

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

CA15 – POLCEVERA

VIABILITA' DI ACCESSO:

Relazione descrittiva e di calcolo della pavimentazione stradale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 0	E	C V	C L	C A 1 5 0 1	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	A. Benelli	20/05/2013	R.Giachi	20/05/2013	A. Palomba	20/05/2013	Ing. R. Giachi

n. Elab.:	File: IG5100ECVCLCA1501001A.DOCX
-----------	----------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale</p> <p>Foglio 3 di 17</p>

Sommario

1. DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA DEL SOTTOFONDO.....	4
2. DETERMINAZIONE DEL TRAFFICO.....	6
3. PROGETTO E VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE	7
4. VERIFICA (METODO AASHTO).....	8

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale

1. DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA DEL SOTTOFONDO

Per quanto riguarda la sovrastruttura stradale si prevede la realizzazione di un pacchetto caratterizzato da una stratigrafia idonea a trasmettere al terreno carichi compatibili con la sua portanza.

Sulla base dei risultati delle indagini geologiche e geotecniche si può affermare che il piano di posa del pacchetto stradale è normalmente costituito da calcare o da calcarenite, ossia rocce dotate di buone caratteristiche fisiche e meccaniche.

Per il calcolo della pavimentazione è lecito assumere, a vantaggio di sicurezza, un modulo resiliente di sottofondo pari a 50 MPa.

Il modulo resiliente appena menzionato è di primaria importanza per la progettazione della pavimentazione: MR è un modulo elastico dinamico che tiene conto soltanto della componente viscosa reversibile ξ_R della deformazione del materiale.

Si può porre:

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

dove σ_D è lo sforzo deviatorico della prova triassiale ed ξ_R è la porzione reversibile della deformazione¹. 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 $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_D$.

¹ ELLIOTT R.P., THORNTON S.I., *Resilient modulus and AASHTO pavement design*, Transportation Research Record, 1196/1988

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale

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" ξ_R .

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)².

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

$$M_R = 100 \text{ CBR} [\text{kg} / \text{cm}^2]$$

Di seguito si riportano a titolo indicativo i valori del modulo resiliente utilizzati nella stesura del Catalogo delle sovrastrutture CNR (B.U. 178/95)³.

² GIANNATASIO P., CALIENDO C., ESPOSITO L., FESTA B., PELLECCIA W., *Portanza dei sottofondi*, Fondazione Politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, Napoli, 1990

³ DOMENICHINI L., GIANNATTASIO P., MARCHIONNA A et alii, *Criteri di dimensionamento delle sovrastrutture di catalogo*, Fondazione Politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, Napoli, 1993

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

Tabella 1: Modulo resiliente del terreno di sottofondo in funzione dell'indice CBR o del coefficiente di reazione

Quindi, in base a quanto detto sopra sul modulo resiliente per il calcolo della pavimentazione stradale nell'intervento in oggetto, si farà riferimento ad una portanza del sottofondo espressa come indice CBR pari a 5.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale
	Foglio 6 di 17

2. DETERMINAZIONE DEL TRAFFICO

È di primaria importanza stabilire il volume di traffico che presumibilmente interesserà la strada durante il periodo di "vita utile", in termini quantitativi e qualitativi.

Nella prima fase di vita, di durata 6-7 anni, la strada sarà utilizzata come strada di cantiere utilizzata da traffico pesante e da mezzi d'opera: tenuto conto della pendenza e del particolare tipo di traffico costituito da betoniere, escavatori, bilici, etc si prevede un adeguato spessore di fondazione stradale (45 cm) che dia le più ampie garanzie di resistenza ai carichi anche ripetuti sulle 24 ore durante l'attività di cantiere.

Finita la fase di costruzione della linea Alta Velocità, il piazzale a quota 103,30 msm (difronte alla finestra Polcevera) rimarrà in esercizio piazzale tecnico di linea in cui saranno alloggiati funzioni necessarie all'esercizio ed alle operazioni di sicurezza della linea FS AV.

Durante la fase di esercizio, la strada di accesso avrà un traffico ridottissimo: furgoni ed automezzi per le operazioni di manutenzione straordinaria dei locali tecnologici previsti sul piazzale.

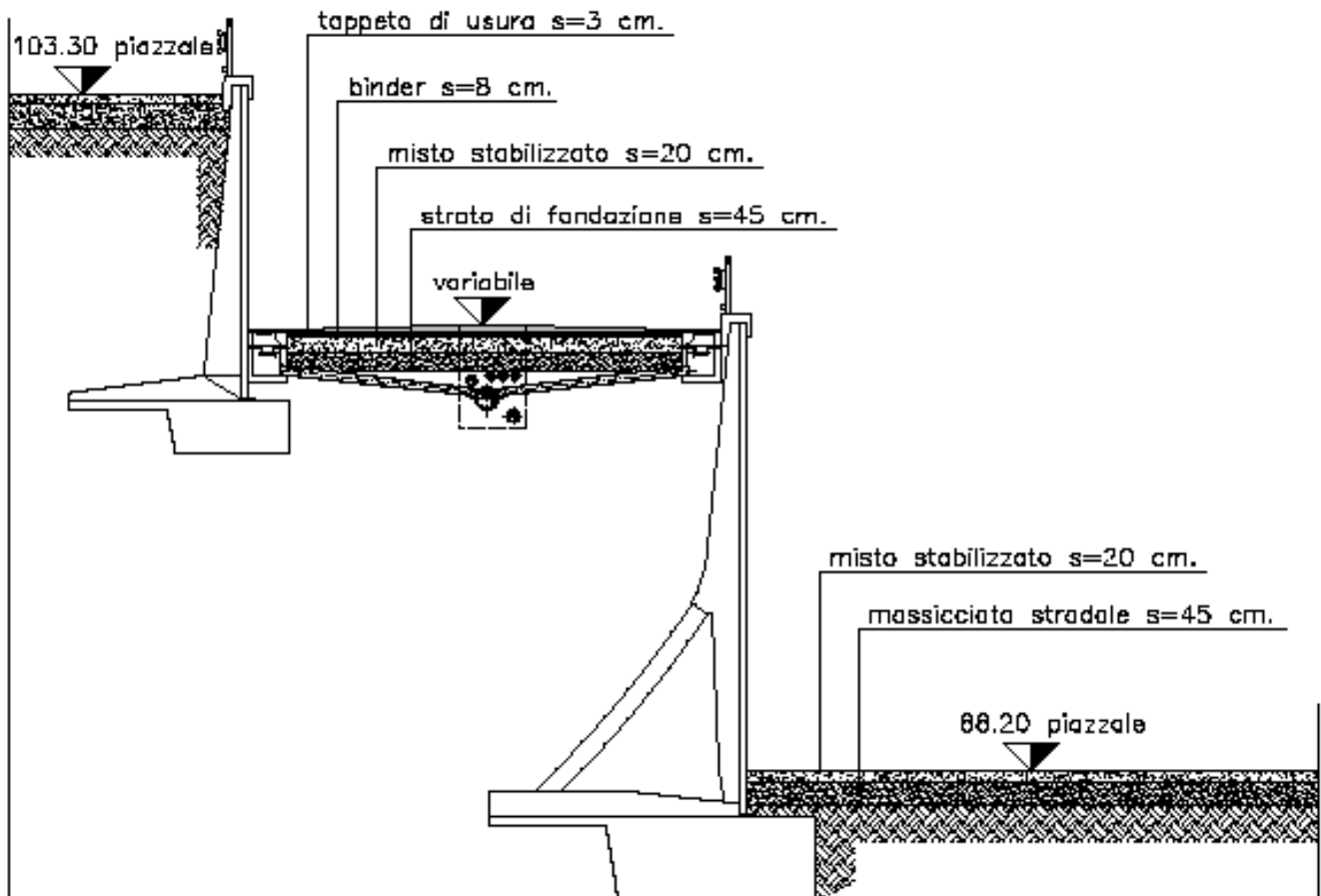
La tipologia di strada di progetto definitivo viene assimilata a "strada extra-urbana", ma la fondazione stradale viene dimensionata per carichi molto intensi e ripetuti tipici dei cantieri ferroviari. La componente di traffico che si considera per il calcolo è soltanto quella "pesante", costituita dai veicoli (autocarri, autotreni, autoarticolati, autobus e veicoli speciali) che per le notevoli pressioni trasmesse al suolo, rappresenta la causa prima dell'ammaloramento e degrado della sovrastruttura stradale, ritenendo trascurabili gli effetti relativi agli altri veicoli (autoveicoli e motoveicoli). A questi, nel caso in esame, si devono aggiungere i mezzi d'opera.

Il traffico che impegnerà l'infrastruttura definitiva sarà di tipo promiscuo ma la frazione di veicoli pesanti e mezzi d'opera sarà preponderante nella prima fase.

Il TGM che si prevede impegnerà l'infrastruttura in esame è stimato in circa 150-200 mezzi pesanti giornalieri.

Sulla base di queste semplici ma fondamentali considerazioni si procederà nei paragrafi a seguire alla progettazione ed alla verifica della pavimentazione stradale.

3. PROGETTO E VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE



NOTA A: IL SOTTOFONDO DOVRA' AVERE UNA PORTANZA

Figura 2: Stratigrafia della pavimentazione stradale adottata

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale
	Foglio 8 di 17

4. VERIFICA (METODO AASHTO)

Il metodo empirico proposto dalla AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), basato sull'osservazione diretta del comportamento di strutture già realizzate, è forse il più utilizzato e ancora oggi sembra assai valido, sebbene sia stato sensibilmente modificato rispetto alla stesura originale del 1960.

Esso fornisce il numero di passaggi di un asse "standard" di 8.2 t (80 kN) compatibile con la sovrastruttura stradale.

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

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

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).

L'indice di spessore SN (structural number) è pari alla somma dei prodotti degli spessori previsti (in pollici) per i coefficienti strutturali propri di ogni materiale:

$$SN = \sum_i s_i \cdot a_i$$

I valori dei coefficienti strutturali utilizzati sono riportati di seguito:

- strato di usura in conglomerato bituminoso 0.42
- strato di collegamento in conglomerato bituminoso 0.41
- strato di base in stabilizzato 0.14
- strato di fondazione in misto granulare stabilizzato 0.12

Risulta SN pari a 11.9 cm (4.67").

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale

Foglio
9 di 17

D'altra parte, l'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):

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

In sintesi R esprime la probabilità di sopravvivenza della strada in relazione al periodo di vita utile prefissato e le grandezze ZR ed S₀ sono strettamente collegate a tale affidabilità.

ZR rappresenta il valore della variabile standardizzata S₀ 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 $R(\%) = 100 \cdot \Pr ob (\delta_o \geq 0)$, con δ_o variabile aleatoria caratterizzata da una legge di probabilità normale, valore medio pari a ZR e deviazione standard S₀. Per quest'ultimo parametro, nel caso di pavimentazioni flessibili solitamente si assume un valore compreso tra 0.40 e 0.50 tenendo conto dell'errore che si commette sul traffico e sulle prestazioni previste per la sovrastruttura.

Nella successiva Tabella 2 si riportano i valori di ZR in funzione di R⁴.

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.

Il "Present Serviceability Index", PSI, rappresenta numericamente il grado di ammaloramento della strada, potendo variare da 0 (pessimo) a 5 (ottimo). Il valore iniziale si assume convenzionalmente pari a 4,2 mentre quello finale varia a seconda dei casi: in questa sede, essendo la strada in oggetto classificata come "**strada extraurbana secondaria**", il valore finale del PSI si assume pari a 2.0 ($\Delta PSI = 2.2$) e l'affidabilità di progetto R al 90%. Conseguentemente $ZR = -1.282$ e $S_0 = 0.45$.

Per assicurare comunque un ulteriore margine di sicurezza si è considerato un valore finale di PSI pari a 2.5, migliorativo rispetto a quanto previsto per il tipo di strada in oggetto.

Infine, il modulo resiliente MR che caratterizza la capacità portante dello strato di appoggio della sovrastruttura si è assunto pari a 30 MPa come esposto in precedenza.

Essendo disponibili tutti i dati richiesti, la formula AASHTO fornisce un valore ammissibile pari a **9'829'467 assi standard da 8.2 t (80 kN)**.

⁴ AASHTO, *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, published by the American Association of State Highway and Transportation Officials, 1985

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale		Foglio 10 di 17

Per poter eseguire la verifica è necessario, infine, omogeneizzare il dato relativo al traffico pesante "reale" in termini di assi "standard" da 80 kN calcolando il corrispondente *coefficiente di equivalenza* C.E..

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 2: Valori della deviazione standard ZR associate all'affidabilità di progetto R

È evidente, infatti, che i veicoli pesanti presi in esame - autocarro, autotreno, autoarticolato, autobus o veicolo speciale - hanno un diverso impatto al suolo in termini di numero e tipologia di assi (singolo, tandem, tridem) e di carico trasmesso.

Utilizzando la Tabella delle distribuzioni dei carichi per asse proposta nel Bollettino Ufficiale CNR 178/95 (cfr. Tabella 3) è possibile stabilire la conformazione media di qualunque veicolo pesante (VP). Per esempio, un tipo di autocarro pesante (Cat. 6) è dotato di 3 assi: uno singolo da 60 kN ed una coppia di assi tandem da 100 kN ciascuno; un tipo di autotreno (Cat. 12) è dotato di 5 assi: due singoli - 60 e 110 kN - e un gruppo di tre assi da 90 kN ciascuno (triplo).

Le Tabelle pubblicate dalla "AASHTO Guide" (1986), relative ad un valore PSI finale di 2.5, (cfr. Tabelle 4-5-6) forniscono i valori dei coefficienti di equivalenza all'asse standard da 8.2 t di qualsiasi tipo di asse "reale" (singolo, tandem o triplo) in funzione del carico trasmesso al suolo (in kips – 1 kips = 4.45 kN) e dell'indice di spessore della pavimentazione SN (in pollici). Nelle tabelle che seguono si riportano i coefficienti di equivalenza relativi ai diversi tipi di assi (singolo, tandem e triplo) al variare del carico unitario trasmesso al suolo e dell'indice di spessore.

Cat.	Tipo di Veicolo	Assi	Distribuzione dei carichi per asse [kN]			
1	Autocarri leggeri	2	10		20	
2	"	2	15		30	
3	"	2	40		80	
4	Autocarri medi e pesanti	2	50		110	
5	"	3	40		80+80	
6	"	3	60		100+100	

7	Autotreni ed Autoarticolati	4	40		90	80	80
8	"	4	60		100	100	100
9	"	5	40	80+80			80+80
10	"	5	60	90+90			100+100
11	"	5	40	100			80+80+80
12	"	5	60	110			90+90+90
13	Mezzi d'opera	5	50	120			130+130+130
14	Autobus	2	40		80		
15	"	2	60		100		
16	"	2	50		80		

Tabella 3: Distribuzione dei carichi per asse dei veicoli commerciali (CNR 178/95)

Carico		SN [pollici]					
kips	kN	1"	2"	3"	4"	5"	6"
2.25	10	0.00072	0.00085	0.00076	0.00055	0.00042	0.00042
4.49	20	0.00498	0.00721	0.00721	0.00547	0.00398	0.00373
6.74	30	0.01879	0.02813	0.02961	0.02339	0.01890	0.01716
8.99	40	0.05475	0.07420	0.08414	0.07117	0.06071	0.05523
11.24	50	0.13364	0.16135	0.18662	0.17062	0.15044	0.13935
13.48	60	0.28670	0.31670	0.35512	0.34282	0.31586	0.29915
17.98	80	0.99555	0.99579	0.99615	0.99614	0.99590	0.99572
20.22	90	1.70812	1.66135	1.56669	1.53992	1.58556	1.63458
22.47	100	2.76607	2.64243	2.38751	2.27914	2.38096	2.52933
24.72	110	4.28050	4.03010	3.52928	3.25727	3.41167	3.70568
26.97	120	6.37481	5.95258	5.07910	4.53882	4.71882	5.20556

Tabella 4: Fattori di equivalenza in funzione del carico per asse (asse singolo e PS_{fin} = 2.5)

Carico		SN [pollici]					
kips	kN	1"	2"	3"	4"	5"	6"
35.96	160	1.37305	1.37348	1.37413	1.37413	1.37370	1.37348
40.45	180	2.33406	2.27503	2.15699	2.12022	2.17699	2.24601
44.94	200	3.77409	3.60572	3.26898	3.12588	3.26006	3.45789

Tabella 5: Fattori di equivalenza in funzione del carico per asse (asse tandem e PS_{fin} = 2.5)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale		Foglio 12 di 17

Carico		SN [pollici]					
kips	kN	1"	2"	3"	4"	5"	6"
53.93	240	1.65153	1.65185	1.65283	1.65283	1.65250	1.65185
60.67	270	2.81210	2.73533	2.59503	2.54827	2.62503	2.70518
87.64	390	15.11526	14.05085	11.70424	10.23983	10.45763	11.72203

Tabella 6: Fattori di equivalenza in funzione del carico per asse (asse triplo e PS_{fin} = 2.5)

Tipo di Veicolo	Numero Veicoli	Asse Singolo [kN]	
Autobus	96	40	80
Autocarri medi	2	50	110
Autocarri pesanti	10	15	30
108			

Tabella 7: Traffico Giornaliero Medio discretizzato strade extraurbane in base alle Categorie (CNR): ad ognuna di esse corrisponde una configurazione di assi, diversa per numero, tipologia e carico [kN]

Operativamente, il traffico pesante giornaliero è stato discretizzato sulla base degli assi, diversi per numero, carico e tipologia utilizzando parametri tipici di una strada extraurbana. Pertanto, i 96 autobus (cat. 14 CNR) verranno rappresentati da due assi singoli, uno da 40 e uno da 80 kN; i 2 autocarri medi (cat. 4 CNR) da due assi singoli da 50 e 110 kN e i 10 autocarri leggeri (cat. 2 CNR) da due assi singoli da 15 e 30 kN (cfr. Tabella 7).

Ad ognuno di questi diversi assi, sempre distinti per tipo e carico, tramite le Tabelle 4-5-6 sono stati associati i C.E. (al variare di SN): è stato possibile, in tal modo, conoscere l'equivalente numero di assi standard. Sommando tutti gli assi standard e confrontando il risultato, variabile in funzione dell'indice di spessore, con il numero dei veicoli pesanti (108) si sono calcolati i valori di C.E. in funzione di SN. Essendo l'indice di spessore previsto per la pavimentazione pari a 11,90 centimetri, equivalenti a 4.67 pollici, il valore di C.E. risulta essere, in proporzione, pari a **1.012**.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale
	Foglio 13 di 17

Di seguito si riporta il quadro riassuntivo relativo al calcolo del coefficiente di equivalenza (cfr. Tabella 8.1).

Carico per Asse Singolo [kN]	Numero Totale Assi Singoli (reali)	Assi Standard Equivalenti	
		SN = 3"	SN = 4"
15	10	0.03	0.02
30	10	0.30	0.23
40	96	8.08	6.93
50	2	0.37	0.34
80	96	95.63	95.63
110	2	7.06	6.51
Totale Assi Standard Equivalenti		111.14	109.32
Numero Totale Veicoli Pesanti/giorno		108	
C.E		1.029	1.012

Tabella 8.1 (FASE ESERCIZIO): Quadro riassuntivo del calcolo del coefficiente di equivalenza C.E.i cui valori sono stati ottenuti dividendo gli assi standard equivalenti per il numero dei veicoli pesanti

Di conseguenza, il precedente valore di **9'829'467** assi standard da 8.2 t equivale al passaggio di **9'712'912** Veicoli Pesanti; tale numero di passaggi dovrà essere superiore a quello dei veicoli previsti. D'altra parte il numero di Veicoli Pesanti cumulato relativo al periodo di vita utile della strada può calcolarsi con la formula:

$$N_t = 365 N_g \frac{(t+r)^n - 1}{r}$$

risulta N_t = numero di VP cumulato negli n anni = **6'634'093** Veicoli Pesanti (valore di progetto) essendo:

N_g 108 VP/giorno (valore relativo all'anno di messa in servizio)

r 2.5 % (tasso di crescita medio annuo)

n 20 anni (vita utile della pavimentazione)

Risulta, quindi, che il numero di passaggi previsti pari a 6'634'093 è inferiore al numero dei passaggi ammessi pari 9'712'912, per cui la pavimentazione dell'asse principale risulta verificata.

Per la fase di esercizio la sovrastruttura di progetto risulta sovradimensionata, tenuto anche conto che di fatto l'utilizzo sarà riservato solo al personale RFI, ed il carico di traffico sarà sensibilmente ridotto rispetto alle condizioni assunte di progetto tipiche di "strada extraurbana".

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale

Foglio
14 di 17

E' stata condotta la stessa verifica per la FASE di CANTIERE per la quale si è assunta una durata cautelativa di 10 anni. Con la stessa metodologia, considerando che il traffico giornaliero medio previsto è fissato in 150 mezzi pesanti suddivisi come in Tabella 7.2 seguente, si è costruito la Tabella 8.2 relativa alla fase di cantiere

Tipo di Veicolo	Numero Veicoli /Giorno	Asse Singolo [kN]	
Autoarticolati 4 assi	60	60	100-100-100
Mezzi d'opera 5 assi	60	50	120-120-120-120
Autocarri pesanti 3 assi	30	60	100-100
	150		

Tabella 7.2: Traffico Giornaliero Medio fase di cantiere in base alle Categorie (CNR): ad ognuna di esse corrisponde una configurazione di assi, diversa per numero, tipologia e carico [kN]

Carico per asse (kN)	totale assi (reali)	Assi equivalenti SN 4"		Assi equivalenti SN 5"	
50	60	0,17062	10,2372	0,15044	9,0264
60	60	0,34282	20,5692	0,31586	18,9516
100	180	2,27914	410,2452	2,38096	428,5728
120	240	4,71882	1132,5168	4,53882	1089,3168
totale assi equivalenti			1573,5684		1545,8676
totale mezzi/giorno			150		150
Coefficiente Equivalenza (CE)			10,490456		10,305784

Tabella 8.2 (FASE CANTIERE): Quadro riassuntivo del calcolo del coefficiente di equivalenza C.E. i cui valori sono stati ottenuti dividendo gli assi standard equivalenti per il numero dei veicoli pesanti

Di conseguenza, il precedente valore di **9'829'467** assi standard da 8.2 t equivale al passaggio di **937'032** Veicoli Pesanti; tale numero di passaggi dovrà essere superiore a quello dei veicoli previsti. D'altra parte il numero di Veicoli Pesanti cumulato della strada relativo al periodo di vita di cantiere, (assunto cautelativamente in 10 anni) può calcolarsi con la formula:

$$N_t = 365 N_g n$$

risulta N_t = numero di VP cumulato nei 10 anni di cantiere ($n=10$ anni) = **547'500** Veicoli Pesanti (valore di progetto)

essendo:

N_g 150 VP/giorno

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale</p>	<p>Foglio 15 di 17</p>

Risulta, quindi, che il numero di passaggi previsti pari a **547'500** è inferiore al numero dei passaggi ammessi pari **937'032**, per cui la pavimentazione dell'asse principale risulta verificata.

In definitiva la verifica degli spessori assunti nel capitolo 3 della presente relazione ha dato esito positivo, con un coefficiente di sicurezza superiore all'unità e quindi detti spessori si assumeranno validi per la realizzazione delle relative pavimentazioni stradali.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-00-E-CV-CL-CA1501-001-A

Relazione descrittiva e di calcolo pavimentazione stradale

Foglio

16 di 17

ALLEGATI

Conglomerato bituminoso per strato di usura						
traffico (I)	granulometria	bitume (%)	stabilità Marshall (75 colpi) (kg) (daN)		rigidezza Marshall (kg/mm)	vuoti residui Marshall (%)
PP	fig. 6.10	4,5 ÷ 6	≧ 1100	≧ 1080	300 ÷ 450	4 ÷ 6
P	"	"	≧ 1100	≧ 1080	300 ÷ 450	4 ÷ 6
M	"	"	≧ 1000	≧ 980	> 300	3 ÷ 6
L	"	"	≧ 1000	≧ 980	> 300	3 ÷ 6
Densità in opera (rispetto alla densità Marshall) ≧ 97%						
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento						
traffico (I)	granulometria	bitume (%)	stabilità Marshall (75 colpi) (kg) (daN)		rigidezza Marshall (kg/mm)	vuoti residui Marshall (%)
PP	fig. 6.11	4,5 ÷ 5,5	≧ 1000	≧ 980	300 ÷ 450	3 ÷ 6
P	"	"	≧ 1000	≧ 980	300 ÷ 450	3 ÷ 6
M	"	4 ÷ 5,5	≧ 900	≧ 880	> 300	3 ÷ 7
L	"	"	≧ 900	≧ 880	> 300	3 ÷ 7
Densità in opera (rispetto alla densità Marshall) ≧ 98%						
Conglomerato bituminoso per strato di base						
traffico (I)	granulometria	bitume (%)	stabilità Marshall (75 colpi) (kg) (daN)		rigidezza Marshall (kg/mm)	vuoti residui Marshall (%)
PP	fig. 6.12	4 ÷ 5	≧ 800	≧ 780	> 250	4 ÷ 7
P	"	"	≧ 800	≧ 780	"	"
M	"	3,5 ÷ 4,5	≧ 700	≧ 690	"	"
L	"	"	≧ 700	≧ 690	"	"
Densità in opera (rispetto alla densità Marshall) ≧ 98%						
Misto granulare non legato						
CBR (dopo 4gg di immersione in acqua)				CBR ≧ 30%		
Densità (rispetto alla densità AASHTO modificata)				≧ 98%		
Misto cementato			Semirigide		Rigide	
Classe di cemento			325		325	
Contenuto di cemento			2,5 ÷ 3,5%		3,5 ÷ 5	
Resistenza media alla compressione a 7gg			2,5 ≤ σ _{cm} ≤ 4,5 N/mm ²		4,0 ≤ σ _{cm} ≤ 7,0 N/mm ²	
Conglomerato cementizio						
Resistenza media a trazione per flessione			f _{ctm} = 5,5 N/mm ² (*) (●)		f _{ctm} = 4,0 N/mm ² (**) (●)	
Modulo elastico			E = 47.000 N/mm ² (*)		E = 34.000 N/mm ² (**)	
Coefficiente di Poisson			ν = 0,2 (*)		ν = 0,2 (**)	

Traffico (T) in numero di autoveicoli commerciali per giorno sulla corsia più caricata:

Traffico	T	365*20*T > 21.000.000
PP (molto pesante)	T > 3000	ovvero, in termini di traffico totale
P (pesante)	1100 < T < 3000	80.000.000 < 365*20*T < 21.000.000
M (medio)	450 < T < 1100	3.285.000 < 365*20*T < 80.000.000
L (leggero)	T < 450	365*20*T < 3.285.000

(*) Per le autostrade extraurbane ed urbane, per le strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico e per le urbane di scorrimento.

(**) Per le strade extraurbane secondarie sia on-line che turistiche, per le urbane di quartiere e locali e per le corsie preferenziali.

(●) Valori corrispondenti approssimativamente a resistenze caratteristiche cubiche R_{ck} rispettivamente di 55 e 30 N/mm²

Caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali utilizzati

Progetto di Infrastrutture viarie