

**S.S. n.21 "della Maddalena"**  
**Variante agli abitati di Demonte, Aisone e Vinadio**  
**Lotto 1. Variante di Demonte**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**I PROGETTISTI:**

*ing. Vincenzo Marzi*  
*Ordine Ing. di Bari n.3594*  
*ing. Achille Devitofranceschi*  
*Ordine Ing. di Roma n.19116*  
*geol. Flavio Capozucca*  
*Ordine Geol. del Lazio n.1599*

**RESPONSABILE DEL SIA**

*arch. Giovanni Magarò*  
*Ordine Arch. di Roma n.16183*

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*ing. Nicolò Canepa*

PROTOCOLLO

DATA

**Relazione Trasportistica ed Analisi Costi Benefici**

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	DPT005_D_1601_T00_EG00_GEN_RE02_A			
DPT005	D	1601	CODICE ELAB.	T00EG00GENRE02	A	-
C						
B						
A	EMISSIONE		Nov 2017	Luziatelli	D'Armini	Coppa
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## Sommario

Il Modello Trasportistico Stradale DSS.....	1
L'offerta di trasporto stradale.....	1
La zonizzazione dell'area di studio.....	3
Le matrici di domanda.....	4
La procedura di assegnazione .....	6
La verifica di funzionalità del progetto.....	10
Il modello locale .....	10
Gli scenari futuri di domanda ed offerta di trasporto.....	12
I risultati sull'asse di progetto .....	14
Le verifiche di funzionalità .....	18
L'Analisi Costi Benefici.....	20

## **Il Modello Trasportistico Stradale DSS**

A partire dal 2004 ANAS SpA, presso la Direzione Centrale Progettazione, ed ora a seguito della riorganizzazione aziendale presso la Direzione Operation e Coordinamento Territorio, ha implementato e collaudato un Modello Trasportistico DSS su scala nazionale che consente:

- di stimare il traffico veicolare sulla rete stradale sia in gestione diretta di ANAS SpA sia su parte della restante rete nazionale;
- di valutare, attraverso Studi Trasportistici ed Analisi Costi Benefici, l'impatto sul sistema di trasporto stradale delle nuove infrastrutture in progettazione.

Il modello, oltre a permettere il monitoraggio, pur se non in tempo reale, degli andamenti del carico veicolare sulla rete ANAS valutandone le variazioni annue, è stato realizzato con l'obiettivo di fornire uno strumento univoco di valutazione degli interventi in progettazione, consentendo così:

- di valutare ogni singolo intervento in termini di funzionalità stradale e sostenibilità economica;
- di identificare, all'interno di ogni singolo intervento, la possibile suddivisione dello stesso in lotti funzionali, e fornendone un indice di priorità di realizzazione;
- di poter confrontare tra loro diversi interventi, al fine di fornire su scala nazionale o regionale, un indice di priorità tra di essi.

Nei capitoli seguenti è fornita una breve descrizione del modello.

### **L'offerta di trasporto stradale**

L'implementazione del grafo stradale di livello nazionale è stata messa a punto da ANAS SpA in base al grafo di livello semplificato, ottenuto dal Centro Sperimentale ANAS di Cesano, e per la rete infrastrutturale stradale in gestione diretta di ANAS SpA dal grafo del Catasto stradale a disposizione presso la Direzione Operation e Coordinamento Territorio. Tale operazione ha comportato una attività di implementazione dei singoli archi stradali e loro codifica, oltre alla loro caratterizzazione geometrica e funzionale. Il grafo, rappresentativo della rete stradale ANAS aggiornata al 2016, della rete autostradale in concessione aggiornata al 2015, delle maggiori infrastrutture stradali Regionali e di alcune strade provinciali, è costituito da:

- circa 9.215 nodi rappresentativi di intersezioni;
- circa 12.710 archi rappresentativi di tratti omogenei delle infrastrutture stradali nazionali;
- circa 80 archi rappresentativi di infrastrutture stradali estere;
- 9 archi rappresentativi di collegamenti marittimi;
- oltre 360 nodi rappresentativi dei caselli autostradali;

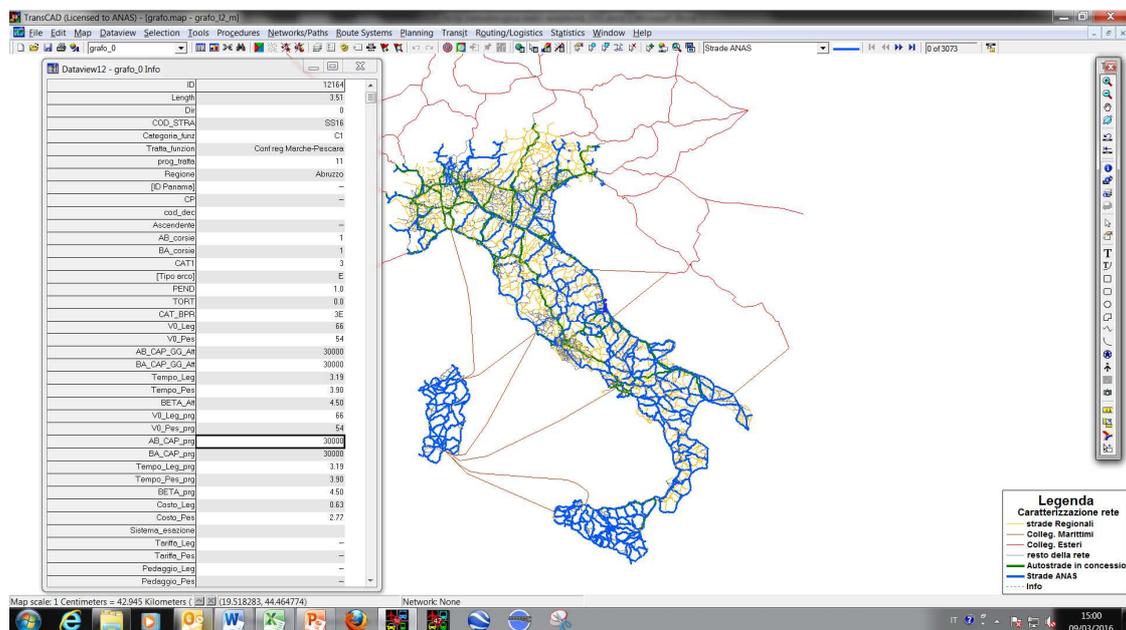
- 1.183 nodi rappresentativi dei centroidi nazionali;
- 23 nodi rappresentativi dei centroidi esteri;
- circa 1.500 connettori dei centroidi nazionali.
- circa 25 connettori dei centroidi esterni.

Per tutti gli archi/nodi stradali sono implementati i relativi attributi, che li caratterizzano dal punto di vista funzionale e geometrico.

Complessivamente l'offerta di trasporto implementata nel modello è rappresentativa di circa 85.190 Km infrastrutture bidirezionali, ad esclusione dei connettori stradali, così suddivise:

- Rete Autostradale in concessione: 5.930 Km circa;
- Rete in gestione diretta ANAS: 20.790 Km circa (chilometri gestiti da ANAS ad esclusione di svincoli e tratti in complanare esistenti);
- Rete Regionale: 26.050 Km circa;
- Rete Estera: 11.740 Km circa;
- Collegamenti marittimi: 2.930 Km circa;
- Resto della rete: 17.750 Km circa.

La figura seguente mostra la rete di trasporto stradale così implementata ed una visualizzazione degli attributi associati a ciascun arco della rete stradale rappresentata nel modello.



## La zonizzazione dell'area di studio

La zonizzazione consiste nella suddivisione dell'area di studio in zone di traffico e nell'attribuzione della mobilità di ciascuna zona al rispettivo punto rappresentativo detto centroide. Nella schematizzazione, a ciascuna zona corrisponde un unico centroide nel quale si considerano concentrati tutti gli spostamenti aventi origine o destinazione all'interno della zona stessa.

Gli elementi di partenza per la suddivisione del territorio in zone di traffico sono stati: i confini delle zone SIMPT del MIT (anno 2004); i confini della suddivisione del territorio nazionale in Sistemi Locali del Lavoro (SLL – anno 2011).

L'implementazione della zonizzazione del modello nazionale si è basata su quattro criteri fondamentali:

- il rispetto dei confini delle zone SIMPT;
- la minimizzazione degli spostamenti esterni tra le zone;
- il rispetto dei confini amministrativi provinciali;
- la struttura della rete stradale all'interno di ogni singola zona.

Tali criteri hanno portato all'aggregazione di zone elementari contigue ma con funzioni diverse per quanto riguarda le attività. Le zone così definite risultano essere autosufficienti e tali da soddisfare gran parte della mobilità generata. Si riducono così gli spostamenti esterni di breve percorrenza e, quindi, l'errore, relativamente agli aspetti statistici del modello.

Questa zonizzazione, di livello sub-provinciale, consente di rappresentare il fenomeni di mobilità su relazioni medio lunghe, quindi a carattere nazionale – regionale, non consentendo di percepire i fenomeni locali interni ai Comuni o relativi a spostamenti di breve lunghezza sul territorio.

Per questo motivo, al fine di rappresentare la mobilità su infrastrutture strategiche a livello nazionale e regionale, ma con una forte rilevanza di traffico di breve-media percorrenza, alcune aree metropolitane italiane sono state suddivise in più zone di traffico ricadenti all'interno dei confini Comunali.

La zonizzazione finale ottenuta è caratterizzata da 1.206 zone di traffico di cui 1.183 zone interne al territorio nazionale e 23 esterne.

## Le matrici di domanda

Coerentemente con l'offerta di trasporto stradale simulata e la relativa zonizzazione, la domanda di trasporto che simula la mobilità passeggeri e merci sul territorio nazionale è rappresentativa di fenomeni di spostamento a media-lunga percorrenza.

Le categorie di veicolo che sono state prese in considerazione in tale versione sono:

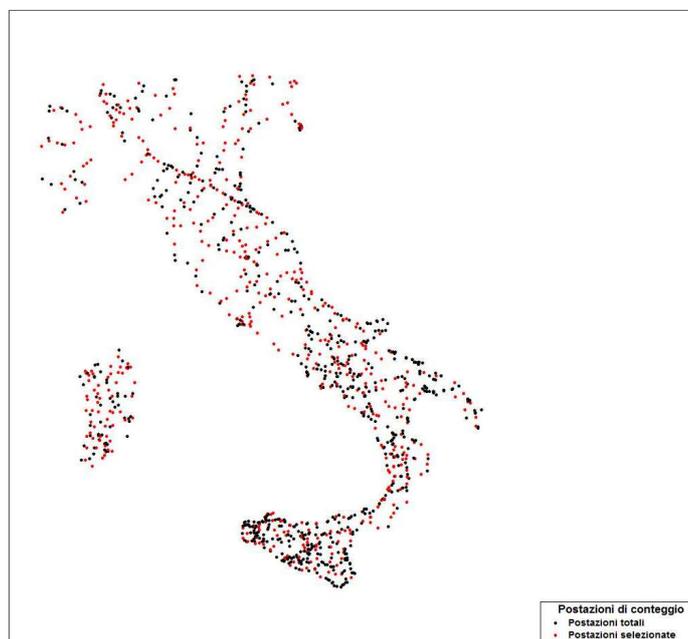
- Veicoli leggeri adibiti a trasporto passeggeri;
- Veicoli pesanti adibiti a trasporto delle merci;

Le basedati utilizzate per la ricostruzione della domanda di mobilità sono le seguenti:

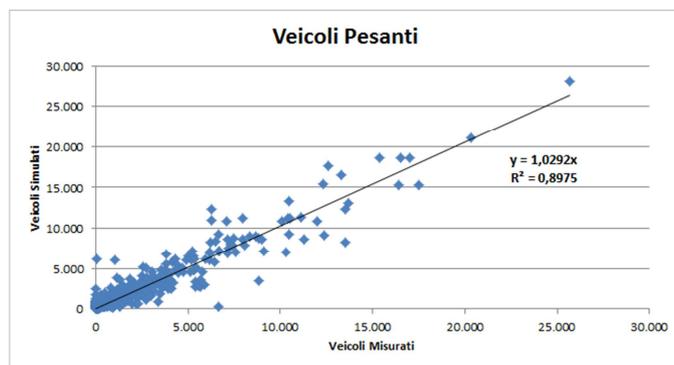
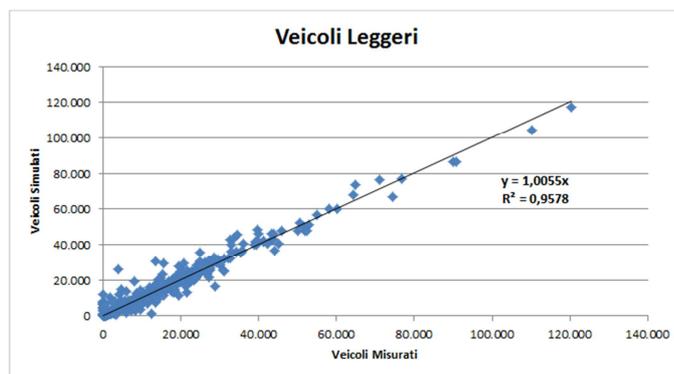
- matrici O/D relative a spostamenti di persone, per lavoro e studio, articolate per modo di trasporto utilizzato, ricostruite sulla base dei risultati del Censimento generale 2011 ISTAT (matrici intercomunali da riportare alla zonizzazione del DSS);
- matrici O/D merci su strada, stimate dall'ISTAT a partire dal 1989 e pubblicate fino al 1994;
- matrici O/D regionali merci su strada per settore merceologico, provenienti da indagine campionaria sulle principali sezioni stradali ai confini regionali nell'estate del 1994 e nell'inverno del 1995 effettuata nell'ambito del progetto per la realizzazione del SIMPT;
- matrici O/D passeggeri su strada tra zone di traffico nazionali e zone di traffico estere, provenienti da indagine campionaria in corrispondenza dei principali valichi stradali di confine nell'estate del 1994 e nell'inverno del 1995 effettuata nell'ambito del progetto per la realizzazione del SIMPT;
- matrici O/D tra le zone di traffico nazionali e tra le zone di traffico nazionali e le zone di traffico estere relative a spostamenti di persone, per motivo dello spostamento, articolate per modo di trasporto utilizzato, per giorno medio feriale/festivo, invernale/estivo, stimate attraverso l'applicazione di modelli di domanda sviluppati e calibrati nell'ambito del progetto per la realizzazione del SIMPT;
- matrici O/D merci tra le province italiane, articolate per modo di trasporto utilizzato, per giorno medio invernale/estivo, stimate attraverso l'applicazione di modelli di domanda sviluppati e calibrati nell'ambito del progetto per la realizzazione del SIMPT;
- matrici casello/casello autostradali (da reperire dalla società Autostrade che gestisce circa metà della rete autostradale).

Le matrici ottenute da tutta questa mole di dati, una per tipologia di veicolo considerato, sono, nel corso degli anni, state calibrate in base a conteggi di traffico su diverse sezioni distribuite sul territorio nazionale. Le più recenti ed aggiornate fanno riferimento ai dati di censimento veicolare su scala nazionale in corrispondenza di oltre 1.150 postazioni di conteggio veicolare permanente, in esercizio dal 2011 presso la Direzione Operation e Coordinamento Territorio di ANAS SpA, e relative al 2014. Di queste, vista la capillare collocazione nel territorio, solo una parte, circa 500 sezioni totali, sono state utilizzate per la calibrazione del modello di domanda/offerta di trasporto.

La localizzazione sull'offerta di trasporto stradale simulata delle sezioni di conteggio permanente del traffico è evidenziata nella figura seguente.



La figura seguente mostra la correlazione, per i due differenti segmenti di domanda, veicoli leggeri e veicoli pesanti, dei flussi simulati sulla rete rispetto a quelli conteggiati nelle sezioni di rilievo stradale ottenute a seguito della calibrazione del modello di domanda/offerta di trasporto.



Si deve tenere presente che le matrici di domanda ottenute dalla calibrazione sono da ritenersi significative degli spostamenti tra le zone di un giorno feriale medio invernale, all'anno di riferimento 2014.

Complessivamente la domanda di trasporto su scala nazionale, a seguito della calibrazione, è caratterizzata da:

- 10.792.180 spostamenti di veicoli leggeri passeggeri tra le diverse zone di traffico;
- 503.350 spostamenti di veicoli pesanti merci tra le diverse zone di traffico.

### **La procedura di assegnazione**

La procedura di assegnazione utilizzata per la calibrazione del modello di rete, e per le analisi dei traffici che insistono sulle infrastrutture stradali implementate nel modello, è la MMA-Assignment, ovvero l'assegnazione multimodale e multiclasse che consente di assegnare simultaneamente più matrici a diverse porzioni di rete tenendo quindi in considerazione più tipologie di utenti o veicoli e differenti reti.

I coefficienti di equivalenza utilizzati nell'assegnazione multimodale sono i seguenti:

- 1.0 veicoli equivalenti per i veicoli leggeri (passeggeri);
- 2.5 veicoli equivalenti per i veicoli pesanti (merci).

La tecnica di assegnazione utilizzata è all'Equilibrio Stocastico dell'Utente (SUE), in modo da tenere conto dei vincoli di capacità degli archi appartenenti alla rete funzione delle caratteristiche funzionali e geometriche degli stessi.

La procedura che effettua l'assegnazione alla rete stradale della domanda merci e passeggeri determina i valori delle seguenti variabili:

- gli attributi del modo trasporto sulla base delle caratteristiche tecniche e funzionali della rete stradale nei periodi di riferimento;
- i flussi di traffico (numero dei veicoli) prodotti sulla rete stradale dalla suddetta domanda;
- i livelli di servizio della rete espressi dalle caratteristiche prestazionali degli archi (tempi, velocità, costi, criticità = rapporto flussi/capacità).

Il caricamento della rete viene simulato come attribuzione di quote omogenee di domanda agli archi del grafo stradale, in base ai percorsi utilizzati per recarsi dalle origini alle destinazioni degli spostamenti.

La simulazione della scelta dei percorsi consiste, secondo i criteri della teoria dell'utilità casuale, nella minimizzazione del costo generalizzato del trasporto percepito dal viaggiatore nell'effettuare lo spostamento a fronte dei limiti relativi sia alla sua percezione dello stato della rete stradale che alla conoscenza e discretizzazione del suo comportamento.

L'assegnazione di ogni quota di domanda è riconducibile ad un caricamento stocastico della rete fra le possibili scelte dell'autista ed i flussi di traffico generati nel corso della medesima assegnazione.

Le caratteristiche funzionali della rete considerate nel modello di assegnazione sono le seguenti:

- lunghezza (Km) del singolo arco;
- tempo di percorrenza a flusso nullo dell'arco;
- capacità di deflusso dell'arco.

I parametri utilizzati per il calcolo del costo generalizzato del trasporto sono i seguenti:

- costo chilometrico del trasporto (legato ad ogni singolo arco della rete e funzione dell'estensione chilometrica dello stesso);
- valore monetario del tempo (VOT);
- il costo del pedaggio (ove esistente).

Il tempo di percorrenza dell'arco  $t_{aj}$ , che determina il Valore Monetario del Tempo VOT, è funzione sia delle caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura (velocità a flusso libero, capacità della strada) sia del flusso che vi transita in quanto al crescere dei flussi cresce anche il condizionamento tra i veicoli e può essere determinato attraverso funzioni sperimentali.

Ad ogni arco corrisponde una legge di deflusso, nel modello è utilizzata una funzione sperimentale del tipo BPR, la cui espressione generale è:

$$t^{BPR}(q) = t_0 \left[ 1 + \alpha \cdot \left( \frac{q}{n \cdot C} \right)^\beta \right]$$

in cui il tempo di percorrenza di un tratto unitario dell'arco ad un dato livello di flusso è espresso come funzione del tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo  $t_0$  per un fattore maggiore dell'unità che dipende dal flusso  $q$ , dalla capacità  $nC$  dell'arco stesso (in cui  $n$  rappresenta il numero di corsie e  $C$  la capacità di una corsia) e da due parametri  $\alpha$  e  $\beta$  che derivano da calibrazione.

Il valore del tempo di viaggio (Value Of Time, VOT) è considerato dalla letteratura di settore funzione di molteplici fattori quali il salario, il tipo di attività fatta nel tempo risparmiato, l'utilità associata a quest'attività e a quella associata al tempo di viaggio. Tali fattori, oltre a variare per ogni individuo, variano anche in funzione del tipo di spostamento, della motivazione dello spostamento e della fase del viaggio.

Ai fini di una corretta rappresentazione modellistica è stato stimato il VOT per classe di utente, e quindi per i veicoli leggeri e per i veicoli pesanti.

La stima del VOT per i veicoli leggeri è stata determinata a partire dai valori proposti in letteratura, dall'analisi delle informazioni sulle motivazioni di viaggio ottenute attraverso le varie indagini O/D realizzate nel corso degli anni sulle motivazioni del viaggio, dall'analisi di statistiche Istat relative a retribuzioni orarie medie annue e occupati per settore.

Per la stima del VOT dei mezzi pesanti, la letteratura di settore suggerisce di considerare il costo orario dell'autista, in quanto, in questo caso, il tempo di viaggio coincide con il tempo di lavoro. Possono, quindi, essere trascurati altri elementi di valutazione, quali il valore della merce e dell'unità di carico, che incidono nella fase decisionale di scelta modale che precede la scelta del percorso.

Nel modello di assegnazione i valori del tempo applicati sono pari a 0,2 euro/minuto (12 euro/ora) per i veicoli leggeri e a 0,75 euro/minuto (45 euro/ora) per i veicoli pesanti.

In merito al costo monetario di esercizio si ritiene che le principali componenti di costo che influenzano le scelte di itinerario degli utenti dei veicoli leggeri siano:

- costo carburante;
- costo manutenzione;
- costo pneumatici.

Per la stima di tali componenti è stata utilizzata la metodologia dell'Automobile Club di Italia (Aci), che comprende le spese sostenute per l'uso del veicolo (carburante, pneumatici, manutenzione e riparazioni, tassa automobilistica, assicurazione R.C.A.) più, per i settori lavorativi interessati, le quote di ammortamento del capitale utilizzato per l'acquisto.

Per il calcolo del costo medio di esercizio sono stati utilizzati inoltre i dati Aci sulla consistenza del parco auto circolante in Italia relativamente al 2012 (ultimo dato disponibile al momento dell'analisi).

Il valore medio del costo chilometrico per la classe veicoli leggeri scaturito dall'analisi ed utilizzato nel modello è risultato pari a 0,18 euro/km.

Per la classe veicolare dei mezzi pesanti le componenti di costo di esercizio considerate che influenzano le scelte di itinerario sono:

- costo carburante;
- costo manutenzione;
- costo pneumatici;
- costo personale.

Il calcolo del Costo Chilometrico Medio per i veicoli pesanti è calcolato partendo dalle tabelle dei costi minimi di esercizio in funzione della massa complessiva del veicolo e delle distanze di percorrenza (Aprile 2014) pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

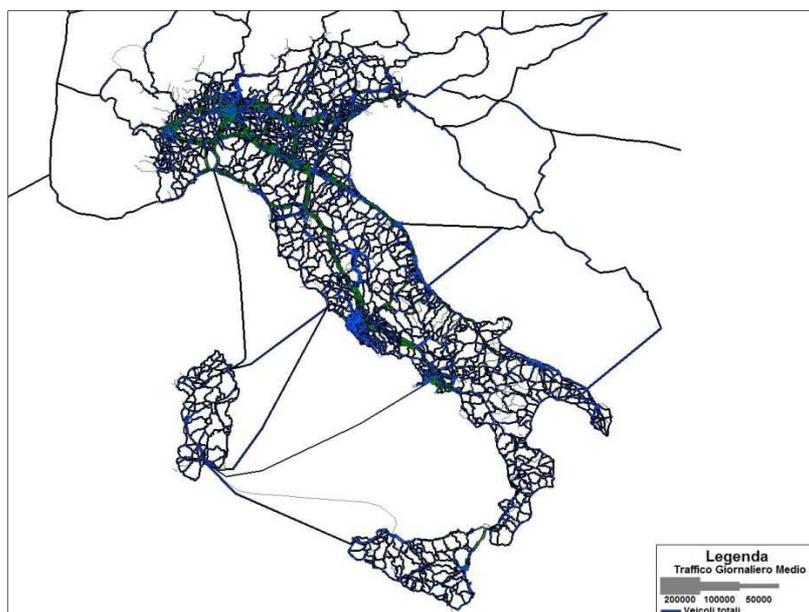
In base alla tabella precedente, alla consistenza del parco veicolare dei mezzi pesanti distinto per portata utile (Fonte ACI – Anno 2011), e dai dati di Tonnellate/Km trasportate in Italia

distinto per classi di percorrenza (Fonte Conto Nazionale dei Trasporti – Anno 2015), è stato calcolato il valore medio del costo chilometrico per un veicolo pesante, risultato pari a 0,79 euro/km.

Il costo del pedaggio è correlato agli archi della rete stradale in cui è effettivamente presente, suddiviso in base al tipo di sistema di esazione applicato (sistema chiuso o sistema aperto) ed al costo effettivamente percepito dall'utente per la percorrenza della tratta in funzione della tariffa applicata dal Concessionario. I dati riportati nel modello sono aggiornati all'anno 2015: per i veicoli leggeri si è utilizzata la tariffa relativa alla Classe A autostradale; per i veicoli pesanti la tariffa relativa alla Classe 4 autostradale.

L'offerta di trasporto implementata, unitamente alla domanda di trasporto ad essa associata, consente di determinare i flussi di traffico di media e lunga percorrenza che si attestano sulle infrastrutture stradali simulate, esistenti e di progetto.

La figura seguente mostra, su scala nazionale, i risultati dell'assegnazione della domanda di trasporto all'offerta di trasporto simulata, espressa in figura come somma effettiva dei veicoli Leggeri e Pesanti (non è applicato il coefficiente di equivalenza).



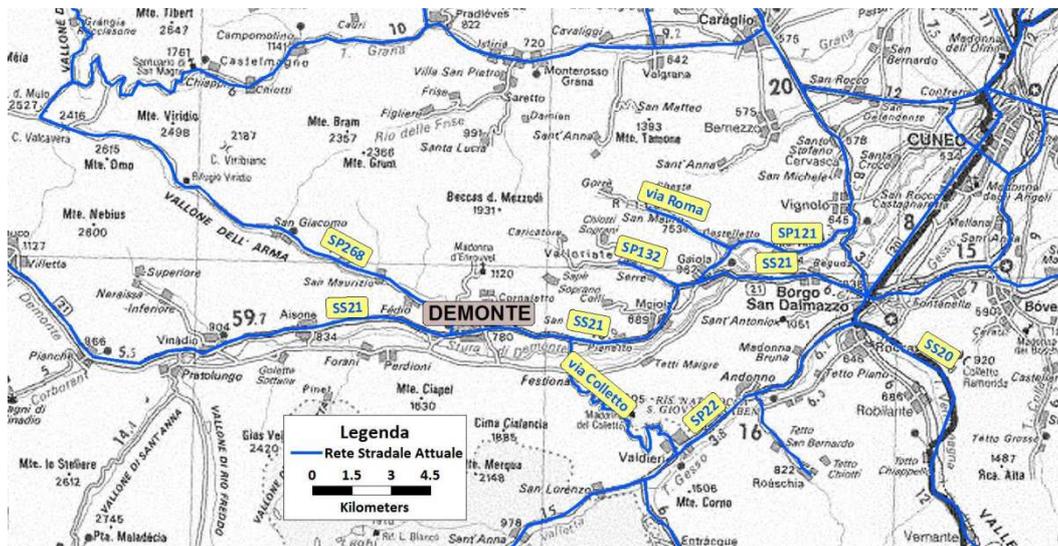
## La verifica di funzionalità del progetto

### Il modello locale

Sulla base della rete di trasporto nazionale precedentemente descritta, è stata ricostruita l'offerta di trasporto stradale dell'area di studio, in maniera da poter cogliere tutte le relazioni di scambio dell'area su cui insiste il progetto, con particolare attenzione agli assi di collegamento esistenti che attualmente servono gli spostamenti Origine/Destinazione potenzialmente interessati all'intervento.

A tal fine si evidenzia come l'offerta di trasporto si sviluppa attorno ad un'unica infrastruttura, la SS21. Sono presenti poi tutta una serie di strade provinciali e locali che collegano i vari centri abitati e completano il quadro infrastrutturale dell'area di studio: la SP268, la SP21, la SP22, via Roma e via Colletto.

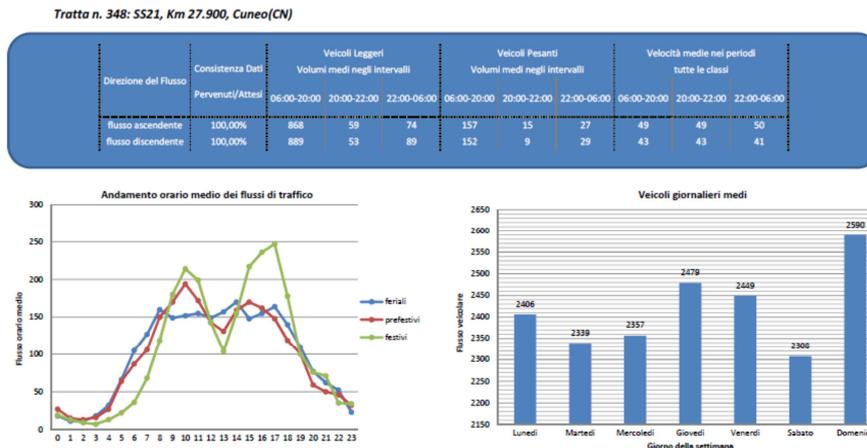
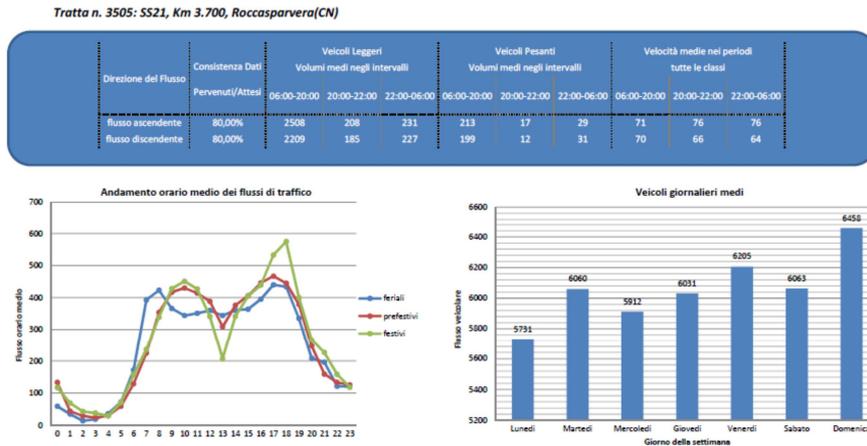
L'infrastruttura principale è proprio la SS21, che ha inizio nel comune di Borgo San Dalmazzo, dalla SS20 del Colle di Tenda, e segue il corso del fiume Stura di Demonte attraverso la Valle Stura di Demonte; su un tracciato pianeggiante attraversa diversi comuni tra cui quello di Demonte, e arriva a Pianche dove inizia a risalire rapidamente superando un notevole dislivello. Gli ultimi km conducono al confine di stato con la Francia.



La calibrazione del modello locale è stata effettuata in base a due sezioni di conteggio presenti nel territorio individuato e precisamente:

- una postazione lungo la SS21 al Km 3+700 nel comune di Roccaspavera;
- una postazione lungo la SS21 al Km 27+900 nel comune di Cuneo.

I risultati ottenuti sono in linea con quelli del modello nazionale di partenza, mentre le figure seguenti evidenziano i volumi di traffico censiti nelle sezioni di conteggio relativamente all'anno 2016, utilizzate per la calibrazione locale del modello.



La figura seguente evidenzia il flussogramma degli spostamenti nell'area di interesse in un giorno feriale medio.



Sulla SS21, in prossimità del centro abitato di Demonte, allo stato attuale, sono presenti mediamente, circa 5.480 veicoli leggeri e circa 420 veicoli pesanti.

## Gli scenari futuri di domanda ed offerta di trasporto

Come periodo temporale di previsione della domanda di trasporto complessiva merci e passeggeri sono stati considerati diversi orizzonti temporali a partire dall'anno 2016, in cui si sono stimati i traffici all'attualità. In particolare è stato necessario ricostruire gli orizzonti temporali di crescita della domanda fino a 10 anni dall'entrata in esercizio dell'intervento, considerato un orizzonte medio, in cui occorrerebbe garantire un buon livello di servizio nel funzionamento di una nuova infrastruttura di progetto.

Per valutare i carichi di traffico sull'infrastruttura, sono stati utilizzati tassi di crescita della domanda in linea con quelli adottati in studi redatti da ANAS su infrastrutture ricadenti nella stessa area geografica del progetto in analisi.

Al fine di valutare l'entità dei flussi che potranno interessare i territori compresi nell'area di studio, sono stati considerati come orizzonti temporali futuri: l'anno 2020, in cui si prevede la piena entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto e lo scenario di medio termine all'anno 2030, necessario per le verifiche di funzionalità dell'infrastruttura e per le analisi ambientali e di rumore.

La figura successiva mostra l'andamento della curva di crescita della domanda passeggeri e merci adottata.

I coefficienti relativi all'anno 2020 e 2030 sono stati applicati alle matrici origine-destinazione degli spostamenti (leggeri e pesanti) dell'anno 2016 determinando la domanda di mobilità su strada per gli scenari di progetto.

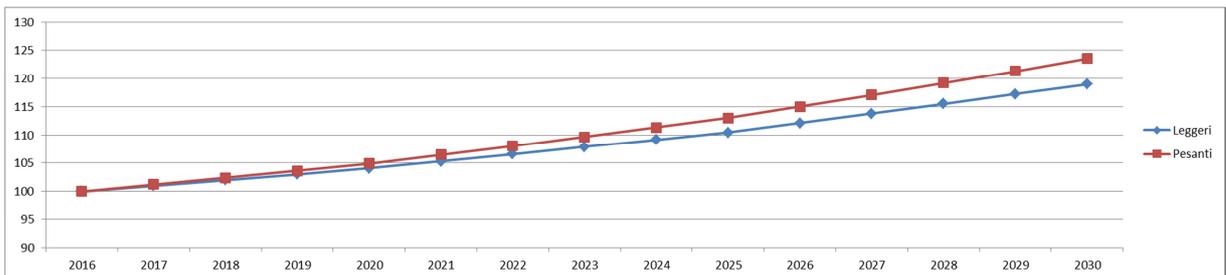
Dal 2030 in poi non sono state fatte previsioni di crescita, mantenendo di fatto la domanda bloccata.

	Tassi annui di crescita della domanda			
	2016	2017 - 2020	2021 - 2025	2026-2030
<b>Leggeri</b>	100,0%	1,0%	1,2%	1,5%
<b>Pesanti</b>	100,0%	1,2%	1,5%	1,8%

Tassi annui di crescita della domanda negli scenari futuri di previsione

	Volumi complessivi di crescita della domanda (2016=100)		
Domanda	2016	2020	2030
Passeggeri	100	104,1	119,0
Merchi	100	104,9	123,5

Volumi di crescita della domanda negli scenari futuri di previsione



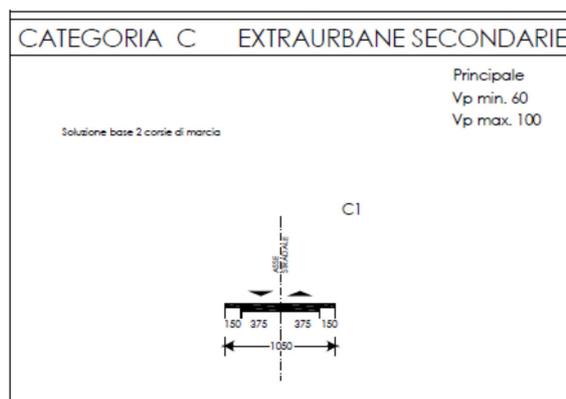
La curva di crescita della domanda passeggeri e merci

Per quanto riguarda la futura offerta di trasporto stradale, questa consiste nella rete attuale con inserito l'asse di progetto.

Dal punto di vista normativo, essendo l'opera in progetto caratterizzata dalla realizzazione di un nuovo tracciato stradale e dal dimensionamento di intersezioni a rotatoria, si è ritenuto di adottare, come decreti di riferimento:

- il D.M. 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- il D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (G.U. n.170 del 24/07/2006).

In riferimento al D.M. 05/11/2001, la Variante di Demonte è classificata come strada di "Categoria C", ossia strada extraurbana secondaria e per tale motivo la sezione trasversale corrente di progetto risulta essere quella indicata nella figura seguente.

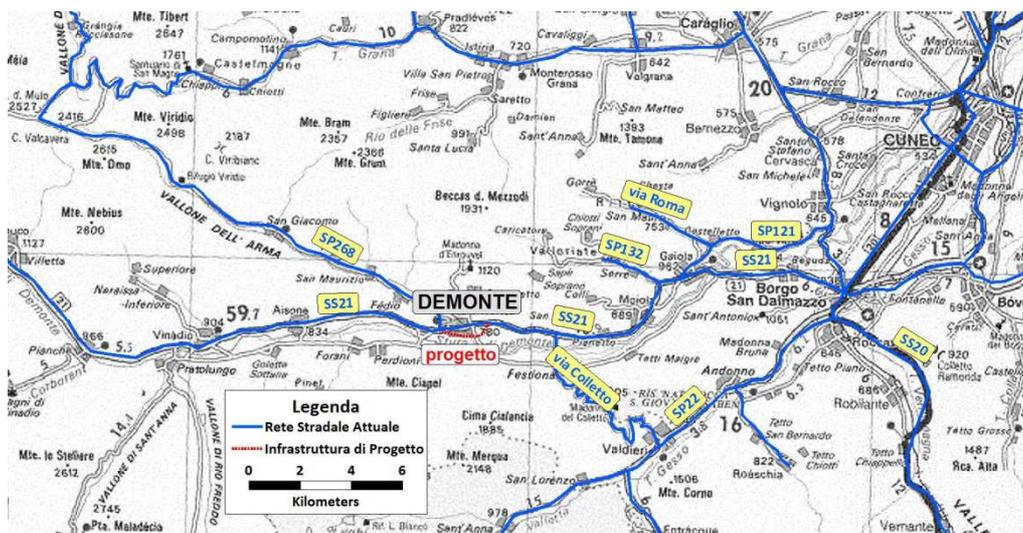


La sezione stradale di riferimento è caratterizzata dai seguenti elementi geometrici:

- numero corsie per senso di marcia: 1
- larghezza complessiva della piattaforma stradale: 10,50 m
- larghezza delle corsie di marcia: 3,75 m
- larghezza minima della banchina in destra: 1,50 m
- velocità di progetto minima: 60 km/h
- velocità di progetto massima: 100 km/h
- larghezza degli arginelli laterali in terra: 1,75 m

Dal punto di vista planimetrico il tracciato stradale, di lunghezza complessiva pari a 2717,92 m ha origine ad ovest in corrispondenza della rotatoria posizionata alla progressiva Anas 18+700 della S.S. 21 della "Maddalena". Quindi staccandosi dall'esistente viabilità si sviluppa verso est con un andamento planimetrico caratterizzato da ampi raggi di curvatura fino a raggiungere l'alveo del Torrente Cant. In prossimità di tale zona, mediante una curva sinistrorsa, esso gradualmente si riavvicina alla S.S. 21, alla quale si ricollega mediante la rotatoria di fine Variante posta alla progressiva Anas 16+170 della S.S. 21.

La figura seguente evidenzia la rete di progetto implementata.



## I risultati sull'asse di progetto

La valutazione dell'impatto dell'intervento sul sistema di trasporto dell'area di studio è stato effettuato accoppiando gli scenari di domanda di trasporto con gli scenari di offerta di trasporto. Gli scenari temporali assunti per le valutazioni sono:

- il 2016, attraverso il quale è stata effettuata la calibrazione del modello di simulazione;
- il 2020, anno in cui si ipotizza l'entrata in esercizio del progetto;
- il 2030, orizzonte temporale per la valutazione dell'intervento nel medio periodo.

La domanda passeggeri e merci, negli orizzonti temporali individuati e differenziata per categoria veicolare, è stata assegnata alla rete di trasporto stradale attuale ("Scenario di Riferimento") ed alla rete con l'intervento stradale in analisi ("Scenario di Progetto").

La figura seguente evidenzia le tratte ricadenti nell'area di studio analizzate, assegnando a ciascuna di esse un codice alfanumerico per facilitarne il riconoscimento nelle tabelle che riportano i risultati delle diverse simulazioni effettuate.



Tratta	Descrizione
A	SS21 tra lo svincolo con la SP132 e via Colletto
B	via Colletto
C	SS21 tra via Colletto e inizio Variante
D	SS21 tra inizio Variante e Demonte
E	SS21 tra Demonte e svincolo con la SP268
F	SS21 tra lo svincolo con la SP268 e confine
G	SP268
H	Variante di Progetto

La tabella seguente mostra i traffici in termini di veicoli leggeri e pesanti sulle tratte di area nello Scenario di Riferimento al 2020 e al 2030 e nello Scenario di Progetto al 2020 e al 2030, i risultati si riferiscono alla domanda giornaliera.

Scenario Riferimento - Anno 2020	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
A - SS21	5.604	508	6.113
B - via Colletto	14	1	16
C - SS21	5.619	510	6.129
D - SS21	6.453	510	6.963
E - SS21	4.820	362	5.181
F - SS21	3.971	360	4.331
G - SP268	14	1	16
H - Variante di progetto	0	0	0

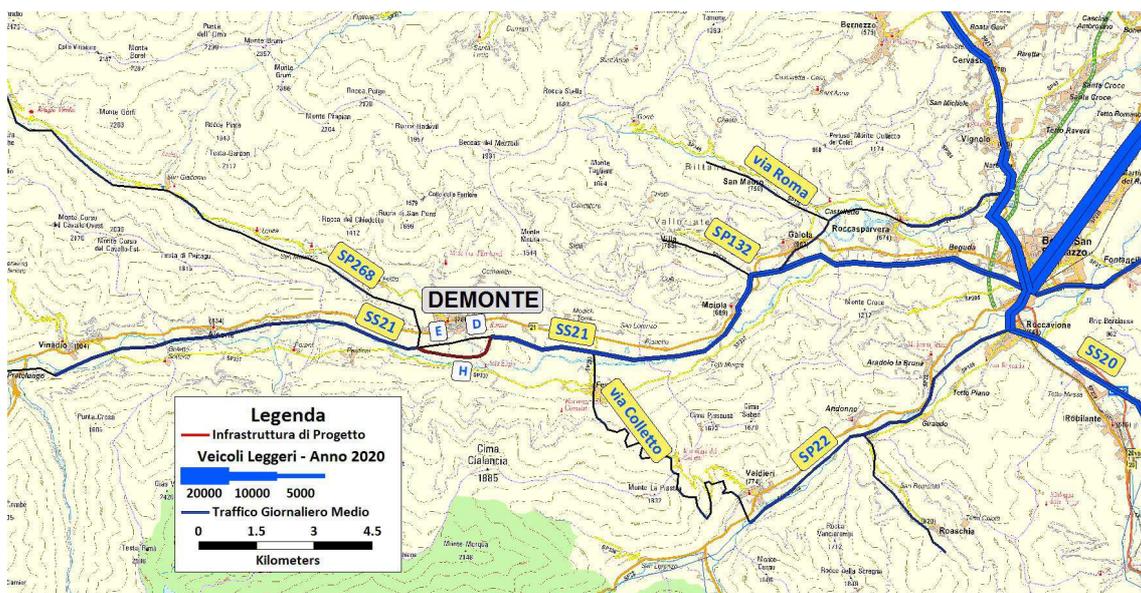
Scenario Progetto - Anno 2020	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
A - SS21	5.604	508	6.113
B - via Colletto	14	1	16
C - SS21	5.619	510	6.129
D - SS21	3.159	211	3.369
E - SS21	1.525	63	1.588
F - SS21	3.971	360	4.331
G - SP268	14	1	16
H - Variante di progetto	3.295	299	3.594

Scenario Riferimento - Anno 2030	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
A - SS21	6.409	599	7.007
B - via Colletto	16	2	18
C - SS21	6.425	600	7.025
D - SS21	7.379	600	7.980
E - SS21	5.511	426	5.937
F - SS21	4.541	424	4.965
G - SP268	16	2	18
H - Variante di progetto	0	0	0

Scenario Progetto - Anno 2030	Traffico Giornaliero Medio Annuo		
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
A - SS21	6.409	599	7.007
B - via Colletto	16	2	18
C - SS21	6.425	600	7.025
D - SS21	3.612	248	3.860
E - SS21	1.744	74	1.818
F - SS21	4.541	424	4.965
G - SP268	16	2	18
H - Variante di progetto	3.767	352	4.119

A titolo di esempio le figure seguenti mostrano, per lo scenario di Progetto, il flussogramma giornaliero dei traffici, ripartiti in veicoli leggeri e veicoli pesanti, che utilizzeranno la nuova infrastruttura per compiere lo spostamento nell'anno 2020.

I confronti sono stati fatti sui traffici di media e lunga percorrenza, relativamente all'anno di entrata in esercizio della variante, anno 2020, che attraversano il comune di Demonte e che trovano conveniente lasciare l'attuale SS21 e spostarsi sull'infrastruttura di progetto.



In particolare i risultati evidenziano:

- un traffico medio giornaliero bidirezionale sull'asse di progetto H di circa 3.590 veicoli complessivi, con un'incidenza di veicoli pesanti dell'8%; il traffico sull'asse di progetto proviene dall'attuale SS21, ed è caratterizzato dal traffico passante di media lunga percorrenza che non è destinato all'area comunale di Demonte;
- sull'attuale SS21 sottesa dalla variante (tratte D ed E) si assiste ad una riduzione dei veicoli leggeri e pesanti. In particolare, nella tratta E compresa tra lo svincolo con la SP268 e Demonte si verifica una riduzione di circa il 67% dei veicoli leggeri e dell'82% dei veicoli pesanti, mentre nella tratta successiva D, si verifica una riduzione di circa il 49% dei veicoli leggeri e del 57% dei veicoli pesanti.

La quota parte dei traffici restanti sulla SS21 è costituita quasi esclusivamente da traffico locale di tipo urbano che, anche a fronte di un tracciato più veloce, rimane comunque sull'attuale SS21 per effettuare gli spostamenti che si esauriscono all'interno di Demonte.

### **Le verifiche di funzionalità**

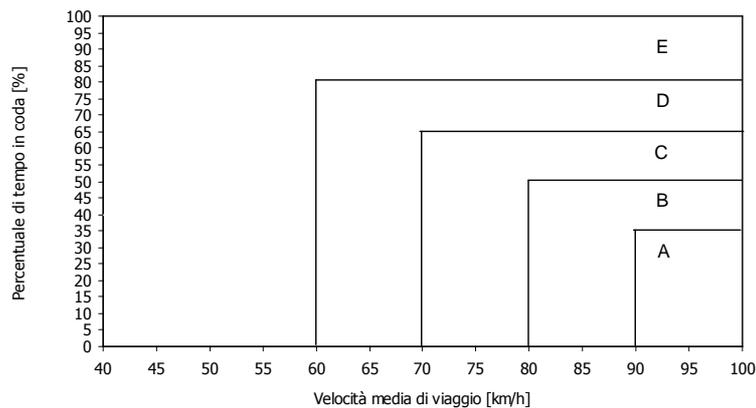
Per la verifica di funzionalità dell'infrastruttura di progetto classificata tipo C "extraurbana secondaria", la velocità non è l'unica misura della qualità del servizio offerto. Il ritardo in accodamento dovuto al volume di traffico sostenuto dall'infrastruttura ed alla presenza di tratti a sorpasso impedito è una misura rilevante dei livelli di servizio. Per queste ragioni, per il calcolo del livello di servizio viene utilizzato l'effetto combinato dei seguenti indicatori:

- Velocità di servizio ( $V_s$ );
- Percentuale di tempo in accodamento ( $P_{tc}$ );

La velocità di servizio riflette le necessità di mobilità dell'infrastruttura ed è definita come rapporto tra la lunghezza della tratta oggetto di analisi ed il tempo medio di percorrenza di tutti i veicoli transitati nel periodo temporale di analisi.

La percentuale di tempo in accodamento riflette sia le necessità di mobilità che di accessibilità e viene definita come la media percentuale del tempo speso da tutti i veicoli che, viaggiando in plotoni, rimangono accodati nell'impossibilità di sorpassare. Tale indicatore risulta peraltro difficile da misurare direttamente sul campo e come surrogato di misura diretta viene utilizzata la percentuale di veicoli che viaggiano con interdistanza di 5 secondi l'uno dall'altro.

La combinazione dei due parametri definisce il LdS di ogni tronco dell'infrastruttura in base alla seguente figura.



Sull'asse di progetto si stima un traffico bidirezionale nell'ora di punta di circa 330 veicoli equivalenti (veicolo equivalente=veicolo leggero+2,5\*veicolo pesante) che, come riportato nel modello di calcolo sotto riportato, evidenzia una velocità media di viaggio di circa  $V_s = 79 \text{ km/h}$  ed una percentuale di tempo in coda  $PTC = 42$ , che corrisponde ad un Livello di Servizio LdS = C come richiesto dalla normativa vigente, evidenziando conseguentemente il corretto dimensionamento dell'infrastruttura rispetto ai traffici attesi.

Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore input	Descrizione
VFL		Velocità a flusso libero
BVFL	90	Velocità a flusso libero in condizioni base
fcv	2,1	riduzione velocità per larghezza corsie
fa	0	riduzione velocità per punti di accesso
Q		Tasso di flusso
VHP	332	Volume orario di progetto
phf	1	fattore ora punta
fg	0,93	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	0,94	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
fhv		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,09	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	1,2	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	0	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1,2	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er		Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
Vs		velocità media viaggio
fnp	3,8	coefficiente riduzione velocità media viaggio
PTC		percentuale tempo in coda
BPTC		percentuale base tempo in coda
fd/np	15,2	fattore correttivo tempo in coda
Qd		Tasso di flusso nella direzione in esame
Qo		Tasso di flusso nella direzione opposta
VHPd		Volume orario di progetto nella direzione in esame
VHPo		Volume orario di progetto nella direzione opposta
Vsd		velocità media viaggio nella direzione

Definizione	Valore	
VFL	87,9	
fhv	0,98	
Q	363,4151	Velocità media viaggio
<b>Vs</b>	<b>79,6</b>	
fhv	0,98	Percentuale tempo in coda
Q	359,5489	
<b>BPTC</b>	<b>27,10</b>	
<b>PTC</b>	<b>42,3</b>	

**LdS C**

## L'Analisi Costi Benefici

L'analisi costi-benefici (ACB) è lo strumento più frequentemente utilizzato nella valutazione di progetti di interesse collettivo e si configura come uno strumento di supporto per il policy maker in un'ottica di ottimizzazione dell'allocazione delle risorse.

Nella valutazione degli effetti economici dell'investimento, l'ACB considera solamente gli aspetti differenziali ed incrementali dello stesso. L'analisi è dunque sviluppata sulla differenza tra benefici e costi incrementali del progetto (ipotesi "con intervento") e benefici e costi incrementali che si potrebbero altrimenti manifestare in assenza di intervento (ipotesi "senza intervento"). Essendo l'analisi costi-benefici uno strumento di valutazione della fattibilità di un investimento dal punto di vista della collettività, nel modello è considerato unicamente il costo effettivo per lo Stato. I valori utilizzati sono quindi "economici" (costo effettivo per lo Stato al netto delle tasse e dei trasferimenti allo stesso sotto altra forma) e non "finanziari" (spesa sostenuta per la realizzazione e gestione dell'intervento). La trasformazione dei costi da finanziari in economici avviene mediante l'applicazione di opportuni fattori di conversione.

Nel modello di Analisi Costi Benefici utilizzato presso la Direzione Operation e Coordinamento Territorio i parametri considerati sono i seguenti:

- Benefici Trasportistici - sono valutati, in termini differenziali tra lo scenario "con intervento" e lo scenario "senza intervento" i seguenti parametri ottenuti dal modello DSS appena descritto:
  - Tempo totale di viaggio passeggeri;
  - Totale di veicoli • km passeggeri;
  - Tempo totale di viaggio merci;
  - Totale dei veicoli • km merci.
- Costi - sono considerati:
  - Costi di realizzazione;
  - Costi di manutenzione.
- Benefici della sicurezza - sono calcolati, in termini differenziali tra lo scenario "con intervento" e lo scenario "senza intervento" le seguenti categorie di incidente:
  - n. incidenti/anno;
  - n. incidenti/anno con feriti;
  - n. incidenti/anno con morti.
- Benefici Ambientali - sono calcolati, in termini differenziali tra lo scenario "con intervento" e lo scenario "senza intervento" le seguenti tipologie di emissione veicolare: CO, CO2, VOC, NOX, PM10.

Gli indicatori di sostenibilità economica considerati sono:

- Il Saggio di Rendimento Interno Economico (SRIE)– tasso di sconto che rende uguale a zero il valore attualizzato del progetto, inteso come somma dei flussi di cassa attualizzati ottenuti durante la vita utile del progetto (benefici – costi totali);

- il Valore Attuale Netto (VAN) – valore dei flussi di cassa (benefici – costi totali) ottenuti dal progetto nel corso della vita utile attualizzati, anno per anno, con il tasso considerato;
- il rapporto Benefici/Costi al tasso di attualizzazione utilizzato.

Il tasso di attualizzazione considerato per ritenere economicamente sostenibile un progetto è posto pari al 3,0% (d.lgs 228/2011, come riportato nelle “Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche” del 14 novembre 2016 redatte dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti). Per questo valore del tasso il VAN deve essere positivo. La tabella seguente mostra i fattori di conversione ed i valori monetari delle singole voci utilizzate nell’Analisi Costi Benefici.

-	<b>Indicatori trasportistici</b>	
•	passengeri/veicolo	1,5
•	giorni/anno veicoli leggeri	365
•	giorni/anno veicoli pesanti	365
-	<b>Fattore di conversione medio finanziario - economico</b>	: Variabile
-	Valori monetari del tempo	
•	passengeri su strada	: 12,00 €/ora
•	autocarro equivalente	: 50,00 €/ora
-	<b>Costi di esercizio</b>	
•	autovettura equivalente	: 0,18 €/autov.km
•	autocarro equivalente	: 0,75 €/autoc.km
-	<b>Valori monetari sicurezza</b>	
•	incidente con autovettura	: 10.986,00 €
•	incidente con ferito	: 42.219,00 €
•	incidente con morto	: 1.503.990,00 €
-	<b>Valori monetari inquinamento atmosferico</b>	
•	CO extraurbano	: 0.0004 €/grammo
•	CO2 extraurbano	: 0.0001 €/grammo
•	NOx extraurbano	: 0.0046 €/grammo
•	VOC extraurbano	: 0.0021 €/grammo
•	PM extraurbano	: 0.0795 €/grammo

La trasformazione dei costi di Realizzazione dell’opera da finanziari in economici è calcolata in base ad un fattore medio di conversione ottenuto come media pesata tra i singoli tassi di conversione delle voci di spesa e la percentuale di spesa a queste voci imputata desunti dai quadri economici del progetto, e risulta pari a 0,62.

L’analisi attribuisce all’infrastruttura di progetto una vita utile di 30 anni e considera un valore residuo nullo delle opere al termine della vita utile.

La tabella seguente mostra un esempio del foglio di calcolo riassuntivo per la valutazione di sostenibilità economica di un intervento.

ANAS S.p.A.  
S.S. n.21 "della Maddalena" - Variante agli abitati di Demonte, Aisone e Vinadio - Lotto 1. Variante di Demonte  
**PROGETTO DEFINITIVO**

		Tasso di attualizzazione r = 3,5%		VAN E 0															
Anno	COSTI		Variazione Tempo				Variazione Percorrenza				Sicurezza		Inquinamento		Benefici Netti Totali				
	COSTI		MANUTENZIONE		PASSAGGERI		MERCÌ		Autovetture Equivalenti		Autocari Equivalenti		Incidenti/Feriti/Morti		CO <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> VOCI/NOX-PM		Benefici Netti Totali		
	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	Benefici Non Attualizzati	Benefici Attualizzati	€	€	
2018	1	-13.943.922	-13.468.190													-13.943.922	-13.468.190		
2019	2	-17.042.571	-15.899.510													-17.042.571	-15.899.510		
2020	3			-8.556	-7.710	1.184.168	1.067.054	274.631	247.470	-82.255	-74.120	-31.025	-27.857	85.848	59.336	19.596	17.658	1.422.408	1.281.732
2021	4			-8.556	-7.447	1.200.153	1.044.561	279.162	242.700	-83.366	-72.550	-31.537	-27.440	86.738	59.085	19.870	17.204	1.442.641	1.255.458
2022	5			-8.556	-7.193	1.216.354	1.022.543	283.768	238.583	-84.491	-71.028	-32.058	-26.950	87.639	56.861	20.147	16.937	1.462.803	1.229.723
2023	6			-8.556	-6.947	1.232.774	1.000.980	288.450	234.216	-85.631	-69.531	-32.586	-26.460	88.552	55.663	20.428	16.587	1.483.429	1.204.516
2024	7			-8.556	-6.710	1.249.415	979.888	293.209	229.567	-86.787	-68.065	-33.124	-25.978	89.477	54.489	20.713	16.245	1.504.346	1.179.826
2025	8			-8.556	-6.481	1.266.290	959.233	298.046	225.770	-87.959	-66.631	-33.671	-25.505	70.415	53.341	21.002	15.910	1.525.359	1.155.042
2026	9			-8.556	-6.260	1.283.374	939.014	302.964	221.671	-89.146	-65.224	-34.228	-25.042	71.365	52.218	21.285	15.581	1.547.070	1.131.954
2027	10			-8.556	-6.047	1.300.698	919.220	307.982	217.641	-90.350	-63.851	-34.791	-24.587	72.329	51.118	21.593	15.260	1.568.885	1.108.752
2028	11			-8.556	-5.840	1.318.256	899.844	313.043	213.684	-91.569	-62.505	-35.365	-24.140	73.305	50.038	21.894	14.945	1.591.008	1.086.025
2029	12			-8.556	-5.641	1.336.051	880.872	318.208	209.799	-92.805	-61.188	-35.948	-23.701	74.295	48.962	22.199	14.638	1.613.444	1.063.765
2030	13			-8.556	-5.449	1.354.096	862.309	323.458	205.984	-94.058	-59.899	-36.541	-23.270	74.191	47.847	22.509	14.339	1.635.090	1.041.256
2031	14			-8.556	-5.263	1.370.333	842.883	328.310	201.941	-95.187	-58.549	-37.090	-22.813	75.082	46.182	22.704	14.018	1.655.685	1.018.399
2032	15			-8.556	-5.083	1.386.779	823.895	333.235	197.977	-96.329	-57.230	-37.648	-22.366	75.983	45.142	23.074	13.708	1.676.540	996.044
2033	16			-8.556	-4.910	1.403.420	805.330	338.233	194.091	-97.485	-55.841	-38.211	-21.927	76.895	44.125	23.362	13.405	1.697.659	974.180
2034	17			-8.556	-4.742	1.420.262	787.194	343.307	190.281	-98.655	-54.681	-38.784	-21.486	77.817	43.131	23.653	13.110	1.719.044	952.197
2035	18			-8.556	-4.580	1.437.305	769.481	348.457	186.546	-99.839	-53.449	-39.365	-21.074	78.751	42.159	23.948	12.821	1.740.700	931.883
2036	19			-8.556	-4.424	1.454.552	752.127	353.683	182.884	-101.037	-52.245	-39.956	-20.681	79.696	41.210	24.247	12.538	1.762.630	911.429
2037	20			-8.556	-4.273	1.472.007	735.181	358.989	179.284	-102.249	-51.065	-40.555	-20.255	80.652	40.281	24.549	12.261	1.784.836	891.424
2038	21			-8.556	-4.127	1.489.671	718.824	364.373	175.770	-103.476	-49.911	-41.164	-19.827	81.620	39.374	24.855	11.980	1.807.324	871.958
2039	22			-8.556	-3.987	1.507.547	702.434	369.839	172.325	-104.718	-48.733	-41.791	-19.408	82.600	38.467	25.165	11.705	1.830.098	852.724
2040	23			-8.556	-3.851	1.525.633	686.610	375.387	168.942	-105.975	-47.684	-42.408	-19.088	83.591	37.620	25.479	11.427	1.853.156	834.009
2041	24			-8.556	-3.719	1.543.945	671.143	381.017	165.626	-107.246	-46.619	-43.044	-18.711	84.594	36.772	25.797	11.214	1.876.507	815.706
2042	25			-8.556	-3.592	1.562.473	656.025	386.733	162.375	-108.533	-45.565	-43.690	-18.344	85.609	35.944	26.119	10.958	1.900.154	797.805
2043	26			-8.556	-3.470	1.581.222	641.245	392.534	159.187	-109.835	-44.541	-44.345	-17.984	86.636	35.133	26.445	10.724	1.924.091	780.297
2044	27			-8.556	-3.351	1.600.197	626.801	398.422	156.063	-111.154	-43.539	-45.010	-17.631	87.678	34.343	26.775	10.488	1.948.350	763.173
2045	28			-8.556	-3.237	1.619.399	612.681	404.388	152.999	-112.487	-42.558	-45.685	-17.284	88.728	33.569	27.109	10.255	1.972.966	746.426
2046	29			-8.556	-3.127	1.638.832	598.876	410.464	149.998	-113.837	-41.600	-46.371	-16.945	89.793	32.813	27.447	10.030	1.997.772	730.047
2047	30			-8.556	-3.020	1.658.498	585.388	416.661	147.052	-115.200	-40.693	-47.065	-16.613	90.870	32.074	27.789	9.803	2.022.854	714.028
2048	31			-8.556	-2.917	1.678.400	572.201	422.870	144.165	-116.585	-39.747	-47.774	-16.288	91.961	31.351	28.137	9.580	2.048.454	698.361
2049	32			-8.556	-2.817	1.698.541	559.312	429.213	141.335	-117.985	-38.851	-48.489	-15.967	93.064	30.642	28.488	9.361	2.074.277	683.037
2050	33			-8.556	-2.721	1.718.923	546.712	435.652	138.561	-119.401	-37.976	-49.216	-15.653	94.181	29.955	28.843	9.174	2.100.427	668.015

L'Analisi Costi-Benefici, riportata nella tabella seguente; evidenza:

- un Saggio di Rendimento Interno – SRIE - pari al 3,53%;
- un VANE, applicando un tasso annuo di attualizzazione del 3,0%, pari ad 2.367.750€;
- un rapporto tra Benefici e Costi B/C pari a 1,080 al tasso di attualizzazione utilizzato

che evidenziano, pur se ai limiti, la sostenibilità economica del progetto.

TASSO DI ATTUALIZZAZIONE	r = 3,53%
<b>BENEFICI ATTUALIZZATI</b>	
Variazione Percorrenza	<b>-2.347.291</b>
Variazione Tempo	<b>30.124.803</b>
Inquinamento Stradale	<b>404.064</b>
Incidentalità	<b>1.337.690</b>
<b>TOTALE BENEFICI ATTUALIZZATI</b>	<b>29.519.266</b>
<b>COSTI ATTUALIZZATI</b>	
COSTRUZIONE	<b>29.367.700</b>
MANUTENZIONE	<b>146.216</b>
<b>TOTALE COSTI ATTUALIZZATI</b>	<b>29.519.266</b>
<b>VALORE ATTUALE NETTO</b>	<b>0</b>