



*PROVINCIA DI CHIETI*

PROGETTO DEFINITIVO

ADEGUAMENTO DELLE S.S. 81-84  
TRATTO GUARDIAGRELE-EST  
INNESTO S.S. 652 "VAL DI SANGRO"

LOTTO I

RESPONSABILE PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. S. Monaco  
Iscritto Albo Ingegneri Torino n°. 5760H

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. S. Monaco  
Iscritto Albo Ingegneri Torino n°. 5760H

Dott. Ing. Marco Petrangeli  
Iscritto Albo Ingegneri Provincia di Roma n° 18744

Dott. Ing. Giovanni Zallocco  
Iscritto Albo Ingegneri Provincia di Chieti n° 5745

COORDINAMENTO ATTIVITA' IN LOCO:

Dott. Arch. Mariano Strizzi  
Iscritto Albo Architetti Provincia di Chieti n° 97

PROGETTAZIONE:

mandataria

*A.T.I.*



Divisione Progettazione e Studi

mandanti



	EM./RE.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.
	A	LUGLIO. '10	Emissione	SP	GI	SM

*PARTE GENERALE*  
*Relazione generale stradale*

SCALA : -

CODICE IDENTIFICATIVO :

FASE/LOTTO

D 1

DOC.

R T

OPERA/DISCIPLINA

0 0 0 0

PROGR.

0 0 1

REV.

A

## INDICE

<b>A. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>B. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>C. CARATTERISTICHE STRADALI.....</b>	<b>4</b>
<b>C.1. DESCRIZIONE PLANO-ALTIMETRICA.....</b>	<b>4</b>
<b>C.2. CORRISPONDENZA CON LE NORME FUNZIONALI E GEOMETRICHE PER LA COSTRUZIONE DELLE STRADE (D.M.05/11/2001).....</b>	<b>5</b>
C.2.1. RETE, QUALIFICAZIONE FUNZIONALE DELLA STRADA (TIPO E CLASSE).....	5
C.2.2. ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE.....	7
C.2.3. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE.....	9
<b>C.3. PAVIMENTAZIONE STRADALE.....</b>	<b>21</b>
<b>C.4. BARRIERE STRADALI DI SICUREZZA.....</b>	<b>24</b>
<b>C.5. SEGNALETICA.....</b>	<b>25</b>

## **A. PREMESSA**

La presente relazione ha per oggetto gli aspetti tecnici relativi al progetto definitivo stradale del I lotto dei lavori di adeguamento del percorso transcollinare, che da Guardiagrele porta a connettersi con la SS 652 "Val di Sangro". Il progetto, in variante alle SS 81 e 84, si innesta nella parte iniziale all'asse della SS 81 già ristrutturato e con l'ultimo tratto progettato da ANAS fino allo svincolo di Guardiagrele Est.

Il I lotto funzionale è costituito dal tratto compreso fra Guardiagrele Est e l'innesto con la S.P. per Fara S.Martino; il percorso infrastrutturale si sviluppa per una lunghezza di circa 8.4 km ed è realizzato secondo la sezione stradale tipo C1 della vigente normativa (D.M.05/11/2001 – "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*"), che presenta una corsia per senso di marcia da 3,75 m, una banchina in destra da 1,50 m, per una larghezza complessiva minima di 10.5 m.

## B. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Ai fini della presente trattazione, si ritiene indispensabile tracciare il quadro normativo di riferimento per i lavori in oggetto.

La geometria stradale del tracciato proposto è stata interamente progettata in accordo con le indicazioni delle nuove norme Italiane sulle caratteristiche geometriche e funzionali delle strade (D.M.05/11/2001).

Nello sviluppo del progetto definitivo, si è fatto riferimento, quindi, alle seguente normativa:

	<b>RIFERIMENTO</b>	<b>TITOLO</b>
1	<b>D.M. 05/11/2001</b>	Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
2	<b>C.N.R. N°90 del 15/04/1983</b>	Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane
3	<b>C.N.R. N°78 del 28/07/1980</b>	Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane
4	<b>B.U. N° 178 del C.N.R. del 15/09/1995</b>	Catalogo delle pavimentazioni stradali
5	<b>D.M. del 04/05/90</b>	Aggiornamento delle Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali
6	<b>D.M. n. 223 del 18/02/1992</b>	Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
7	<b>D.M. 03/06/98</b>	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
8	<b>D.M. 11/06/1999</b>	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"
9	<b>D.M. 10/07/2002</b>	Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo
10	<b>D. L.vo n. 285 del 30/04/1992 e s.m.i.</b>	Nuovo codice della strada
11	<b>DPR n. 495 del 16/12/1992 e s.m.i.</b>	Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada (G.U. 28.12.1982, N. 303 - suppl.)

## **C. CARATTERISTICHE STRADALI**

### **C.1. DESCRIZIONE PLANO-ALTIMETRICA**

Il progetto del primo lotto funzionale, ha inizio in prossimità dello svincolo di Guardiagrele Est, facente parte del progetto ANAS Guardiagrele Nord – Guardiagrele Est necessario al collegamento con la SS.81 già adeguata alla sezione tipo IV delle norme CNR N° 78.

Il presente progetto prevede, quindi, in funzione del futuro completamento della tratta ANAS, un innesto provvisorio con la viabilità locale.

Dallo svincolo provvisorio di Guardiagrele est, che presenta una connessione verso la zona industriale, la variante alla statale 81 dovrà superare la località S. Bartolomeo in galleria, perdere quota ed approssicare le pendici in mezzacosta per portarsi nella valle del Laio.

Dopo la galleria dello sviluppo di 955 m che insiste su una pendenza del 3.38%, il tracciato si sposta tenendo in sinistra il fosso Gessarola e l'abitato omonimo; in questo tratto, al fine di superare la serie di incisioni, si presenta la serie di viadotti costituita da S. Bartolomeo I e II, rispettivamente sui fossi Piattinelli e Gessarola.

Dopo i viadotti S. Bartolomeo I e II, il tracciato prosegue attraversando il torrente Laio mediante l'omonimo viadotto di 630 m, localizzato sulla curva di raggio 900 m e su una livelletta del 4.32%.

Intorno al km 4, l'asse di progetto inizia il suo percorso in affiancamento al Torrente Laio e la S.S.81 Piceno Aprutina, andando a realizzare la galleria artificiale di Pozzacchio (di 270 m) su pendenze altimetriche dell'ordine del 1.8%, e proseguendo su pendenze inferiori al 1%, con i viadotti Acquarossa (di 118.4 m), Pietrapiano (di 268.92 m), Ciatini (di 598.4 m) e infine la galleria artificiale di Collelungo (di 35 m).

Dal punto di vista altimetrico, la parte alta del tracciato, che si sviluppa per la prima parte sulla sponda sinistra della valle del Laio per poi passare sulla destra, presenta, per il ridotto spazio trasversale a disposizione e la necessità di scendere di quota fino alla piana di Casoli, una elevata rigidità geometrica con raccordi altimetrici minimi pari a 10000 e raggi planimetrici non inferiori a 700 m, in piena conformità con i valori di norma.

Il progetto, al fine di rendere funzionale il lotto, si ricollega mediante uno svincolo provvisorio alla S.S.81, in prossimità della zona industriale di Casoli, in attesa della realizzazione del II lotto "Innesto Bivio Fara San Martino – Innesto S.S.652 Val di Sangro".

## **C.2. CORRISPONDENZA CON LE NORME FUNZIONALI E GEOMETRICHE PER LA COSTRUZIONE DELLE STRADE (D.M.05/11/2001)**

Vista la tipologia dell'intervento, che prevede nel I lotto, la realizzazione di una variante all'attuale S.S.81, con la realizzazione di una nuova infrastruttura secondo la sezione tipo C1 - *Strade extraurbane secondarie* - risulta inderogabile l'applicazione del D.M.05/11/2001.

### **C.2.1. Rete, qualificazione funzionale della strada (tipo e classe)**

#### **C.2.1.1. Classificazione della strada e categorie di traffico ammesse**

Con riferimento alle sue caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, l'arteria in progetto è da ascrivere alla "Rete secondaria", la quale assicura la penetrazione verso la rete locale, e in particolare ha la funzione di garantire i collegamenti provinciali e interlocali in ambito extraurbano, di quartiere ed in ambito urbano. Su queste strade sono ammesse tutte le componenti di traffico (compresi pedoni, veicoli a trazione animale, cicli, motocicli inferiori a determinate cilindrata, ecc.), ai sensi del Nuovo codice della strada (D.Lgs. 285/92 e successive modifiche ed integrazioni) e della nuova normativa stradale definita dal D.M.05/11/2001.

Sulla base delle indicazioni e prescrizioni contenute nel D. Lgs. 30 Aprile 1992, n.285 (Nuovo codice della strada) e successivi aggiornamenti e modificazioni, il D.M.05/11/2001, nel §3.2, specifica le categorie di traffico (tab.3.2.c D.M.) - che includono le componenti di traffico, le classi di veicoli e le funzioni di traffico - e assegna per tutti i tipi di strada previsti dal C.d.S. gli spazi in piattaforma (tab.3.2.d D.M.). Il tipo di strada attribuito alla tipo C1, strada extraurbana secondaria - ammette le seguenti categorie di traffico:

**Tabella C-1: Strada tipo C1 - categorie di traffico e spazi assegnati in piattaforma**

CATEGORIE DI TRAFFICO		EXTRAURBANO
1.	PEDONI	Esterno alla carreggiata
2.	ANIMALI	Esterno alla carreggiata
3.	VEICOLI A BRACCIA E A TRAZIONE ANIMALE	In carreggiata
4.	VELOCIPEDI	In carreggiata
5.	CICLOMOTORI	In carreggiata
6.	AUTOVETTURE	In carreggiata
7.	AUTOBUS	In carreggiata
8.	AUTOCARRI	In carreggiata
9.	AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	In carreggiata
10.	MACCHINE OPERATRICI	In carreggiata
11.	VEICOLI SU ROTAIA	Non ammessa in piattaforma
12.	SOSTA DI EMERGENZA	Parzialmente in carreggiata

13.	SOSTA	Esterno alla carreggiata
14.	ACCESSI PRIVATI DIRETTI	Si

### **C.2.1.2. Velocità di progetto**

L'intervallo di velocità di progetto assegnato dal D.M.05/11/2001 alle strade di tipo C1 varia dal limite inferiore di 60 km/h (per gli elementi plano-altimetrici più vincolanti, ossia le curve planimetriche con raggio di 118 m) al limite superiore di 100 km/h (per gli elementi meno vincolanti del tracciato, ossia le curve planimetriche con raggio maggiore di 437 m e i rettifili).

Con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche della linea d'asse, il D.M., oltre ad imporre l'adozione di elementi geometrici compatibili con l'intervallo delle velocità di progetto del tipo di strada, prescrive di mantenere le differenze di velocità ( $\Delta V = V_1 - V_2$ ) di percorrenza di elementi contigui lungo il tracciato al di sotto di certi valori. Nel caso delle strade di tipo C1 le differenze di velocità devono rispettare i seguenti criteri:

$V_1 - V_2 \leq 10$  km/h per  $V_1 = V_{pmax} = 100$  km/h;

$V_1 - V_2 \leq 20$  km/h per  $V_1, V_2 < V_{pmax}$ .

Analizzando l'attuale andamento plano-altimetrico del I tratto funzionale, oggetto del presente progetto, si osserva:

- l'assenza di flessi planimetrici;
- l'impiego di curve ad ampio raggio (raggio minimo pari a 700 m, che corrisponde a una velocità di progetto di 100 km/h);
- Rettifili superiori al rettilineo di lunghezza minima pari a 150 m che corrisponde alla  $V_p$  di 100 km/h.

L'asse progettuale in questione si presenta quindi costituito da elementi geometrici caratterizzati da velocità di progetto pari alla  $V_{pmax}$ ; da ciò ne deriva che il tracciato sia contraddistinto da una velocità di progetto costante di 100 km/h.

Secondo l'art. 142 del Nuovo Codice della Strada e la tabella 3.4.a del D.M.05/11/2001 sulla composizione della carreggiata, la tipologia di strada in questione prevede un limite di velocità di 90 km/h, per cui la velocità di percorrenza massima del tracciato risulterà essere di 90 km/h.

### **C.2.1.3. Caratteristiche geometriche e di traffico delle sezioni**

L'asse principale presenta una sezione tipo conforme alla categoria C – Extraurbane Secondarie del Codice della Strada e tipo C1 (come previsto nel progetto preliminare), con una corsia per senso di marcia e banchine laterali (congruente con la sezione tipo IV CNR 80) con intervallo di velocità di progetto pari a 60 - 100 km/h e velocità amministrativa pari a 90 km/h.

Il D.M.05/11/2001 assegna alle strade di tipo C1 le seguenti dimensioni per gli elementi di piattaforma (soluzione base):

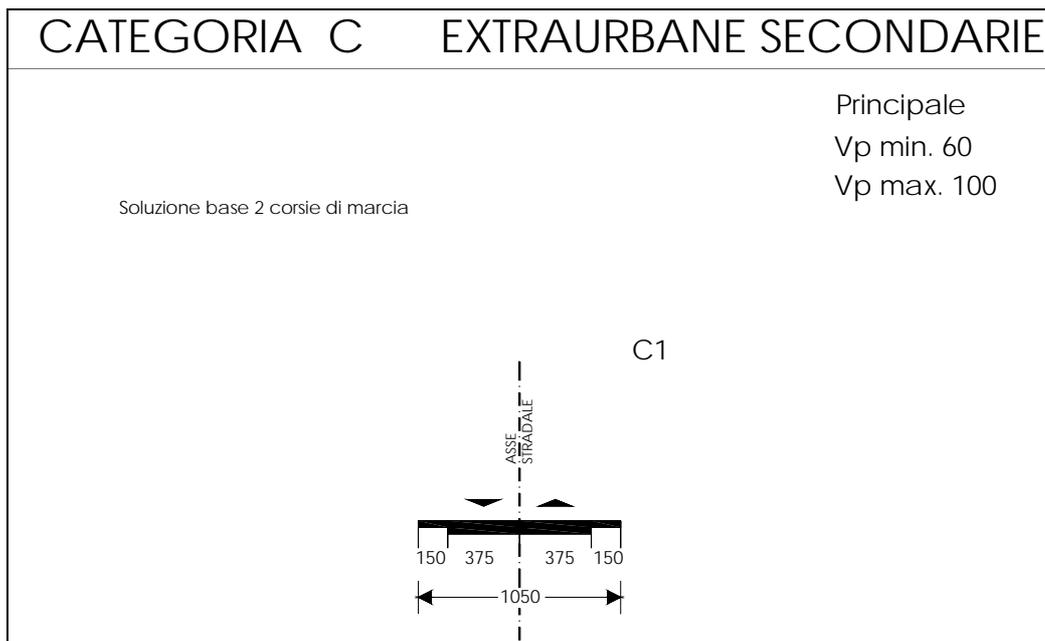
- una corsia per senso di marcia di larghezza 3,75 m;

- una banchina in destra di larghezza 1,50 m.

per una dimensione totale di piattaforma pari a 10.50 m.

La rappresentazione schematica delle piattaforme previste dal D.M.05/11/2001 sono rappresentate nella Figura C-2.

**Figura C-2: D.M.05/11/2001 - Piattaforma per le strade di tipo C1**



Per la viabilità interferita rappresentata dalla S.S. N° 81 Piceno Aprutina esistente e l'insieme delle viabilità poderali, è stata adottata rispettivamente una sezione tipo F2 da 8.5 m (con corsie da 3.25 m e banchine da 1 m) ed una sezione con piattaforma di 4 m.

## **C.2.2. Organizzazione della sede stradale**

### **C.2.2.1. Sezione stradale in sede artificiale (opere d'arte)**

In corrispondenza delle opere d'arte, la sezione trasversale mantiene le caratteristiche geometriche della sezione stradale in rilevato per le corsie e le banchine.

### **C.2.2.2. Corsie supplementari**

Secondo il D.M.05/11/2001, sulle strade con livellette di forte pendenza, soprattutto per quelle di notevole lunghezza", dovrà valutarsi l'opportunità di allargare la sezione trasversale della strada, realizzando una corsia destinata ai veicoli lenti, valutando:

- il relativo rallentamento subito dai veicoli pesanti sulle rampe, da considerarsi intollerabile se la velocità di detti veicoli si riduce a meno del 50% di quella delle autovetture sulle stesse rampe;

- il decadimento della qualità della circolazione e delle condizioni di sicurezza in rapporto alla percentuale di veicoli pesanti ed al volume di traffico previsto.

Nel caso in questione non sono previste, date le modeste pendenze longitudinali che si presentano lungo la strada in progetto corsie supplementari per i veicoli lenti.

### **C.2.2.3. Elementi marginali**

#### *C.2.2.3.1. Margine esterno*

Il margine esterno rappresenta l'elemento di collegamento tra la piattaforma pavimentata e la scarpata, nei tratti in sede naturale, definita secondo una pendenza 2/3. L'elemento più importante che trova sede in esso è la barriera stradale bordo laterale, nei tratti ove la strada corre in rilevato.

Al di là dei lunghi tratti caratterizzati da opere d'arte, quali viadotti e gallerie, il progetto della variante alla S.S.81, corre sia in rilevato che in trincea, oltre a taluni tratti dove presenta opere di contenimento, quali muri di sostegno.

In conformità con le dimensioni minime previste dal D.M.05/11/2001, si è scelto di adottare un arginello di 1,25 m (comprensivo della tangente del raccordo alla scarpata).

Nei tratti in trincea è invece prevista una cunetta alla francese di 1 m e un tratto di raccordo con la scarpata di 0.5 m.

Il margine esterno è portato ad una larghezza di 1.5 m, nella specifica funzione di cordolo in calcestruzzo, nei tratti in opera d'arte, e prevede di adottare una barriera bordo ponte di tipo H3 in acciaio.

Nei tratti in galleria gli spazi laterali, esterni alla banchina, svolgono invece la funzione di alloggiamento dei dispositivi di sicurezza redirettivi, di inserimento delle componenti impiantistiche a servizio delle gallerie stesse e della tratta, poste al di sotto dello spazio comunque carrabile, e i dispositivi idraulici di margine.

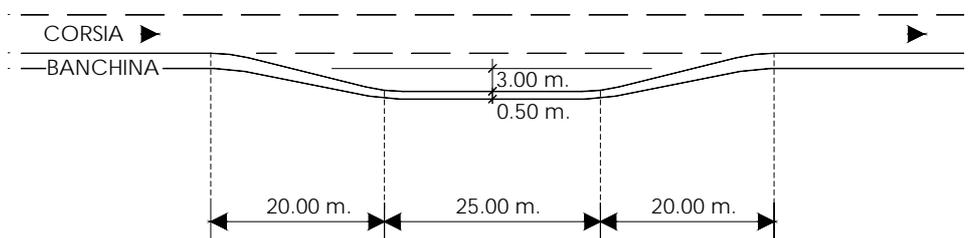
Tali spazi consentiranno inoltre di effettuare le operazioni di manutenzione delle opere senza limitare le dimensioni delle corsie di marcia durante le fasi di lavoro.

#### *C.2.2.3.2. Piazzole di sosta*

Come prescritto dal D.M.05/11/2001 per le strade di tipo C1, nei 8.4 Km circa dell'intervento sono previste 9 piazzole di sosta per senso di marcia, ubicate all'esterno della banchina e ogni 1.000 m circa, con le dimensioni indicate dal D.M.(vedi Figura C-3), ossia:

- Larghezza trasversale (da misurarsi oltre la banchina stradale): 3,00 m di + 0,50 m di banchina,
- Lunghezza: 25,00 m, con due tratti di invito in ingresso e in uscita di lunghezza 20,00 m.

**Figura C-3: Schema piazzola di sosta**



### C.2.3. Geometria dell'asse stradale

#### C.2.3.1. Distanze di visibilità

Come fortemente enunciato dal D.M.05/11/2001, l'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione. In particolare, deve essere assicurata una distanza di visuale libera pari alla distanza di arresto, lungo tutto il tracciato. Il D.M. detta una serie di disposizioni e formule atte a calcolare sia la distanza di visibilità che la distanza di arresto.

In particolare, nella valutazione della distanza di visibilità per l'arresto, la posizione del conducente deve essere sempre considerata al centro della corsia da lui impegnata, con l'altezza del suo occhio a m. 1,10 dal piano viabile, mentre l'ostacolo va collocato a m. 0,10 dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente.

L'espressione della distanza di arresto viene invece calcolata con la seguente espressione:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[ f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [m]$$

dove:

$D_1 =$  spazio percorso nel tempo  $\tau$

$D_2 =$  spazio di frenatura

$V_0 =$  velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (cfr. par. 5.4) [km/h]

$V_1 =$  velocità finale del veicolo, in cui  $V_1 = 0$  in caso di arresto [km/h]

$i =$  pendenza longitudinale del tracciato [%]

$\tau =$  tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

$g =$  accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]

- $R_a =$  resistenza aerodinamica [N]  
 $m =$  massa del veicolo [kg]  
 $f_l =$  quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura  
 $r_0 =$  resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

I valori dell'aderenza longitudinale adottati sono stati quelli relative ai piani viabili delle strade di tipo B-C-D-E-F, riportati nella fig.5.1.2.a del D.M.05/11/2001.

Particolare rilevanza assume il tempo di percezione e reazione, che assume valori particolarmente più elevati rispetto alla norma precedente (C.N.R.78/1980), e comunque funzione della velocità. Infatti essa è calcola come segue:

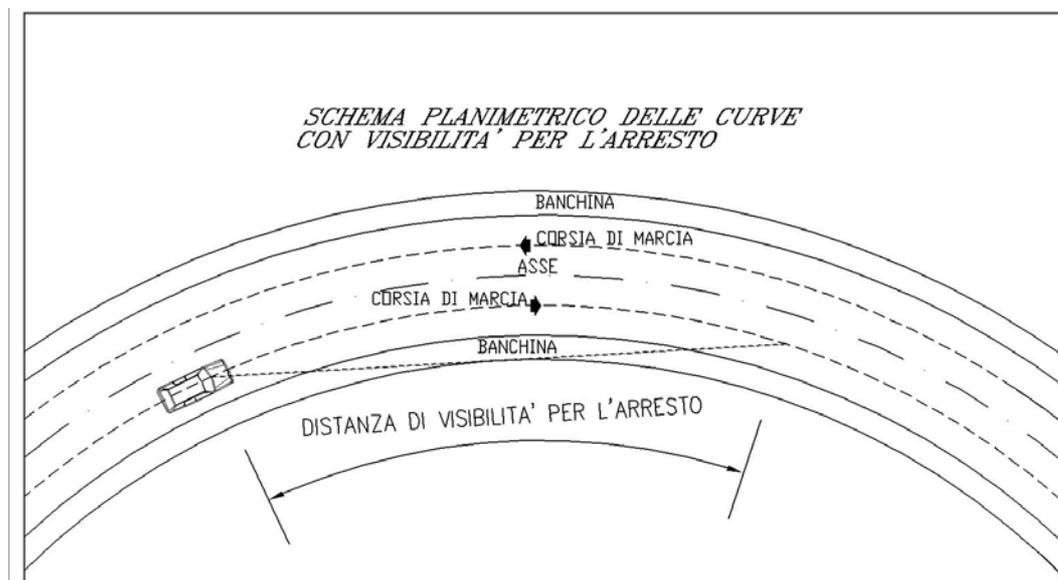
$$\tau = (2,8 - 0,01V) \text{ [s]} \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

L'applicazione dei concetti espressi dalla norma ha portato ad effettuare la verifica della visibilità per l'arresto in curva.

Dall'analisi della visibilità per la velocità massima di progetto pari a 100 km/h, risulta che la distanza di visibilità richiesta per l'arresto è pressoché coincidente con la distanza di visibilità disponibile, per la curva in destra di raggio 700 m (che si sviluppa per la quasi totalità in trincea); mentre è di poco superiore per la curva in destra di raggio 1000 m (quasi interamente in viadotto) per la direzione in discesa, tale da richiedere un minimo allargamento di qualche decina di centimetri, facilmente, però, recuperabili dallo spazio ottenibile da un arretramento della barriera bordo ponte installata sul cordolo in calcestruzzo.

Tale arretramento non risulta, invece, affatto necessario per la velocità di 90 km/h, valore corrispondente alla velocità amministrativa della strada in oggetto, che per quanto riportato al cap. 1 del D.M. 5/11/2001, può essere assunta come limite superiore delle velocità di progetto.

**Figura C-4: Distanze di visibilità in curva**



Il tracciato di progetto deve garantire opportune visuali libere nei confronti non solo delle manovre di arresto ma anche per il sorpasso.

Al tal fine si è calcolata la relativa distanza di visibilità per il sorpasso, valutata secondo la seguente espressione:

$$D_s = 20 \times v = 20 \times (100/3.6) = 555,556 \text{ m}$$

In riferimento a quanto richiesto dal D.M.05/11/2001 al par. 5.1.5, essendo l'infrastruttura in oggetto una strada extraurbana a unica carreggiata con doppio senso di marcia, la distanza di visibilità per il sorpasso deve essere garantita per una conveniente percentuale di tracciato, in misura non inferiore al 20%.

In base a tale aspetto normativo, il tracciato in progetto verifica in entrambi i sensi di marcia la visibilità per il sorpasso, per una percentuale superiore al 20%.

<b><i>Verso di percorrenza del tracciato</i></b>	<b><i>% del tracciato in cui è verificato il sorpasso</i></b>
Direzione Chieti – Casoli (progressive crescenti)	27.33 %
Direzione Casoli –Chieti (progressive decrescenti)	24.72 %

Ad avvalorare quanto precedentemente enunciato, si riportano, nella Figura C-5 successiva, i diagrammi di visibilità calcolati:

- con la velocità desunta dal diagramma di velocità ovvero 100 km/h;
- con velocità pari a quella amministrativa ovvero 90 km/h.

**Figura C-5: Diagrammi di visibilità alle velocità pari a 100 km/h e 90 km/h**





**C.2.3.2. Andamento planimetrico, pendenze trasversali (valori massimi e minimi), curve (raggio costante e variabile)**

*C.2.3.2.1. Criteri di composizione dell'asse planimetrico*

L'asse di tracciamento di progetto, si trova a metà della piattaforma stradale costituita da un'unica carreggiata.

Il tracciamento planimetrico risulta costituito da una successione di elementi geometrici quali rettifili, curve circolari e raccordi a raggio variabile.

Nel seguito (Tabella C-6) si riportano gli elementi geometrici planimetrici che costituiscono il tracciato di progetto:

**Tabella C-6: Successione degli elementi geometrici che costituiscono il tracciato**

<b><i>ELEMENTI GEOMETRICI</i></b>	<b><i>LUNGHEZZE RETTIFILO (M)/ CLOTOIDE (A)/ RAGGIO (M)</i></b>
1 Rettifilo	L = 365.364
2 Clotoide	A = 300
3 Curva	R = 700
4 Clotoide	A = 300
5 Rettifilo	L = 150.656
6 Clotoide	A = 600
7 Curva	R = 1600
8 Clotoide	A = 600
9 Rettifilo	L = 152.088
10 Clotoide	A = 400
11 Curva	R = 1000
12 Clotoide	A = 400
13 Rettifilo	L = 196.207
14 Clotoide	A = 300
15 Curva	R = 900
16 Clotoide	A = 300
17 Rettifilo	L = 374.635
18 Clotoide	A = 400
19 Curva	R = 1200

### C.2.3.2.2. Rettifili

Per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifili abbiano una lunghezza  $L_r$  contenuta nel seguente limite:

$$L_r = 22 \times V_{pmax}$$

che per  $V_{pmax}=100$  km/h, risulta pari a 2200 m.

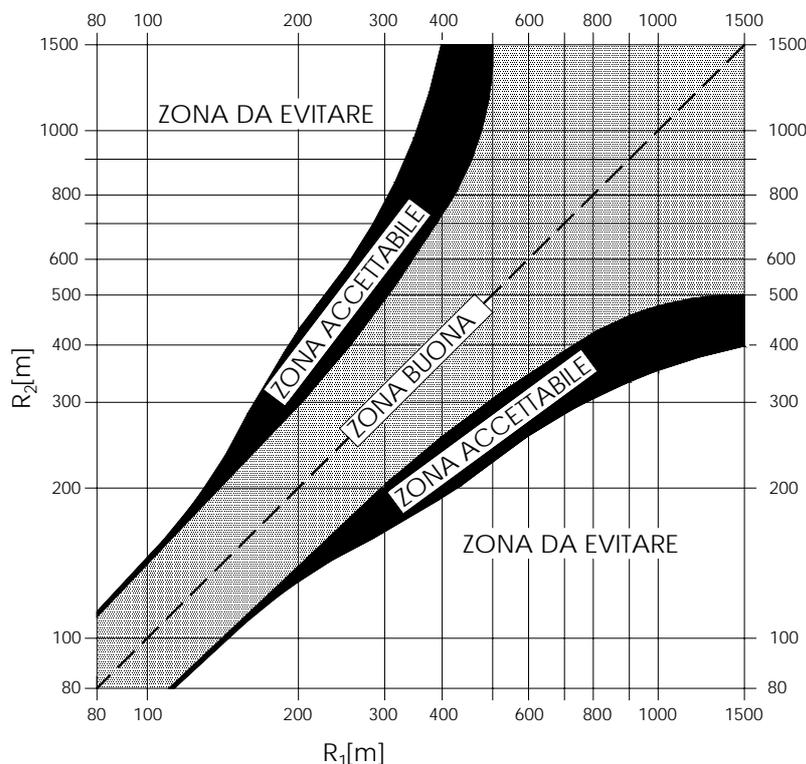
Inoltre un rettifilo per essere percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore, per la strada in progetto, a 150 m.

Tutti i rettifili adottati, rispettano i suddetti limiti imposti dal D.M.05/11/2001, come si evince dalla Tabella C-6.

### C.2.3.2.3. Curve circolari

Le curve circolari adottate nel progetto dell'asse planimetrico, oltre a rientrare in quelle compatibili con le velocità di progetto della strada ( $R > 118$  m), hanno rispettato i valori dei rapporti tra curve ed elementi che si susseguono lungo il tracciato, sia dell'abaco di Koppel (Figura C-7), che delle regole imposte dal D.M.05/11/2001 per l'andamento del diagramma di velocità (par. 5.4.4).

**Figura C-7: Abaco relativo ai rapporti tra raggi di curve successive**



Lo sviluppo delle curve circolari inoltre rispetta i valori minimi imposti dal D.M.05/11/2001, che prescrive uno sviluppo pari a un tempo di percorrenza di 2,5 secondi (vedi Tabella C-8).

**Tabella C-8: Valori dello sviluppo effettivo e sviluppo minimo delle curve circolari**

Velocità (km/h)	Raggio (m)	Sviluppo effettivo (m)	Sviluppo minimo t=2,5 s (m)
100	700	285.023	69.444
100	1600	219.732	69.444
100	1000	555.713	69.444
100	9000	1094.446	69.444
100	1200	243.733	69.444
100	1200	299.054	69.444
100	1200	188.278	69.444

Un ulteriore relazione, verificata dalle curve planimetriche di progetto, tra un rettifilo  $L_r$  e il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettifilo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, è data da:

$$R > L_r \quad \text{per } L_r < 300 \text{ m}$$

$$R \geq 400 \text{ m per } L_r \geq 300 \text{ m}$$

del par. 5.2.2 del vigente D.M. 05/11/2001.

In generale i valori delle velocità di progetto e delle pendenze trasversali delle curve con  $R < R^*$  (per una strada tipo C,  $R^*$  è pari a 437 m), vengono ricavate dall'equazione dell'equilibrio dinamico in curva:

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

dove:

$$V_p = \text{velocità di progetto della curva [km/h]}$$

$$R = \text{raggio della curva [m]}$$

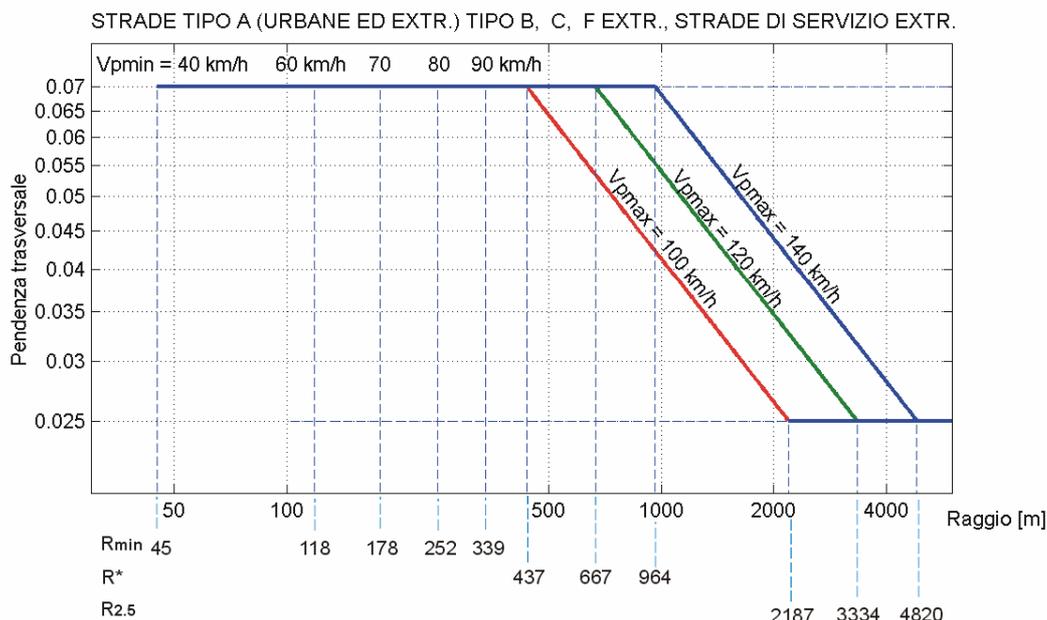
$$q = \frac{i_c}{100}$$

$$f_t = \text{quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente}$$

dove per  $q$  si è adottato il valore del 7% (avendosi velocità di progetto nelle curve minori della  $V_{p,max}$ ) e per  $f_t$  i valori indicati dal D.M.05/11/2001 per le strade extraurbane.

Invece nell'ipotesi di curve con raggi  $R > R^*$ , si considera l'abaco della Fig. 5.2.4.a del D.M. (vedi Figura C-9), e corrisponde al caso in cui ricadono le curve dell'asse di progetto, per cui si hanno le seguenti pendenze trasversali (vedi Tabella C-10):

**Figura C-9: Abaco dei Raggi/Velocità/Pendenze trasversali**



**Tabella C-10: Raggi - Pendenze trasversali**

R (m)	V (km/h)	i.tras. %
700	100	5.18
1600	100	3.05
1000	100	4.12
900	100	4.41
1200	100	3.67
1200	100	3.67
1200	100	3.67

Infine non è necessario allargamento della carreggiata in curva, per consentire una sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, in quanto il valore massimo calcolato per la curva di raggio minore tra quelle di progetto (R=700 m) ci fornisce un valore pari a 6.4 cm, valore per il quale il D.M. 05/11/2001 consente di non applicarlo. L'allargamento è calcolato secondo la formula:

$$E = \frac{K}{R} \quad [m]$$

dove:

K = 45

R = raggio esterno (in m) della corsia.

#### C.2.3.2.4. Curve a raggio variabile

Le curve a raggio variabile utilizzate per connettere elementi a curvatura costante (cerchi, rettili) sono composte da clotoidi. I parametri di scala adottati per le clotoidi di progetto rispettano i valori minimi e massimi imposti dai criteri di verifica contenuti nel D.M.05/11/2001:

Criterio 1): la limitazione del contraccolpo:

$$A \geq 0,021 \times V^2$$

Criterio 2): la limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i (q_i + q_f)}$$

dove:

$B_i$  = distanze fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile [m]

$\Delta i_{\max}$  (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano  $B_i$  dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata. Esso non può superare il valore limite di:

$$\Delta i_{\max} = \frac{dq}{dt} \times \frac{B_i}{v} \times 100 \cong 18 \times \frac{B_i}{V} [\%]$$

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100} \quad \text{dove } i_{ci} = \text{pendenza trasversale iniziale, in valore assoluto}$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100} \quad \text{con } i_{cf} = \text{pendenza trasversale finale, in valore assoluto}$$

Criterio 3): la percezione ottica del raccordo:

$$R/3 \leq A \leq R$$

Inoltre il D.M. fornisce una raccomandazione circa la consequenzialità dei parametri A delle clotoidi, assegnando la seguente limitazione :

$$2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2.$$

Le curve di transizione a raggio variabile (clotoidi) inserite nel progetto rispettano pienamente tutti i criteri e la raccomandazione sopramenzionati (vedi Tabella C-11).

**Tabella C-11: Parametri delle Clotoidi e verifiche dei criteri del D.M.**

R (m)	A	Criterio 1	Criterio2	Criterio 3	0.667A1/A2<1.5
	300	210	172.84	233.33	si
700					
	300	210	172.84	233.33	si
	600	210	222.18	533.33	si
1600					
	600	210	222.18	533.33	si
	400	210	191.84	333.33	si
1000					
	400	210	191.84	333.33	si
	300	210	185.91	300	si
900					
	300	210	185.91	300	si
	400	210	202.82	400	si
1200					
	400	210	202.82	400	si
	400	210	202.82	400	si
1200					
	400	210	202.82	400	si
	400	210	202.82	400	si
1200					
	400	210	202.82	400	si

Le pendenze trasversali, pari al minimo 2,5% nei tratti in rettilineo, e al massimo 5.18% nelle curve circolari con R = 700 m, variano lungo le clotoidi per poter raccordare elementi a pendenza trasversale differente. L'asse di rotazione coincide con l'asse della carreggiata.

Al fine di assicurare il deflusso dell'acqua nei tratti di clotoide ove la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5%, la pendenza longitudinale del ciglio di carreggiata assume in tali tratti valore minimo pari a:

$$\Delta i_{\min} = 0,1 \times B_i \quad [\%]$$

pari nel nostro caso a 0.375%.

Il sovrizzo del ciglio esterno della carreggiata corrispondente al 2,5% di pendenza trasversale è pari a 26,25 cm, mentre nel caso della pendenza trasversale del 5.18%, è di 54,39 cm.

#### C.2.3.2.5. Andamento altimetrico, raccordi verticali (convessi e concavi)

L'andamento altimetrico dell'asse di progetto è caratterizzato da pendenze delle livellette di progetto, che raggiungono un valore massimo del 4.32%, ben al sotto del limite imposto dalla D.M.05/11/2001 che prescrive per la tipologia C1 una pendenza massima del 7%.

In corrispondenza della galleria e della terna dei viadotti S. Bartolomeo si è invece impiegata una pendenza del 3.38%, con l'obiettivo, che dovrà essere verificato con i risultati provenienti dalle indagini geognostiche, di limitare l'altezza dei rilevati e degli scavi, scegliendo - ove necessario - soluzioni su opera d'arte.

I raccordi verticali adottati sono di valore elevato, pari a 10.000 m per i concavi e 20.000 m per i convessi, assicurando valori di distanze di visibilità superiori a quelli richiesti per la massima velocità di progetto.

Le pendenze longitudinali e i raggi, per i raccordi verticali, adottati, nella direzione delle progressive crescenti, sono i seguenti:

**Tabella C-12: Pendenze longitudinali e raccordi altimetrici**

PENDENZA LONG.	RAGGI VERTICALI (M)	TIPOLOGIA DI RACCORDO
-0,00032		
	10000	Convesso
-0,03381		
	20000	Convesso
-0,04323		
	20000	Concavo
-0,01796		
	10000	Concavo
0,00272		
	10000	Concavo
0,00769		
	20000	Convesso
-0,00966		
	20000	Convesso

-0,02432		
	10000	Concavo
-0.004024		

### **C.2.3.3. Nodi (svincoli, rotonde, incroci, innesti)**

Nel I lotto funzionale, oggetto del presente progetto, è previsto un unico svincolo , ubicato all'inizio della tratta e caratterizzato da uno schema di semplice intersezione a raso, a 4 bracci, con la viabilità esistente.

Tale nodo, permette il collegamento, attraverso un tratto di raccordo con l'attuale viabilità, con Guardiagrele Est.

Alla fine del lotto, è previsto uno svincolo provvisorio di collegamento con la viabilità esistente, che costituisce un adeguamento della configurazione attuale, secondo uno schema di percorrenza a rotatoria, che permette la connessione verso la S.P. per Fara S.Martino.

## **C.3. PAVIMENTAZIONE STRADALE**

Per il dimensionamento della pavimentazione di progetto, ci si è basati sulle raccomandazioni fornite dal riferimento normativo quale il 'CATALOGO DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI' B.U. n.° 178 - 1995 del C.N.R..

In base alla predetta normativa tecnica, si è preso come riferimento il pacchetto stradale proposto per una Strada Extraurbana Ordinaria, riportato alla figura N.4F del B.U. N° 178, e costituito da:

- strato di usura in conglomerato bituminoso di 5 cm;
- strato di collegamento in conglomerato bituminoso di 6 cm;
- strato di base in conglomerato bituminoso di 17 cm;
- strato fondazione in misto granulare non legato di 15 cm.

Tale sovrastruttura stradale è dimensionata per garantire, durante la sua vita utile, un numero di passaggi di veicoli commerciali pari a 10.000.000, ed è corrispondente ad un modulo resiliente di sottofondo Mr di 90 N/mm<sup>2</sup>.

Sulla base di tali ipotesi, per l'infrastruttura di progetto, essendo caratterizzata da significativi flussi di veicoli pesanti, soprattutto provenienti e/o diretti alla zona industriale situata a nord della località di Casoli, si è ideata una pavimentazione caratterizzata dai medesimi strati di quella proposta dal B.U. N° 178, ma con una maggiorazione degli spessori dello strato di collegamento e di base, al fine di avere delle caratteristiche prestazionali e di durata superiori.

La sovrastruttura in oggetto ha uno spessore complessivo di 48 cm ed è costituita da:

- strato di usura in conglomerato bituminoso drenante di 5 cm;

- strato di collegamento in conglomerato bituminoso di 8 cm;
- strato di base in conglomerato bituminoso di 20 cm;
- strato fondazione in misto granulare stabilizzato a legante naturale di 15 cm.

I valori del modulo resiliente del sottofondo e il numero di passaggi di veicoli commerciali sopramenzionati, sono stati impiegati nella verifica della sovrastruttura del progetto, mediante il metodo empirico dell' "AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES".

Tale metodo empirico, valido per le pavimentazioni flessibili e semirigide, permette di determinare il numero dei passaggi di assi con carico pari a 8,2 t, e, derivante dalle analisi dei risultati ottenuti nelle prove in pista più impegnative ad oggi realizzate, l'AASHTO ROAD TEST, tiene conto dei seguenti elementi:

- prestazioni della pavimentazione
- traffico
- qualità del sottofondo
- materiali
- ambiente
- drenaggio
- affidabilità
- vita utile
- caratteristiche delle banchine

Con questo metodo si è ricavato il numero totale di passaggi di assi standard da 8.2 t ( $W_{18}$ ), che la pavimentazione riesce a sopportare prima di raggiungere il valore di PSI in corrispondenza del quale si ritiene che essa debba essere rifatta e quindi sia giunta alla fine della sua vita utile.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Dove:

$\Delta PSI$  = differenza fra gli indici di funzionalità iniziale (pavimentazione nuova) e finale PSI (pavimentazione alla fine della vita economica) =  $4.2 - 2.5 = 1.7$ ;

$M_r$  = modulo resiliente effettivo del sottofondo è legato al PSI, in N/mm<sup>2</sup>;

$SN$  = Structural Number =  $a_1 h_1 + a_2 h_2 m_2 + a_3 h_3 m_3 + a_4 h_4 m_4$ ;

dove:

$a_i$  = coefficienti che tengono conto del modulo elastico dei vari strati di spessore  $h_i$ ;

$m_i$  = coefficienti di drenaggio dello strato:

$$m_2 = m_3 = m_4 = 1$$

Inoltre:

Sulla base del bollettino CNR N°178 del 15/09/95, per una Strada extraurbana secondaria - ordinaria, si impone:

- Affidabilità, ovvero la probabilità che tale evento accada, pari all'85%;
- Indice di funzionalità finale della pavimentazione stradale, per la tipologia di strada in esame, PSI = 2.5;

e quindi :

- Deviazione standard ridotta  $Z_r$  pari -1.037;
- $S_o$ , legato invece alle dispersioni dei materiali intorno al valor medio, pari a 0.45.
- $M_r = 90$  N/mm<sup>2</sup>, modulo resiliente del sottofondo

La formula fondamentale, desunta sperimentalmente, lega la resistenza della pavimentazione, individuata da un indice di spessore SN, alle sollecitazioni del traffico, quantificate mediante un numero  $W_{18}$  dipendente dal volume e dalla composizione del traffico ed al degrado della pavimentazione causato dal traffico, caratterizzato dalla variazione dello stato di agibilità, rappresentato dall'indice P.S.I. (Present Serviceability Index), che qualifica lo stato del piano viabile mediante un punteggio compreso fra 5 (ottimo) e 0 (pessimo) basato su vari parametri.

Si osserva inoltre che l'Indice di Spessore SN combina gli spessori degli strati con coefficienti che rappresentano l'attitudine specifica di ogni materiale a contribuire alla resistenza complessiva della pavimentazione. Si noti che la formulazione originale dell'AASHTO GUIDE considera pavimentazioni composte da soli tre strati; nell'applicazione sarà utilizzata un'estensione che prevede cinque o quattro strati a seconda della tipologia di pavimentazione analizzata, ma nel caso in questione, quattro strati.

$$a_1 = 0.45$$

$$a_2 = 0.40$$

$$a_3 = 0.24$$

$$a_4 = 0.12$$

SN = 4,74 in inch (12,05 in cm);

Dunque, dalla relazione sperimentale precedente, si ottiene, per la pavimentazione di progetto, il seguente numero di passaggi di assi standard:

$$W_{18} = 32802404,5.$$

Questo risultato è confrontabile con lo scenario di traffico prospettato dal Bolettino Ufficiale N° 178 del 15.09.1995, in cui il numero dei passaggi di veicoli commerciali è dell'ordine dei 10.000.000, il quale a sua volta corrisponde, mediante l'impiego di un coefficiente di equivalenza ponderato pari a circa 1.9 (ottenuto in base al raffronto fra gli spettri di traffico dei veicoli commerciali del B.U. N° 178 e l'asse standard), ad un numero di passaggi di assi standard di 19.000.000.

In conclusione la pavimentazione di progetto garantisce un numero di passaggi di assi standars ben superiore a quello definito dal BU N°178 e quindi assicura, a parità di numero di passaggi di veicoli pesanti, una maggiore vita utile.

#### C.4. BARRIERE STRADALI DI SICUREZZA

In base alla legislazione vigente, e come indicato dal D.M.05/11/2001, la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza è disciplinato dal D.M. n.223 del 18/12/1992 e successive modificazioni ed integrazioni. In particolare, l'ultima sua integrazione e modificazione risale al D.M.11/06/1999, il quale a sua volta costituisce integrazione e modificazione del D.M. 03/06/1998 - "Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche (D.M.18/02/1992, n. 223) per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione" - il quale costituisce il più recente riferimento, soprattutto per l'individuazione delle zone da proteggere e i criteri di scelta delle barriere. Sulla base delle prescrizioni contenute nel D.M.3/6/1998, per il progetto della variante alla S.S.81, per cui è previsto un traffico di livello III - TGM maggiore di 1000, e presenza di veicoli di massa superiore a 3000 kg maggiore del 15% sul totale- sono da impiegare (Tabella C-13):

- barriere bordo laterale: *CLASSE H2: Contenimento elevato (LC = 288 kJ)*
- barriere bordo ponte: *CLASSE H3: Contenimento elevatissimo (LC = 463 kJ)*
- barriere newjersey nelle gallerie.

**Tabella C-13: Classi di barriere da impiegare in funzione del tipo e dei livelli di traffico della strada, e della destinazione delle barriere**

Tipo di strade	Traffico	Destinazione barriere			
		Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte	attenuatori
Autostrade e strade extraurbane principali	I	H2	H1	H2	TC1 o TC2 secondo velocità ≤ oppure > di 80 Km/h
	II	H3	H2	H3	
	III	H3-H4	H2-H3	H4	
Strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento	I	H1	N2	H2	
	II	H2	H1	H2	
	III	H3	H2	H3	
Strade urbane di quartiere e strade locali	I	N2	N1	H2	
	II	H1	N2	H2	
	III	H1	H1	H2	

Perciò la scelta nell'ambito delle barriere bordo laterale, come visto nell'esposizione delle scelte progettuali relative al margine esterno, è ricaduta nelle seguenti tipologie:

**BARRIERA BORDO LATERALE:**

*tipologia costruttiva in acciaio;  
classe di contenimento H2 (Lc=288 Kj);*

**BARRIERA BORDO PONTE:**

*tipologia costruttiva in acciaio;  
classe di contenimento H3 (Lc=463 Kj);*

**BARRIERA NEW JERSEY:**

*tipologia costruttiva in calcestruzzo;  
nelle gallerie naturali ed artificiali*

## **C.5. SEGNALETICA**

L'opera prevede la realizzazione di un'adeguata segnaletica orizzontale e verticale conforme al nuovo codice della strada (D. L.vo n. 285 del 30/04/1992) ed alle sue successive modificazioni ed al relativo regolamento di attuazione.