.

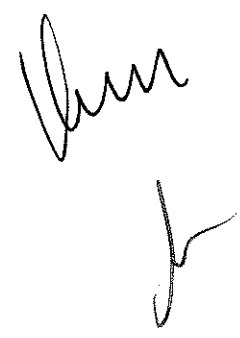
Elemento fondamentale del Piano risulta essere la “stima previsionale” dei traffici autostradali (flussi e percorrenze) relativo al periodo regolatorio di competenza.

Al fine di supportare SALT alla definizione di tale Piano, relativamente all'autostrada A12 Sestri Levante – Livorno e diramazione Viareggio – Lucca, il presente rapporto :

- analizza le serie storiche di evoluzione dei traffici al fine di individuare le linee di tendenza evolutiva del quinquennio 2009-2013;
- evidenzia gli elementi portanti alla base della stima sull'evoluzione della domanda futura;
- descrive ed applica il modello di simulazione adottato per la formulazione delle stime previsionali di domanda su scenari di evoluzione dei flussi e percorrenze per il periodo 2009-2013, con distinzione tra differenti tipologie di traffico.

La stima previsionale viene proposta tenendo conto di tutte le prescrizioni contenute nell'art. 8 della Delibera CIPE 15 giugno 2007 n.39/07 relativamente a “Metodologie di Determinazione per le Ipotesi di Sviluppo del Traffico” .

L'analisi è stata effettuata in base alle disponibilità di dati e valutazioni modellistiche originate dagli studi di pianificazione e progettazione sviluppati a partire dal 1998 da SALT, Autocisa SpA e Consorzio Ti.Bre. relativamente agli scenari di sviluppo della viabilità autostradale sulla Dorsale Alto e Medio Tirrenica e sul Corridoio Ti.Bre. e per le Province di Lucca, Massa Carrara, Parma e La Spezia relativamente alla viabilità locale.



Tali attività hanno generato un know-how di livello particolarmente significativo per le problematiche connesse alle complesse variabili trasportistiche connesse all'autostrada A12 ed in genere alla dorsale autostradale medio ed alto tirrenica, portando alla definizione di un grafo di offerta ed di una matrice di domanda (di fonte AISCAT 2007), che è stato utilizzato ai fini del presente lavoro, ferme restando le esigenze di adeguamento ed implementazione specifica del modello, in particolare per le simulazioni inerenti allo specifico orizzonte temporale previsto dal Piano (ciascun anno dal 2009 al 2013).

L'analisi è stata sviluppata con modalità tali da garantire al committente di acquisire risposte tecnicamente argomentate, di agevole ed immediata interpretazione ed approfondite con consolidate metodologie quantitative e modellistiche **aventi lo specifico fine di ottemperare ai contenuti della Delibera CIPE del 15 giugno 2007.**

## 2. Il quadro infrastrutturale di riferimento

L'autostrada A12 gestita da SALT – Società Autostradale Ligure-Toscana da Sestri Levante a Livorno, con diramazione Viareggio-Lucca, rappresenta un'asse strategico della dorsale autostradale tirrenica sulla direttrice Genova-Roma, svolgendo nel contempo una funzione di raccolta e indirizzamento dei traffici sulle relazioni trasversali Parma-La Spezia, Viareggio-Lucca-Firenze e Pisa-Lucca-Firenze.

L'infrastruttura è stata periodicamente adeguata per ottimizzarne l'operatività, anche se negli ultimi 20 anni non ha subito ampliamenti della sezione stradale.

A tale situazione di immutata dotazione infrastrutturale, ha fatto fronte una condizione di incremento periodico dei volumi di domanda, con alcune problematiche di congestione in alcuni tratti strategici della rete, in particolare nei periodi stagionali ad elevata frequentazione turistica, limitando il livello di servizio e gli standard di sicurezza.

In prospettiva, la dorsale medio ed alto tirrenica del sistema autostradale nazionale, di cui la rete SALT rappresenta l'elemento portante, potrà ricoprire una funzione ancor più strategica di quella rivestita attualmente, essendo componente essenziale del cosiddetto Corridoio Integrato Tirreno-Brennero "Ti.Bre."

In uno scenario infrastrutturale di completamento della A12 da Rosignano Marittimo a Civitavecchia, e di realizzazione delle nuove autostrade Parma-Nogarole Rocca e Cremona-Mantova, la rete autostradale A12 gestita da SALT potrà svolgere nel lungo periodo una funzione di asse di grande collegamento europeo nord-sud, in grado di



bilanciare in termini di ripartizione della mappa dei macro-spostamenti i volumi che attualmente insistono sull'asse portante dell'A1.

Tuttavia, fino a quando la configurazione di rete presenterà le attuali caratteristiche, la dorsale medio ed alto tirrenica del sistema autostradale nazionale continuerà ad assumere una connotazione di asse secondario e a prevalente vocazione turistica per i grandi collegamenti nord-sud, specie se si considerano gli interventi di potenziamento della dorsale della A1 in corso d'opera (Variante di Valico e terza corsia nel tratto Barberino - Firenze Sud), destinati a rafforzare le capacità attrattive e generative della stessa A1 per i traffici di media e lunga percorrenza.

Il presente studio si pone come primo obiettivo quello di definire in modo esauriente la configurazione dei traffici della rete autostradale SALT, fornendo informazioni utili per la corretta valutazione delle ipotesi di evoluzione dei traffici nel breve periodo (orizzonte temporale 2009-2013).

A tal fine, sono stati analizzati i dati di traffico resi disponibili da SALT e modellisticamente calibrati in base alla matrice origine-destinazione dell'intera rete autostradale nazionale, di fonte AISCAT 2006. Tale analisi è stata proiettata, attraverso opportuni parametri di attualizzazione statistica della domanda e di adeguamento della rete autostradale interessata sulla base degli interventi in corso d'opera, agli orizzonti temporali richiesti.

## **2.1. Scenario programmatico di riferimento**

Di seguito vengono descritte le opere in programma sulla rete autostradale italiana il cui completamento ed entrata in esercizio possono essere ragionevolmente previsti nel quinquennio 2008-2013.

Gli interventi descritti riguardano essenzialmente la Dorsale Centrale-Appenninica, a gestione ASPI, su cui è verosimile si possano concentrare i più significativi miglioramenti dei Livelli di Servizio riferiti alla rete autostradale le cui funzioni svolgono un'azione d'influenza più o meno diretta nei riguardi della rete A12 Salt, con specifico riferimento all'effetto di compensazione rispetto al potenziale processo di riequilibrio della ripartizione del traffico di media-lunga percorrenza tra la Dorsale Centrale-Appenninica e il Corridoio Integrato Tirreno-Brennero, entro cui si localizza l'A12 Salt, a fronte della progressiva saturazione operativa della Dorsale Centrale-Appenninica.



### ***Realizzazione della 3a corsia della A1 tra Casalecchio e Sasso Marconi***

L'intervento consiste nell'ampliamento da due a tre corsie più la corsia di emergenza lungo la A1 tra i caselli di Casalecchio e Sasso Marconi: questo tratto rappresenta infatti la parte a monte della Variante di Valico e costituisce il punto di partenza del più ampio progetto di potenziamento della A1 nel tratto tra Bologna e Firenze.

L'importo dei lavori ammonta a circa 54 milioni di Euro, circa 18 dei quali riservati per la realizzazione di interventi in favore del territorio, tra i quali la realizzazione di 2 gallerie artificiali antirumore e l'installazione di circa 4 Km di barriere antirumore.

Le difficoltà incontrate durante la progettazione degli interventi sono state diverse, come ad esempio la definizione progettuale del nodo ferroviario e stradale di Casalecchio (conclusa nel giugno 2003 con l'accordo ANAS, RFI, Autostrade per l'Italia ed il Comune di Casalecchio). La Conferenza dei Servizi si è conclusa nel maggio 2005, i lavori sono stati appaltati nel marzo 2006 e l'apertura al completo esercizio traffico è prevista durante il corrente anno 2009.

### ***Realizzazione della Variante di Valico sulla A1 tra Sasso Marconi e Barberino***



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

La realizzazione della Variante di Valico, mediante il potenziamento degli oltre 60 Km del tratto autostradale appenninico dell'A1 tra Sasso Marconi e Barberino, rappresenta un intervento prioritario per il miglioramento della viabilità e la riduzione dei tempi di percorrenza tra Bologna e Firenze.

Il tratto interessato è caratterizzato da un TGM di 90.000 veicoli complessivi, di cui circa 25.000 mezzi pesanti.

Il progetto prevede complessivamente la realizzazione di 23 nuove gallerie, 2 nuove aree di servizio, 2 nuovi svincoli e 23 viadotti costruiti o adeguati. Tutti questi aspetti comportano un costo dei lavori che ammonta complessivamente a oltre 3 miliardi di Euro, dei quali quasi 500 milioni di Euro spesi per interventi in favore del territorio.

L'opera si articola in due macro-tratte, di seguito brevemente descritte.

#### *TRATTA SASSO MARCONI - LA QUERCIA*

L'intervento prevede l'ampliamento a 3 corsie dell'autostrada attuale per una lunghezza di circa 20 km, sono previste numerose modifiche di tracciato in variante e il rifacimento dello svincolo di Sasso Marconi.

La tratta è stata aperta all'esercizio completo nel 2008.

#### *TRATTA LA QUERCIA – BARBERINO*

Il termine dei lavori per questa tratta di oltre 40 Km è previsto per il 2011.

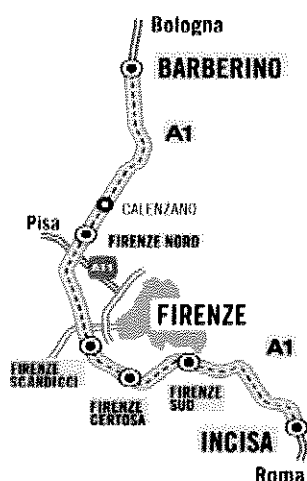
Gli interventi sono così articolati:

- realizzazione di 37 km di nuova autostrada (Variante), in aggiunta a quella attuale, tra La Quercia e Aglio;
- realizzazione di una nuova carreggiata autostradale a 3 corsie dedicata al traffico in direzione Sud nella tratta tra Aglio e Barberino (la carreggiata esistente, con 4 corsie di marcia, sarà riservata al traffico in direzione nord);
- realizzazione di 2 nuovi svincoli (Badia e Poggiolino)
- ampliamento e riassetto dello svincolo di Barberino.

L'opera interessa 8 Comuni dell'Emilia Romagna e della Toscana in favore dei quali la Società Concessionaria sta finanziando e realizzando una serie di interventi, tra cui la realizzazione della bretella di collegamento con il comune di Firenzuola.



## Realizzazione della 3a corsia della A1 tra Barberino e Incisa



Il progetto prevede l'ampliamento da due a tre corsie nel tratto compreso tra Barberino di Mugello ed Incisa: esso prevede la costruzione di 16 nuove gallerie e la realizzazione di circa 40 Km di barriere antirumore.

Questo tratto, della lunghezza di circa 59 Km, è caratterizzato da un TGM che raggiunge picchi di 98.000 veicoli al giorno, con punte di circa 26.000 veicoli pesanti.

La sovrapposizione di traffico di lunga percorrenza con quello di gravitazione metropolitana sui poli di Firenze e Prato, nella tratta compresa tra Firenze Nord - Firenze Sud, genera picchi di domanda bidirezionale di oltre 130.000 veicoli al giorno.

L'intervento si articola nelle seguenti tre macro-tratte:

#### *TRATTA BARBERINO - FIRENZE NORD*

Su una lunghezza di circa 17 km, è prevista la costruzione di una nuova carreggiata a 3 corsie di marcia in direzione sud.

Il traffico in direzione nord utilizzerà le 4 corsie di marcia su due carreggiate della attuale autostrada opportunamente adattate.

Ad oggi è ancora in corso la Valutazione di Impatto Ambientale, iniziata nel luglio 2004, presso i Ministeri dell'Ambiente e per i Beni e Attività Culturali e la Regione.

Si prevede il termine dei lavori nell'anno 2011.

#### *TRATTA FIRENZE NORD - FIRENZE SUD*

Su questa tratta, della lunghezza di circa 22 km, è previsto l'ampliamento da 2 a 3 corsie per senso di marcia con la realizzazione di alcuni tratti di variante in galleria a 3 corsie.

L'utilizzo dell'attuale sede (4 corsie delle due carreggiate), opportunamente riorganizzate, saranno utilizzate per la direzione opposta.

Nel mese di dicembre 2006 è stata aperta al traffico, con segnaletica provvisoria, la 3° corsia in direzione sud tra Firenze Nord e Firenze Scandicci. L'entrata in esercizio definitivo è previsto per fine 2010.

#### *TRATTA FIRENZE SUD - INCISA*

La progettazione di questa tratta, della lunghezza di circa 20 km, prevede l'ampliamento da 2 a 3 corsie di marcia, attualmente è ancora in corso la Valutazione di Impatto Ambientale, iniziata nel luglio 2005.

L'entrata in funzione della terza corsia nei due sensi è previsto per l'anno 2012.



### 3. Andamento della domanda di traffico sulla A12 SALT

L'omogeneità dei dati di traffico presi in esame relativamente alle percorrenze è garantita dalla fonte ufficiale SALT, favorendo un'analisi dei fenomeni di andamento del traffico fondata su serie storiche rilevate in modo sistematico, in grado di garantire una stima più attendibile per il breve-medio periodo.

La rete Salt in esame presenta accentuate caratteristiche di stagionalità, con traffici che manifestano periodici (e comunque circoscritti nelle fasce orarie di punta dei week-end estivi) fenomeni di sovrapposizione di traffico ordinario di media e lunga percorrenza, con consistenti quote di traffico (soprattutto leggero) riconducibili all'attrazione turistico-balneare dell'area servita dall'A12.

In linea generale, in ogni caso, secondo i dati relativi alle percorrenze espresse in veicoli-Km paganti all'anno, l'andamento del traffico insistente sulla A12 Salt degli ultimi 5 anni non ha presentato variazioni apprezzabili, quantomeno fino al 2008 (percorrenze annue con poco più di 1.5 milioni unità per i veicoli leggeri; con poco meno di 500.000 unità per i veicoli pesanti).

La tabella n.1 e il grafico A evidenziano l'andamento "flat" dei traffici per le due tipologie di domanda, veicoli leggeri e veicoli pesanti, con riferimento al periodo 2003-2008.

Nell'ambito di tale complessiva stazionarietà, si registra un punto di svolta superiore all'anno 2007, oltre cui si è verificata una leggera inversione di tendenza, con un ribasso appena percettibile per i veicoli leggeri e, più evidente, per i veicoli pesanti.

Tale andamento negativo sta risultando ancor più evidente nei primi mesi del 2009 (cfr. grafico B), specie per il trasporto merci, in coincidenza degli effetti contingenti indotti dalla crisi economica internazionale.

L'osservazione delle rappresentazioni modellistiche effettuate nell'ambito dei vari studi di pianificazione integrata del Corridoio Ti.Bre. lascia intendere, in ogni caso, la presenza di un avvio dell'effetto di compensazione esercitato dagli interventi entrati a parziale esercizio sulla A1, confermato dal trend più critico per i volumi di domanda riferiti al traffico pesante, tipicamente di lunga e media percorrenza sull'asse nazionale nord-sud.

L'andamento dei volumi di traffico nel triennio 2005-2007 è rappresentato in tab.1.




**TAB.1 – Andamento dei volumi di traffico nel quinquennio 2003-2008**

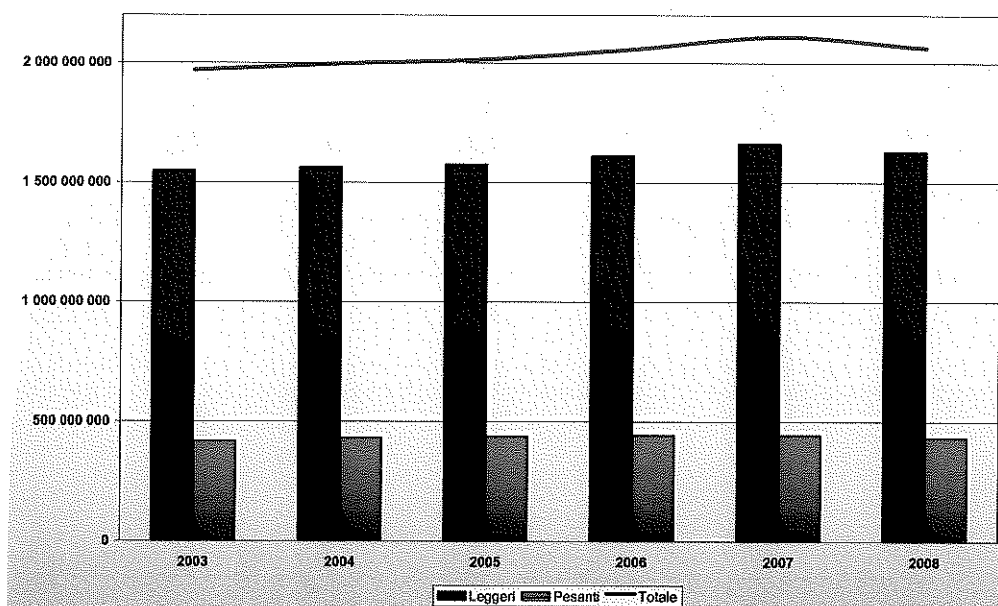
Elaborazione Csst su dati

**salt**  
società  
nazionale  
liquore  
toscana  
Gruppo S.A.S. Salt

Classe	ANNO 2003			
	Pianura	Montagna	Totale	
Leggeri	959 454 293	589 950 161	1 549 404 454	
Pesanti	266 348 210	150 931 916	417 280 126	
<b>Totale</b>	<b>1 225 802 503</b>	<b>740 882 077</b>	<b>1 966 684 580</b>	
Classe	ANNO 2004			Trend rispetto all'anno precedente
	Pianura	Montagna	Totale	
Leggeri	970 388 489	592 342 180	1 562 730 669	0.86
Pesanti	274 579 382	156 495 596	431 074 978	3.31
<b>Totale</b>	<b>1 244 967 871</b>	<b>748 837 776</b>	<b>1 993 805 647</b>	<b>1.38</b>
Classe	ANNO 2005			Trend rispetto all'anno precedente
	Pianura	Montagna	Totale	
Leggeri	980 576 057	593 770 094	1 574 346 151	0.74
Pesanti	279 276 383	158 190 581	437 466 964	1.48
<b>Totale</b>	<b>1 259 852 440</b>	<b>751 960 675</b>	<b>2 011 813 115</b>	<b>0.90</b>
Classe	ANNO 2006			Trend rispetto all'anno precedente
	Pianura	Montagna	Totale	
Leggeri	1 007 742 899	604 845 048	1 612 587 947	2.43
Pesanti	283 167 823	160 075 375	443 243 198	1.32
<b>Totale</b>	<b>1 290 910 722</b>	<b>764 920 423</b>	<b>2 055 831 145</b>	<b>2.19</b>
Classe	ANNO 2007			Trend rispetto all'anno precedente
	Pianura	Montagna	Totale	
Leggeri	1 047 703 474	614 785 818	1 662 489 292	3.09
Pesanti	283 582 661	160 116 245	443 698 906	0.10
<b>Totale</b>	<b>1 331 286 135</b>	<b>774 902 063</b>	<b>2 106 188 198</b>	<b>2.45</b>
Classe	ANNO 2008			Trend rispetto all'anno precedente
	Pianura	Montagna	Totale	
Leggeri	1 023 711 367	603 755 373	1 627 466 740	- 2.11
Pesanti	273 339 614	159 722 963	433 062 577	- 2.40
<b>Totale</b>	<b>1 297 050 981</b>	<b>763 478 336</b>	<b>2 060 529 317</b>	<b>- 2.17</b>

*[Handwritten signature]*

**GRAF. A – Istogramma dei volumi di traffico di veicoli leggeri e pesanti nel quinquennio 2003-2008**



Da essa si evince che:-

- ⇒ negli ultimi anni, l'andamento di crescita riguarda in modo relativamente costante i veicoli leggeri: infatti, il flusso giornaliero medio delle autovetture ha avuto un incremento del 2,4% tra il 2005 ed il 2006 e del 3,1% tra il 2006 ed il 2007, mentre un andamento di decrescita (del 2,1%) si è registrato solamente tra il 2007 e il 2008;
- ⇒ le percorrenze dei veicoli pesanti hanno evidenziato invece un trend di crescita progressivamente sempre minore, fino a passare sul negativo all'ultimo anno: l'incremento è passato dal + 1,5% tra il 2005 ed il 2006, alla sostanziale stabilità tra il 2006 ed il 2007, fino al segno negativo di - 2,4% tra il 2007 e il 2008;
- ⇒ nel complesso, il volume del traffico del 2008 rispetto al 2007 nella rete autostradale SALT registra un decremento del 2,2%, sostanzialmente speculare all'incremento del 2,4% che si è verificato l'anno precedente, ossia tra il 2006 e il 2007;

In prima analisi, si può osservare che un simile andamento rispecchia la vocazione della A12 ancora orientata a servire flussi con forte connotazione stagionale (cfr. tabella 2 e grafico B), mentre stenta a raggiungere i medesimi risultati di crescita delle altre autostrade della rete nazionale centro-settentrionale relativamente al traffico commerciale.

*[Handwritten signature]*

**TAB. 2 – Andamento dei volumi di traffico su base mensile tra aprile 2008 e marzo 2009**

*(dati disponibili più recenti)*

Classe	APRILE 08			MAGGIO 08			GIUGNO 08		
	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale
Leggeri	79 135 986	47 599 219	126 735 205	89 221 999	53 000 151	142 222 150	97 086 901	55 317 174	152 404 075
Pesanti	24 749 072	14 570 729	39 319 801	25 863 106	15 059 686	40 922 792	24 366 997	13 923 931	38 290 928
Totale	103 885 058	62 169 948	166 055 006	115 085 105	68 059 837	183 144 942	121 443 898	69 241 105	190 685 003

Classe	LUGLIO 08			AGOSTO 08			SETTEMBRE 08		
	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale
Leggeri	115 609 752	65 129 234	180 738 986	130 457 693	75 546 994	206 004 687	90 145 966	51 896 086	142 042 052
Pesanti	27 729 536	15 527 298	43 256 834	19 304 425	10 957 540	30 261 965	24 044 835	13 855 427	37 900 262
Totale	143 339 288	80 656 532	223 995 820	149 762 118	86 504 534	236 266 652	114 190 801	65 751 513	179 942 314

Classe	OTTOBRE 08			NOVEMBRE 08			DICEMBRE 08		
	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale
Leggeri	78 908 338	48 023 635	126 931 973	66 294 424	39 668 267	105 962 691	67 990 540	40 998 201	108 988 741
Pesanti	23 831 197	14 136 585	37 967 782	19 429 628	11 649 647	31 079 275	17 354 435	10 387 759	27 742 194
Totale	102 739 535	62 160 220	164 899 755	85 724 052	51 317 914	137 041 966	85 344 975	51 385 960	136 730 935

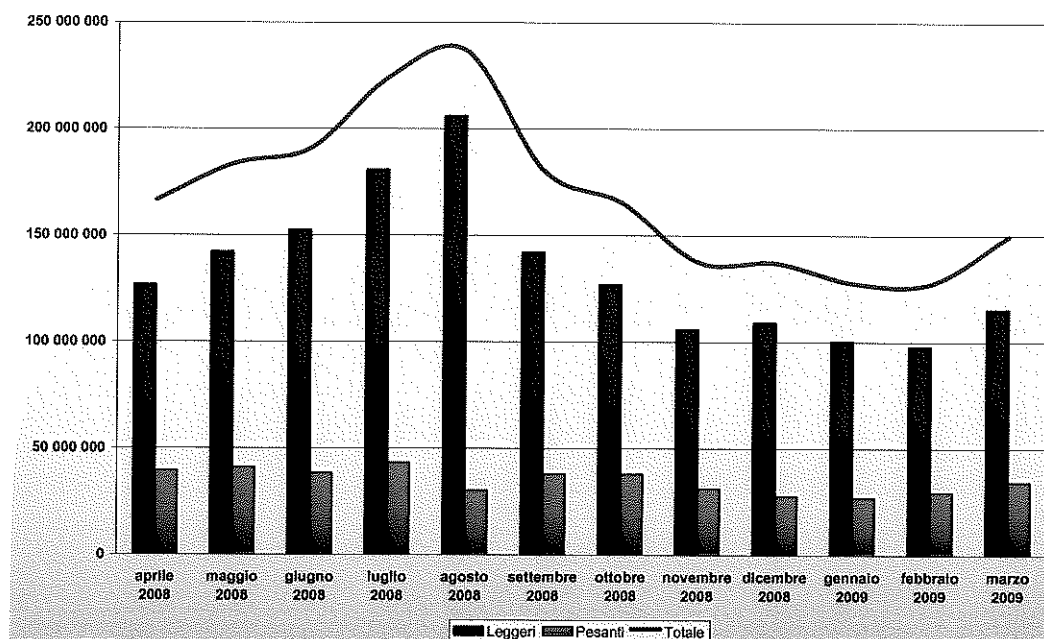
Classe	GENNAIO 09			FEBBRAIO 09			MARZO 09		
	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale	Pianura	Montagna	Totale
Leggeri	62 635 269	37 843 132	100 478 401	60 940 974	36 743 578	97 684 552	71 992 366	43 279 517	115 271 883
Pesanti	16 677 675	10 151 613	26 829 288	18 275 881	11 067 073	29 342 954	21 243 842	12 806 370	34 050 212
Totale	79 312 944	47 994 745	127 307 689	79 216 855	47 810 651	127 027 506	93 236 208	56 085 887	149 322 095

*[Firma]*

*[Firma]*

**GRAF. B** – Istogramma dei volumi di traffico su base mensile tra aprile 2008 e marzo 2009

(dati disponibili più recenti)



L'andamento stagionale evidenzia picchi di domanda soprattutto nei mesi estivi, ma va sottolineato che tale dato è la risultante di una serie di notevoli picchi di traffico che si verificano su fasce temporali particolarmente concentrate (in particolare, a inizio e fine week-end) e in condizione di sostanziale assenza di traffico pesante. Tale elemento induce ad osservare come i livelli di servizio permanentemente peggiori, dal punto di vista operativo, si verifichino in realtà nei giorni feriali dei mesi di punta (giugno e luglio).

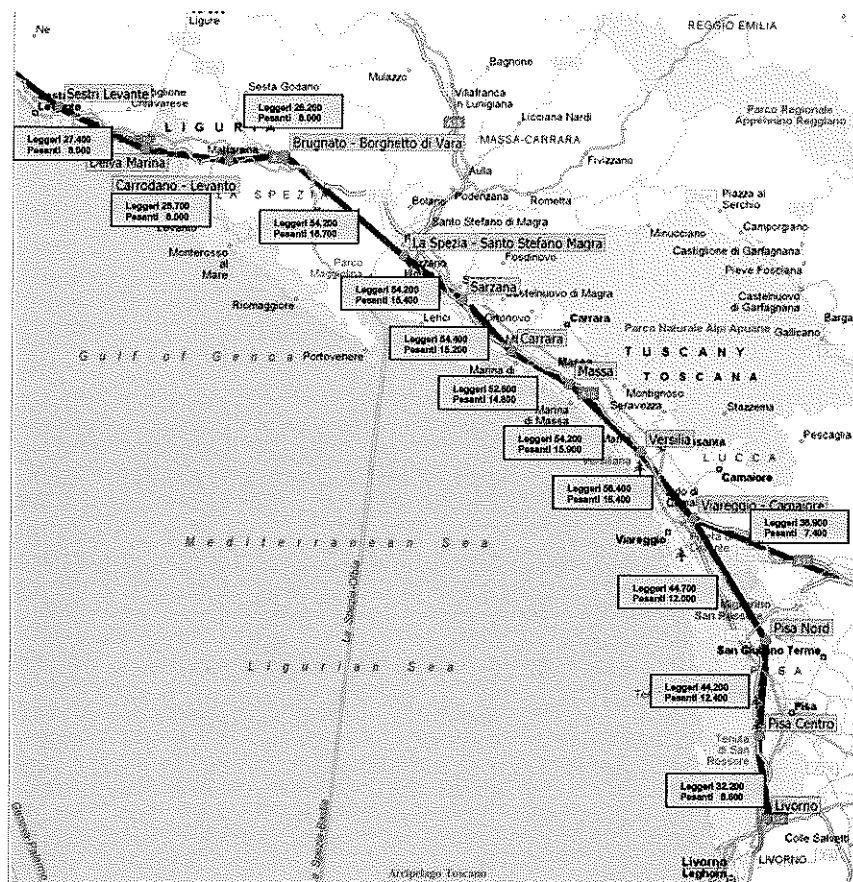
La quota di traffico pesante del 21% (che balza al 30% se si considerano i soli giorni feriali) evidenzia un potenziale importante dal punto di vista dell'impegno di traffico commerciale, ma la crescita risulta essere limitata in ragione dell'incompletezza del corridoio medio ed alto tirrenico di grande comunicazione, funzionale soprattutto ai traffici operativi, che attualmente continuano ad insistere sulla Dorsale Centro-Appenninica, che non solo è funzionalmente più completa, ma è anche in corso di potenziamento.

In termini di Traffico Giornaliero Medio (TGM), il tratto elementare della rete SALT Viareggio-Versilia attualmente presenta la maggiore intensità di traffico, in termini di TGM nelle due direzioni, con un volume di circa 60.000 transiti nel giorno feriale medio del mese di punta.

Ma è l'intero macro-tratto S.Stefano Magra – Viareggio che presenta volumi medi giornalieri particolarmente sostenuti, intorno ai 55.000 veicoli complessivi, con quote di traffico commerciale pesante assai vicine al 30% (fig. 1).

**FIG.1**

Intensità di traffico al 2008 (TGM bidirezione nel giorno medio feriale del mese di punta)



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



## 4. Principali variabili di natura macro-economica e trasportistica

L'andamento del traffico autostradale presenta una correlazione di intensità variabile rispetto ad una serie di fenomeni e variabili di natura esogena rispetto a quelli riconducibili direttamente ai fattori di mobilità stradale.

Tali variabili di natura esogena possono essere analizzate sulla base degli andamenti e delle serie storiche degli ultimi anni.

Una serie storica si definisce come un insieme di variabili, nel caso in esame di osservazioni, protratte in modo ordinato rispetto al tempo.

L'elemento distintivo della serie storica è il tempo, che individua una "memoria storica" dell'evoluzione delle variabili.

Tale evoluzione porta ad ipotizzare un andamento più o meno graduale del fenomeno, per cui il dato registrato all'istante  $t$  sia più simile a quello osservato all'istante  $t-1$  piuttosto che ad un altro più distante.

L'analisi statistica delle serie storiche e delle correlazioni tra grandezze di natura diversa consente di individuare l'esistenza di fenomeni correlati tra di loro al fine di effettuare previsioni più affidabili per il futuro.

Nel caso in esame, sono state raccolte ed analizzate alcune serie storiche di variabili di tipo socio-economico e trasportistico di cui è stato possibile ottenere informazioni quantitative per almeno gli ultimi cinque anni, verificandone l'effettiva correlazione con l'andamento delle percorrenze annuali ampiamente descritte nel capitolo precedente.

Al fine di individuare le variabili più influenti, nello specifico delle stime incluse in questo documento, si sono valutate come primarie le variabili relative a :

- PIL nazionale (che si presuppone sia influente anche sul fenomeno della mobilità turistica)
- traffico portuale medio ed altro tirrenico

Al fine di raccordare in modo coerente le curve di regressione con i valori storici relativi all'anno in corso, le curve di regressione sono state armonizzate sul valore corrispondente all'ultimo anno consolidato (tipicamente il 2008).



#### 4.1. Prodotto Interno Lordo (PIL)

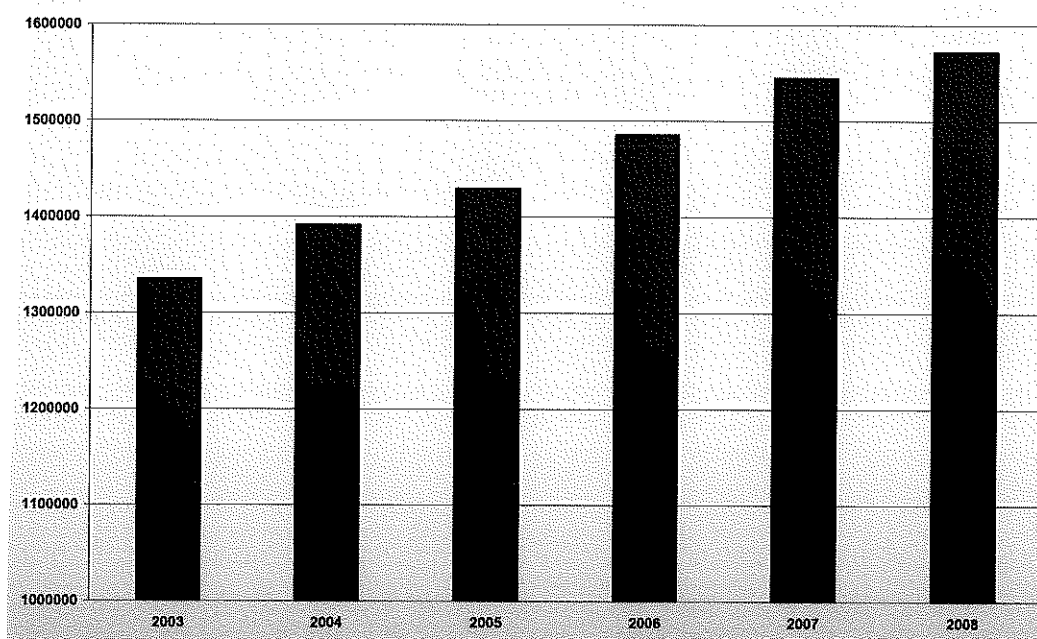
Uno dei parametri di riferimento per lo sviluppo economico di una regione è il Prodotto Interno Lordo (PIL), che è indice del valore complessivo dei beni e dei servizi finali prodotti in un anno.

I dati analizzati riguardano l'andamento del PIL nazionale dal 1993 al 2008 (fonte Eurostat).

Per quanto riguarda il dato nazionale, negli ultimi quindici anni vi è stata una continua crescita del valore assoluto del PIL, con variazioni percentuali annue caratterizzate da un andamento altalenante (cfr. grafico 3).

Tale indicazione non è trascurabile, in quanto, mentre è storicamente assodata la correlazione tra la crescita del PIL e quella del traffico, non risulta altrettanto verificata la correlazione tra l'incremento percentuale del PIL e quello del traffico.

**GRAF. C** – Istogramma dei valori di crescita del PIL (periodo 2003 – 2008) – Fonte Eurostat



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

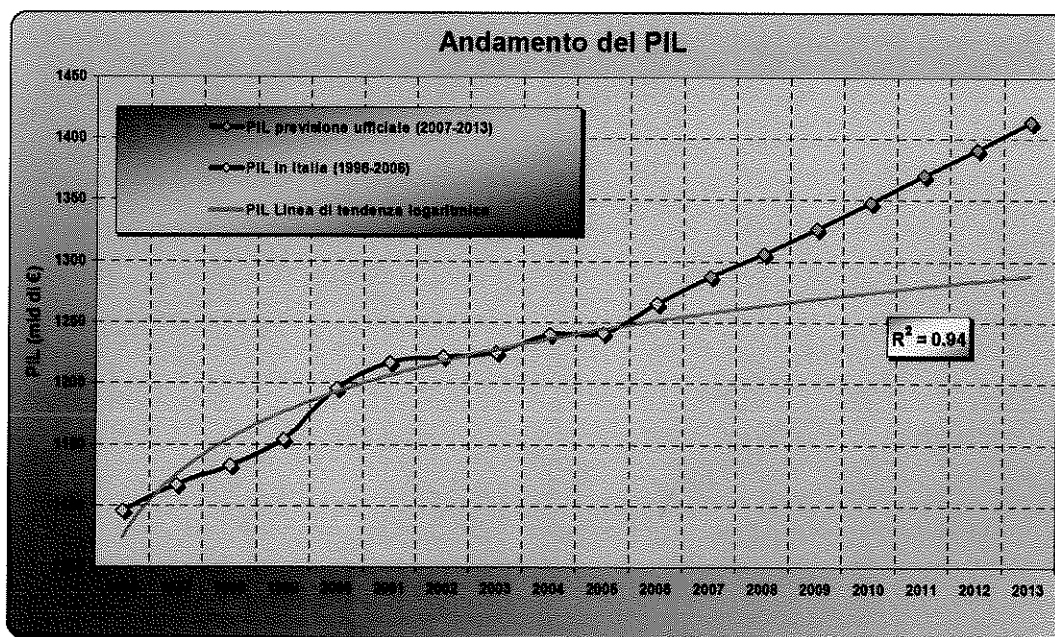
Le previsioni sull'andamento del PIL nazionale dipendono solitamente da molti fattori di previsione legati al possibile andamento economico italiano ed internazionale; gli analisti ed i funzionari governativi effettuano stime anche sulla base di fattori non solamente "strutturali" ma di carattere "politico".

Ne consegue che storicamente si sono effettuate previsioni che si sono poi rivelate troppo "ottimistiche". In tal senso hanno contribuito anche fattori socio-economici e politici di carattere internazionale poco prevedibili.

Ad esempio, secondo le stime ufficiali il valore assoluto del PIL in Italia tra il 2000 e il 2005 sarebbe dovuto crescere di 8,57 punti percentuali, mentre in realtà l'incremento è stato appena del 3,85%.

Nel grafico 4, si riporta l'andamento del PIL previsto per i prossimi cinque anni, confrontato con una stima effettuata attraverso l'analisi della curva di regressione maggiormente correlata con l'andamento storico degli ultimi dieci anni (logaritmica). Si può facilmente constatare che anche in questo caso, vi sono consistenti differenze di valutazione.

**GRAF. D — Andamento del PIL ufficiale '96-'06 in relazione alle previsioni ufficiali '07-'13**



Nel prendere in esame l'andamento da porre in correlazione con il trend della domanda dei traffici insistenti sulla A12 Salt, si è valutata la notevole incidenza che la crisi del periodo 2008-

*[Handwritten signature]*

2009 ha prodotto in termini di contrazione della domanda di trasporto merci, con una ricaduta sensibile sull'andamento delle percorrenze dei veicoli pesanti.

Si è altresì valutato il minor impatto della crisi economica rispetto all'andamento dei flussi turistici, con una ricaduta sostanzialmente irrilevante sull'andamento delle percorrenze delle autovetture nei periodi di punta di esodo turistico-balneare.

Alla luce di quanto sopra esposto, la stima dell'andamento medio del PIL nazionale per i prossimi anni è stata effettuata utilizzando come "*previsione di massima*" quella ufficiale, mentre per la "*previsione di minima*" la linea di tendenza logaritmica.

Dalle stime massima e minima del PIL utilizzate nel presente studio si ricava un valore medio utilizzato per la stima delle percorrenze. Tale valore è riportato di seguito:

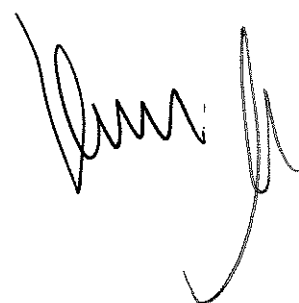
*Previsione del PIL nazionale nei prossimi anni*

Anno *Previsione media*

2009	- %
2010	<b>1.02%</b>
2011	<b>1.01%</b>
2012	<b>1.00%</b>
2013	<b>0.99%</b>

## **4.2. Il Traffico Portuale**

Riguardo alle attualizzazioni specifiche dei traffici commerciali considerati nello studio, è stato identificato il sistema portuale del medio-alto Tirreno, comprensivi dei i porti di:



- Genova;
- La Spezia;
- Marina di Carrara;
- Livorno;
- Piombino;
- Civitavecchia.

I Piani Regolatori dei suddetti Porti e i Piani di sviluppo messi a punto dalle diverse Autorità Portuali evidenziano le potenzialità di sviluppo di detti scali nei prossimi anni.

Il porto di **Genova** può essere considerato il maggiore del sistema dell'alto Tirreno e l'unico comparabile ai grandi porti del Nord Europa per strutture e volumi di traffico. E' il secondo porto italiano per volumi di traffico di merce convenzionale e container movimentati in Italia dopo Gioia Tauro e, in particolare, movimenta circa la metà delle merci dell'intero sistema portuale dell'alto Tirreno.

Inoltre, è recentemente entrato in funzione il nuovo terminal container di Voltri che dispone delle necessarie strutture di connessione con la rete ferroviaria. La nuova struttura, ha così permesso un forte incremento del traffico container che vede, nel porto di Genova, un valido scalo grazie all'accessibilità stradale e soprattutto ferroviaria dal bacino padano.

Il porto di **La Spezia**, grazie alla alta accessibilità alle reti dei trasporto stradale e ferroviario, ha da tempo sviluppato il trasporto combinato; infatti oggi è il terzo porto italiano per movimentazione di container e lo è solo a causa dell'apertura del terminale di Voltri del porto di Genova.

Attualmente è efficiente un retroporto con piattaforma logistica di oltre 600.000 mq oggetto di razionalizzazione in funzione della realizzazione di aree da adibire al deposito e alla manutenzione dei container, oltre alla realizzazione di un autoparco, un centro servizi e un'area a servizio della gestione logistica funzionalmente raccordata alla rete ferroviaria.

Il porto, alle cui banchine attraccano oltre 50 linee di trasporto, è collegato con i maggiori terminal intermodali del centro e Nord Italia grazie all'utilizzo della tecnologia intermodale.

Il porto di **Livorno** partecipa alla classe dei porti principali grazie alla sua ampia offerta di servizi e grazie all'elevato volume dei traffici merci e passeggeri che riesce a movimentare, le cui dinamiche sono in costante e positiva evoluzione.

La struttura di **Marina di Carrara** spicca a livello nazionale per la sua specializzazione nel trasporto di materiali lapidei, importati ed esportati in tutto il mondo. La struttura portuale, che imbarca il 23% delle pietre esportate in Italia e sbarca il 72% di quelle importate, è dotata di una struttura retroportuale di servizio, in programma di ampliamento e razionalizzazione.



I dati di traffico confermano la valenza regionale del porto per i traffici merci, e l'alta specializzazione nel trasporto dei marmi e delle pietre in genere, che conferisce una valenza decisamente nazionale.

Il PRG dell'Autorità del Porto di Marina di Carrara prefigura inoltre un notevole sviluppo dei traffici container.

Il porto di **Piombino** è attrezzato per la movimentazione delle materie prime necessarie alla produzione dell'acciaio per le acciaierie situate nella parte a nord, dove si trovano altre strutture destinate ai traffici portuali.

La linea ferroviaria dal centro di Piombino risulta peraltro collegata alla linea tirrenica, garantendo la continuità in direzione di Roma.

Il porto di **Civitavecchia**, per quanto riguarda l'accessibilità ferroviaria, è in grado di utilizzare un fascio di 6 binari che è connesso alla linea tirrenica, mentre l'accessibilità stradale è garantita dal collegamento con la SS1 Aurelia.

Il traffico totale delle merci è costantemente in crescita dal 1991.

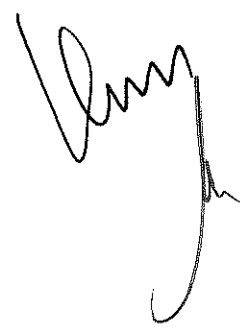
**TABELLA 2 - TRAFFICO MERCI E PASSEGGERI DEI PORTI DEL SISTEMA DELL'ALTO TIRRENO**

Porto	Rinfuse liq. milioni tonn.	Rinfuse sol. milioni tonn.	Merci varie milioni tonn.	Totale mil tonn.	TEU/ mil	Pass. milioni
Genova	18,01	9,10	18,64	45,76	1,266	2,21
La Spezia	3,46	2,06	8,35	13,88	0,732	0,04
Livorno	10,01	0,78	11,44	22,24	0,535	1,48
Marina di Carrara			3,15	3,15	0,003	
Piombino	1,50	4,16	1,94	7,62		3,07
Civitavecchia	5,20	1,48	3,99	10,67	0,009	2,03
<b>Totale</b>	<b>45,78</b>	<b>20,84</b>	<b>49,37</b>	<b>116,60</b>	<b>2,559</b>	<b>9,29</b>
Totale porti Italia 1996	231,43		212,08	443,51	3,637	70,72

Fonte: PGT

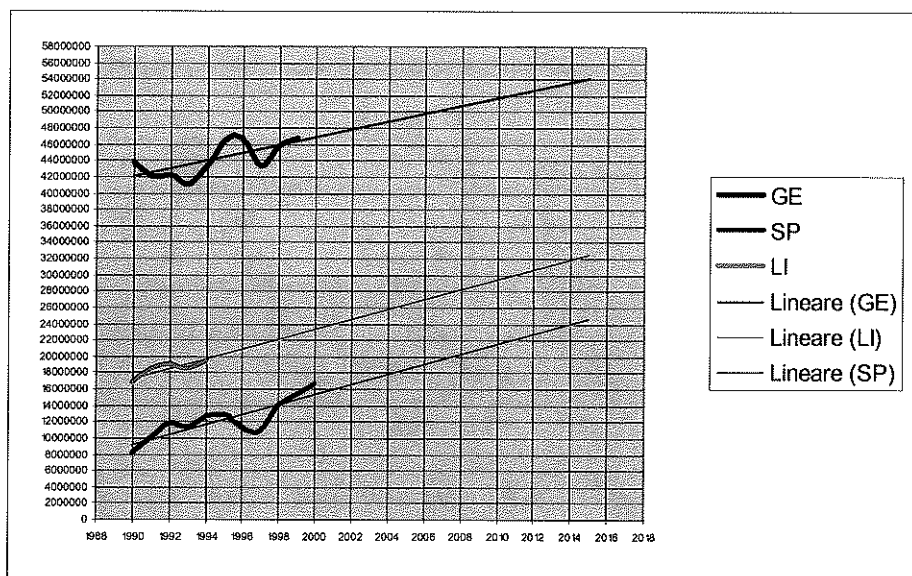
**TABELLA 3 - RATEI DI CRESCITA DEI TRAFFICI PORTUALI NEI PRINCIPALI PORTI DEL SISTEMA MEDIO-ALTO TIRRENICO**

	Rateo annuo	Rateo 2000-2008	Rateo 2000-2015
<b>Genova</b>	2,8%	24,7%	51,3%
<b>La Spezia</b>	3,4%	30,7%	65,1%
<b>Livorno</b>	4,4%	41,1%	90,8%



**GRAFICO E - TENDENZA DI SVILUPPO DEI TRAFFICI MERCI NEI PRINCIPALI PORTI DEL SISTEMA ALTO TIRRENICO**

**DAL 1990 AL 2015**



### 4.3. *Analisi delle correlazioni*

Nel presente capitolo verranno ricercate le principali correlazioni tra gli andamenti storici delle variabili definite nel capitolo precedente ed i corrispondenti flussi di traffico, al fine di stabilire i rapporti di causa-effetto che possano sostenere le previsioni di sviluppo del traffico stimate nei successivi capitoli.

Analizzando gli andamenti delle serie storiche, sia sotto forma di valori assoluti che di variazioni percentuali, è possibile determinare i fattori di correlazione da cui derivano possibili previsioni sugli andamenti futuri.

L'analisi delle correlazioni nel seguito sviluppata ha potuto evidenziare come alcune delle variabili individuate, la cui correlazione con lo sviluppo del traffico a livello generale non può

*[Handwritten signature]*

essere messa in discussione in quanto è riportata in molte autorevoli analisi statistiche di rilevanza nazionale, nel caso specifico forniscano indici di correlazione piuttosto modesti; ciò può essere imputato ad una serie concomitante di fattori di carattere locale, tra cui la forte presenza di traffico turistico ed occasionale, gli andamenti dei parametri socio-economici della Regione, disgiunti da quelli a livello nazionale, la natura transfrontaliera dell'infrastruttura nel contesto della rete autostradale nazionale, ecc.. Il modello implementato cerca di tenere in considerazione tali peculiarità.

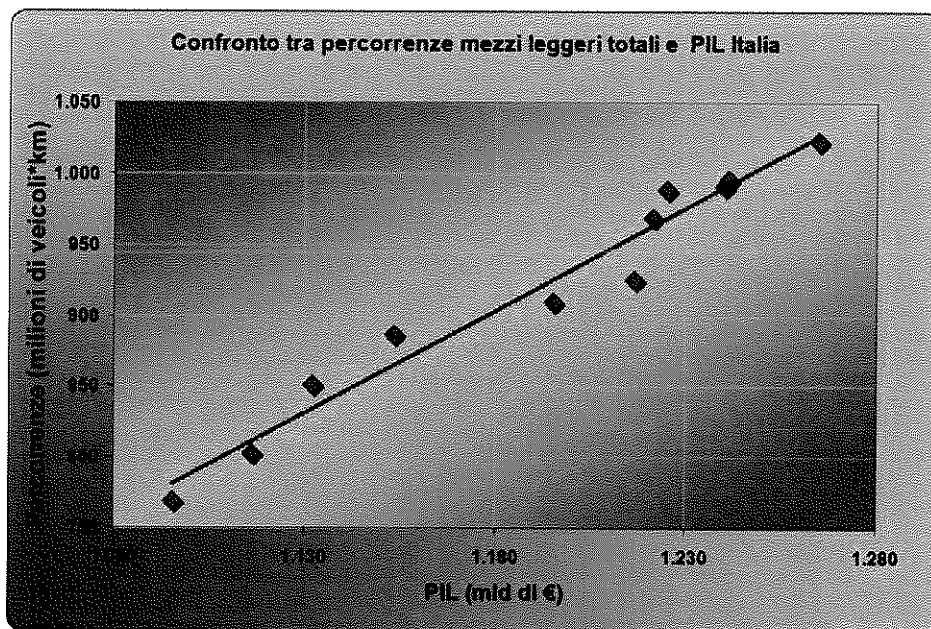
### **CORRELAZIONE DEL TRAFFICO CON IL PIL**

Sia l'incremento percentuale annuale del PIL nazionale non sono direttamente correlati con gli incrementi percentuali annuali delle percorrenze dei veicoli leggeri.

E' indubbio che storicamente le due serie storiche hanno sempre avuto una tendenza crescente, mentre l'andamento del traffico è sempre stato caratterizzato da una crescita continua, quello del PIL ha subito, sporadicamente, delle flessioni. Inoltre, non sembrano evidenti correlazioni dirette tra le variazioni percentuali delle due serie storiche.

Viceversa, se si analizzano le serie storiche dei valori assoluti delle grandezze in esame, sul medio/ungo periodo (1997/2007) si percepisce una corrispondenza assai più stretta (Graf. F).

**GRAFICO F - CORRELAZIONE TRA PERCORRENZE VEICOLI LEGGERI E PIL**

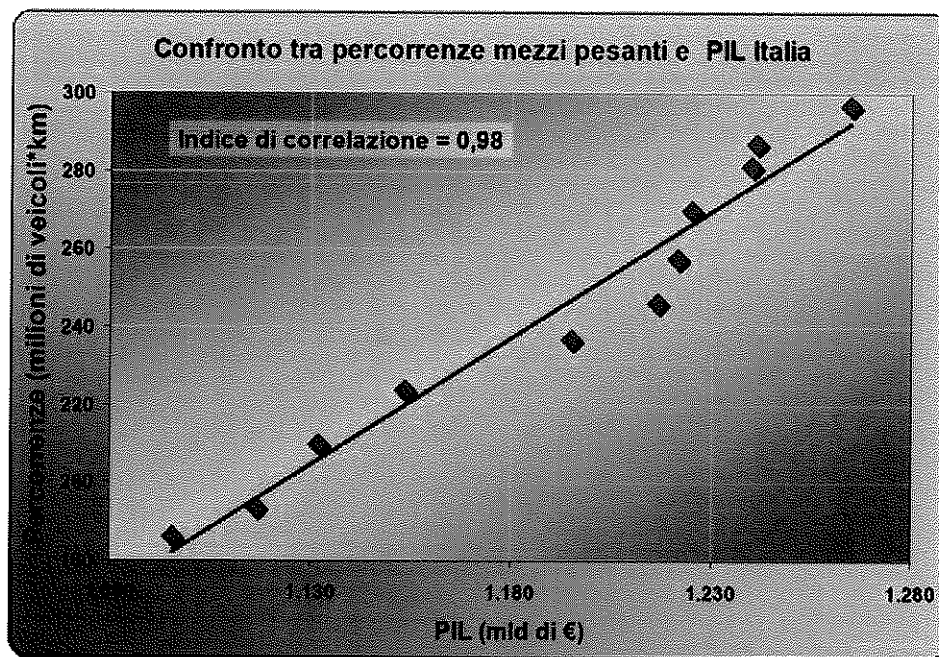


*[Handwritten signature]*



Anche il traffico di veicoli pesanti è influenzato dall'andamento del PIL nazionale, anche se altri fattori, quali le componenti di traffico internazionale e le attività portuali, risultano altrettanto determinanti (Graf. G).

**GRAFICO G - CORRELAZIONE TRA PERCORRENZE VEICOLI MERCI E PIL**



Nella seguente tabella si riportano i coefficienti di correlazione tra le diverse componenti del traffico ed il PIL nazionale.

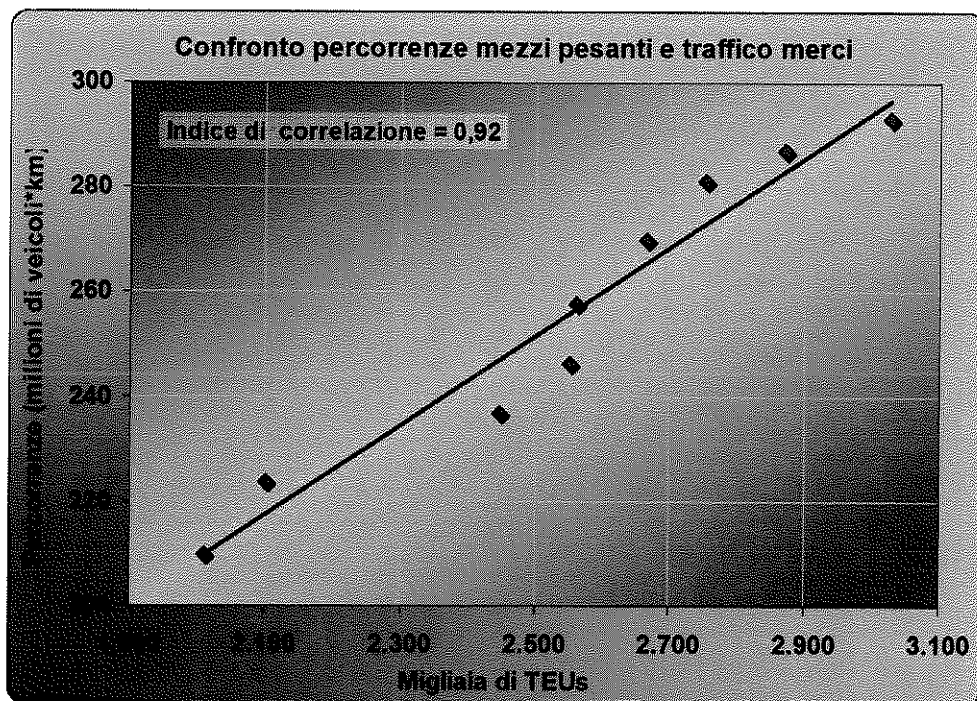
<u>Componente</u>		<u>Coefficiente</u>
Leggeri Ordinari		0,98
Leggeri Occasionali		0,94
Pesanti		0,98

### **CORRELAZIONE DEL TRAFFICO CON LA MOVIMENTAZIONE DELLE MERCI NEI PORTI DEL MEDIO-ALTO TIRRENO**

L'analisi della correlazione tra la movimentazione delle merci nei porti del medio e alto Tirreno, espressa in TEU (Tonnellate Equivalenti Unitarie: è l'unità di misura utilizzata per quantificare le merci in transito presso uno scalo portuale ed è utilizzata per standardizzare il peso dei contenitori, svincolandoli dalle tipologie di merci da essi trasportate) ed il traffico di veicoli pesanti evidenzia una forte correlazione tra le due serie storiche.

Nel Grafico H tale correlazione viene riportata graficamente; il coefficiente di correlazione calcolato nell'intervallo 2003-2007 è infatti pari a **0,92**.

**GRAFICO H - CORRELAZIONE TRA PERCORRENZE VEICOLI MERCI E TRAFFICO PORTUALE (MEDIO-ALTO TIRRENO)**



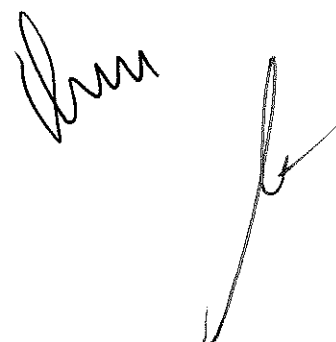
## 5. Scenari d'intervento e previsioni sui volumi di traffico

Per la definizione delle previsioni di domanda, negli anni dal 2009 al 2013, sono stati considerati i seguenti parametri finalizzati alle funzioni modellistiche:

- ⇒ scenario d'intervento, con entrata in esercizio posizionata all'anno 2013, della Variante di Valico sulla A1 e degli altri interventi di potenziamento della Dorsale Centrale-Appenninica (crf. Cap.2.1.);
- ⇒ attualizzazione della domanda, in relazione alle variabili d'influenza individuate (cfr. cap. 4.)
- ⇒ struttura tariffaria invariata e differenziata tra i concessionari autostradali rispetto al vigente anno 2009

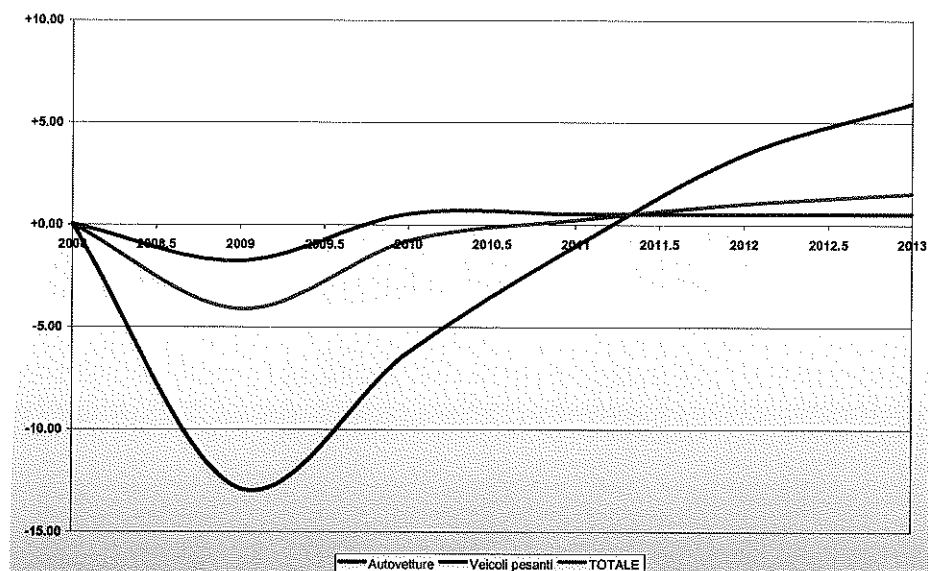
Se ne è ricavata una stima degli andamenti medi di evoluzione della domanda di trasporto (Graf. I e L), con suddivisione tra macro tipologie veicolari, in base alla classificazione ufficiale adottata dai soggetti concessionari autostradali italiani, espressi in indici di incremento rispetto all'anno precedente e in valori assoluti annui dei veicoli-Km.

	Autovetture		Veicoli pesanti			Totale veicoli
	variazione %	Veicoli KM	variazione %	Veicoli KM	variazione %	Veicoli KM
2008		1 627 466 740		433 062 577		2 060 529 317
2009	-1.80%	1 598 172 339	-12.90%	377 197 505	-4.15	1 975 369 843
2010	+0.50%	1 606 163 200	-6.30%	353 434 062	-0.82	1 959 597 262
2011	+0.50%	1 614 194 016	-1.10%	349 546 287	+0.20	1 963 740 303
2012	+0.50%	1 622 264 986	+3.40%	361 430 861	+1.00	1 983 695 847
2013	+0.05%	1 630 376 311	+5.90%	382 755 282	+1.50	2 013 131 593



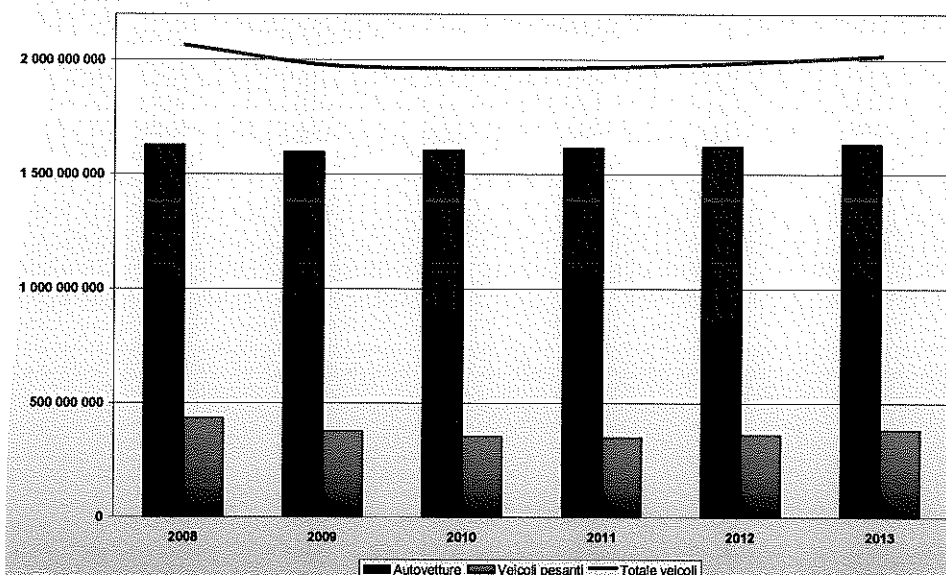
## GRAFICO I

Trend evolutivi del traffico sulla A12 SALT stimati nel quinquennio 2009-2013 (veicoli leggeri e pesanti)



## GRAFICO L

Istogramma dei volumi di traffico di veicoli leggeri e pesanti stimati nel quinquennio 2009-2013



Nella determinazione della stima del trend di domanda, si sono differenziati in modo netto i fenomeni previsti per la domanda di mobilità su autovettura e quelli previsti per la domanda di mobilità su mezzo pesante.

Infatti, dall'osservazione dell'andamento degli ultimi mesi del 2008 e dei primi mesi del 2009, ivi compresi quelli relativi ai grandi esodi turistici delle festività pasquali 2009, che possono considerarsi all'interno della fase acuta della crisi economico-finanziaria internazionale, si è verificato un fenomeno di forte volatilità del traffico pesante rispetto a quello automobilistico (ordinario e turistico).

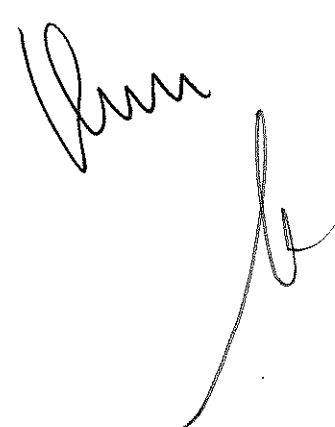
Alla luce di queste osservazioni, si è ritenuto di prevedere una stima di sensibile contrazione della domanda di traffico merci (e quindi di percorrenze per i mezzi pesanti) fino al 2010, prefigurando un progressivo allentamento del trend decrescente nel 2011, per individuare un andamento di ripresa nel 2012 e 2013.

Molto meno volatile è invece la stima relativa alle percorrenze delle autovetture: viene prefigurata una contrazione di quasi il 2% nel 2009, rispetto al 2008, per poi individuare un trend di crescita pressoché costante, pari allo 0,5% all'anno, fino al 2013.

In termini complessivi, la valutazione stima un decremento dei flussi unitari complessivi nel quinquennio 2009-2013 pari a poco meno di - 2,30%, articolato in una decrescita pari a - 5% nel biennio di crisi 2009-2010, dovuto, come detto, soprattutto alla contrazione del traffico commerciale pesante, e in una crescita pari a + 2,70% nel successivo triennio 2011-2013, che si presume sarà di "ripresa economica".

Va sottolineato che viene considerato, nel complesso della stima sugli andamenti dei flussi sulla A12 Salt, che nel periodo 2009-2013, la curva di variazione assumerebbe un andamento influenzato anche dall'effetto compensativo esercitato dall'entrata in esercizio della Variante di Valico e delle nuove corsie di potenziamento sulla A1, che influenzerebbe la ripartizione sulla rete autostradale nazionale dei flussi di lunga percorrenza a favore della dorsale centro-appenninica.

Si è stimato un relativo recupero del trend positivo dei volumi di traffico nel periodo 2011-2013, in ragione di un duplice effetto, il primo di natura "macro" riconducibile ad una possibile ripresa economica o, quantomeno, all'attenuazione degli effetti dell'attuale crisi, il secondo di natura tecnica, riconducibile ad un possibile inizio di leggero riassorbimento dei traffici di lunga percorrenza dalla dorsale centrale-appenninica che, nonostante le opere di potenziamento sulla A1, potrebbe tornare a presentare entro breve tempo un livello di servizio non ottimale.



## 6. Coordinate metodologiche generali

La metodologia utilizzata per definire le modalità e i criteri di calcolo dei flussi di traffico per le simulazioni modellistiche hanno riguardato la definizione di un **modello di offerta** e di un **modello di domanda**.

### 6.1.. Modello di Offerta


Il modello di offerta, che fa riferimento alla rete stradale delle Province di La Spezia, Massa Carrara, Lucca e Pisa, consiste in una descrizione matematica dei principali elementi del sistema reale e delle loro relazioni; esso si basa sulla teoria dei grafi, sulle funzioni di costo/flussi e di prestazione degli archi della rete.

La costruzione del modello di offerta è definita da una sequenza di fasi che viene descritta nel seguito.

La prima fase consiste nella *delimitazione dell'area di studio*: viene definita l'area geografica che "circonda" il sistema di trasporto da studiare (sistema di progetto per l'area A12 e principali direttrici afferenti e parallele) e nella quale si ritiene si esaurisca la maggior parte degli effetti degli interventi progettati. Ciò che si trova al di fuori dell'ideale cordone, cioè della linea di confine che racchiude l'area di studio, costituisce l'ambiente esterno interessato esclusivamente dalle interconnessioni con il sistema di progetto (nel caso specifico, le Regioni che interagiscono maggiormente con il sistema autostradale e di viabilità primaria compresa tra La Spezia, Massa, Carrara, Lucca, Viareggio).

Nel dettaglio, si considera l'intera rete autostradale delle Regioni Piemonte, Val d'Aosta, Lombardia, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Lazio, Abruzzo e Campania, la rete stradale primaria di grande comunicazione regionale delle Regioni suddette e, relativamente alle Province di La Spezia, Lucca, Massa Carrara, Pisa, la viabilità statale e provinciale e le principali strade ordinarie e di penetrazione urbana.

L'area di studio è stata suddivisa in zone di traffico omogenee dal punto di vista delle caratteristiche insediative e dell'offerta di trasporto; a ciascuna zona viene associato un punto (nodo centroide) nel quale si ritengono concentrate le origini e le destinazioni degli spostamenti che interessano la zona.



Nello specifico dello studio in oggetto, la zonizzazione è stata implementata secondo i confini di tutti i Comuni delle Regioni suddette.

Uniche eccezioni, i Comuni di La Spezia, Sarzana, Carrara, Massa, Camaiore, Viareggio, che sono state suddivise in più sottozone.

L'estrazione del grafo ha consentito l'individuazione delle posizioni spazio-temporali (nodi) e dei loro collegamenti (archi) che sono stati ritenuti significativi ai fini della rappresentazione della rete. Sono state individuate le strade da includere nel modello, compresi gli archi (fittizi) di collegamento tra i centroidi e la rete e definite le caratteristiche degli elementi del grafo.

I modelli delle reti di trasporto rappresentativi dei sistemi di offerta sono stati completati definendo le *funzioni di costo*, applicando le necessarie variazioni per la definizione dei parametri di calcolo per il trasporto merci.

Il *costo generalizzato*  $C_a$  associato a ciascun arco  $a$  della rete stradale viene calcolato utilizzando la seguente relazione:

$$C_a = t_{ra} + a.(C_c L_a + C_p)$$

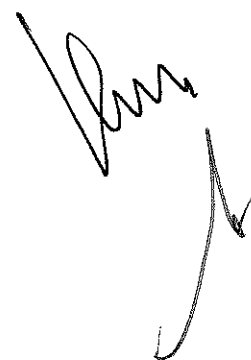
dove:

- $t_{ra}$  è il tempo di "running" ovvero il tempo di percorrenza dell'arco al netto del ritardo alla intersezione finale o alle barriere autostradali;
- $t_{wa}$  è il tempo di attesa (ritardo) alla eventuale intersezione finale o alle barriere autostradali;
- $C_c$  è il costo monetario variabile in funzione delle velocità (consumo di carburante, ecc.) connesso alla percorrenza di un tratto di strada di lunghezza unitaria;
- $C_p$  è il costo monetario dell'eventuale pedaggio pagato per percorrere un arco;
- $L_a$  è la lunghezza dell'arco  $a$ ;
- $\alpha$  è il valore temporale dell'unità monetaria (coefficiente di sostituzione di denaro in tempo) così come percepito dagli utenti nell'effettuare le scelte di percorso sulla rete.

La velocità di "running" per le strade viene calcolata con il seguente modello:

$$V_r = 31.1 + 2.8L_u - 1.2P - 18.8T^2 - 10.4D - 1.4\left(\frac{INT}{L}\right)^{0.7} - (0.00005 + 0.0001S)\left(\frac{Q}{L_u}\right)^2$$

con:



$V_r$	=	velocità di "running" (km/h);
$L_u$	=	larghezza utile della strada (m);
$P$	=	pendenza (%);
$T$	=	grado di tortuosità (assume valori compresi tra 0 e 1);
$D$	=	grado di disturbo laterale (assume valori compresi tra 0 e 1);
$INT$	=	numero di intersezioni secondarie all'interno dell'arco;
$L$	=	lunghezza (km);
$Q$	=	flusso (veic/h);
$S$	=	1 se non esiste la possibilità di sorpasso, 0 altrimenti.

Il ritardo alle intersezioni viene calcolato utilizzando un adattamento della formula di Webster dovuto a Doherty:

$$d = 0.50C_e \cdot (1 - \lambda)^2 + \frac{0.55X}{C \cdot (1 - X)} \quad \text{per } X \leq 0.95$$

$$d = a + bX \quad \text{per } X > 0.95$$

con:

$d$	=	ritardo medio per veicolo (sec/veic);
$C_e$	=	durata del ciclo (sec);
$\lambda$	=	rapporto verde/ciclo;
$C$	=	capacità dell'accesso (veic/sec);
$X$	=	grado di saturazione;
$a, b$	=	parametri che caratterizzano l'equazione della rete tangente alla curva del ritardo per $x=0.95$ .

## 6.2. Modello di Domanda

Il modello di domanda può essere definito come una relazione matematica che permette di associare ad un dato sistema di attività e di offerta di trasporto il valore medio della domanda di trasporto viaggiatori e merci, con le sue caratteristiche rilevanti, in un determinato periodo di riferimento.

Per la ricostruzione della domanda attuale sono stati considerati i dati forniti da SALT relativi a vari periodo del 2008 e del 2009 e calibrati nel quadro di una matrice origine-destinazione intercaselli del traffico autostradale nazionale 2006 di fonte AISCAT.





Il modello di domanda disponibile è indicato nella letteratura del settore come modello ad *aliquote parziali*.

Il modello è costituito dai sottomodelli di emissione, distribuzione oraria, distribuzione spaziale e scelta modale (non sviluppato in questo studio); i primi due sono di tipo descrittivo mentre i rimanenti due sono di tipo comportamentale in quanto derivano da esplicite ipotesi sul comportamento degli utenti.

Il sistema di modelli simula la mobilità del singolo utente che effettua una sequenza di spostamenti (catena) con partenza e termine nell'abitazione.

La distribuzione degli spostamenti emessi dalla zona origine o fra le possibili destinazioni  $d$  è stata effettuata applicando un modello di tipo Logit con la seguente forma funzionale:

$$p(d / osh) = \frac{\exp(V_{od})}{\sum_d \exp(V_{od})}$$

Dove:

- ⇒  $p(d/osh)$  è l'aliquota di spostamenti che partendo dalla origine o per il motivo s, nella fascia oraria h si reca nella zona d
- ⇒  $V_{od}$  è l'utilità sistematica relativa alla destinazione d a partire dall'origine o.

Tale utilità sistematica è, per ipotesi di modello, valutata come combinazione lineare degli attributi  $X_{kod}$  dell'alternativa considerata (destinazione d) secondo i coefficienti  $c_k$ :

$$V_{od} = \sum_k c_k \cdot X_{kod}$$

Gli attributi utilizzati per la specificazione dei modelli di distribuzione sono classificabili in attributi di costo o separazione, funzione della coppia (o-d) origine-destinazione, ed attributi di attrattività, funzione esclusivamente della destinazione d.

I modelli matematici di interazione del sistema di trasporto simulano il modo con cui la domanda utilizza il sistema di offerta producendo dei flussi sugli archi della rete che lo rappresenta.

Un sistema di trasporto stradale è caratterizzato dal fenomeno della congestione; esiste quindi una dipendenza circolare fra domanda, flussi e costi. In particolare la domanda di trasporto viene influenzata dai costi nelle diverse dimensioni di scelta (frequenza, destinazione, tipologia del mezzo e percorso) i flussi dipendono dalla domanda e da come questa utilizza la rete stradale

ed i costi, a loro volta, dipendono dai flussi sugli archi della rete in modo non lineare a causa della congestione.

Il modello utilizzato per rappresentare l'interazione domanda-offerta per la rete stradale è un modello di equilibrio deterministico.

La valutazione della domanda è stata effettuata secondo la ripartizione della classificazione veicolare autostradale, da una parte le autovetture (cat.A), dall'altra gli altri veicoli aggregati (cat. B, 3, 4, 5).

Riguardo ai caselli, la capacità di smistamento dei flussi delle singole tipologie di porte è stata così considerata (anno 2013):

-	<b>Piste manuali</b>	<b>90 veic/ora</b>
-	<b>Piste automatiche</b>	<b>180 veic/ora</b>
-	<b>Piste "telepass"</b>	<b>450 veic/ora (300 veic/ora con attuale diffusione di domanda)</b>

Per la determinazione delle future capacità dei caselli, si è valutata superiore la capacità di soddisfacimento della domanda da parte delle porte equipaggiate con il sistema "telepass", stimandone prudenzialmente una diffusione al 2013 pari a +50% rispetto alla situazione attuale.

