

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**

**ZONA FEGINO – VIABILITA' DI ACCESSO AL PIANO A RASO  
Relazione tecnica descrittiva**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. G. Guagnozzi	

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

Progettazione :

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

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC

CUP: F81H9200000008



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC</p>	<p>Foglio 3 di 21</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). ....	5
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
2.1	Normativa stradale.....	6
2.2	Normativa sismica.....	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO.....	8
3.1	Dati di base.....	8
3.2	Caratterizzazione geotecnica.....	9
3.3	Falda.....	10
4	INQUADRAMENTO IDRAULICO.....	10
5	PROGETTO STRADALE.....	10
5.1	Descrizione tecnica dell'intervento.....	10
5.2	Descrizione andamento altimetrico.....	10
5.3	Piattaforma stradale.....	11
5.4	Pavimentazione stradale.....	11
5.5	Smaltimento acque di piattaforma .....	11
6	GALLERIE .....	12
7	OPERE D'ARTE .....	12
8	OPERE IMPIANTISTICHE.....	12
9	SICUREZZA.....	12
9.1	Dispositivi di ritenuta .....	12
10	FASI ESECUTIVE.....	12
11	DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE .....	13
11.1	SEZIONE DI PROGETTO DEL PACCHETTO DI PAVIMENTAZIONE .....	13
11.2	ANALISI DEL TRAFFICO .....	13
11.3	CRITERIO DI VERIFICA.....	14
11.4	Numero dei passaggi supportabili, termine W8,2t .....	14
11.5	Numero dei passaggi previsti, termine N8,2t .....	16
11.6	VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA.....	21

<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-IN1F-0X-001-A00.DOC</p> <p>Foglio 4 di 21</p>

## 1 PREMESSE

### 1.1 Scopo e funzionalità dell'intervento.

La presente relazione illustra la progettazione esecutiva delle opere previste per la viabilità di accesso al piano raso in zona Fegino in comune di Genova, predisposta alla realizzazione di una tratta del terzo valico ferroviario dei Giovi.

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova strada che collega il piano a raso posto in corrispondenza delle opere di linea (wbs TR11) in continuità alla viabilità da realizzare per l'accesso all'imbocco Fegino COL2 (wbs NVVA1 e NVVA2) proveniente dalla via Castel Morrone, e l'area di triage ubicata sul lato ovest dell'intervento di linea.

La viabilità in esame ha inoltre la funzione di garantire l'attuale accesso alla proprietà privata (abitazione) posta in adiacenza all'area di triage.

Lo sviluppo del tracciato in studio è pari a circa 290 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 5 di 21</span>

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

Si evidenziano di seguito le prescrizioni / raccomandazioni relative alla wbs in esame riportate nella suddetta delibera, che riguardano unicamente gli aspetti idraulici :

#### Parte 1^ - Prescrizioni – 1 – Viabilità – paragrafo i) :

*In ambito di progetto esecutivo si raccomanda un approfondimento circa le opere di raccolta e smaltimento delle acque, specialmente mediante una realizzazione o miglioria delle cunette poste a monte della carreggiata, sia nella zona ove sono previsti allargamenti, sia in quella ove le sezioni attuali sono ritenute idonee, in linea con i tempi e i costi previsti.*

In merito alla prescrizione suindicata il progetto in esame ottempera ad essa attraverso l'adozione di cunette opportunamente dimensionate.

#### Parte 1^ - Prescrizioni – 6 – Integrazioni progettuali – Viabilità - paragrafo b) :

*Il soggetto aggiudicatore dovrà approfondire gli aspetti riguardanti lo smaltimento delle acque di piattaforma stradale con particolare riguardo agli aspetti relativi alla transitabilità delle cunette al fine di migliorare la sicurezza del traffico.*

La sicurezza del traffico è garantita dalle dimensioni delle corsie e banchine laterali componenti la piattaforma stradale adottata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC	Foglio 6 di 21

## 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
		<b>CODICE STRADALE E DISPOSIZIONI CORRETTIVE</b>
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.

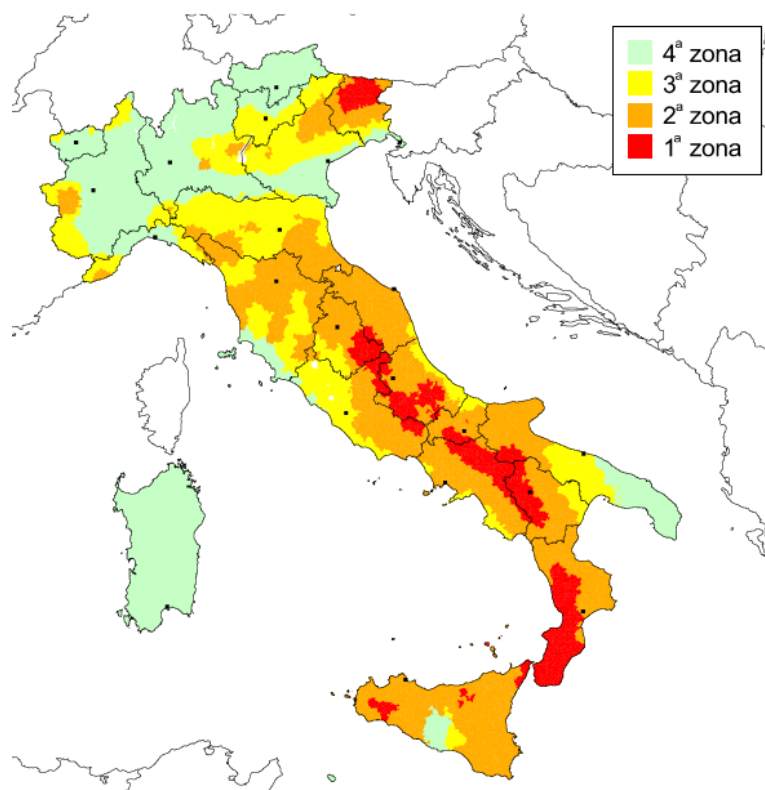


Figura 1 Mappa della zonazione sismica nazionale (OM 3274).

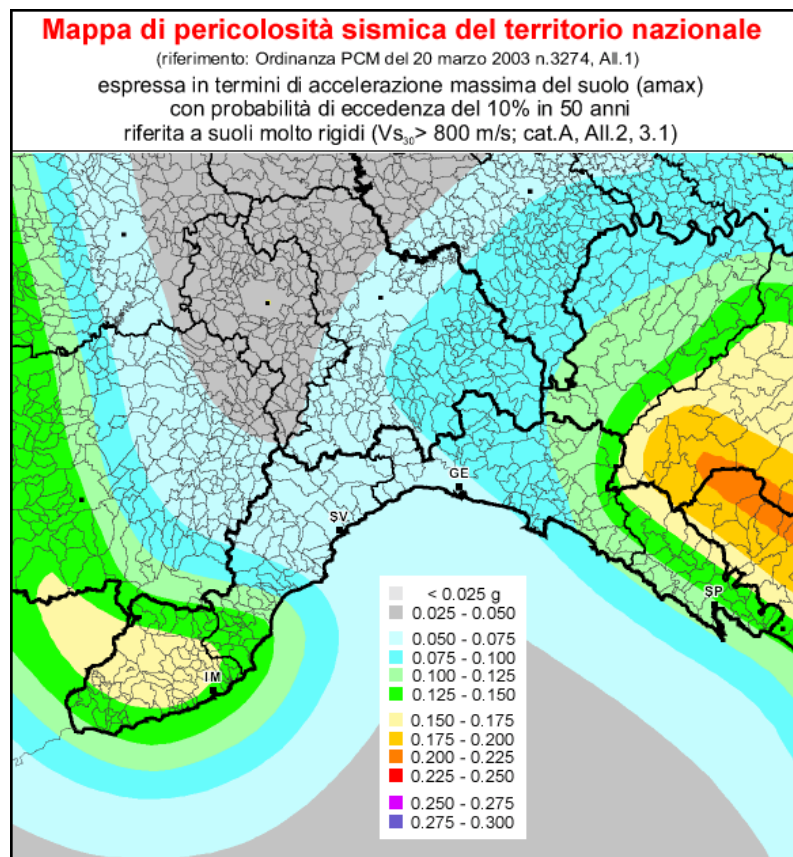


Figura 2 Zonazione sismica di dettaglio.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

#### 3.1 Dati di base

I dati stratigrafici e geotecnici considerati per le successive analisi sono stati desunti dalle seguenti campagne di indagine condotte nell'area:

- Rilievo geofisico sismico topografico.
- Tale campagna ha evidenziato una prima fascia di materiale detritico molto allentato fino ad una profondità di  $10 \div 12$  m, caratterizzata da basse velocità delle onde di compressione ( $V_p < 2$  km/s). A tale coltre probabilmente in parte detritica ed in parte anche lapidea assai degradata, segue un altro orizzonte di materiale lapideo molto alterato e fratturato per almeno  $3 \div 6$  m di spessore ( $V_p = 2-3$  km/S) e successivamente materiale lapideo più consistente fino alle maggiori profondità indagate, appartenenti entrambi alla formazione delle Argilliti a Palombini.
- nell'esecuzione di n. 6 sondaggi a carotaggio continuo fino a profondità variabili da 30 a 60 m da p.c. corredati di prove penetrometriche dinamiche S.P.T.



- Le prove S.P.T. hanno fornito gli intervalli di valori riportati in Tabella 1:

Prove	Formazione LA	Formazione GaP	Formazione aP1	Formazione aP2
N <sub>SPT</sub> (colpi/30cm)	4 ÷ 45	11 ÷ 63	35 ÷ 70	-

Tabella 1 Riepilogo risultati prove penetrometriche dinamiche.

### 3.2 Caratterizzazione geotecnica

Le caratteristiche fisiche e meccaniche attribuite ai suddetti litotipi si basano sui risultati delle campagne di indagine a disposizione.

I parametri geotecnici di progetto sono riportati in Tabella 2:

Parametri	Formazione LA	Formazione GaP	Formazione aP1	Formazione aP2
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19	20	26	27
Densità relativa D <sub>r</sub> (%)	27 ÷ 65	40 ÷ 85	-	-
Coesione drenata c' (kPa)	10	-	80	190 ÷ 270 (1)
Angolo di resistenza al taglio operativo $\phi'$ (°)	27.5	35	20	37.5 ÷ 41.5 (1)
Resistenza al taglio non drenata c <sub>u</sub> (kPa)	50 (2)	-	-	-
Velocità delle onde di compressione V <sub>p</sub> (m/s)	-	-	2000 ÷ 3000	4050
Velocità delle onde di taglio V <sub>s</sub> (m/s)	95 ÷ 115	130 ÷ 215 (1)	-	-
Modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso E <sub>m</sub> (MPa)	-	-	850	2000
Modulo di taglio a piccole deformazioni G <sub>0</sub> per materiali granulari (MPa)	18 ÷ 35 (1)	35 ÷ 90 (1)	-	-
Modulo di Young a piccole deformazioni E <sub>0</sub> per materiali granulari (MPa)	-	85 ÷ 230 (1)	-	-
Modulo di Young drenato E' per terreni coesivi (kPa)	4500 ÷ 8000	-	-	-
Modulo di Young non drenato E <sub>u</sub> per terreni coesivi (kPa)	15000 (3)	-	-	-
Coefficiente di consolidazione primaria C <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /s) – Tratto OC (4)	1·10 <sup>-2</sup> (4)	-	-	-
Coefficiente di consolidazione primaria C <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /s) – Tratto NC (4)	4.5·10 <sup>-3</sup> (4)	-	-	-
Coefficiente di consolidazione secondaria c <sub>v</sub> (%) - Tratto OC (5)	0.14 (5)	-	-	-
Coefficiente di consolidazione secondaria c <sub>v</sub> (%) – Tratto NC (5)	0.5 (5)	-	-	-

(1) Valore crescente con la profondità.

(2) Valore ottenuto in base alla resistenza alla punta misurata dalle prove con pocket penetrometer e da vane test.

(3) E<sub>u</sub>= 300·c<sub>u</sub>.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 10 di 21</span>

(4) Valori ipotizzati in base alla descrizione stratigrafica.

(5) Ricavabile dalla curva deformazione ( $\epsilon$ ) – tempo (t).

Tabella 2 Parametri geotecnici di progetto.

### 3.3 Falda

Non è emersa evidenza di presenza di falda tale da interferire con il progetto.

## 4 INQUADRAMENTO IDRAULICO

Per quanto riguarda l'inquadramento idraulico si rimanda alla relazione specifica.

## 5 PROGETTO STRADALE

### 5.1 Descrizione tecnica dell'intervento

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova piattaforma di larghezza pari a 7,00 m con due corsie da 2,75 m e due banchine in destra da 0,75 m ciascuna.

Il tracciato stradale ha inizio in corrispondenza dell'area di triage posta ad ovest dell'intervento di linea al quale si collega (wbs TR11); in questo tratto è presente l'accesso alla proprietà esistente che viene preservato sia attraverso opportuna sagomatura dei cigli stradali di progetto alla geometria della viabilità esistente, sia adeguandone la quota altimetrica al piano esistente. Il tracciato quindi è caratterizzato da una prima curva in destra di raggio pari a 11m che si collega ad un successivo rettilineo di lunghezza pari a 30.64m, prosegue con una seconda curva in sinistra di raggio pari a 50m collegata, con un rettilineo di lunghezza pari a 34.73m ad una terza di raggio pari a 38m. Successivamente il tracciato prosegue con una quarta curva in sinistra di raggio pari a 15m (tornante), e con rettilineo di lunghezza pari a 32.76m si collega all'ultima curva in sinistra di raggio pari a 200m dove con rettilineo di lunghezza pari a 21.25m ha termine il tracciato stradale.

### 5.2 Descrizione andamento altimetrico

Dal punto di vista altimetrico, il tracciato presenta un andamento con livellette prevalentemente in discesa a pendenze rilevanti.

Il tratto iniziale si stacca dal piano viabile esistente (area triage e strada accesso privato) con raccordo altimetrico convesso  $R=50m$  e con livelletta di pendenza pari a 8.20% raggiunge l'area dove è previsto il piazzale delle opere di linea, quindi con raccordo altimetrico concavo  $R=700m$  si collega all'ultima livelletta di pendenza pari a 1.50%, dove ha inizio la viabilità di accesso all'imbocco Fegino COL2 (wbs NVVA1 e NVVA2).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC</p>	<p>Foglio 11 di 21</p>

### 5.3 Piattaforma stradale

La nuova viabilità è a doppio senso di marcia.

La sezione pavimentata è costituita da:

- n°2 corsie di marcia da 2.75 m;
- banchine esterne di 0.75m;
- elementi marginali arginelli di 1.00m;
- elementi marginali cunette di 0.75m;

La larghezza totale dell'area pavimentata risulta pari a 7.00 m.

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=20.00 cm |
| • Strato di base in conglomerato bituminoso           | s=8.00 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 35.00cm.

### 5.5 Smaltimento acque di piattaforma

Lo smaltimento delle acque meteoriche viene affidato a cunette prefabbricate tipo francesi poste a lato della carreggiata in sostituzione dell'arginello erboso, che convogliano l'acqua fino al punto di minimo situato in corrispondenza della parte terminale dell'intervento in corrispondenza delle opere di linea (wbs TR11).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>CODIV</b> Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC</p> <p>Foglio 12 di 21</p>

## 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 l'intervento tipo H1 bordo laterale, ubicati sul margine esterno (arginello) del ciglio lato valle.

## 10 FASI ESECUTIVE

L'intervento non presenta difficoltà realizzative tali da rendere necessaria una fasizzazione particolare delle lavorazioni.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 13 di 21</span>

## 11 DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Il presente capitolo tratta la verifica del pacchetto di pavimentazione stradale previsto per la viabilità di accesso al piano raso in zona Fegino con piattaforma di larghezza pari a 7,00 m con due corsie da 2,75 m e due banchine in destra da 0,75 m ciascuna). 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	8	Misto bitumato
Fondazione	20	Misto granulare stabilizzato
<i>totale</i>	32	

### 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:  $d = 0,80$

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 14 di 21</span>

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

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).
4. Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RG-IN1F-0X-001-A00.DOC	Foglio 15 di 21

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/mm<sup>2</sup>] 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-IN1F-0X-001-A00.DOC <span style="float: right;">Foglio 16 di 21</span>

Strati	Spessore [cm]	Materiale costituente	Coefficiente Strutturale (a i)	Coefficiente Drenaggio (m i)
Binder	4	Conglomerato bituminoso	0,37	/
Base	8	Misto bitumato	0,24	/
Fondazione	20	Misto granulare stabilizzato	0,13	1,0
<i>totale</i>	32			

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<sub>8,2t</sub> = 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<sub>8,2t</sub> .

Il valore del termine N<sub>8,2t</sub> 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
<b>Nvc (totale)</b>	<b>100.00%</b>	<b>1 605 408</b>

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
<b>N 8,2t (Totale)</b>		<b>4 278 554</b>

**N<sub>8,2t</sub> = 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<sub>8,2t</sub> = 5 398 371** Passaggi Sopportabili > **N<sub>8,2t</sub> = 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.