

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

**POZZOLO – VILLAVERNIA SP151 INTERFERENTE LINEA AV
Relazione tecnica descrittiva**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R G	N V 2 6 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Errevia 	25/08/2012	Ing. F. Colla 	27/09/2012	E. Pagani 	28/09/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC

CUP: F81H9200000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC</p>	<p>Foglio 3 di 19</p>

INDICE GENERALE

1	PREMESSE.....	4
1.1	Scopo e funzionalità dell'intervento.....	4
1.2	Rispondenza al progetto definitivo.....	4
1.3	Ottemperanza alle prescrizioni CIPE (delibera del 29/03/06).....	4
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	Normativa stradale.....	5
2.2	Normativa sismica.....	6
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO.....	7
4	INQUADRAMENTO IDRAULICO.....	8
5	PROGETTO STRADALE.....	8
5.1	Descrizione tecnica dell'intervento.....	8
5.2	Descrizione andamento altimetrico.....	8
	• Deviazione provvisoria.....	8
	• Sistemazione finale.....	8
5.3	Piattaforma stradale.....	9
5.4	Pavimentazione stradale.....	9
5.5	Smaltimento acque di piattaforma.....	9
6	GALLERIE.....	10
7	OPERE D'ARTE.....	10
8	OPERE IMPIANTISTICHE.....	10
9	SICUREZZA.....	10
9.1	Dispositivi di ritenuta.....	10
10	FASI ESECUTIVE.....	10
11	DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	11
11.1	SEZIONE DI PROGETTO DEL PACCHETTO DI PAVIMENTAZIONE.....	11
11.2	ANALISI DEL TRAFFICO.....	11
11.3	CRITERIO DI VERIFICA.....	12
11.4	Numero dei passaggi sopportabili, termine W8,2t.....	12
11.5	Numero dei passaggi previsti, termine N8,2t.....	14
11.6	VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA.....	19

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC</p> <p>Foglio 4 di 19</p>

1 PREMESSE

1.1 Scopo e funzionalità dell'intervento.

La presente relazione illustra la progettazione esecutiva delle opere previste per la viabilità provvisoria e il ripristino finale del tratto di SP n.151 in comune di Pozzolo Formigaro provincia di Alessandria, interferente con le opere di linea previste per la costruzione della galleria artificiale Pozzolo (wbs GA1M) nell'ambito dei lavori di una tratta del terzo valico ferroviario dei Giovi.

Il progetto prevede la realizzazione di una deviazione provvisoria sul lato nord della SP 151 al fine di consentire la realizzazione del primo tratto della galleria artificiale Pozzolo, e successivamente si realizzerà il ripristino sul sedime esistente della stessa SP in corrispondenza del tratto di galleria realizzato nella fase precedente.

Sono presenti sia sul tratto iniziale che su quello finale della deviazione provvisoria dei vincoli esistenti rappresentati da un manufatto su un corso d'acqua e un accesso privato che non verranno interferiti dalle opere previste in progetto.

Lo sviluppo del tracciato provvisorio è pari a circa 242 m.

1.2 Rispondenza al progetto definitivo.

La progettazione esecutiva in esame non presenta varianti sostanziali del tracciato stradale rispetto al progetto definitivo, del quale ne mantiene inalterate sia le caratteristiche piano – altimetriche che quelle tipologico / strutturali.

1.3 Ottemperanza alle prescrizioni CIPE (delibera del 29/03/06).

Non risultano esserci prescrizioni / raccomandazioni specifiche per l'opera in esame.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC	Foglio 5 di 19

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa stradale

Nella seguente tabella è illustrata la normativa cui si riferisce la progettazione in esame.

	RIFERIMENTO	TITOLO
1	CNR n. 77 05/05/1980	Istruzioni per la redazione dei progetti di strada
2	CNR n. 78 28/07/1980	Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane
3	CNR n.90 15/04/1983	Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane
4	Ed. PIROLA-Milano 1965	Strade e autostrade - (legge n. 1248 del 20/03/1965) legge sulle opere pubbliche
5	DM del 04/05/90	Aggiornamento delle Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali
6	Istruzioni FS 44/a del 11/11/96	Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrastanti la sede ferroviaria.
7	D.M. LL.PP. 30/11/1999	Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili
8	C.N.R. B.V. n° 150 (15/12/1992)	Norme sull'arredo funzionale dell'arredo urbano.
9	DM n. 223 del 18/02/1992	Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
10	DM LL.PP. del 03/06/98	Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione, e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione.
11	D.M. LL.PP. 11/06/1999	Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
12	D.M. LL.PP. 05/11/2001	Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
13	D.M. LL.PP. 19/04/2006	Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali
		CODICE STRADALE E DISPOSIZIONI CORRETTIVE
13	D. L.vo n. 285 del 30/04/1992	Nuovo codice della strada
14	DPR n. 495 del 16/12/1992	Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada (G.U. 28.12.1982, N. 303 - suppl.)
15	DPR n. 147 26/04/1993	Regolamento recante modificazioni ed integrazioni agli art. 26 e 28 del DPR 16/12/1992, n. 495 (regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada)

16	DL n. 360 17/09/1993	Disposizioni correttive e integrative del codice della strada, approvato con decreto legislativo 30/04/1992, n. 285
17	DPR n. 610 16/09/1996	Regolamento recante modifiche al DPR 16/12/1992 n. 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada

2.2 Normativa sismica

L'area oggetto di studio, come mostrato in Figura 1, è classificata appartenente alla zona sismica n.4 della nuova normativa sismica entrata in vigore con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003.

In particolare per l'area di interesse è riportata in Figura 2 la mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazioni massima del suolo.

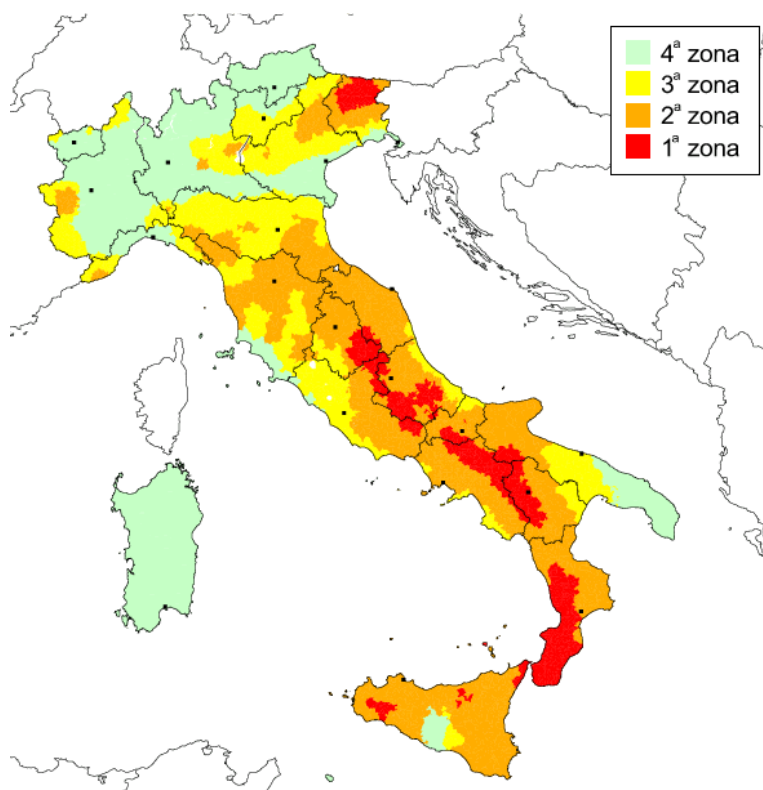


Figura 1 Mappa della zonazione sismica nazionale (OM 3274).

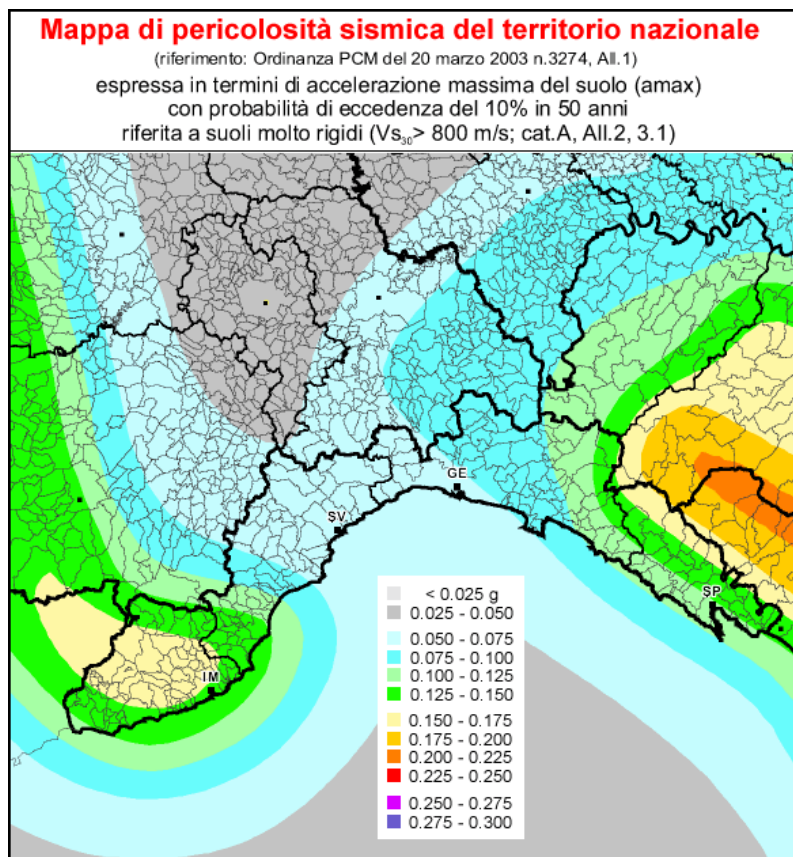


Figura 2 Zonazione sismica di dettaglio.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

I Per quanto riguarda le considerazioni geologico-geotecniche si rinvia alla relazione specialistica. Tuttavia, in via generale, si riportano di seguito alcune considerazioni utili alla comprensione delle scelte progettuali e costruttive.

La viabilità attraversa principalmente depositi alluvionali costituiti in prevalenza da sabbia e ghiaia e quindi insiste su terreni dalla buona capacità portante. Lo spessore dei depositi è variabile, in genere rimanendo sull'ordine dei cinque metri.

Il substrato è una alternanza di formazioni marnose ed arenacee dal buon comportamento geomeccanico.

Le opere verranno realizzate in zone pianeggianti dove la suscettività al dissesto è bassa o molto bassa. Non si riscontrano quindi particolari criticità legate a fenomeni gravitativi in atto o quiescenti.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 19</p>

4 INQUADRAMENTO IDRAULICO

L'opera in esame non richiede specificatamente uno studio idraulico, in quanto si fa riferimento all'opera di linea (wbs GA1M) alla quale è strettamente legata.

5 PROGETTO STRADALE

5.1 Descrizione tecnica dell'intervento

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova piattaforma per la deviazione provvisoria di larghezza pari a 7,00 m di sezione carrabile con due corsie da 3,50 m e due spazi tecnici laterali pavimentati di 0.68m ciascuno, per posizionare le barriere laterali (new jersey monofilare) a fianco delle corsie.

Il tracciato stradale provvisorio ha inizio in corrispondenza del lato a est delle opere di linea interferite, e si stacca dal sedime esistente con una curva in destra di raggio pari a 30m raccordato direttamente ad una seconda curva in sinistra di raggio pari a 50m che rappresenta la totalità dello sviluppo dell'intervento; il tracciato termina con una terza curva in destra di raggio pari a 30m collegata direttamente alla precedente.

Il ripristino del tracciato originario della SP151 è rappresentato da un tracciato rettilineo che ricalca planimetricamente quello esistente, mentre l'altimetria prevede che il tratto in corrispondenza del passaggio sopra la galleria artificiale sia in leggero rilevato al fine di consentire un leggero ricoprimento sopra la quota di estradosso della soletta superiore della stessa galleria. La dimensione della sezione stradale risulta essere pari a 6.00m di superficie pavimentata.

5.2 Descrizione andamento altimetrico

- **Deviazione provvisoria**

Dal punto di vista altimetrico, il tracciato presenta un andamento in leggero rilevato sul piano campagna.

Il tratto iniziale si stacca dal piano viabile esistente di pendenza pari a 1%, con raccordo altimetrico convesso $R=2000m$ e prosegue con livelletta di pendenza pari a 0.8% collegata da un raccordo altimetrico concavo $R=2000m$ ad una successiva di pendenza pari a 0.5%; il tracciato altimetrico termina con un'ultima livelletta di pendenza pari a 0.78% collegata alla precedente da un raccordo altimetrico convesso $R=2000m$.

- **Sistemazione finale**

L'altimetria della sistemazione finale presenta un andamento anch'esso in rilevato con un leggero innalzamento in corrispondenza della galleria artificiale sottopassante; il primo tratto con andamento est – ovest presenta una prima livelletta di pendenza pari a 0.64% collegata ad una seconda di pendenza pari a 2.80% con raccordo altimetrico concavo $R=800m$. Il tracciato prosegue con una terza livelletta di pendenza pari a 2.70% collegata alla precedente con raccordo verticale convesso $R=1000m$ e alla successiva e ultima livelletta di pendenza pari a 0.21% con raccordo verticale concavo $R=850m$.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC</p> <p>Foglio 9 di 19</p>

5.3 Piattaforma stradale

La nuova viabilità provvisoria a doppio senso di marcia presenta la seguente sezione pavimentata :

- n°2 corsie di marcia da 3.50 m;
- elementi marginali arginelli di 1.25m;
- ulteriore spazi tecnici per alloggiamento new jersey di 0.68m;

La larghezza totale dell'area pavimentata risulta pari a 8.36 m, di cui 7.00m carrabili.

Le scarpate avranno pendenza al 3/2.

La sistemazione finale della SP.n.151 presenta la seguente sezione pavimentata :

- n°2 corsie di marcia da 3.00 m;
- elementi marginali arginelli di 0.50m;
- La larghezza totale dell'area pavimentata risulta pari a 6.00m carrabili.

Le scarpate avranno pendenza al 3/2.

5.4 Pavimentazione stradale

Analizzando la sovrastruttura stradale, il pacchetto di pavimentazione per l'asse principale risulta così costituito:

- | | |
|---|------------|
| • Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato | s=40.00 cm |
| • Strato di base in conglomerato bituminoso | s=10.00 cm |
| • Strato di collegamento (binder) | s=4.00 cm |
| • manto di usura | s=3.00 cm |

Per un totale di pacchetto di pavimentazione pari a 57.00cm.

5.5 Smaltimento acque di piattaforma

Lo smaltimento delle acque meteoriche viene affidato a embrici prefabbricati posizionati sulle scarpate stradali, che convogliano le acque di piattaforma nei fossi di guardia previsti al piede del rilevato.

6 GALLERIE

Il tracciato non prevede tratti di viabilità in galleria.

7 OPERE D'ARTE

L'intervento non richiede la progettazione di opere d'arte.

8 OPERE IMPIANTISTICHE

Non sono previsti impianti.

9 SICUREZZA

9.1 Dispositivi di ritenuta

Sono previsti dispositivi di ritenuta lungo tutto l'intervento stradale provvisorio del tipo new jersey monofilare, ubicati sul margine pavimentato da 0.68 m predisposto a fianco delle corsie di marcia.

10 FASI ESECUTIVE

L'intervento rappresenta di per sé una fase realizzativa delle opere di linea (wbs GA1M) previste per la realizzazione della galleria artificiale Pozzolo.

11 DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Il presente capitolo tratta la verifica del pacchetto di pavimentazione stradale previsto per la viabilità provvisoria e il ripristino finale del tratto di SP n.151 in comune di Pozzolo Formigaro con piattaforma di larghezza pari a 7,00 m di sezione carrabile con due corsie da 3,50 m e due spazi tecnici laterali pavimentati di 0.68m ciascuno, per posizionare le barriere laterali (new jersey monofilare) a fianco delle corsie.

Ai fini della scelta delle barriere guardavia a tale infrastruttura è stato associato un tipo di traffico III sulla base di un TGM > 1000 veicoli annui nei due sensi di marcia e con percentuale superiore al 15% di veicoli eventi massa > 3,5 [tonn] essendo previsto il transito di mezzi di cantiere.

11.1 SEZIONE DI PROGETTO DEL PACCHETTO DI PAVIMENTAZIONE

Per la viabilità in esame è stata ipotizzata la seguente sezione tipo del pacchetto di pavimentazione:

Strati	Spessore [cm]	Materiale costituente
Binder	4	Conglomerato bituminoso
Base	10	Misto bitumato
Fondazione	40	Misto granulare stabilizzato
<i>totale</i>	54	

11.2 ANALISI DEL TRAFFICO

Come anticipato in premessa al presente capitolo alla strada in oggetto è stato associato un TGM > 1000 veicoli annui nei due sensi di marcia e, nello specifico, abbiamo ipotizzato cautelativamente un TGM = 10.000 veicoli annui nei due sensi di marcia e ad esso si applicano i seguenti coeff. moltiplicativi:

1. Aliquota di distribuzione del traffico per senso di marcia: $pd = 0,50$
2. Numero giorni commerciali annui: $ggc = 250$
3. Percentuale di Veicoli commerciali: $p = 15\%$
4. Aliquota veicoli commerciali sulla corsia lenta: $pl = 1,00$
5. Coefficiente di dispersione delle traiettorie: $d = 0,80$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC Foglio 12 di 19

Numero di veicoli pesanti (commerciali) che transitano all'anno "zero":

$$Nvc0a = TGM \times pd \times ggc \times pd \times p \times pl \times d = 150\,000 \text{ [veic. comm.]}$$

Ipotizzando i seguenti valori ai fini della proiezione futura del traffico stimato:

- Tasso d'incremento annuo di motorizzazione: $r = 1.5\%$
- Vita Utile: $n = 10$ [anni]

Numero di veicoli pesanti (commerciali) che transitano durante la Vita Utile:

$$Nvc = Nvc0a \times [(1 + r)^n - 1] / r = 1\,605\,408 \text{ [veic. comm.]}$$

11.3 CRITERIO DI VERIFICA

Per la verifica del dimensionamento del pacchetto di pavimentazione è stato adottato il metodo AASHTO Interim Guide "modificato". E' un metodo empirico-statistico basato sull'usura dovuta al traffico commerciale. Fondamentale è il confronto tra il Numero di passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] sopportabili da una pavimentazione di assegnate caratteristiche, indicato con $W_{8,2t}$, ed il Numero di passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] previsti nell'arco della Vita Utile della pavimentazione, indicato con $N_{8,2t}$. Affinché l'ipotizzato pacchetto di pavimentazione di progetto risulti essere in grado di mantenersi funzionale nell'arco della Vita Utile è necessario che sia verificata la condizione:

$$W_{8,2t} > N_{8,2t}$$

11.4 Numero dei passaggi sopportabili, termine $W_{8,2t}$.

La metodologia di dimensionamento proposta dall'AASHTO Guide Design of Pavement Structures si basa sulla quantificazione della capacità strutturale della pavimentazione attraverso il Numero di Struttura (SN, Structural Number) e si fonda su 4 diversi fattori:

1. Traffico di progetto, *numero di passaggi sopportabili ($W_{8,2t}$)*.
2. Grado di Affidabilità del procedimento di dimensionamento.
3. Caratteristiche degli strati, attraverso lo Structural Number (SN).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC	Foglio 13 di 19

4. Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura.

La relazione fondamentale di dimensionamento vede il termine $W_{8,2t}$ legato a vari parametri attraverso la seguente funzione di regressione:

$$\log(W_{8,2t}) = Z_r \cdot S_o + 9,36 \cdot \log((SN / 2,54) + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{PSI_i - PSI_f}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{((SN / 2,54) + 1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log(Mr^*) - 3,056$$

Z_r = parametro tabellato in funzione dell' Affidabilità R(%) Reliability, a sua volta tabellata in funzione del tipo di strada [vedi classificazione secondo il D.M. 5/11/2001].

S_o = parametro che assume valori compresi nell'intervallo [0.40 -- 0.50]

$$SN = a_1 \cdot s_1 + a_2 \cdot s_2 + a_3 \cdot s_3 + m_4 \cdot a_4 \cdot s_4$$

SN [cm] *Structural Number* (oppure Is = Indice di spessore), dove Si sono gli *spessori* [cm] ipotizzati per gli strati che compongono il pacchetto di pavimentazione, ai sono i *coefficienti strutturali* i cui valori (tabellati) dipendono dalle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti i vari strati ed m_4 il *coefficiente di drenaggio* (valore 1.0 -- 3.0) degli strati "non legati".

PSI_i , PSI_f = *Indici di Servizio* (Present Serviceability Index), per quello Iniziale si assume un valore pari a 4.2 e per quello Finale si assume un valore pari a 2.5 oppure 3.0 a seconda se si tratti di strade a minore o maggiore importanza. [decadimento ammissibile della sovrastruttura]

Mr = *Modulo Resiliente* [MPa] del Sottofondo,

ottenuto dalla relazione $Mr = 10 \text{ CBR}(\%)$,

dove CBR (Californian Bearing Ratio) = *Indice di Portanza* del Sottofondo

tale che $CBR(\%) = 0.2 \text{ Md}$,

dove Md = *Modulo di Deformazione* [MPa]=[N/mm²] del Sottofondo che deve

risultare di valore pari ad almeno 40 [Mpa] oppure 50 [Mpa] rispettivamente per strade di minore importanza e le Autostrade.

Da sottolineare che il valore di $W_{8,2t}$ aumenta al crescere dei valori di SN e Mr .

Riprendendo il pacchetto di pavimentazione ipotizzato:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-NV26-00-001-A00.DOC Foglio 14 di 19

Strati	Spessore [cm]	Materiale costituente	Coefficiente Strutturale (a i)	Coefficiente Drenaggio (m i)
Binder	4	Conglomerato bituminoso	0,37	/
Base	10	Misto bitumato	0,24	/
Fondazione	40	Misto granulare stabilizzato	0,13	1,0
<i>totale</i>	54			

Considerando la funzione di regressione introdotta alla precedente pagina si inseriscono i seguenti dati input:

Tipologia Strada	Classe	Affidabilità D.M. 5/11/2001	Zr	So	PSI i	PSI f
4. Strada extraurbana secondaria ordinaria	F2	85%	- 1.037	0.45	4.2	2.5

In merito alle caratteristiche di portanza del Sottofondo si ritiene sufficiente considerare un valore medio del CBR pari all' 8%, corrispondente al valore minimo di 40 [MPa] consigliato per il Modulo di Deformazione (Md) del sottofondo.

Questo comporta un valore del Modulo Resiliente del sottofondo stesso pari a:

$$Mr = 10 \text{ CBR}(\%) = 80 \text{ [Mpa]}$$

Con questi dati input da inserire nella formula di regressione precedentemente introdotta si ottiene quanto segue:

W_{8,2t} = 5 398 371 Numero dei Passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] sopportabili dal pacchetto di pavimentazione in progetto.

11.5 Numero dei passaggi previsti, termine N_{8,2t} .

Il valore del termine N_{8,2t} deriva dall'Analisi del traffico e dipende dal Tipo di strada in base alla classificazione del D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade" e dal conseguente Spettro dei Veicoli Commerciali (percentuale delle diverse tipologie di veicoli commerciali che si prevede vi possano transitare).

Quali siano i tipi di Veicoli Commerciali previsti viene estrapolato dal cosiddetto Spettro dei Veicoli Commerciali che dipende dal tipo di strada in oggetto, come rilevabile dalla seguente tabella estratta dalla Normativa:

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Autostrada extraurbana	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. Autostrada urbana	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 extr. secondarie ordinarie	-	-	58.8	29.4	-	5.9	-	2.8	-	-	-	-	0.2	-	-	2.9
5. Strade extr. secondarie turistiche	24.5	-	40.8	16.3	-	4.15	-	2	-	-	-	-	0.05	-	-	12.2
6. Strade urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
7. Strade urbane di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. Corsie Preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Per la strada in esame, andiamo a considerare cautelativamente lo spettro dei veicoli commerciali previsto per le strade di Tipo 4 “Strade extraurbane secondarie ordinarie” (vedi soprastante tabella).

In base allo spettro dei veicoli commerciali corrispondente alla nostra strada è possibile suddividere il Numero totale di passaggi previsti di veicoli pesanti in base alle diverse percentuali d’incidenza di ciascuna tipologia di veicolo commerciale stesso (Nvc i).

Numero di passaggi Previsti per ogni Tipo di Veicolo commerciale		
Tipo di Veicolo Commerciale	Spettro dei Veicoli Commerciali	Nvc i
1	0.00%	0
2	0.00%	0
3	58.80%	943 980

4	29.40%	471 990
5	0.00%	0
6	5.90%	94 719
7	0.00%	0
8	2.80%	44 951
9	0.00%	0
10	0.00%	0
11	0.00%	0
12	0.00%	0
13	0.20%	3 211
14	0.00%	0
15	0.00%	0
16	2.90%	46 557
Nvc (totale)	100.00%	1 605 408

Di seguito si rapporta il Numero di passaggi di veicoli commerciali (pesanti) al corrispondente Numero di passaggi di assi standard equivalenti di 8,2 [t].

Per quanto riguarda il numero e il relativo peso degli assi di ciascuno dei 16 tipi di veicoli commerciale ci basiamo sulla seguente tabella estratta dalla Normativa:

Tipo di veicolo	N° Assi			Carichi per asse o set di assi		
	S	T	Td			
1) AUTOCARRI LEGGERI	2			↓ 10	↓ 20	
2) " "	2			↓ 15	↓ 30	
3) AUTOCARRI MEDI E PESANTI	2			↓ 40	↓ 80	
4) " "	2			↓ 50	↓ 110	
5) AUTOCARRI PESANTI	1			↓ 40	↓ ↓ 80+80	
6) " "	1			↓ 60	↓ ↓ 100+100	
7) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	4			↓ 40	↓ 90	↓ 80 ↓ 80
8) " "	4			↓ 60	↓ 100	↓ 100 ↓ 100
9) " "	1	2		↓ 40	↓ ↓ 80+80	↓ ↓ 80+80
10) " "	1	2		↓ 60	↓ ↓ 90+90	↓ ↓ 100+100
11) " "	2		1	↓ 50	↓ 100	↓ ↓ ↓ 80+80+80
12) " "	2		1	↓ 60	↓ 110	↓ ↓ ↓ 90+90+90
13) MEZZI D'OPERA	2		1	↓ 50	↓ 130	↓ ↓ ↓ 130+130+130
14) AUTOBUS	2			↓ 40	↓ 80	
15) " "	2			↓ 60	↓ 100	
16) " "	2			↓ 50	↓ 80	

Nella soprastante tabella i pesi degli assi sono riportati in [KN]
 (1 [t] = 1.000 [Kg] = 1.000 [dN] = 10.000 [N] = 10 [KN])

Per convertire il peso di ciascun asse da X [t] al peso standard di 8,2 [t] si considerano i seguenti coefficienti di equivalenza ottenuti attraverso l'espressione di Yoder :

x [t]	$E_x = 2^{2,78(x - 8,2)}$
1 [t]	0,0204
1,5 [t]	0,0267
2 [t]	0,0350
3 [t]	0,0601
4 [t]	0,1032
5 [t]	0,1773
6 [t]	0,3044
8 [t]	0,8975
9 [t]	1,5411
10 [t]	2,6463
11 [t]	4,5441
12 [t]	7,8028
13 [t]	13,3985

		TIPI DI VEICOLI COMMERCIALI															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
PESO [t] DEGLI ASSI	1	1															
	1.5		1														
	2	1															
	3		1														
	4			1		1		1		1		1			1		
	5				1									1			1
	6						1		1		1		1			1	
	8			1		2		2		4		3			1		1
	9							1			2		3				
	10						2		3		2	1					
	11				1								1				
	12													1			
	13													3			

Dalla soprastante matrice (aki di dimensioni 13x16) si deduce, per ogni Tipo di veicolo, il Numero degli Assi presenti ed il relativo Peso (in tonnellate). Ad esempio il Veicolo Commerciale di Tipo 9 presenta 1 asse da 4 [t] e 4 assi da 8 [t], ovvero le componenti matriciali (a5,9)=1 e (a8,9)=4.

Effettuando il prodotto matriciale tra la soprastante matrice 13x16 e la matrice 16x1 [vettore colonna Nvc i] relativa al Numero di passaggi per ogni Tipo di veicolo commerciale si ricava la matrice 13x1 [vettore colonna Nx] del Numero di passaggi previsti per ogni "classe" x [tonn] di Peso d'Asse. Moltiplicando poi ciascun valore ottenuto per il corrispondente coefficiente d'equivalenza Ex si ricava il Numero di passaggi previsti per l'Asse standard da 8.2 [t], ovvero il termine Nx eq 8,2.

Vettore colonna 13x1 dei termini: $Nx = \sum (aki) \times Nvc i$

Vettore colonna 13x1 dei termini: $Nx \text{ eq } 8,2 = (Nx) \times Ex$

Numero di passaggi Previsti di Assi standard da 8,2 [t]		
Classe di Peso d'Asse	Vettore Nx	Nx eq 8,2
1	0	0
1,5	0	0
2	0	0
3	0	0
4	943 980	97 452
5	521 758	92 491
6	136 671	42 515
8	990 537	889 017
9	0	0
10	324 292	858 189
11	471 990	2 144 778
12	3 211	25 053
13	9 632	129 060
N 8,2t (Totale)		4 278 554

N_{8,2t} = 4 278 554 Numero dei Passaggi di assi standard equivalenti da 8,2 [ton] **previsti** nei 10 anni di vita utile della strada in progetto.

11.6 VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA

W_{8,2t} = 5 398 371 Passaggi Sopportabili > **N_{8,2t} = 4 278 554** Passaggi Previsti

In virtù di quanto detto al paragrafo 11.3 il pacchetto di pavimentazione ipotizzato risulta idoneo a sopportare il traffico pesante previsto nei **10 anni di vita utile** della strada in progetto.