






**NUOVA S.S. 341 "GALLARATESE" - TRATTO DA SAMARATE A CONFINE
CON LA PROVINCIA DI NOVARA - TRATTO NORD**

**STRALCIO FUNZIONALE DAL KM 6+500 (SVINCOLO S.S. 336 NORD)
AL KM 8+844 (SVINCOLO AUTOSTRADA A8)
"BRETELLA DI GALLARATE"**

PROGETTO ESECUTIVO

 <p>STUDIO CORONA</p>	 <p>Ingegneria del Territorio s.r.l.</p>	<p>ING. RENATO DEL PRETE</p>	 <p>ECOPLAN</p>	 <p>E&G Engineering & Graphics S.r.l.</p>
	<p>Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211</p>	<p>Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073</p>	<p>Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433</p>	<p>Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102</p>
<p>Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)</p>	 <p>CONSORZIO UNING Società designata: GA&M</p>	<p>SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni</p>	<p>ARKE' INGEGNERIA S.r.l. Via Impresa s.r.l. Trapani n. 4 - 73142 Bari</p>	<p>DOTT. GEOL. DANILLO GALLO</p>
	<p>Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137</p>	<p>Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771</p>	<p>Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970</p>	<p>Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588</p>

<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p>	<p>RESPONSABILE INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p>	<p>IL PROGETTISTA FIRMATARIO DELLA PRESTAZIONE</p>	<p>GEOLOGO</p>	<p>COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p>
				
Dott. Ing. Giancarlo LUONGO	Ing. Renato DEL PRETE	Ing. Valerio BAJETTI	Prof. Ing. Geol. Luigi MONTERISI	Ing. Gaetano RANIERI

<p>DA 002</p>	<p>D-PROGETTO STRADALE DA - ASSE PRINCIPALE Relazione di calcolo della pavimentazione</p>
----------------------	---

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.</p> <p>MI533 E 1801</p>	<p>NOME FILE</p> <p>DA002_P00PS00TRARE02_B.dwg</p>	<p>REVISIONE</p> <p>B</p>	<p>SCALA:</p> <p>-</p>
<p>CODICE ELAB.</p> <p>P00PS00TRARE02</p>			

D					
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA INTERNA ANAS	MAGGIO 2021	ING. AURORA LUISI	ING. VALERIO BAJETTI	ING. RENATO DEL PRETE
A	EMISSIONE	OTTOBRE 2020	ING. AURORA LUISI	ING. VALERIO BAJETTI	ING. RENATO DEL PRETE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA		2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI		2
3. TRAFFICO PREVISTO SULL'INFRASTRUTTURA		2
3.1 FONTI DI CONSULTAZIONE		2
3.2 ANALISI DI TRAFFICO		2
4. PACCHETTI STRADALI ADOTTATI		8
5. VERIFICA (METODO AASHTO)		11
5.1 STRUCTURAL NUMBER		11
5.2 MODULO RESILIENTE		12
5.3 AFFIDABILITA' E DEVIAZIONI STANDARD E PRESENT SERVICE ABILITY INDEX		14
5.4 IL NUMERO DI ASSI EQUIVALENTE		15
5.5 COEFFICIENTE DI DRENAGGIO		16
6. ESITO DELLE VERIFICHE		17
6.1 PACCHETTO A (SP. 71 CM)		17
6.2 PACCHETTO B		22
6.3 PACCHETTI DELLE VIABILITA' SECONDARIE E LOCALI		23
7. CONCLUSIONI		28

1. PREMESSA

Il progetto esecutivo in esame riguarda la Nuova S.S. 341 "Gallaratese", tratto da Samarate a confine con la Provincia di Novara – Tratto Nord, Stralcio Funzionale dal km 6+500 (Svincolo 336 Nord) al km 8+844 (Svincolo Autostrada A8). Tale stralcio è denominato "Bretella di Gallarate".

Il presente progetto esecutivo sviluppa, con i necessari approfondimenti, il Progetto Definitivo di base recependo le prescrizioni e le raccomandazioni contenute nell'allegato 1 della Delibera n.27 del 21 marzo 2008 del CIPE.

Il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ha affermato che il presente progetto, anche se limitato in questa fase al primo stralcio, "evidenzia la capacità di ridurre sensibilmente i tempi di percorrenza" e che ciò consente anche di ottenere "un sensibile miglioramento della sicurezza della circolazione stradale".

Questa relazione descrive il dimensionamento e la verifica dei pacchetti delle sovrastrutture stradali previsti nel progetto esecutivo in oggetto.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

- Norma AASHTO T274-82
- DM 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"
- Catalogo delle Pavimentazioni stradali del CNR.

3. TRAFFICO PREVISTO SULL'INFRASTRUTTURA

3.1 FONTI DI CONSULTAZIONE

[1] Relazione Studio di Traffico a corredo del Progetto Definitivo (elaborato T00_SG01_TRF_RE_00_A).

[2] Relazione tecnica stradale a corredo del Progetto Definitivo (elaborato P00_PS00_TRA_RE_00_B).

[3] Analisi trasportistica generale ed approfondimenti sui nodi di connessione con la viabilità esterna, redatta dall'ing. Franco Righetti, per Autostrada Pedemontana Lombarda.

3.2 ANALISI DI TRAFFICO

Al fine di determinare il TGM sull'asse principale del presente progetto esecutivo è stata consultata l'analisi trasportistica redatta dall'ing. Righetti per Autostrada Pedemontana Lombarda [3]. Da tale fonte di consultazione è stato possibile desumere il volume di traffico nell'ora di punta della mattina (8:00-9:00) nello scenario progettuale anno 2015 (cfr. pag. 48 [3]).

Tuttavia, in alcuni tratti, il suddetto scenario progettuale presenta una configurazione viabilistica differente rispetto allo scenario del presente progetto esecutivo, in particolare in corrispondenza dello Svincolo di Sciarè. Infatti, inizialmente tale svincolo presentava delle rampe di connessione con la SS 336 raccogliendo, in tale modo, il traffico in ingresso/egresso dal terminal intermodale Hupac. Tali rampe di collegamento tra la bretella SS 341 Gallaratese e la SS 336 sono state stralciate già nel progetto definitivo. Attualmente lo svincolo Sciarè connette la SS 341 di progetto con una viabilità esistente, prevista dal PRG di Gallarate, ma interrotta a ridosso del terminal Hupac.

Infine, rispetto allo scenario progettuale riportato in [3], è stata introdotta, già a partire dal progetto definitivo, la rampa B dello svincolo A8, che mette in collegamento la SS 341 di progetto con l'autostrada A8.

Dunque, a partire dai dati forniti dalla succitata fonte di consultazione sono state effettuate delle ulteriori analisi per tener conto della nuova configurazione viabilistica del presente progetto esecutivo. In basso si riporta uno stralcio planimetrico con l'indicazione dei veicoli pesanti (in rosso) e dei veicoli leggeri (in nero) relativi all'analisi di traffico [3] integrata con i volumi di traffico relativi alle rampe dello svincolo Sciarè e alla rampa B dello svincolo A8.

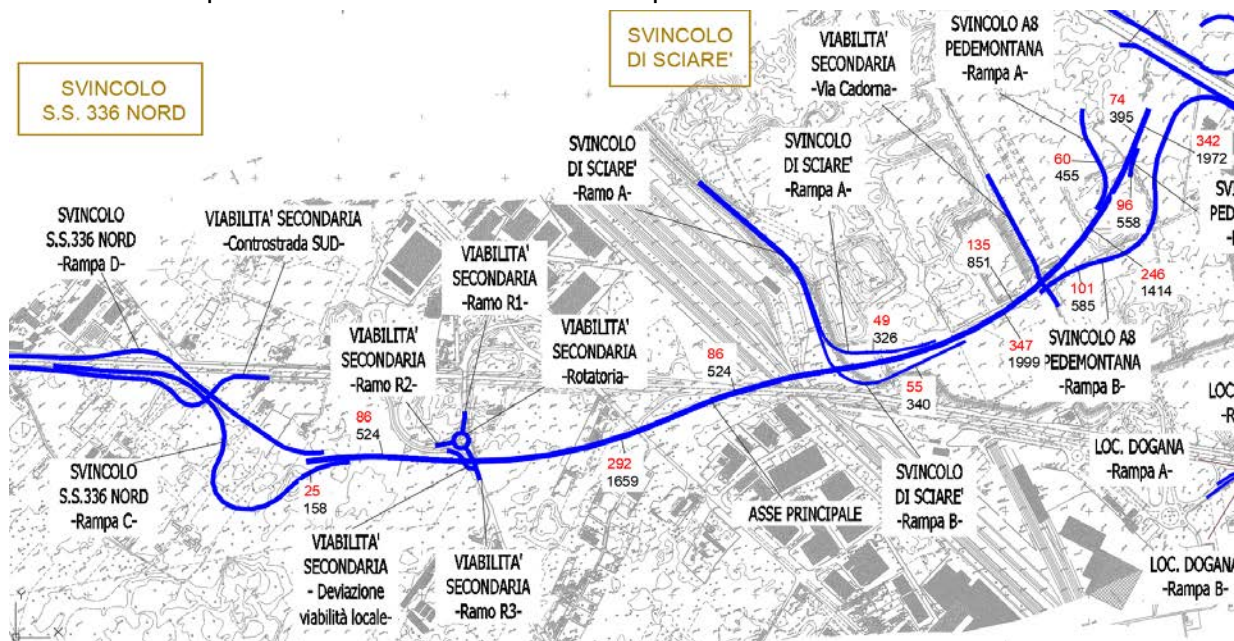


Fig. 1_ Volumi di traffico, ora di picco dalle 08:00 alle 09:00, relativo al 2015 [3]

Il volume di traffico transitante nella rampa A dello svincolo di Sciarè è stato definito come segue, considerando la presenza del tronco di scambio tra la rampa A dello svincolo A8 e la rampa in esame:

- Veicoli leggeri: 25% di 395 (veicoli leggeri SS 341) + 50% di 455 (veicoli leggeri Rampa A dello Svincolo A8): $98,75 + 227,5 = 326$ veic/h veicoli leggeri
- Veicoli pesanti: 25% di 74 (veicoli pesanti SS 341) + 50% di 60 (veicoli pesanti Rampa A dello Svincolo A8): $18,5 + 30 = 49$ veic/h veicoli pesanti

Per quanto concerne il traffico transitante sulla rampa B dello svincolo di Sciarè sono state effettuate delle considerazioni relative al traffico proveniente dalla bretella esistente, prevista nel PRG di Gallarate, ma attualmente interrotta in corrispondenza del terminal Hupac. In particolare, dall'analisi del contesto locale, è stato stimato un traffico leggero di 300 veicoli/h ed una percentuale del 16% di traffico pesante, dunque 55 veicoli/h pesanti sulla rampa B dello svincolo di Sciarè.

Infine, il volume di traffico transitante nella rampa B dello svincolo A8 è stato definito come segue, considerando la presenza del tronco di scambio tra la rampa B dello svincolo di Sciarè e la rampa in esame:

- Veicoli leggeri: 25% di 1659 (veicoli leggeri SS 341) + 50% di 340 (veicoli leggeri Rampa B dello Svincolo di Sciarè): $414,75 + 170 = 585$ veic/h veicoli leggeri
- Veicoli pesanti: 25% di 292 (veicoli pesanti SS 341) + 50% di 55 (veicoli pesanti Rampa B dello Svincolo A8): $73 + 27,5 = 101$ veic/h veicoli pesanti

Dall'immagine precedente è possibile dedurre che la carreggiata Nord della bretella di progetto è caratterizzata da un volume di traffico massimo pari a 851 veicoli leggeri e 135 veicoli pesanti. Invece, i dati relativi alla carreggiata Sud si evidenziano in 1999 veicoli leggeri e 347 veicoli pesanti. Dunque, la percentuale dei veicoli pesanti si attesta intorno al 15% per la carreggiata Sud e al 14% per la carreggiata Nord. Tuttavia considerando la fonte di consultazione [3] si desume che, nel tratto viabilistico contiguo a quello in esame, ovvero l'Autostrada Pedemontana Lombarda, sono stati considerati delle percentuali di mezzi pesanti pari al 19%. Dunque, a vantaggio di sicurezza, si considera una percentuale di veicoli pesanti pari al 19%, tenendo in considerazione che tale valore risulta rappresentativo della media dei mezzi pesanti sul tratto contiguo dell'Autostrada Pedemontana Lombarda. Tale percentuale si discosta sensibilmente da quella utilizzata nei calcoli della pavimentazione stradale del progetto definitivo, nel quale la percentuale di traffico pesante sulla SS 341 è stata considerata pari al 6,31% (cfr. pag. 66 P00 PS00 TRA RE 00 B).

Successivamente, facendo riferimento alla fonte di consultazione [3] si è proceduto ad omogeneizzare il volume di traffico dell'ora di punta, considerando un coefficiente di equivalenza dei veicoli pesanti pari a 2,5, che secondo le indicazioni dell'HCM rappresenta il valore peggiore in termini di conversione da traffico pesante a traffico di veicoli equivalenti.

Dunque, in corrispondenza della carreggiata Nord della SS 341 si hanno $851+2.5*135=1189$ veic.equ./h, mentre sulla carreggiata Sud si hanno $1999+2.5*347=2867$ veic.equ./h.

Da tali calcoli si evince che la distribuzione direzionale del traffico lungo la SS 341 è del tipo 70/30 con il 70% di veicoli transitanti in direzione Vanzaghello ed il risultante 30% in direzione Malpensa. Questi ultimi valori confermano la distribuzione direzionale assunta nel progetto definitivo.

I succitati dati di traffico, desunti dalla fonte di consultazione [3], fanno riferimento ad uno scenario progettuale relativo al 2015, dunque risulta necessario effettuare una proiezione al 2040, anno coincidente con il termine della vita utile della pavimentazione del presente progetto esecutivo. A tal proposito è necessario considerare che la domanda di trasporto è soggetta a fluttuazioni nel tempo che ne determinano l'incremento o la diminuzione, con conseguente variazione dei volumi di traffico che impegnano l'infrastruttura da un lato e variazione dei livelli di servizio dall'altro.

Tali fluttuazioni sono fortemente legate alle dinamiche socio-economiche del bacino di utenza servito dalla infrastruttura a cui si sommano le variazioni di traffico, generalmente incrementali, dovute alla maggiore attrattività della infrastruttura, per cui si parla di aliquota di traffico attratto da altre modalità e/o indotto.

Le valutazioni effettuate negli studi pregressi ed in particolare nello studio di traffico [1] portano a ritenere che il trend di crescita del traffico potrebbe essere addirittura negativo nel tempo. Inoltre, anche importanti settori trainanti del trasporto su strada (quali agricoltura, manifatturiero, costruzioni) negli ultimi 15-20 anni non hanno subito significativi incrementi di addetti e, in più di un caso, hanno subito, invece, una deflessione nel numero degli addetti.

Il dato socio-economico, dunque, induce a considerare attendibile una stabilità se non una diminuzione nel tempo della domanda di trasporto, in linea generale.

D'altro canto, vi è mancanza di certezza sulla evoluzione del traffico e, soprattutto, sull'effettivo incremento dello stesso nel tempo, a causa della attuale congiuntura e della prevista diminuzione nel tempo dei parametri economici più influenti sui trasporti.

Le considerazioni sopra esposte inducono a ritenere ragionevole lasciare invariata la domanda di trasporto per tutto l'orizzonte temporale prescelto per l'analisi di traffico. Tuttavia, a vantaggio di sicurezza, nelle calcolazioni di che trattasi si è fatto riferimento, anche tenuto conto delle considerazioni riportate negli studi consultati (cfr. [1], [2], [3]) ad un tasso di crescita medio annuo dell'1%.

Come orizzonte temporale, partendo dall'anno 2020, è stato considerato l'anno 2040, facendo quindi riferimento ad un arco temporale di 20 anni, periodo tipico per le stime di convenienza economica per le infrastrutture stradali, come indicato dalle Linee Guida Europee per le analisi benefici costi.

Al fine di trasformare i flussi dell'ora di punta in traffico giornaliero medio, si considera che nella letteratura americana di settore (compreso l'HCM) sono reperibili diversi studi basati su numerose osservazioni della distribuzione del traffico durante le 24 ore, nell'arco della settimana e su base stagionale (Washington State Transportation Center), a seconda delle caratteristiche socioeconomiche dell'area servita. Detti studi hanno provato che esiste una correlazione fra il TGM e il flusso di traffico osservato in una data sezione nell'arco delle 24 ore. In particolare, per ciascuna delle 24 ore, il flusso di traffico massimo, o di picco, può essere espresso come percentuale del TGM (rapporto PHT/TGM). E' possibile in tal modo risalire al flusso massimo della giornata (Q_{max}) e al flusso della 30^a ora (Q_{30}), ovvero quel volume di traffico che viene raggiunto e superato per 30 ore nell'arco dell'anno. Alcuni autori americani (Hollenbeck et al.) hanno condotto degli studi basati su osservazioni delle variazioni dei flussi di traffico, tenendo conto della localizzazione, del tipo di infrastruttura e del tipo di veicoli.

Altri autori (Pederson et al.) concordano nel definire le curve in base alla destinazione d'uso dell'area servita. Proprio da questi studi è tratto il grafico della figura successiva, nel quale sono riportate le curve PHT/TGM (rapporto fra il volume di traffico orario massimo e il TGM) ricavate in base ad osservazioni effettuate su arterie statunitensi, a servizio di aree commerciali e non, urbane ed extraurbane.

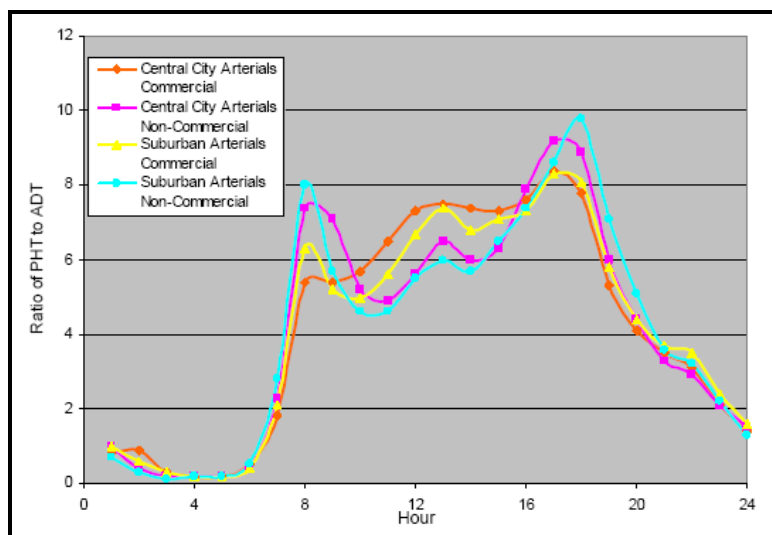


Fig. 2_ Distribuzione del volume orario di traffico, per tipo di zona, come percentuale del TGM

Per le arterie stradali della rete in oggetto consideriamo la curva "suburban arterials commercial" (in giallo nel grafico su riportato), in quanto trattasi di aree periferiche a vocazione industriale/commerciale/terziaria.

Per questo tipo di arterie, il picco assoluto, nell'arco della giornata, si riscontra nella fascia oraria 18-19. In corrispondenza di detto picco il volume di traffico orario rappresenta l'8.5% del TGM.

A vantaggio di sicurezza, si effettua il calcolo del TGM considerando che il traffico di punta sia pari al 10% del TGM. Dunque, sommando i dati dei volumi di traffico dell'ora di punta della carreggiata Nord e Sud della SS341 si ottengono 4056 veic.equiv/h, per cui il TGM è pari a 40560 veic/giorno al 2015.

Per quanto riguarda la definizione del volume di traffico in corrispondenza della SS 336 dello svincolo Località Dogana, è stato consultato lo studio di traffico riportato nella fonte di consultazione [3]. Così come descritto in precedenza, anche per tale analisi è stato considerato

che, rispetto allo scenario previsto in [3], sono state stralciate le rampe di connessione tra la bretella SS 341 di progetto e la SS 336. In basso si riportano i dati di traffico, relativi all'ora di punta dalle 8:00 alle 9:00, relativi allo scenario del 2015, secondo quanto ricostruito in [3] e non tenendo conto delle suddette rampe stralciate.

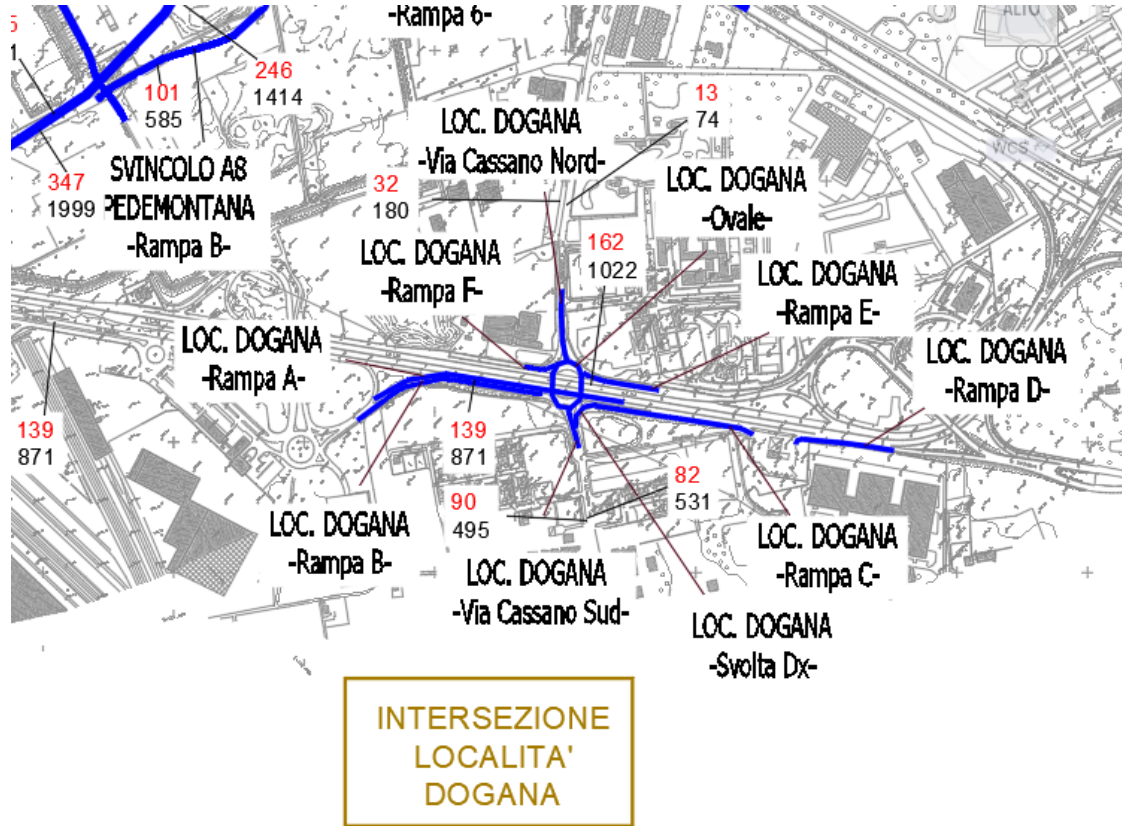


Fig. 3_ Volumi di traffico, ora di picco dalle 08:00 alle 09:00, relativo al 2015 [3]

Successivamente, facendo riferimento alla fonte di consultazione [3] si è proceduto ad omogeneizzare il volume di traffico dell'ora di punta, considerando un coefficiente di equivalenza dei veicoli pesanti pari a 2,5, che secondo le indicazioni dell'HCM rappresenta il valore peggiore in termini di conversione da traffico pesante a traffico di veicoli equivalenti.

Dunque, in corrispondenza della carreggiata Nord della SS 336 sono presenti $1022 + 2.5 \cdot 162 = 1427$ veic.equ./h, mentre sulla carreggiata Sud sono presenti $871 + 2.5 \cdot 139 = 1149$ veic.equ./h.

Da tali calcoli si evince che la distribuzione direzionale del traffico lungo la SS 336 è del tipo 55/45 con il 55% di veicoli transitanti in direzione Malpensa ed il risultante 45% in direzione A8.

Inoltre, per quanto concerne il tasso di crescita medio annuo del volume di traffico, si assume, così come per l'asse SS 341 di progetto, un valore pari all'1% in funzione dello studio riportato in [3].

Al fine di determinare il TGM si considera, anche in questo caso, che il traffico di punta sia pari al 10% del TGM. Dunque, al 2015, il TGM della SS 336 in corrispondenza dello svincolo della Località Dogana, risulta pari a $10 \cdot (1427 + 1149) = 25760$ veic./giorno. Dalla precedente figura è possibile desumere che la percentuale dei mezzi pesanti, in corrispondenza di tale zona, sia pari al 14%. Tuttavia, considerando la presenza del terminal intermodale Hupac, ovvero il più grande interporto tra ferrovia e strada d'Europa, si ritiene opportuno incrementare tale percentuale al 20%. Infine, per quanto riguarda l'analisi dei volumi di traffico che impegnano l'ovale, Via Cassano (svincolo località Dogana) e la rotonda di Via Calatafimi, si fa riferimento ai dati riportati nella fonte di consultazione [3], come di riportato nelle seguenti immagini.

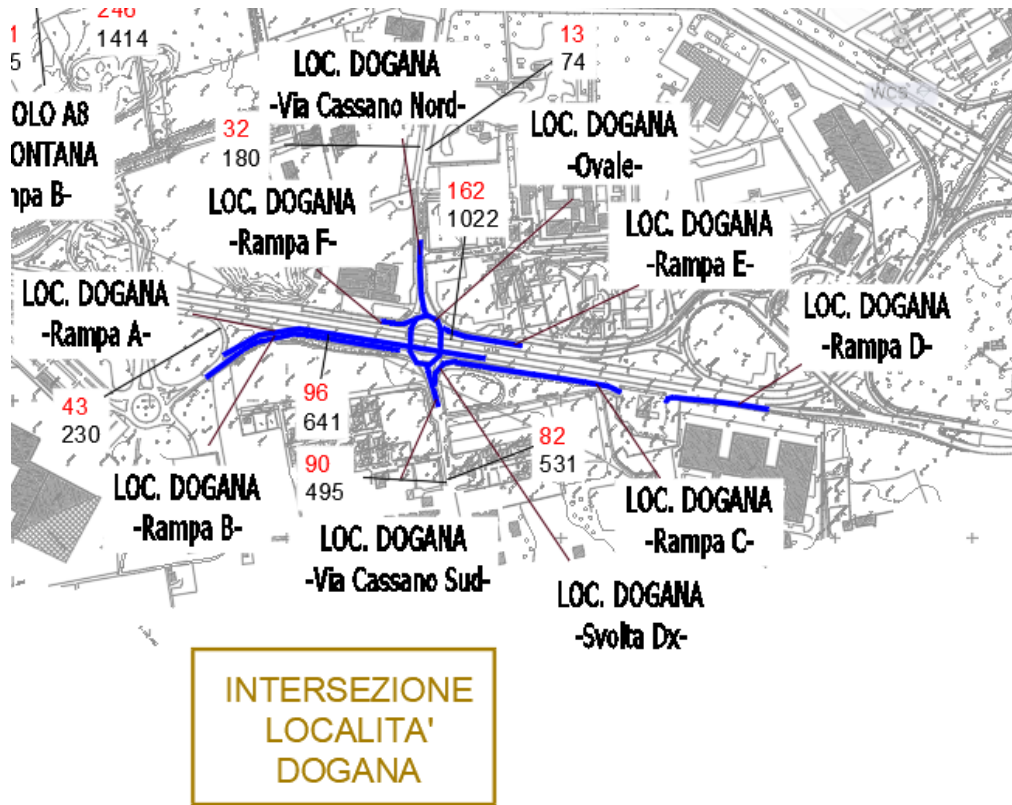


Fig. 4_ Volumi di traffico, ora di picco dalle 08:00 alle 09:00, relativo al 2015 [3]



Fig. 5_ Volumi di traffico, ora di picco dalle 08:00 alle 09:00, relativo al 2015 [3]

Facendo riferimento alle considerazioni precedentemente esposte e ai traffici riportati nelle precedenti figure, relativi all'ora di picco dalle 8:00 alle 9:00 del 2015, si calcola il TGM come segue:

Via Cassano Nord

Direzione Nord: $74+2.5*13=106.5$ veic. equiv./h

Direzione Sud: $180+2.5*32=260$ veic. equiv./h

TGM= $(106.5+260)*10= 3665$ veic./giorno

Tasso di crescita medio annuo:1%

% veicoli pesanti: 15%

Distribuzione direzionale:70/30

Via Cassano Sud

Direzione Nord: $531+2.5*82=736$ veic. equiv./h

Direzione Sud: $495+2.5*90=720$ veic. equiv./h

TGM= $(736+720)*10= 14560$ veic./giorno

Tasso di crescita medio annuo:1%

% veicoli pesanti: 15%

Distribuzione direzionale:50/50

Via Calatafimi

Direzione Nord: $403+2.5*65=565.5$ veic. equiv./h

Direzione Sud: $574+2.5*103= 831.5$ veic. equiv./h

TGM= $(565.5+831.5)*10=13970$

Tasso di crescita medio annuo:1%

%veicoli pesanti: 15%

Distribuzione direzionale: 60/40

4. PACCHETTI STRADALI ADOTTATI

I pacchetti di sovrastruttura stradale carrabile adottati in questo progetto esecutivo, sono stati differenziati in base alla funzionalità della strada ed alle condizioni caratteristiche di scavo o rilevato, presenza di viadotti o gallerie, etc.

In particolare, in basso si riportano tutti i pacchetti stradali adottati ed una tabella riassuntiva che associa le viabilità di progetto ai relativi pacchetti adottati.

PACCHETTO STRADALE	ASSE ASSOCIATO
Pacchetto A	BretteLLa di Gallarate SS 341, Rampe C e D (Svincolo SS 336 Nord), Rampe A e B, Ramo A (Svincolo Sciarè) Rampe A e B, (Svincolo A8) Rampe A , B , C, D, E e F(Svincolo Località Dogana)
Pacchetto B	Rampa C, Complanare Nord, Rampa 1, Rampa 4, Rampa 6, Complanare Sud

Pacchetto C	IN CORRISPONDENZA DI VIADOTTI Bretella di Gallarate SS 341, Rampa D Svincolo SS 336 Nord, Rampe A e B Svincolo Sciarè, Via Cadorna, Rampa B Svincolo A8, Rampa 1 Svincolo A8
Pacchetto D	IN CORRISPONDENZA DELLA GALLERIA GA 05 Bretella di Gallarate SS 341
Pacchetto E	Rotatoria Via Calatafimi e relativi rami di raccordo, Ovale svincolo località Dogana, Viabilità Cassano Magnago Nord e Sud Svincolo località Dogana,
Pacchetto F	Controstrada Sud, Via Sicilia, Via Cadorna

Tabella 1: Pacchetti stradali adottati

In basso si riportano i particolari costruttivi dei vari pacchetti adottati:

PACCHETTO A

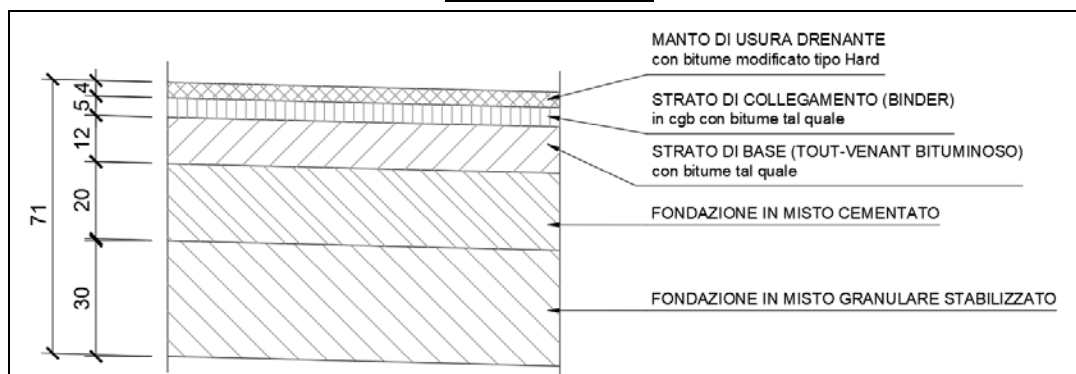


Fig. 6_ Pacchetto A con spessore totale di 71 cm

PACCHETTO B

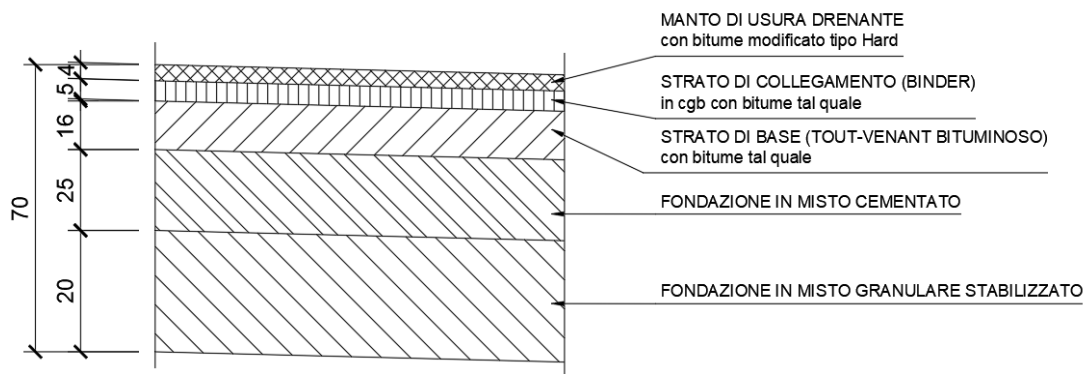


Fig. 7_ Pacchetto B con spessore totale di 70 cm

PACCHETTO C

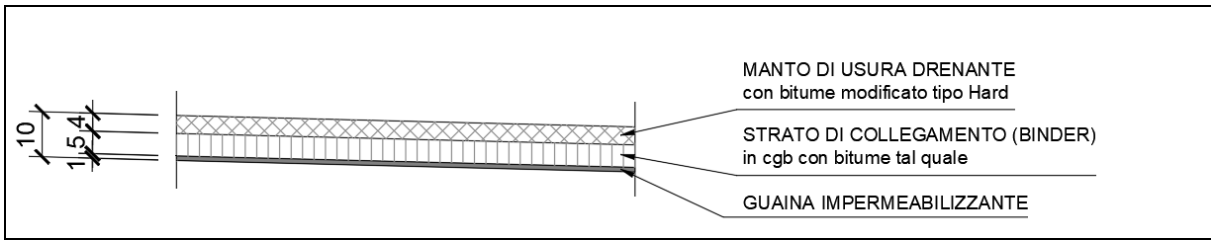


Fig. 8_ Pacchetto C in viadotto con spessore totale di 10 cm

PACCHETTO D

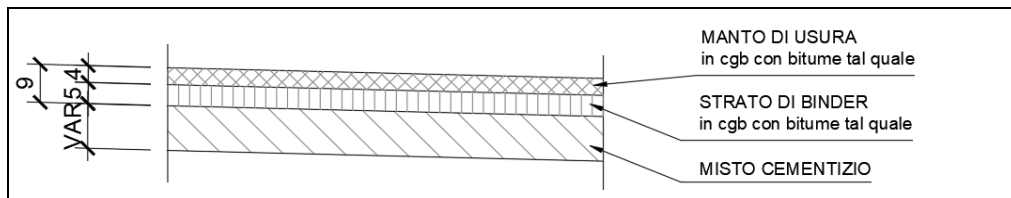


Fig. 9_ Pacchetto D in galleria con spessore totale di 9 cm

PACCHETTO E

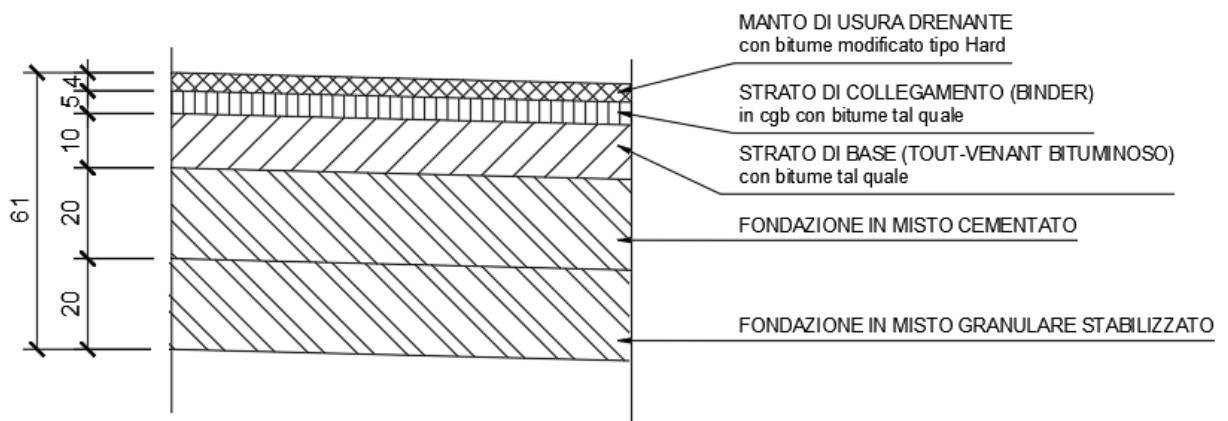


Fig. 10_ Pacchetto E relativo alle viabilità extraurbane secondarie con spessore totale di 61 cm

PACCHETTO F

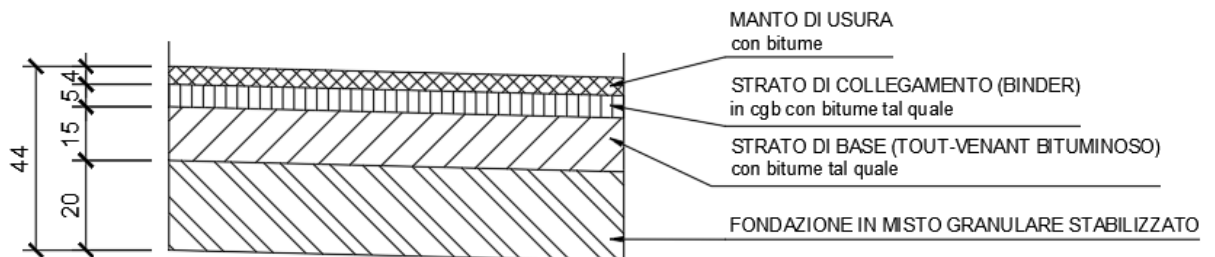


Fig. 11_ Pacchetto F relativo alle viabilità locali con spessore totale di 44 cm

5. VERIFICA (METODO AASHTO)

Il calcolo delle pavimentazioni ha come finalità il dimensionamento degli spessori dei diversi strati che costituiscono la sovrastruttura stradale atti a garantire un adeguato indice di efficienza del manto stradale e di prevederne, in via teorica, i relativi limiti di durata temporale.

Il metodo di calcolo utilizzato nel progetto definitivo e riproposto nel presente progetto esecutivo, trattandosi di pavimentazione flessibile, è l'AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Il metodo è empirico-statistico, basato su osservazioni sperimentali di vari parametri opportunamente correlati da funzioni di regressione: consiste nel determinare il numero di assi standard (asse singolo con ruote gemelle da 18 kips= 80KN) che la pavimentazione può supportare raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale PSI.

Questo fornisce il numero di passaggi $W_{8.2}$ di un asse "standard" di 8.2 t (80 kN) compatibile con la sovrastruttura stradale.

Il numero di passaggi $W_{8.2}$ in questione è dato dalla seguente relazione:

$$\log N_{8.2} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

dove:

SN Structural Number o indice di spessore, espresso in pollici (1" = 2.54 cm);

Z_R, S_o deviazioni standard associate all'affidabilità di progetto R;

ΔPSI differenza tra il valore iniziale e finale dell'indice PSI;

M_R modulo resiliente effettivo del terreno di supporto, in psi (1 psi = 7.03e-2 kg/cm²).

5.1 STRUCTURAL NUMBER

Il numero strutturale della pavimentazione SN (structural number) è determinato sommando il contributo di ciascun strato i-esimo che costituisce la sovrastruttura stradale.

Il contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione è dato dalla seguente formula:

$$SN_i = s_i d_i a_i$$

indicando con:

- s_i lo spessore in mm dello strato i-esimo;
- d_i il coefficiente di drenaggio dello strato i-esimo (1 er gli strati legati in bitume; 0,98 per il misto cementato; 0,95 per il misto granulare;)
- a_i il coefficiente strutturale dello strato i-esimo.

In basso una tabella relativa ai coefficienti ai strutturali dello strato i-esimo.

Pavement Layer	Layer Strength Coefficient a _i				Cenek and Patrick (1994)
	TRL (1975)	AASHTO (1993)	Paterson (1987)	CRR1 (1993b)	
Surface Courses					
Surface Treatment (ST)			0.20 - 0.40		0.300
Surface Dressing (SSD/DSD)	0.100				
Premix Carpet (PMC)				0.180	
Semi-Dense Carpet (SDC), 25mm				0.250	
Asphalt Mixture (cold/hot premix of low stability)	0.200		0.200		0.200
Asphalt Concrete (AC), 25 mm	0.180				
Asphalt Concrete (AC), 40/ 25 mm				0.300	
AC, MR30 = 1500 MPa			0.300		0.300
AC, MR30 = 2500 MPa			0.400		0.400
AC, MR30 = 4000 MPa			0.500		0.450
Elastic Mod. at 68F, E = 100,000 psi		0.200			
Elastic Mod. at 68F, E = 200,000 psi		0.300			
Elastic Mod. at 68F, E = 300,000 psi		0.350			
Elastic Mod. at 68F, E = 400,000 psi		0.425			
Base Courses					
GB, CBR = 30%	0.070	0.095	0.00-0.07		
GB, CBR = 50%	0.100	0.110	0.00-0.10		
GB, CBR = 70%	0.120	0.125	0.10-0.12		
CBR = 90%	0.135	0.130	0.12-0.13		
CBR = 110%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam (WBM)				0.140	0.140
CB, UCS = 0.7 MPa	0.100	0.100	0.100		
CB, UCS = 2.0 MPa	0.150	0.140	0.150		
CB, UCS = 3.5 MPa	0.200	0.175	0.200		
CB, UCS = 5.0 MPa	0.245	0.205	0.240		
Bituminous Base Material			0.320		
Dense Bituminous Macadam/				0.200	
Built-Up Spray Grout (BUSG)				0.160	
Thin Bituminous Layer, BT				0.140	
AB, Marshall Stability, 200 lb		0.120			
AB, Marshall Stability, 400 lb		0.160			
AB, Marshall Stability, 800 lb		0.200			
AB, Marshall Stability, 1200 lb		0.240			
Sub-base Courses					
GB, CBR = 5%	0.055	0.040	0.060		
GB, CBR = 15%	0.085	0.090	0.090		
GB, CBR = 25%	0.100	0.100	0.100		
GB, CBR = 50%	0.120	0.130	0.120		
GB, CBR = 100%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam, Oversized				0.140	
Brick Soling				0.120	
Brick Ballast/ Aggregates				0.120	
Local Gravel/ Kankar				0.100	
Cemented Materials,			0.140		

Source: Chakrabarti and Bennett (1994)

 Fig. 11_ Valori del coefficiente strutturale a_i

5.2 MODULO RESILIENTE

La sovrastruttura o pavimentazione deve avere una stratigrafia idonea a trasmettere al terreno carichi compatibili con la sua portanza. La portanza è rappresentabile con il modulo resiliente, M_R , un modulo elastico dinamico che tiene conto soltanto della componente viscosa reversibile ε_R della deformazione del materiale. Si può porre:

$$M_R = \frac{\sigma_D}{\varepsilon_R}$$

dove σ_D è lo sforzo deviatorico della prova triassiale ed ε_R è la porzione reversibile della deformazione.

Il modulo resiliente può essere determinato direttamente in laboratorio seguendo le indicazioni della norma statunitense AASHTO T-274-82 (prova di carico ripetuto a compressione triassiale) per il sottofondo ed i materiali non legati; per i materiali stabilizzati con bitume e per gli altri materiali legati, invece, viene determinato con prove a trazione indiretta (ASTM D-4123-82). Generalmente, si sottopongono in laboratorio provini cilindrici di materiale a stati tensionali di compressione triassiale. Il provino, posto in una cella triassiale, è soggetto, al generico istante t , ad una pressione laterale σ_3 e sulle basi alla pressione $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_D$. Durante la prova, solitamente, la σ_3 rimane costante mentre il deviatore di tensione σ_D varia ciclicamente.

Conseguentemente anche le deformazioni verticali totali varieranno ciclicamente: la differenza, dopo un assegnato numero di cicli, tra la deformazione totale e quella residua individua la deformazione recuperata o "resiliente" ϵ_R (figura 2).

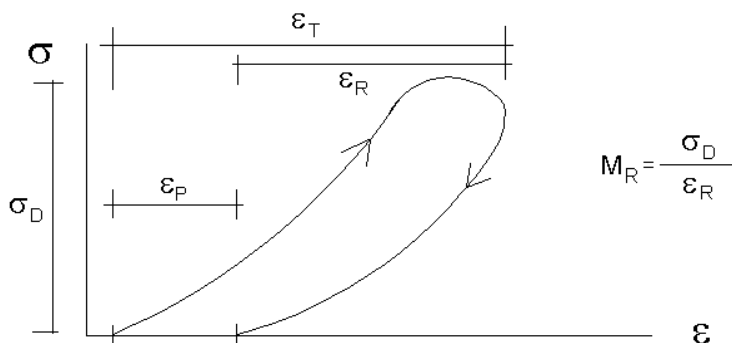


Figura 12_ Andamento tipico di una prova per la determinazione del modulo resiliente (Elliott e Thornton, 1988)

La deformazione totale viene misurata all'inizio mentre quella residua al termine della fase di scarico: tra le due letture delle deformazioni trascorre un intervallo di tempo dell'ordine di alcuni secondi che permette il sostanziale recupero della deformazione elastica viscosa reversibile (elasticità ritardata)¹.

Generalmente si adottano le correlazioni di Heukelom e Klomp tra il modulo resiliente ed il valore effettivo del CBR:

$$M_R = 100 \cdot CBR [kg / cm^2]$$

Di seguito si riportano a titolo indicativo i valori del modulo resiliente utilizzati nella stesura del Catalogo delle sovrastrutture CNR (B.U. 178/95)².

M_R [MPa]	CBR [%]	K [kPa/mm]
150	15	100
90	9	60
30	3	20

Tabella 2: Modulo resiliente del terreno di sottofondo in funzione dell'indice CBR o del coefficiente di reazione K

Nel presente progetto esecutivo è stato considerato un valore cautelativo di CBR, pari al 5%, confermando quanto previsto nel progetto definitivo.

¹ GIANNATASIO P., CALIENDO C., ESPOSITO L., FESTA B., PELLECCIA W., *Portanza dei sottofondi*, Fondazione Politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, Napoli, 1990

² DOMENICHINI L., GIANNATASIO P., MARCHIONNA A. et alii, *Criteri di dimensionamento delle sovrastrutture di catalogo*, Fondazione Politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, Napoli, 1993

5.3 AFFIDABILITA' E DEVIAZIONI STANDARD E PRESENT SERVICE ABILITY INDEX

La affidabilità R (reliability) esprime la probabilità che il numero di applicazioni di carico N_t che la struttura può sopportare prima di raggiungere un prefissato grado di ammaloramento finale (PSI_{fin}) sia maggiore o uguale al numero di applicazioni di carico N_T che realmente sono applicati alla sovrastruttura nel periodo di progettazione T considerato (vita utile):

$$R(\%) = 100 \cdot Prob(N_t \geq N_T)$$

In sintesi R esprime la probabilità di sopravvivenza della strada in relazione al periodo di vita utile prefissato e le grandezze Z_R ed S_o sono strettamente collegate a tale affidabilità.

Si rammenta che per "vita utile" si intende il periodo oltre il quale la degradazione subita dalla strada rende necessari importanti interventi di manutenzione straordinaria, al limite il suo completo rifacimento.

Z_R rappresenta il valore della variabile standardizzata δ_o al quale corrisponde la probabilità R che si abbiano valori ad esso superiori. Considerando l'espressione di δ_o , l'affidabilità può essere riscritta come

$$R(\%) = 100 \cdot Prob(\delta_o \geq 0)$$

con δ_o variabile aleatoria caratterizzata da una legge di probabilità normale e deviazione standard S_o .

Nella successiva Tabella si riportano i valori di Z_R in funzione di R^3 .

R	ZR	R	ZR	R	ZR
50	0.000	90	-1.282	96	-1.751
60	-0.253	91	-1.340	97	-1.881
70	-0.524	92	-1.405	98	-2.054
75	-0.674	93	-1.476	99	-2.327
80	-0.841	94	-1.555	99.9	-3.090
85	-1.037	95	-1.645	99.99	-3.750

Tabella 3: Valori della deviazione standard Z_R associate all'affidabilità di progetto R

Il Catalogo Italiano delle Pavimentazioni propone i seguenti valori:

Tabella 9 - Affidabilità e PSI

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

Figura 13: Catalogo delle pavimentazioni_ relazione tra tipologia di strada, Affidabilità e PSI

Il "Present Serviceability Index", PSI, rappresenta numericamente il grado di ammaloramento della strada, potendo variare da 0 (pessimo) a 5 (ottimo).

5.4 IL NUMERO DI ASSI EQUIVALENTE

Per quanto concerne la distribuzione dello spettro di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada si fa riferimento alla tab. 3 presente nel catalogo delle pavimentazioni come di seguito riportata.

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	---	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	---	---	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---	
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	---	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	---	---	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	---	---	58.8	29.4	---	5.9	---	2.8	---	---	---	0.2	---	---	---	2.9
5) " extr. second. turistiche	24.5	---	40.8	16.3	---	4.15	---	2	---	---	---	0.05	---	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---	
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---	
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---	

Figura 14: Spettri tipici di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada

Il procedimento di calcolo si basa sul passaggio dallo spettro di traffico a quello degli assi, nota la composizione degli stessi, che formano ciascuno dei 16 tipi di veicoli commerciali. Tale composizione può essere riassunta nella seguente tabella ove per ciascuna riga è riportato il numero di assi che compongono il veicolo commerciale.

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Frequenze parziali degli assi														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	0,00%	Frequenza degli assi distribuiti per peso															
2	0,00%																
3	58,80%					58,8%				58,8%							
4	29,40%					29,4%						29,4%					
5	0,00%																
6	5,90%								5,9%			11,8%					
7	0,00%																
8	2,80%								2,8%			8,4%					
9	0,00%																
10	0,00%																
11	0,00%																
12	0,00%																
13	0,20%						0,2%							0,2%	0,6%		
14	0,00%																
15	0,00%																
16	2,90%							2,9%			2,9%						
						58,8%	32,5%	8,7%		61,7%		20,2%	29,4%	0,2%	0,6%		

³ AASHTO, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, published by the American Association of State Highway and Transportation Officials, 1985

Figura 15: Frequenze degli assi distinti per peso

Il prodotto di ciascun elemento della precedente tabella per il vettore delle frequenze, con cui si presentano i veicoli commerciali, consente di valutare le frequenze parziali di ciascun asse. La somma per colonna, infine, fornisce il numero di ciascun tipo di asse presente in 100 veicoli commerciali. La regola della 4° potenza fornisce per l'asse standard di 80 KN i seguenti coefficienti equivalenza.

Peso asse (ton)	Frequenza asse	Coefficiente equivalenza 4 ^a potenza	Transiti da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	0,0%	0,00391	0,00%
3	0,0%	0,01978	0,00%
4	58,8%	0,06250	3,68%
5	0,0%	0,15259	0,00%
6	8,7%	0,31641	2,75%
7	0,0%	0,58618	0,00%
8	61,7%	1,00000	61,70%
9	0,0%	1,60181	0,00%
10	20,2%	2,44141	49,32%
11	29,4%	3,57446	105,09%
12	0,2%	5,06250	1,01%
13	0,6%	6,97290	4,18%
TOTALE	179,6%	TOTALE	227,73%

Figura 16: Transiti da 8 t

5.5 COEFFICIENTE DI DRENAGGIO

Nella AASHTO (Design Guide versione 1986 e1993) i coefficienti di drenaggio sono usati per modificare il valore del coefficiente di spessore ai di ogni strato non stabilizzato al di sopra del sottofondo in una pavimentazione flessibile.

Gli strati in conglomerato bituminoso (in materiali legati) non sono influenzati da un eventuale cattivo drenaggio dello strato o dal tempo in cui si trova in condizioni di saturazione. In questi casi il coefficiente di drenaggio vale comunque 1.

Per gli altri strati i coefficienti di drenaggio sono determinati considerando la qualità del drenaggio e il tempo, in percentuale, che la pavimentazione è esposta a livelli di umidità vicino alla saturazione. In particolare, per gli strati in misto cementato si utilizza un coefficiente di drenaggio pari a 0,98 mentre per gli strati in misto granulare stabilizzato si utilizza un coefficiente pari a 0,95, confermando quanto previsto nel progetto definitivo.

6. ESITO DELLE VERIFICHE

Con i dati su riportati, la formula AASHTO fornisce, per ciascuno dei pacchetti predimensionati in precedenza, i seguenti valori di verifica.

6.1 PACCHETTO A (SP. 71 CM)

La verifica consiste nell'appurare che $W_{18\text{ amm}}$ (numero di assi che la pavimentazione è in grado di sopportare) risulta essere maggiore di W_{18} (numero di assi che si presume transiteranno durante la vita utile della sovrastruttura, cioè prima che si raggiunga l'indice di servizio in corrispondenza del quale si ritiene che essa debba essere rifatta).

In basso si riporta il particolare costruttivo del pacchetto A:

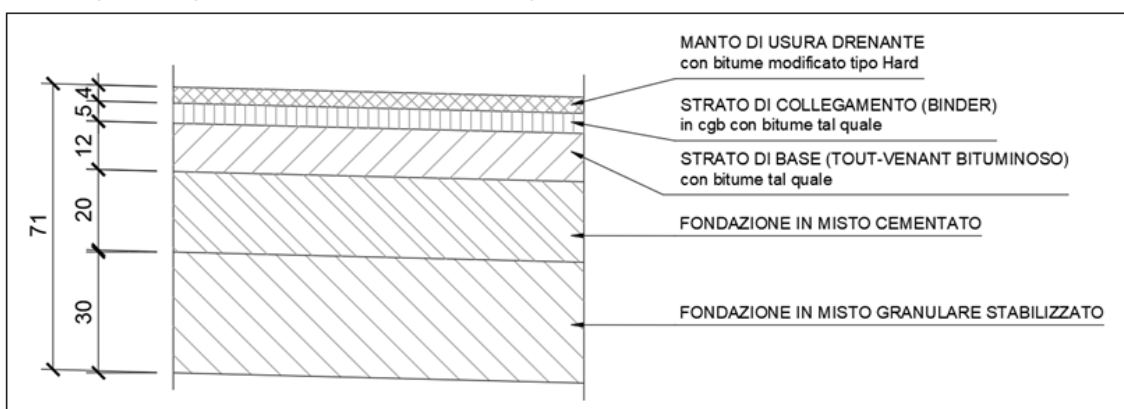


Figura 17: Pacchetto A

DATI DI INPUT DELLA VERIFICA PACCHETTO A (SS 341 e relative rampe di svincolo):

STRATI	Spessor e s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					5,00	7006,46
Fondazione (misto gran. Stab.)	300	0,95	0,120	34,20		
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20		
Base bitumata	120	1	0,18	21,60		
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00		
Usura drenante	40	1	0,45	18,00		
				133,00		
SNSG =					0,608109508	
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,848309508	

Altri dati di input:

- Affidabilità R: 90% poiché si considera l'asse principale di progetto come una strada extraurbana principale a forte traffico (Tipo di strada n.3 della tab. 9_catalogo delle pavimentazioni);
- ZR: -1,282 (Tab. 3)
- S0: 0,45
- PSI (iniziale): 4,8 confermando quanto previsto nel progetto definitivo

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,3
Fondazione (misto gran. Stab.)	300	0,95	0,120	34,20			
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20			
Base bitumata	120	1	0,18	21,60			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				133,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,848309508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	7,997313						
Pari ad un transito ammissibile W ₁₈ :				99.383.107	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				94.628.559	assi da 8t	VERIFICATO	

Si precisa che, a differenza del progetto definitivo, il pacchetto A viene adottato sia per le sezioni in rilevato che per quelle in sterro. Il pacchetto previsto nel progetto definitivo per le condizioni di sterro presenta uno spessore totale di 51 cm ed è costituito come segue:

- 4 cm di usura drenante con bitume modificato di tipo hard
- 5 cm di binder in cgb con bitume tal quale
- 12 cm di base Tout Venant bituminoso con bitume tal quale
- 30 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato

In basso si riporta la verifica effettuata, con esito negativo, relativa al succitato pacchetto stradale.

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	
Sottofondo					5,00	7006,46	
Fondazione (misto gran. Stab.)	300	0,95	0,120	34,20			
Base cementata	0	0,98	0,20	0,00			
Base bitumata	120	1	0,18	21,60			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				93,80			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					4,303829508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	6,738757						
Pari ad un transito ammissibile W ₁₈ :				5.479.701	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				54.038.078	assi da 8t	NON VERIFICATO	

Al fine di effettuare alcune considerazioni, nella figura seguente si riporta il calcolo del progetto definitivo effettuato su quest'ultimo pacchetto (sp.51 cm) e descritto nella relativa relazione tecnica stradale [1]. Da tale figura si evince che il transito ammissibile è pari a 32.455.666 assi da 8 t, mentre rifacendo lo stesso calcolo si ottiene un valore pari a 5.479.701 assi da 8t. Inoltre, nel progetto definitivo, il transito complessivo risulta pari a 28.936.970 assi da 8 t a fronte dei 54.038.078 assi da 8t del presente progetto esecutivo. Quest'ultima difformità è dovuta al fatto che nel progetto definitivo è stata assunta una percentuale di veicoli pesanti pari a 6.31%, mentre nel

presente progetto esecutivo tale percentuale è nettamente superiore, ovvero 19%, come desunto dall'analisi dei dati di traffico riportata nel paragrafo 3.2 del presente progetto esecutivo. Inoltre nel progetto definitivo, è stato previsto un valore di PSI finale pari a 1,8, a differenza dei 2,5 considerati per il presente progetto esecutivo.

Verifica pavimentazione in scavo (sp. 51 cm)

STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					5,00	7006,46
Fondazione in misto granulare stabilizzato	300	0,95	0,12	34,20		
Fondazione in misto cementato	0	0,98	0,20	0,00		
Base bitumata	120	1	0,18	21,60		
Collegamento	50	1	0,40	20,00		
Usura	40	1	0,45	18,00		
			$\Sigma =$	93,80		

SNSG	0,60811
$SN = SNSG + 0,0394 \Sigma s_i \cdot d_i \cdot a_i$	4,30383

Pertanto:

Pari ad un transito ammissibile W_{18} :		32.455.666	assi da 8t	
a fronte di un transito complessivo di		28.936.970	assi da 8t	VERIFICATO

Il pacchetto stradale A, di spessore totale pari a 71 cm, è stato adottato, a vantaggio di sicurezza, anche per le rampe di svincolo del presente progetto esecutivo. A tal proposito si ritiene superfluo riproporre il calcolo della pavimentazione poiché la verifica risulterebbe sicuramente soddisfatta in quanto il traffico reale complessivo relativo a ciascuna rampa è inferiore a quello stimato per l'asse principale.

Infine, si specifica, che tale pacchetto è stato adottato anche per le rampe dello Svincolo Località Dogana, a seguito delle considerazioni relative all'analisi di traffico sulla SS336 riportate nel paragrafo 3.2 della presente relazione tecnica e in funzione dei dati di input riportati di seguito.

DATI DI INPUT DELLA VERIFICA PACCHETTO A (rampe svincolo Località Dogana):

STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)
Sottofondo					5,00	7006,46
Fondazione (misto gran. Stab.)	300	0,95	0,120	34,20		
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20		
Base bitumata	120	1	0,18	21,60		
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00		
Usura drenante	40	1	0,45	18,00		
				133,00		
SNSG =						0,608109508
$SN = SNSG + 0,0394 \Sigma s_i \cdot d_i \cdot a_i =$						5,848309508

Altri dati di input:

- Affidabilità R: 90% poiché si considera la viabilità SS 336 come una strada extraurbana principale a forte traffico (tab. 9_catalogo delle pavimentazioni);

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,3
Fondazione (misto gran. Stab.)	300	0,95	0,120	34,20			
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20			
Base bitumata	120	1	0,18	21,60			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				133,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,848309508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	7,741104						
Pari ad un transito ammissibile W ₁₈ :				55.094.023	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				28.384.997	assi da 8t	VERIFICATO	

Dunque:

PACCHETTO STRADALE	ASSE ASSOCIATO
Pacchetto A	BretteLLa di Gallarate SS 341, Rampe C e D (Svincolo SS 336 Nord), Rampe A e B, Ramo A (Svincolo Sciarè) Rampe A e B, (Svincolo A8) Rampe A , B , C, D, E e F(Svincolo Località Dogana)

6.2 PACCHETTO B

Il pacchetto B, di spessore totale pari a 70 cm, è così costituito:

- 4 cm di usura drenante con bitume modificato di tipo hard
- 5 cm di binder in cgb con bitume tal quale
- 16 cm di base Tout Venant bituminoso con bitume tal quale
- 25 cm di fondazione in misto cementato
- 20 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato

Tale pacchetto stradale è stato richiesto da Autostrade per l'Italia nella prescrizione 1.1.1.7 contenuta nell'allegato 1 della Delibera n.27 del 21 marzo 2008 del CIPE, di seguito riportata:

"I rilevati delle corsie specializzate di connessione alla A8 dovranno avere un arginello di larghezza minima pari a 1,30 m ed una pendenza massima pari a 4:7. Inoltre, il pacchetto di pavimentazione dovrà essere quello previsto dagli standard ASPI, pari a 70 cm così articolati: 4 cm di usura drenante, 5 cm di binder, 16 cm di base, 25 cm di fondazione legata, 20 cm di fondazione non legata. (Autostrade per l'Italia)"

Dunque, tale pacchetto, è stato adottato in corrispondenza dello svincolo A8, ed in particolare per le rampe di connessione tra l'Autostrada Pedemontana Lombarda e l'autostrada A8 (rampa1, rampa 4, rampa 6, rampa C) e per le complanari Nord e Sud che si sviluppano in continuità con le corsie specializzate di immissione in A8.

In basso si riporta il particolare del pacchetto B:

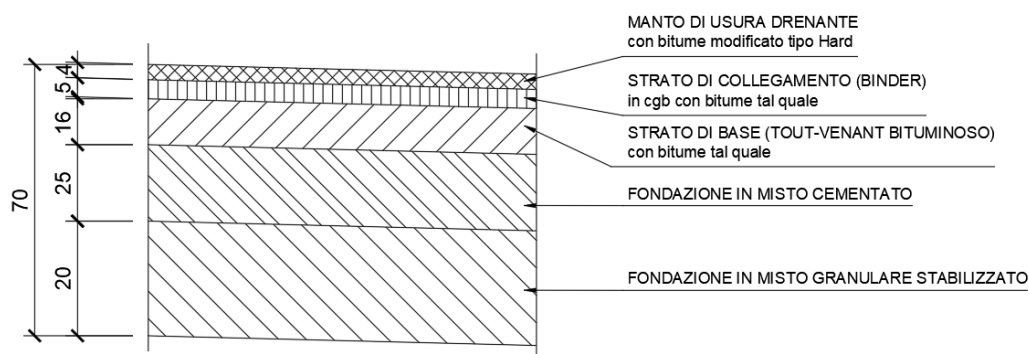


Figura 18: Pacchetto B

Tale pacchetto presenta un valore di transito ammissibile elevato, pari a 134.266.730 assi da 8 t. Di seguito si esplicitano gli assi su cui verrà applicato il pacchetto B.

PACCHETTO STRADALE	ASSE ASSOCIATO
Pacchetto B	Rampa C, Complanare Nord, Rampa 1, Rampa 4, Rampa 6, Complanare Sud

6.3 PACCHETTI DELLE VIABILITA' SECONDARIE E LOCALI

La verifica consiste nell'appurare che $W_{18 \text{ amm}}$ (numero di assi che la pavimentazione è in grado di sopportare) risulta essere maggiore di W_{18} (numero di assi che si presume transiteranno durante la vita utile della sovrastruttura, cioè prima che si raggiunga l'indice di servizio in corrispondenza del quale si ritiene che essa debba essere rifatta).

Il pacchetto E, relativo alle strade extraurbane secondarie, di spessore totale pari a 61 cm, è composto come segue:

- 4 cm di usura drenante con bitume modificato di tipo hard
- 5 cm di binder in cgb con bitume tal quale
- 10 cm di base Tout Venant bituminoso con bitume tal quale
- 20 cm di fondazione in misto cementato
- 20 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato

Tale pacchetto viene adottato per l'ovale, Via Cassano Nord e Sud in corrispondenza dello svincolo della località Dogana e per l'intersezione a raso a rotatoria ed i relativi rami in approccio di Via Calatafimi.

DATI DI INPUT DELLA VERIFICA PACCHETTO E:

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)

STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,3
Fondazione (misto gran. Stab.)	200	0,95	0,120	22,80			
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20			
Base bitumata	100	1	0,18	18,00			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				118,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,257309508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	7,383919						

Altri dati di input:

- Affidabilità R: 90% poiché si considera l'asse principale di progetto come una strada extraurbana secondaria a forte traffico (Tipo di strada n.3 della tab. 9_catalogo delle pavimentazioni);
- ZR: -1,282 (Tab. 3)
- S0: 0,45
- PSI (iniziale): 4,8 confermando quanto previsto nel progetto definitivo
- PSI (finale): 2.5 secondo quanto previsto nella tab. 9 del catalogo delle pavimentazioni per le strade di categoria n.3
- DPSI: 2,3
- Spettro di traffico dei veicoli commerciali: 3) extraurbana secondaria a forte traffico

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	---	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	---	---	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	---	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	---	---	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	---	---	38.8	29.4	---	3.9	---	2.8	---	---	---	---	0.2	---	---	2.9
5) " extr. second. turistiche	24.5	---	40.8	16.3	---	4.15	---	2	---	---	---	---	0.05	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---

Altri input della determinazione analitica di W18:

Via Cassano Nord:
C) DETERMINAZIONE ANALITICA

TGM =	3.665
Numero giorni commerciali per settimana (gg) =	5
Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) =	52
Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) =	0,7
Percentuale veicoli commerciali (p) =	0,15
Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pl) =	1
Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) =	0,8
Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) =	2,7
Tasso crescita traffico durante la vita utile r =	0,01
Vita utile in anni (n) =	20

Via Cassano Sud:

C) DETERMINAZIONE ANALITICA		
TGM =		14.560
Numero giorni commerciali per settimana (gg) =		5
Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) =		52
Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) =		0,5
Percentuale veicoli commerciali (p) =		0,15
Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pl) =		1
Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) =		0,8
Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) =		2,7
Tasso crescita traffico durante la vita utile r =		0,01
Vita utile in anni (n) =		20

Via Calatafimi:

C) DETERMINAZIONE ANALITICA		
TGM =		13.970
Numero giorni commerciali per settimana (gg) =		5
Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) =		52
Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) =		0,6
Percentuale veicoli commerciali (p) =		0,15
Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pl) =		1
Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) =		0,8
Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) =		2,7
Tasso crescita traffico durante la vita utile r =		0,01
Vita utile in anni (n) =		20

OUTPUT DELL'ANALISI PER IL PACCHETTO E

In basso si evidenzia che il pacchetto E, di spessore totale pari a 61 cm e costituito da:

- 4 cm di usura drenante con bitume modificato di tipo hard
- 5 cm di binder in cgb con bitume tal quale
- 10 cm di base Tout Venant bituminoso con bitume tal quale
- 20 cm di fondazione in misto cementato
- 20 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato

presenta un numero di assi ammissibili maggiore del numero di assi che si presume transiteranno durante la vita utile della sovrastruttura, dunque la verifica è soddisfatta.

Via Cassano Nord:

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,3
Fondazione (misto gran. Stab.)	200	0,95	0,120	22,80			
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20			
Base bitumata	100	1	0,18	18,00			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				118,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,257309508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	7,383919						
Pari ad un transito ammissibile W ₁₈ :				24.205.800	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				4.057.794	assi da 8t	VERIFICATO	

Via Cassano Sud:

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,3
Fondazione (misto gran. Stab.)	200	0,95	0,120	22,80			
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20			
Base bitumata	100	1	0,18	18,00			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				118,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,257309508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	7,383919						
Pari ad un transito ammissibile W ₁₈ :				24.205.800	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				11.514.613	assi da 8t	VERIFICATO	

Via Calatafimi:

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,3
Fondazione (misto gran. Stab.)	200	0,95	0,120	22,80			
Base cementata	200	0,98	0,20	39,20			
Base bitumata	100	1	0,18	18,00			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,45	18,00			
				118,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					5,257309508		
Log ₁₀ W ₁₈ =	7,383919						
Pari ad un transito ammissibile W ₁₈ :				24.205.800	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				13.257.622	assi da 8t	VERIFICATO	

Il pacchetto F, relativo alle strade locali, di spessore totale pari a 44 cm, è composto come segue:

- 4 cm di usura con bitume modificato di tipo hard
- 5 cm di binder in cgb con bitume tal quale
- 15 cm di base Tout Venant bituminoso con bitume tal quale
- 20 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato

Tale pacchetto viene adottato per la Controstrada Sud, Via Cadorna e per il breve tratto di Via Sicilia.

DATI DI INPUT DELLA VERIFICA PACCHETTO F:

Altri dati di input:

- Affidabilità R: 85% poiché si considera l'asse principale di progetto come una strada extraurbana secondaria ordinaria Tipo di strada n.4 della tab. 9_catalogo delle pavimentazioni);
- ZR: -1,037 (Tab. 3)
- S0: 0,45
- PSI (iniziale): 4,8 confermando quanto previsto nel progetto definitivo
- PSI (finale): 2.5 secondo quanto previsto nella tab. 9 del catalogo delle pavimentazioni per le strade di categoria n.4
- DPSI: 2,3
- Spettro di traffico dei veicoli commerciali: 4) extraurbana secondaria ordinaria

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	---	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	---	---	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.1	---	---
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	---	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	---	---	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	---	---	58.8	29.4	---	5.9	---	2.8	---	---	---	0.2	---	---	---	2.9
5) " extr. second. turistiche	24.5	---	40.8	16.5	---	1.15	---	2	---	---	---	0.05	---	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.1	---	---
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---	---
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---	---

Altri input della determinazione analitica di W18:

C) DETERMINAZIONE ANALITICA	
TGM =	5.000
Numero giorni commerciali per settimana (gg) =	5
Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) =	52
Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) =	0,5
Percentuale veicoli commerciali (p) =	0,15
Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pl) =	1
Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) =	0,8
Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) =	2,7
Tasso crescita traffico durante la vita utile r =	0,01
Vita utile in anni (n) =	20

OUTPUT DELL'ANALISI PER IL PACCHETTO F

In basso si evidenzia che il pacchetto F, di spessore totale pari a 44 cm e costituito da:

- 4 cm di usura con bitume modificato di tipo hard
- 5 cm di binder in cgb con bitume tal quale

- 15 cm di base Tout Venant bituminoso con bitume tal quale
- 20 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato

presenta un numero di assi ammissibili maggiore del numero di assi che si presume transiteranno durante la vita utile della sovrastruttura, dunque la verifica è soddisfatta.

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)							
STRATI	Spessore s_i (mm)	Coefficiente drenaggio (d_i)	Coefficiente spessore (a_i)	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	M_R (psi)	M_R (N/mm ²)
Sottofondo					5,00	7006,46	48,0
Fondazione (misto gran. Stab.)	200	0,95	0,120	22,80			
Base cementata	0	0,98	0,20	0,00			
Base bitumata	150	1	0,18	27,00			
Collegamento (*)	50	1	0,40	20,00			
Usura drenante	40	1	0,43	17,20			
				87,00			
SNSG =					0,608109508		
SN = SNSG+0,0394 \sum $s_i \cdot d_i \cdot a_i$ =					4,035909508		
$\log_{10} W_{18}$ =	6,648967						
Pari ad un transito ammissibile W_{18} :				4.456.226	assi da 8t		
a fronte di un transito complessivo di				3.911.215	assi da 8t	VERIFICATO	

7. CONCLUSIONI

In tutti i casi di progetto, il numero di assi cumulati standard equivalenti da 8. ton transitanti (valore in azzurro) risulta inferiore al corrispondente valore ammissibile (in verde). Pertanto le verifiche hanno avuto esito positivo.