



COMUNE DI CAPACCIO

Provincia di SALERNO

Piano per gli Insediamenti Produttivi Progetto: "Infrastrutture area P.I.P. - Urbanizzazioni primarie - 2° Lotto - 1° Stralcio"



COMMITTENTE

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CAPACCIO (SA)

Fase progettuale:

PROGETTO ESECUTIVO 2° LOTTO 1° STRALCIO

EMISSIONE 0 del: GIUGNO/2008

REVISIONE 1 del: GENNAIO/2014

REVISIONE 2 del: APRILE/2015

Atto di:

COORDINAMENTO GENERALE: Ing. Carmine GRECO - Area VI
COORDINAMENTO STRUTTURE: Ing. Carmine GRECO - Area VI
COORDINAMENTO IMPIANTI: Ing. Carmine GRECO - Area VI
COORDINAMENTO SICUREZZA: Ing. Carmine GRECO - Area VI

ELABORATO

RELAZIONE SPECIALISTICA E CALCOLI:
STRADALE E GEOTECNICA

DATA APRILE 2015

SCALA

CODICE FILE
PIP 2-1 EL. N. 08

ELABORATO

N. 08

IL PROGETTISTA

Ing. Vincenzo CRISCUOLO - Area V

R.U.P.:

Ing. Carmine GRECO - Area VI

IL SINDACO:

(Dott. Italo VOZA)

PREMESSA.....	2
1.1 ASSE 1 (completamento L= 335 m).....	3
1.1.1 Sezione trasversale.....	3
1.1.2 Andamento planimetrico.....	3
1.1.3 Rettifili.....	3
1.1.4 Curve circolari	3
1.1.5 Raccordi clotoidici.....	4
1.1.6 Verifica del parametro di scala	4
1.1.7 Andamento altimetrico	4
1.1.8 Andamento dei cigli.....	4
1.1.9 Elementi marginali.....	5
1.1.9.1 Cunette.....	5
1.1.9.2 Marciapiedi.....	5
1.1.10 Intersezioni	5
1.2 ASSE 5 (in progetto solo tratto pari a L= 95 m).....	5
1.2.1 Sezione trasversale	5
1.2.2 Andamento planimetrico	5
1.2.3 Andamento altimetrico.....	5
1.2.3.1 Livellette	6
1.2.3.2 Raccordi verticali.....	6
1.2.4 Andamento dei cigli	6
1.2.5 Elementi marginali	6
1.2.5.1 Cunette	6
1.2.5.2 Marciapiedi	6
1.3 ASSE 8 (in progetto a L= 46,42 m).....	6
1.3.1 Sezione trasversale	6
1.3.2 Andamento planimetrico	6
1.3.3 Andamento altimetrico.....	6
1.3.3.1 Livellette	7
1.3.3.2 Raccordi verticali.....	7
1.3.4 Andamento dei cigli	7
1.3.5 Elementi marginali	7
1.3.5.1 Cunette	7
1.3.5.2 Marciapiedi	7
2 RELAZIONE GEOTECNICA	8
2.1 Calcolo dei cedimenti	8
3. PROGETTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	10
3.1 DIMENSIONAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE COL METODO AASHTO.....	10

PREMESSA

L'intervento in oggetto ha lo scopo di dotare il complesso degli insediamenti produttivi (Area P.I.P.), da realizzarsi in località "Sabatella", nel Comune di Capaccio in Provincia di Salerno, delle opere di urbanizzazioni primarie relativamente al 2° Lotto 1° Stralcio funzionale compatibilmente col finanziamento regionale percepito a totale carico regionale. Il Progetto: **"Infrastrutture P.I.P. – Urbanizzazioni primarie – 2° Lotto 1° Stralcio"** in particolare prevede tutte le lavorazioni tali da garantire il completamento dell'asse stradale n.1, la realizzazione dell'asse n.5 e l'ampliamento dell'asse n.8, in ottemperanza al Piano P.I.P. approvato.

1. PROGETTO GEOMETRICO

Il progetto geometrico è consistito nella definizione degli elementi geometrici relativi agli assi che definiscono il reticolo viario, nonché dei raccordi alle intersezioni.

Occorre precisare che le strade oggetto dell'intervento sono da considerarsi strade locali a destinazione particolare, per le quali la caratterizzazione attraverso il parametro "velocità di progetto" non risulta applicabile. Pertanto le dimensioni della sezione trasversale sono state definite dall'esigenza di adattare lo spazio stradale ai volumi da costruire ed alle necessità dei pedoni, compatibilmente con l'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito. Occorre precisare che, in assenza di valori di riferimento per la velocità di progetto, le caratteristiche degli elementi geometrici sono state definite sulla base dell'intervallo di velocità di progetto valido per le strade locali in ambito urbano, ovvero $V_{pmin} = 25$ km/h, $V_{pmax} = 60$ km/h, in quanto meno vincolante per la definizione delle dimensioni degli elementi geometrici.

Il reticolo viario è stato definito mediante 11 assi, dei quali 2 definiscono le dorsali principali (asse 1 ed asse 2) e 9 costituiscono gli assi trasversali (asse 3, asse 4, asse 5, asse 6, asse 8, asse 9, asse 10, asse 11, asse 12).

L'approccio seguito per il progetto geometrico è stato quello di studiare, per ciascun asse, separatamente l'andamento planimetrico e l'andamento altimetrico con l'ausilio del programma di calcolo "WinRoad" Ver. 5.0.2.2140 (chiave utente 14929) della S.T.S. s.r.l. .

Il progetto geometrico è stato condotto seguendo le prescrizioni delle Normative vigenti:

- D. M. II. TT. 05/11/2001 : *"Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"*.
- M. II. TT. – Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale: *"Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali"*.

1.1 ASSE 1 (completamento L= 335 m)

1.1.1 Sezione trasversale

E' stata adottata una sezione trasversale costituita da due corsie di larghezza pari a 4,5 m con zanella per la raccolta e il convogliamento delle acque meteoriche pari a 0,50 m, per una larghezza complessiva della sede stradale pari a 10 m.

1.1.2 Andamento planimetrico

L'andamento planimetrico è costituito da due rettifili che sono stati raccordati ad una curva circolare attraverso due archi di clotoide.

1.1.3 Rettifili

I due rettifili inseriti nel tracciato hanno lunghezza rispettivamente pari a:

$$L_{R1} = 269,95 \text{ m};$$

$$L_{R2} = 734,813 \text{ m}.$$

I valori di cui sopra rientrano nei limiti previsti dalle Norme che risultano essere $L_{\text{max}} = 1320\text{m}$, $L_{\text{min}} = 50 \text{ m}$. Lungo i rettifili sarà mantenuta una pendenza trasversale, a due falde, pari al 2.5%.

1.1.4 Curve circolari

I valori dei raggi di curvatura di riferimento per la definizione della curva circolare sono riportati di seguito:

- $R_{\text{min}} = 19 \text{ m}$ (raggio minimo che verifica l'equilibrio allo sbandamento in curva e corrispondente ad una pendenza trasversale pari al valore massimo consentito);
- $R^* = 121 \text{ m}$ (raggio oltre il quale occorre portare la pendenza trasversale al di sotto del valore massimo consentito dalle Norme);
- $R_{2,5} = 204 \text{ m}$ (raggio a partire dal quale occorre mantenere una pendenza trasversale pari al 2,5%);

Per la curva circolare è stato adottato un raggio pari a $R = 200 \text{ m}$ al quale corrisponde una pendenza trasversale, ad unica falda, pari al 7% in quanto interno all'intervallo $[R_{\text{min}} - R^*]$.

1.1.5 Raccordi clotoidici

Entrambi i rettifili sono stati raccordati alla curva circolare mediante archi di clotoide di parametro di scala pari ad $A = 118,00$ m.

1.1.6 Verifica del parametro di scala

La verifica del parametro di scala, eseguita secondo i tre criteri prescritti dalle Norme, conduce ai risultati di seguito riportati:

- **Criterio 1 (limitazione del contraccollo)**

$$A = 118 \text{ m} > A_{\min-1} = 76 \text{ m} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta};$$

- **Criterio 2 (sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)**

$$A = 118 \text{ m} > A_{\min-2} = 50 \text{ m} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta};$$

- **Criterio 3 (ottico)**

$$A_{\min-3} = 67 \text{ m} < A = 118 \text{ m} < A_{\max} = 200 \text{ m} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta}.$$

1.1.7 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico dell'asse stradale è individuato da quattro livellette aventi, rispettivamente, le seguenti pendenze: 1,15%; 0,61%; 1,04%, 0,53%. Alle livellette compete una pendenza contenuta nel limite massimo prescritto dalle Norme (10%).

1.1.8 Andamento dei cigli

L'andamento dei cigli della carreggiata è stato costruito sulla base delle prescrizioni delle Norme.

1.1.9 Elementi marginali

1.1.9.1 Cunette

A margine della strada è stata prevista la realizzazione di zanelle in opera di larghezza pari a 50cm.

1.1.9.2 Marciapiedi

Su ambo i lati della strada sono stati previsti spazi destinati a verde ed al transito dei pedoni, per una larghezza pari a 3 m. Lo spazio disponibile per il transito dei pedoni (1,50 m) rispetta i valori minimi disposti dalle Norme.

1.1.10 Intersezioni

Il reticolo viario è stato definito intersecando gli assi ortogonalmente. I cigli esterni delle carreggiate sono stati raccordati mediante archi di cerchio di raggio $R = 17$ m. Tale valore è stato desunto sulla base delle indicazioni normative per le intersezioni stradali, in particolare quelle valide per le isole di canalizzazione. Il valore del raggio di cui sopra risulta compatibile con la manovra di svolta in sicurezza di mezzi pesanti autoarticolati, sicurezza intesa come leggibilità e guida visiva delle traiettorie di approccio all'interno delle zone d'incrocio.

1.2 ASSE 5 (in progetto solo tratto pari a $L = 95$ m)

1.2.1 Sezione trasversale

E' stata adottata una sezione trasversale costituita da due corsie di larghezza pari a 4,5 m con zanella per la raccolta e il convogliamento delle acque meteoriche pari a 0,50 m, per una larghezza complessiva della sede stradale pari a 10 m.

1.2.2 Andamento planimetrico

L'andamento planimetrico è costituito da un unico rettifilo di lunghezza pari a $L_r = 201,594$ m. Il valore di cui sopra rientra nei limiti previste dalle Norme che risultano essere $L_{rmax} = 1320$ m, $L_{rmin} = 50$ m. Lungo il rettifilo sarà mantenuta una pendenza trasversale, a due falde, pari al 2,5%.

1.2.3 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico dell'asse stradale è individuato da due livellette raccordate mediante un raccordo verticale concavo.

1.2.3.1 Livellette

Alle due livellette inserite nel tracciato sono state assegnate pendenze contenute nel limite massimo prescritto dalle Norme (10%) e rispettivamente pari a $p_1=0,24\%$ e $p_2 = 0,03\%$.

1.2.3.2 Raccordi verticali

Tra le due livellette è stato inserito un raccordo verticale concavo di raggio pari a $R_v = 1286,00$ m il quale risulta superiore al valore minimo prescritto dalle Norme per garantire l'arresto (0,00 m).

1.2.4 Andamento dei cigli

L'andamento dei cigli della carreggiata è stato costruito sulla base delle prescrizioni delle Norme.

1.2.5 Elementi marginali

1.2.5.1 Cunette

A margine della strada è stata prevista la realizzazione di zanelle in opera di larghezza pari a 50cm.

1.2.5.2 Marciapiedi

Su ambo i lati della strada sono stati previsti spazi destinati al transito dei pedoni, per una larghezza pari a 2 m. Lo spazio disponibile per il transito dei pedoni rispetta i valori minimi disposti dalle Norme.

1.3 ASSE 8 (in progetto L= 46,42 m)

1.3.1 Sezione trasversale

E' stata adottata una sezione trasversale costituita da due corsie di larghezza pari a 4,5 m con zanella per la raccolta e il convogliamento delle acque meteoriche pari a 0,50 m, per una larghezza complessiva della sede stradale pari a 10 m.

1.3.2 Andamento planimetrico

L'andamento planimetrico è costituito da un unico rettilineo di lunghezza pari a $L_r = 46,42$ m. Lungo il rettilineo sarà mantenuta una pendenza trasversale, a due falde, pari al 2,5%.

1.3.3 Andamento altimetrico

L'andamento altimetrico dell'asse stradale è individuato da due livellette raccordate mediante un raccordo verticale concavo.

1.3.3.1 Livellette

Alle due livellette inserite nel tracciato sono state assegnate pendenze contenute nel limite massimo prescritto dalle Norme (10%) e rispettivamente pari a $p_1=0,24\%$ e $p_2 = 0,03\%$.

1.3.3.2 Raccordi verticali

Tra le due livellette è stato inserito un raccordo verticale concavo di raggio R_v il quale risulta superiore al valore minimo prescritto dalle Norme per garantire l'arresto (0,00 m).

1.3.4 Andamento dei cigli

L'andamento dei cigli della carreggiata è stato costruito sulla base delle prescrizioni delle Norme.

1.3.5 Elementi marginali

1.3.5.1 Cunette

A margine della strada è stata prevista la realizzazione di zanelle in opera di larghezza pari a 50cm.

1.3.5.2 Marciapiedi

Su ambo i lati della strada sono stati previsti spazi destinati al transito dei pedoni, per una larghezza pari a 2 m. Lo spazio disponibile per il transito dei pedoni rispetta i valori minimi disposti dalle Norme.

2 RELAZIONE GEOTECNICA

Approfondimenti geotecnici eseguiti sull'area dove attualmente è posto in opera il rilevato stradale denotano, così come riportato nella relazione tecnica allegata, la presenza di uno strato di materiale torboso misto ad argille e limi per un'altezza di circa 15 metri.

La caratteristica dello strato torboso è tale da prevedere cedimenti incompatibili sia con i sottoservizi stradali e sia con il corpo stradale stesso.

Nella pratica quotidiana qualora si rinvenissero situazioni analoghe in cui lo spessore dello strato organico notevole si costruiscono rilevati stradali di altezza maggiore del necessario e lo si lascia affondare, per effetto della gravità, nello strato molle fino al raggiungimento di equilibrio del rilevato stesso che si manifesterà attraverso la cessazione dei cedimenti. Tutto il rilevato in eccesso alla quota stradale fissata sarà eliminato.

2.1 Calcolo dei cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato condotto considerando, cautelativamente, i carichi trasmessi dal rilevato più alto (Cfr. Profilo asse 1 Sez. 35bis: $H_{\text{ril}} = 2,41$ m) in ipotesi di condizioni edometriche. Il calcolo è stato eseguito con riferimento ad una profondità corrispondente al volume significativo interessato dalla costruzione dei rilevati: tale profondità è stata assunta pari a $H = 16,5$ m, coerentemente allo strato di materiale torboso sottostante.

I carichi che gravano sulla base d'appoggio dei rilevati sono costituiti dal peso proprio del rilevato e della pavimentazione.

L'analisi dei carichi è stata condotta con riferimento ad una fascia di 1 m in direzione longitudinale giacente sull'80% della larghezza del rilevato (20 m):

Carichi permanenti:

- Peso pavimentazione:..... $(0,59 \times 20,00 \times 1,00 \times 2000) / (10,00 \times 1,00) = 2360 \text{ kg/m}^2$
- Peso rilevato:..... $((26+10) \times 2,4 / 2) \times 1900 / (20,00 \times 1,00) = 4104 \text{ kg/m}^2$

Carico permanente (q).....6464 kg/m²

- Carichi mobili:(a)..... $(2000 \times 8) / (10,00 \times 1,00) = 1600 \text{ kg/m}^2$

Carico totale($q+a$)	8064
kg/m ²	=0.81 kg/cm ²

Al fine di ottenere un valore dei cedimenti attendibili si utilizza il metodo edometrico utilizzando, come modulo Edometrico a vantaggio di sicurezza il minore dei moduli rilevati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche pari a 9 kg/ cm², che con l'ausilio di un coefficiente di sicurezza dell'1.3 mi genera un modulo edometrico di 7 kg/ cm²

- Strato 1: Limo argilloso ($b_1 = 16.5 \text{ m}=1650\text{cm}$; $E_{ed} = 6 \text{ kg/cm}^2$);

Il cedimento w sotto l'azione del carico q è dato da:

$$w = (q/ E_{ed}) * b_1 = [(0,81/6)*1650]= 222,7\text{cm}=2,23 \text{ m}$$

Al fine di ottenere un cedimento paragonabile a quello calcolato col metodo edometrico su scritto, è necessario realizzare un rilevato di altezza superiore a quello di progetto, tale da eguagliare in esercizio il peso generato dai carichi mobili:

$$h= 1600/1900=0.85 \text{ m}$$

Il rilevato da utilizzare per accelerare i cedimenti sarà alto quindi $= w+h =3.08 \text{ m}$ (valore tale da sopperire al cedimento che avverrà sotto il rilevato stradale)tale valore sarà amplificato del 45%, per un'altezza totale di circa 4,50 metri da realizzare sul piano di riferimento stradale al fine di velocizzare i cedimenti generabili.

3. PROGETTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Il progetto della pavimentazione, inerente il progetto **“Infrastrutture P.I.P. – Urbanizzazioni primarie – 2° Lotto 1° Stralcio”**, è stato eseguito sulla base di quanto suggerito dal “Catalogo delle pavimentazioni stradali” del C.N.R., con successiva verifica mediante il METODO AASHTO. I fattori del dimensionamento previsti dal metodo riguardano, il tipo di strada, il traffico, e la portanza del terreno di sottofondo. Il traffico è quantificato attraverso il numero di passaggi di veicoli commerciali, mentre il parametro rappresentativo della portanza del sottofondo è il modulo resiliente.

L’ipotesi fatta è stata di utilizzare una vita utile della pavimentazione pari a 20 anni, al termine della quale alla sovrastruttura è riscontrabile un indice PSI di 2,5 (valore suggerito dalla AASTHO per strade di tipo extraurbano), ed utilizzando un livello di affidabilità pari al 99%.

Occorre precisare che, poiché le strade del reticolo viario non risultano inquadrare funzionalmente, il dimensionamento è stato condotto, cautelativamente, utilizzando le indicazioni del catalogo valide per le Strade Extraurbane Secondarie a forte traffico. Tale riferimento è stato adottato anche alla luce della destinazione d’uso, in termini di circolazione di veicoli, delle strade componenti il reticolo viario.

In assenza di dati specifici è stato ipotizzata, cautelativamente, una condizione di traffico, in 20 anni, pari ad almeno $T_{20} = 25.000.000$ passaggi di veicoli commerciali. Al terreno di sottofondo è stato attribuito un valore del CBR pari a circa l’80% di quello di laboratorio minimo rilevato (**40,88%**) pari al **32%** (considerando un sufficiente coefficiente di rischio inerente le approssimazioni con cui si passa dal CBR di laboratorio con quello in sito).

3.1 DIMENSIONAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE COL METODO AASHTO

Per la definizione della pavimentazione con l’ausilio del catalogo sulle pavimentazioni stradali. Sapendo che la pavimentazione in esame sarà realizzata per una strada extraurbana principale si fissano gli spessori da verificare, estrapolando quella che si avvicina alle caratteristiche suddette:

- Strada extraurbana a forte traffico
- Strati di usura, binder e base in conglomerato bituminoso
- Misto granulare per la fondazione

- Sottofondo funzione del Modulo resiliente ($M_r=1500 \cdot CBR = 1500 \cdot 32 = 49000 \text{ psi} = 340 \text{ N/mm}^2$).

Si ipotizzeranno i seguenti spessori:

<i>USURA</i>	<i>5 cm</i>
<i>BINDER</i>	<i>6 cm</i>
<i>BASE</i>	<i>12 cm</i>
<i>FONDAZIONE</i>	<i>41 cm</i>

Tenendo presente che:

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

dove a_i sono i coefficienti strutturali di strato, m_4 è il coefficiente di drenaggio del misto granulare ed s_i sono gli spessori degli strati in cm,

Illustriamo la scelta del coeff. di equivalenza dei vari strati:

strato di usura

Pb = 5% (% in peso di bitume) da capitolato

Stabilità Marshall (75 colpi) = 1100 Kg

Stabilità Marshall (50 colpi) = $(1100 \times 2.2) / 1.2 = 2017 \text{ lb}$

dove $1 \text{ Kg} = 2.20 \text{ lb}$ ed $S_{75/50} = 1.2$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pb} = 5\% \text{ (% in peso di bitume) da capitolato} \\ \text{Stabilità Marshall (75 colpi)} = 1100 \text{ Kg} \\ \text{Stabilità Marshall (50 colpi)} = (1100 \times 2.2) / 1.2 = 2017 \text{ lb} \end{array} \right\} \longrightarrow a_1 = 0.45$$

strato di collegamento

Pb = 5% (% in peso di bitume) da capitolato

Stabilità Marshall (75 colpi) = 1000 Kg

Stabilità Marshall (50 colpi) = $(1000 \times 2.2) / 1.2 = 1833 \text{ lb}$

dove $1 \text{ Kg} = 2.20 \text{ lb}$ ed $S_{75/50} = 1.2$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pb} = 5\% \text{ (% in peso di bitume) da capitolato} \\ \text{Stabilità Marshall (75 colpi)} = 1000 \text{ Kg} \\ \text{Stabilità Marshall (50 colpi)} = (1000 \times 2.2) / 1.2 = 1833 \text{ lb} \end{array} \right\} \longrightarrow a_2 = 0.33$$

strato di base

Pb = 5% (% in peso di bitume) da capitolato

Stabilità Marshall (75 colpi) = 800 Kg

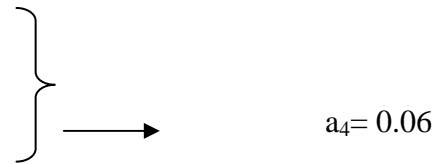
Stabilità Marshall (50 colpi) = $(800 \times 2.2) / 1.2 = 1467 \text{ lb}$

dove $1 \text{ Kg} = 2.20 \text{ lb}$ ed $S_{75/50} = 1.2$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pb} = 5\% \text{ (% in peso di bitume) da capitolato} \\ \text{Stabilità Marshall (75 colpi)} = 800 \text{ Kg} \\ \text{Stabilità Marshall (50 colpi)} = (800 \times 2.2) / 1.2 = 1467 \text{ lb} \end{array} \right\} \longrightarrow a_3 = 0.27$$

strato di fondazione

considerando tale strato con CBR sat. > 30%



coefficiente di drenaggio

Adoperando un coefficiente di drenaggio di 0.95 per il misto granulare non legato

Si ottiene uno structural number SN pari a:

$$SN = \frac{0,45 \cdot 5 + 0,33 \cdot 6 + 0,27 \cdot 23 + 0,06 \cdot 30 \cdot 0,98}{2,54} = 3.81 \text{ pollici}$$

N.B. (2.54 è il coefficiente di conversione di cm in pollici).

Il traffico veicolare pesante è stato distribuito secondo lo spettro di tipo 3 (strade extraurbane secondarie a forte traffico), riportato nella tabella seguente.

I singoli assi di ogni veicolo sono stati trasformati in assi da 18 kip (8,2 t) utilizzando i coefficienti di equivalenza forniti dall'AASHTO GUIDE.

Tipo veicolo	tipo assi	peso assi (t)	peso assi (kps)	N°veicoli
Autocarro leggero	⇓	1,5	3,3	131
	⇓	3	6,6	131
Autocarri medi e pesanti	⇓	4	8,8	395
	⇓	8	17,6	395
Autocarri medi e pesanti	⇓	5	11	105
	⇓	11	24,2	105
Autocarri pesanti	⇓	4	8,8	79
	⇓⇓	16	35,2	79
Autocarri pesanti	⇓	6	13,2	26
	⇓⇓	20	44	26

Autotreni pesanti e autoarticolati	⇓	4	8,8	26
	⇓	9	18,8	26
	⇓	8	17,6	26
	⇓	8	17,6	26
Autotreni pesanti e autoarticolati	⇓	6	13,2	25
	⇓	10	22,2	25
	⇓	10	22,2	25
	⇓	10	22,2	25
Autotreni pesanti e autoarticolati	⇓⇓⇓	20	44,4	26
	⇓⇓	16	35,2	26
Autotreni pesanti e autoarticolati	⇓⇓⇓	24	52,8	25
	⇓⇓	20	44,4	25
Autotreni pesanti e autoarticolati	⇓⇓	14	30,8	26
	⇓⇓⇓	24	52,8	26
Autotreni pesanti e autoarticolati	⇓⇓	17	37,4	26
	⇓⇓⇓	27	59,4	26
Mezzi d'opera	⇓⇓	17	37,4	5
	⇓⇓⇓	39	85,8	5
Autobus	⇓	5	11	105
	⇓	8	17,6	105

assi	classi in t	n° passaggi di assi su 1000 veicoli	SN3		SN4	
			n°assi da Ceq 8,2t		n°assi da Ceq 8,2t	
⇓	1,5	131	0,002717725	0,356021975	0,002717725	0,356021975
⇓	3	131	0,04617286	6,04864466	0,037027025	4,850540275
⇓	4	500	0,1153413	57,67065	0,09957937	49,789685
⇓	5	210	0,2396437	50,325177	0,2239568	47,030928
⇓	6	51	0,7405873	37,7699523	0,4303801	21,9493851
⇓	8	552	1,18105	651,9396	1,17366	647,86032
⇓	9	26	1,810812	47,081112	1,762505	45,82513
⇓	10	75	2,698149	202,361175	2,54926	191,1945
⇓	11	105	3,915167	411,092535	3,579894	375,88887
⇓⇓	16	105	1,281905	134,600025	1,281905	134,600025
⇓⇓	17	31	2,00127	62,03937	1,974445	61,207795
⇓⇓	20	51	3,017055	153,869805	2,903816	148,094616
⇓⇓⇓	20	26	0,9408151	24,4611926	0,5176032	13,4576832
⇓⇓⇓	24	26	2,406191	62,560966	1,540106	40,042756
⇓⇓⇓	27	26	3,640952	94,664752	2,373334	61,706684
⇓⇓⇓	39	5	9,135979	45,679895	8,135185	40,675925
			Σ	2042,520874	Σ	1884,530865
			Ceq(SN3)/1000	2,042520874	Ceq(SN4)/1000	1,884530865

Con i coefficienti strutturali si possono calcolare il numero di passaggi di assi da 8,2 tonnellate a 20 anni:

Ceq = coefficiente che consente di trasformare tutti i veicoli pesanti in assi equivalenti da 8.2t.

interpolando tra SN=3 e SN=4 calcolo il Ceq della pavimentazione in esame, con SN=3,81:

$$\frac{4 - 3}{3,81 - 3} = \frac{Ceq^4 - Ceq^3}{Ceq^{3,81} - Ceq^3} \Rightarrow Ceq^{3,81} = 1.91$$

$$N_{8,2} = 25000000 * C_{eq}$$

N8.2t = N18kpd = 47 854 000 assi equivalenti da 8.2 tonnellate

Per il calcolo del numero di assi sopportabili dalla pavimentazione in 20 anni l'AASHTO GUIDE propone la seguente formula:

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

nella quale :

- SN : 3,81
- Z_R : percentile relativo all'affidabilità (R) richiesta dalla pavimentazione ($R = 99\% \Rightarrow Z_R = -2,32$)
- S_0 : deviazione standard della variabile aleatoria $\delta_0 = \text{Log } w_{18} - \text{Log } N_{8,2} \approx 0.45$
- ΔPSI : variazione dell'indice di servizio della pavimentazione durante la sua vita ($\Delta PSI = PSI_{in.} - PSI_{fin} = 4,2 - 2,5 = 1,7$) $PSI_{fin} = 2,5$ fissato per le strade di media importanza
- M_r : modulo resiliente del sottofondo in psi $M_r = 1500 \cdot CBR = 1500 \cdot 32 = 49000$.

$$W_{18} = 89\,982\,478 \text{ assi da } 18 \text{ chili-pounds}$$

$$89\,982\,478 > 47\,854\,000$$

La verifica è soddisfatta in quanto il numero di passaggi sopportabili dalla pavimentazione è maggiore del numero di passaggi che si prevede possano realmente avvenire sulla pavimentazione in 20 anni di esercizio della stessa.

Il tecnico
