

Autostrada A14 - Strada Statale 7

Lavori di realizzazione delle rampe di collegamento tra l'Autostrada Adriatica A-14 Bologna - Taranto al km 741+332 e la S.S. 7 Appia al km 628+700.
CIG : 8646966613 - CUP: F87H18004710001

PROGETTO DEFINITIVO

COD.SIL

AAMSBA00322

COD.INT.

BA9471

PROGETTAZIONE:



INGEGNERI
ASSOCIATI



PROGETTISTI

Ing. Tommaso Di Bari - Ordine Ing. Taranto n. 1083
Ing. Vito Capotorto - Ordine Ing. Taranto n. 1080
Arch. Andreas Kipar - Ordine Arch. Milano n.13359 - Progettista e Direttore Tecnico LAND Italia Srl
Ing. Primo Stasi - Ordine Ing. Lecce n. 842

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Roberto Grimaldi

DIRETTORE DI ESECUZIONE DEL CONTRATTO

Ing. Domenico Di Giesi

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Alessandro Aliotta - Ordine Ing. Genova n. 7995A

COLLABORATORI

Geom. Luciano Tafuro

COLLABORATORI

Ing. Cristina Stano - Ordine Ing. Lecce n. 3648
Arch. Lucia Maria Lepore - Ordine Arch. Lecce n. 541

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Mario Stani - Ordine Geol. Puglia n. 279

RESPONSABILE DI PROGETTO STRUTTURA TERRITORIALE PUGLIA

Ing. Marianna Grisolia

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Vito Capotorto - Ordine Ing. Taranto n. 1080

RESPONSABILE PROJECT MANAGEMENT E PROGETTI SPECIALI

Ing. Nicola Marzi

TITOLO:

PROGETTO STRADALE

Relazione stradale

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:	FOGLIO:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00PS00TRARE01_A			
STBA9001	D 23	CODICE ELAB. T00PS00TRARE01	A	-	DI
03					
02					
01					
00	PRIMA EMISSIONE	MAGGIO 2023	F.Bolettieri	V.Capotorto	T. Di Bari
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	3
2	SEZIONI TIPO	4
2.1	RAMPA 1.....	4
2.2	RAMPA 2.....	4
2.3	DEVIAZIONE CONTROSTRADA S. MARCO DEI LUPINI.....	5
2.4	RAMPA DI COLLEGAMENTO ALLA COMPLANARE S.S. 7.....	5
3	INDICAZIONI DI CARATTERE GENERALE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE RAMPE DI SVINCOLO E DELLE CORSIE SPECIALIZZATE	6
3.1	DIMENSIONAMENTO RAMPE DI SVINCOLO.....	6
3.2	DIMENSIONAMENTO CORSIE SPECIALIZZATE.....	7
3.3	ELEMENTI DI MARGINE.....	9
3.4	RAMPA 1.....	9
3.4.1	<i>Dimensionamento Corsia di uscita Rampa 1</i>	9
3.4.2	<i>Dimensionamento Corsia di entrata Rampa 1</i>	10
3.4.3	<i>Valutazione tratto di immissione su SS7</i>	10
3.5	RAMPA 2.....	11
3.5.1	<i>Dimensionamento Corsia di uscita Rampa 2</i>	11
3.5.2	<i>Dimensionamento Corsia di uscita Rampa 2</i>	12
3.5.3	<i>Valutazione tratto di immissione su A14</i>	12
4	DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE	13
4.1	DESCRIZIONE DEL METODO "AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES".....	13
4.1.1	<i>Numero di assi standard sopportabile dalla pavimentazione</i>	14
4.1.2	<i>Numero di assi equivalenti previsti nell’arco della vita utile della pavimentazione</i>	16
4.1.3	<i>Verifica della pavimentazione</i>	18
4.2	DESCRIZIONE DEL METODO RAZIONALE.....	21
4.2.2	<i>Il calcolo F_{ADM}</i>	25
4.2.3	<i>Verifica della pavimentazione</i>	25
5	DISPOSITIVI DI RITENUTA	29
6	SEGNALETICA	31

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 4.1: VALORI DEL FLUSSO SIMULATO SULLE RAMPE DI PROGETTO - SCENARIO DI PROGETTO	16
FIGURA 1-1 PROGETTAZIONE DEFINITIVA 2002	3
FIGURA 2-1: SEZIONE TIPO IN ASSE PRINCIPALE IN RETTIFILO IN SEDE.....	4
FIGURA 2-2: SEZIONE TIPO COMPLANARE EST IN RETTIFILO	4
FIGURA 2-3: SEZIONE TIPO COMPLANARE OVEST IN RETTIFILO	5
FIGURA 2-4: SEZIONE TIPO COMPLANARE OVEST IN RETTIFILO	5
FIGURA 3-1 TIPOLOGIE DI RAMPE – FIG.14 D.M. 19/4/2006	6
FIGURA 3-2 CORSIA DI USCITA “PARALLELA” – FIG.5 D.M. 19/4/2006	7
FIGURA 3-3 CORSIA DI USCITA “AD AGO” – FIG.6 D.M. 19/4/2006	8
FIGURA 3-4 CORSIA DI ENTRATA “PARALLELA” – FIG.4 D.M. 19/4/2006	8
FIGURA 4-1 – GENERICO ELEMENTI ALL’INTERNO DELLA PAVIMENTAZIONE.....	22
FIGURA 4-2 – CONVENZIONI UTILIZZATE PER LA SCRITTURA DELLA EQUAZIONE (2).....	23

allegato: verifiche plano-altimetriche

2 SEZIONI TIPO

2.1 RAMPA 1

La sezione adottata per la Complanare Est è, in generale, la sezione di categoria F2 prevista dal D.M. 05/11/2001. Complessivamente la piattaforma pavimentata è di 8,50 m ed è composta da due corsie di 3,25 m e banchine da 1,00 m.

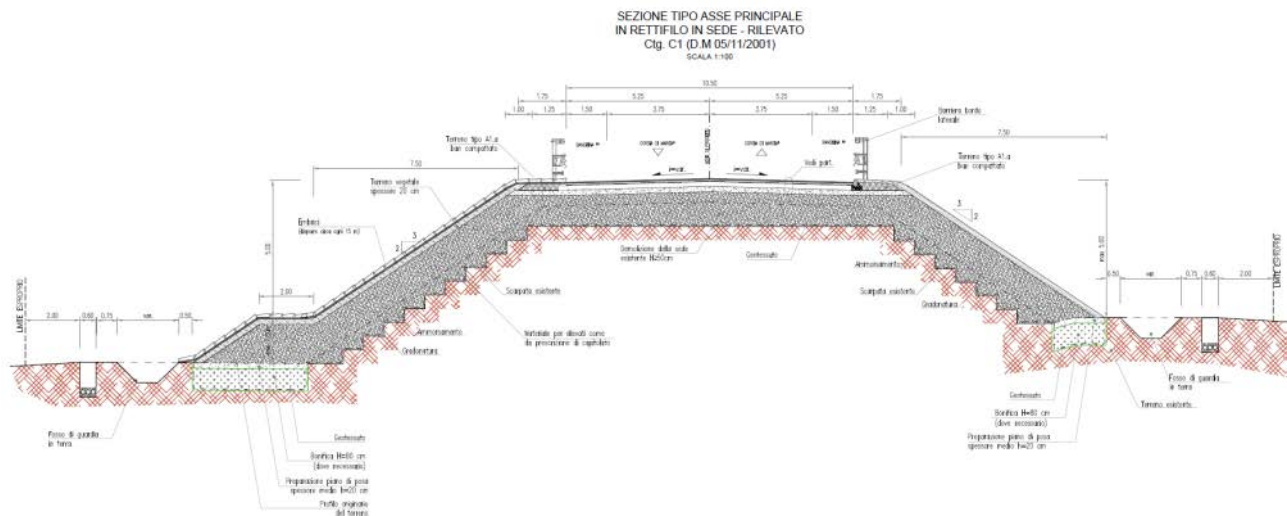


Figura 2-1: Sezione Tipo in Asse Principale in rettilo in sede

L'intervento ha termine sulla SS 673 al km 29+00, coincidente al Km 22+280 della progressiva di progetto.

2.2 RAMPA 2

La sezione adottata per la Complanare Est è, in generale, la sezione di categoria F2 prevista dal D.M. 05/11/2001. Complessivamente la piattaforma pavimentata è di 8,50 m ed è composta da due corsie di 3,25 m e banchine da 1,00 m.

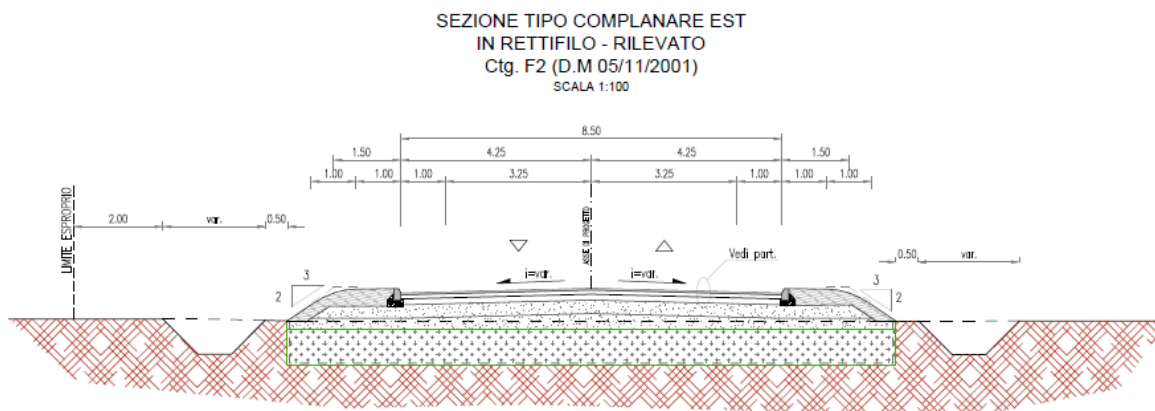


Figura 2-2: Sezione Tipo Complanare Est in rettilo

Nel tratto finale della complanare Est (asse 6), dalla connessione con la rotatoria est dello svincolo 4 (20+800) all'ingresso di Foggia è prevista una sezione di categoria C2. In tale tratto la piattaforma pavimentata è di 9,50 m ed è composta da due corsie di 3,50 m e banchine da 1,25 m.

2.3 DEVIAZIONE CONTROSTRADA S. MARCO DEI LUPINI

La sezione adottata è costituita da una la piattaforma pavimentata di complessivi 6,50 m, composta da due corsie di 3,25 m e banchine da 0,50 m.

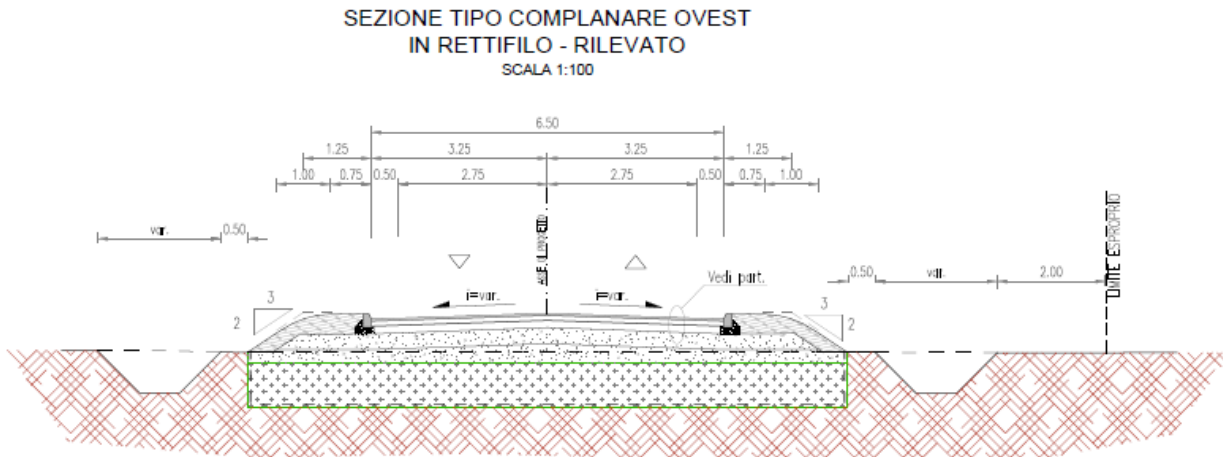


Figura 2-3: Sezione Tipo Complanare Ovest in rettilo

Lo sviluppo del tracciato ricalca, per quanto possibile, le viabilità interpoderali esistenti, riqualificandole e connettendole in un unico tracciato a servizio dell'utenza locale. La complanare OVEST, nel suo insieme, realizza una connessione locale tra i fondi ed un collegamento degli stessi alle viabilità principali.

2.4 RAMPA DI COLLEGAMENTO ALLA COMPLANARE S.S. 7

La sezione adottata è costituita da una la piattaforma pavimentata di complessivi 6,50 m, composta da due corsie di 3,25 m e banchine da 0,50 m.

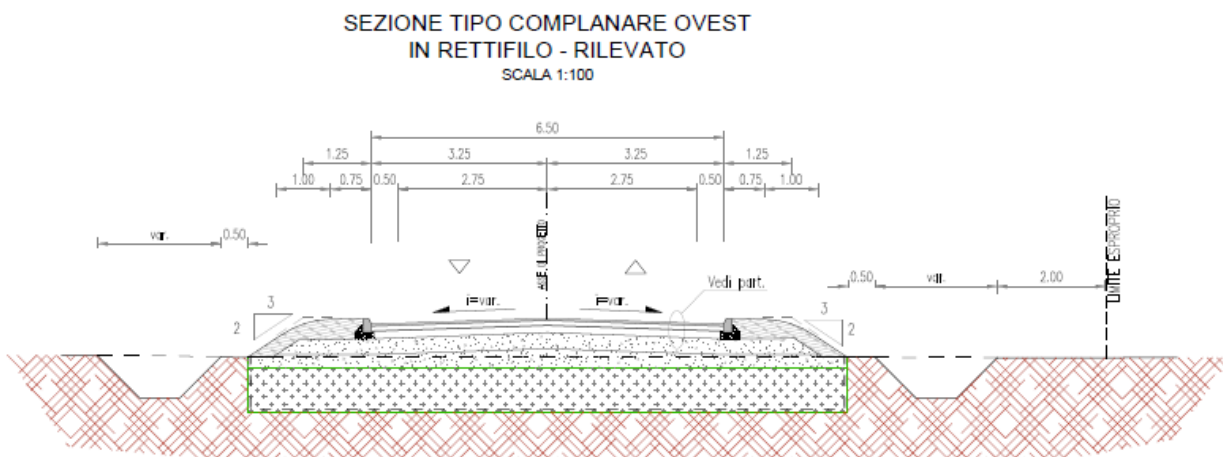


Figura 2-4: Sezione Tipo Complanare Ovest in rettilo

Lo sviluppo del tracciato ricalca, per quanto possibile, le viabilità interpoderali esistenti, riqualificandole e connettendole in un unico tracciato a servizio dell'utenza locale. La complanare OVEST, nel suo insieme, realizza una connessione locale tra i fondi ed un collegamento degli stessi alle viabilità principali.

3 INDICAZIONI DI CARATTERE GENERALE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE RAMPE DI SVINCOLO E DELLE CORSIE SPECIALIZZATE

3.1 DIMENSIONAMENTO RAMPE DI SVINCOLO

L'intervento prevede la realizzazione di due rampe collegamento sulla SS7 Appia con la A14 alla progr. Km 741+332. Per il dimensionamento degli elementi plano-altimetrici costituenti il tracciato delle rampe di svincolo sono stati presi in considerazione i riferimenti normativi contenuti nel D.M. 19/4/2006, che risultano essere prescrittivi nel caso di nuove intersezioni. In base alla tabella 1 del D.M. 19/4/2006, trovandoci in presenza di viabilità extraurbane a carreggiate separate, le corsie specializzate, di uscita e di immissione, risultano essere obbligatorie.

Per quanto riguarda la tipologia di rampe, la rampa 1, che collega l'Autostrada A14 con la Statale SS7, è del tipo "diretta", mentre la rampa 2, che collega la SS7 con l'A14 è del tipo "indiretta". Tali rampe dovranno essere progettate secondo i criteri imposti dal D.M. 2006 e come tale è necessario inquadrare la tipologia dell'intersezione sulla base della classificazione, prevista dal D.M. 2001, delle strade che convergono. Essendo la A14 una strada di categoria A (extraurbana) secondo il D.M. 2001 e la SS7 Appia una strada di classe III° ai sensi delle norme CNR 80 (velocità di progetto 80-100 km/h), classificata da Anas come Extraurbana secondaria, ai sensi del DM2001, l'intersezione tra l'A14 e la SS7 Appia è da inquadrare nella tipologia "2" del DM2006. Restano così definite le velocità di progetto da adottare per le rampe (tab.7 del DM2006):

- Rampa 1 (diretta) = 40-60 km/h
- Rampa 2 (indiretta) = 30-60 km/h

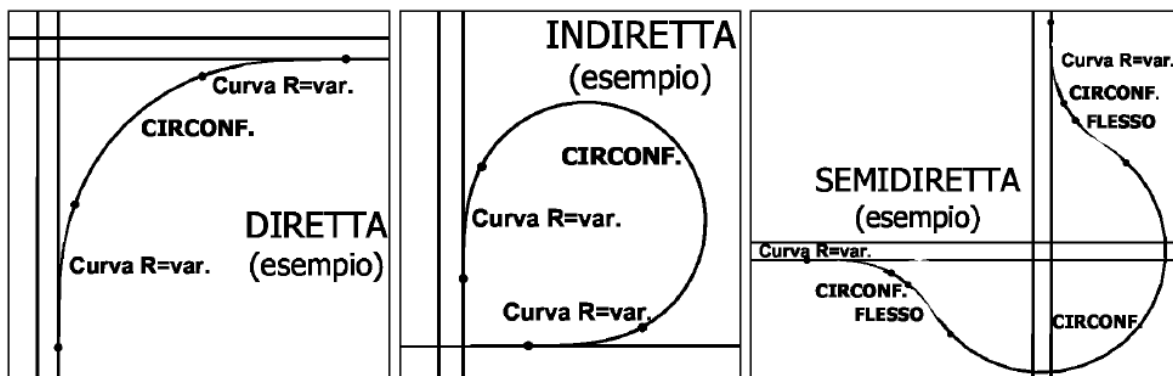


Figura 3-1 Tipologie di rampe – fig.14 D.M. 19/4/2006

L'andamento planimetrico delle rampe è stato geometrizzato in base agli intervalli di progetto su riportati, utilizzando una successione di rettili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate, in modo da garantire i criteri richiesti dal DM2001. A tal proposito, non è stato considerato strettamente vincolante rispettare lo sviluppo minimo/massimo dei rettili e lo sviluppo minimo del raggio della curva circolare in relazione allo sviluppo del rettilo precedente e successivo, se corrispondenti ai tratti in parallelo all'asse principale e quindi corrispondenti alle corsie specializzate, appendici delle rampe vere e proprie.

La larghezza degli elementi modulari degli svincoli è stata scelta tenendo conto delle dimensioni minime riportate nella tabella 9 della Normativa, in particolare:

- Larghezza corsia rampe monodirezionali = 4.00 m
- Larghezza banchina in sinistra = 1.00 m
- Larghezza banchina in destra rampa monodirezionale = 1.50m (maggiorata di 50 cm)

La larghezza della banchina in destra per entrambe le rampe è stata portata da 1.00 m (valore minimo da Normativa) a 1.50 m, per garantire l'eventuale fermata e accostamento di un veicolo in panne senza compromettere il passaggio dei veicoli. Come descritto più avanti, la larghezza delle banchine in destra subirà degli incrementi in corrispondenza delle curve circolari, per compensare il deficit di visibilità dovuto alla presenza della barriera di sicurezza, posizionata sul lato interno della curva.

L'asse di tracciamento delle rampe è stato impostato sul margine sinistro della carreggiata, in modo da garantire la correttezza del tracciato stradale nelle zone di collegamento con le corsie di entrata e di uscita, parallele all'asse di tracciamento delle viabilità principali.

Le verifiche di tracciato delle rampe, nonché la verifica degli elementi altimetrici sono riportate nell'allegato A e B alla presente relazione.

3.2 DIMENSIONAMENTO CORSIE SPECIALIZZATE

Per il dimensionamento degli elementi modulari longitudinali componenti le corsie specializzate si è fatto riferimento a quanto riportato nel paragrafo 4.1 e 4.2 del D.M. 19/4/2006.

Le **corsie di uscita**, parallele o dei tipo "ad ago", saranno composte da un tratto di manovra $L_{m,u}$, da dimensionare in base alla Tabella 4 della Normativa. Nel caso delle corsie parallele (soluzione adottata sull'A14), il tratto di decelerazione $L_{d,u}$ verrà calcolato con il metodo cinematico riportato nel paragrafo 4.2 della Normativa, e comprenderà metà del tratto di manovra. Nel caso delle corsie di uscita "ad ago" (soluzione scelta sulla SS7), il tratto di decelerazione verrà contenuto all'interno del tratto di diversione compreso tra il tratto di manovra e la prima curva planimetrica della rampa, comprendente la clotoide.

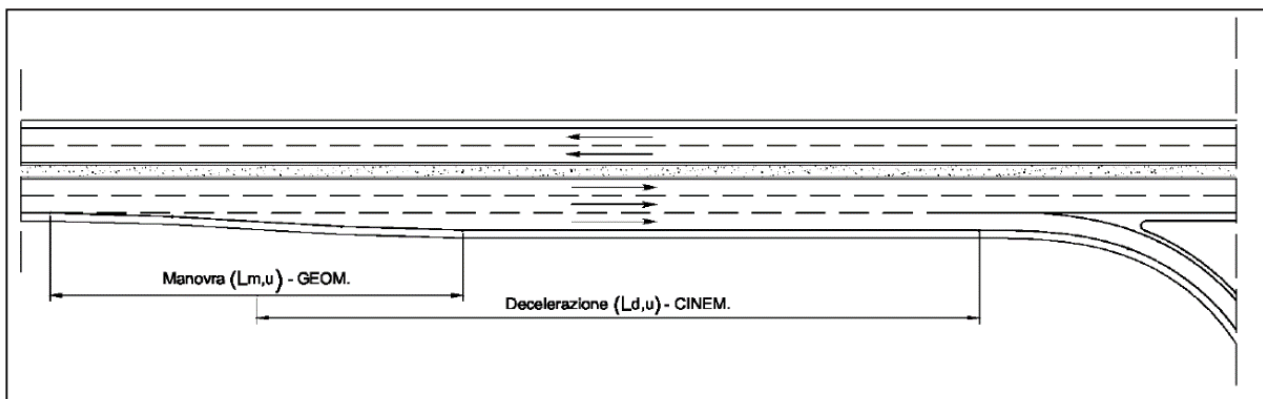


Figura 3-2 Corsia di uscita "parallela" – fig.5 D.M. 19/4/2006

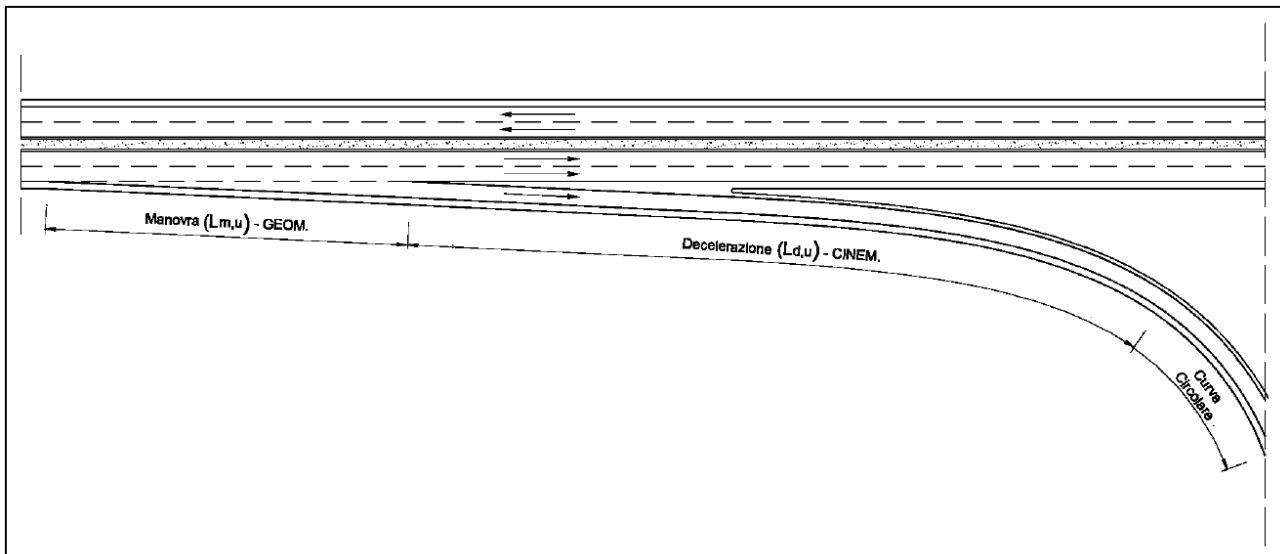


Figura 3-3 Corsia di uscita "ad ago" – fig.6 D.M. 19/4/2006

Le **corsie di entrata**, previste esclusivamente in parallelo alla viabilità principale, saranno composte da un tratto di accelerazione $L_{a,e}$, uno di immissione $L_{i,e}$ e da un terminale tratto di raccordo $L_{v,e}$. Il tratto di accelerazione comprenderà per intero anche la clotoide della rampa, che va a collegare l'ultima curva di quest'ultima con la corsia di entrata parallela all'asse principale.

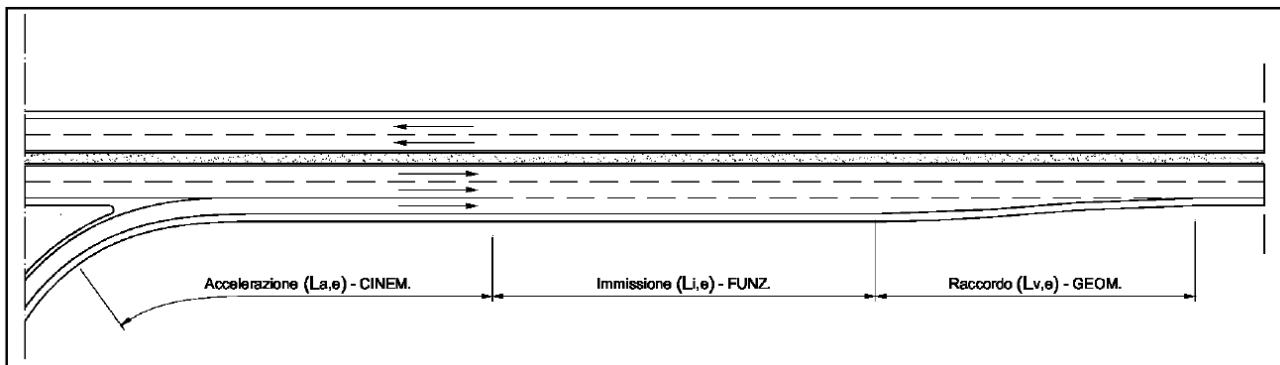


Figura 3-4 Corsia di entrata "parallela" – fig.4 D.M. 19/4/2006

Per quanto riguarda il dimensionamento degli elementi trasversali modulari della piattaforma stradale si è fatto riferimento alla tabella 9 del par. 4.7.3 del D.M. 19/4/2006, assimilando in questo caso la SS7 ad una viabilità di categoria B:

- Larghezza corsia specializzata = 3.75 m
- Larghezza banchina in destra = 1.75 m

3.3 ELEMENTI DI MARGINE

- CORDONATA STRADALE: costituita da elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato, allettati su massetto di calcestruzzo, sezione di cm 15 x 25
- ARGINELLO: è stata adottata una larghezza pari a 1.75m, per garantire un corretto funzionamento delle barriere di sicurezza, superiore al minimo richiesto, pari a 1.30m
- TERRENO VEGETALE SULLE SCARPATE: spessore 20 cm
- PENDENZA TRASVERSALE DELLE SCARPATE: 7/4, così come da indicazione di Società Autostrade.

3.4 RAMPA 1

La rampa 1 è una rampa di tipo “diretta”; parte dalla corsia di uscita di progetto (del tipo “parallela”), collocata sulla A14, in direzione Taranto, e si sviluppa per circa 335 m mediante una curva destrorsa di raggio 125 m, per poi innestarsi parallelamente alla SS7, dove prosegue come corsia di entrata.

Altimetricamente la rampa segue l’andamento dell’asse principale (A14 prima e SS7 dopo) fino ai punti di cuspide, mentre nel tratto intermedio tra le due cuspidi è caratterizzata da una livelletta in discesa pari al 6% di pendenza longitudinale. I Raccordi verticali convessi sono superiori o uguali a 2000 m, mentre quelli concavi non scendono sotto i 1250 m, ottemperando in tal modo ai valori limite previsti dal DM2006 (tabella 8), per la velocità di progetto di 60 km/h.

Gli elementi plano-altimetrici della rampa rispettano i criteri normativi, come dimostrano le verifiche riportate nell’allegato, in coda alla presente relazione. Nei rispettivi elaborati grafici, riportanti le analisi di visibilità, sono indicati gli allargamenti della banchina necessari a garantire la visibilità per l’arresto.

3.4.1 Dimensionamento Corsia di uscita Rampa 1

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia di uscita “parallela”, da realizzare sulla A14, si è tenuto conto della velocità di progetto ivi prevista, pari a 140 km/h, pertanto si ha:

- Calcolo tratto di manovra:
 $L_{m,u} = 90 \text{ m}$
- Calcolo tratto di decelerazione:
 $L_{d,u} = (v_1^2 - v_2^2) / 2a = [(140/3.6)^2 - (60/3.6)^2] / (2 \times 3) = 205.76 \text{ m}$
(pavimentazione di tipo autostradale, quindi $a = 3 \text{ m/s}^2$)
- Calcolo corsia di uscita:
 $L_u = L_{m,u} + (L_{d,u} - L_{m,u} / 2) = 90 + (205.76 - 45) = 250.76 \text{ m}$
- Verifica corsia di uscita:
 $L_{corsia} = 251 \text{ m} > L_{d,u}$ (verificato)

3.4.2 Dimensionamento Corsia di entrata Rampa 1

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia di entrata, da realizzare sulla SS7, come velocità di progetto viene assunto un valore pari a 100 km/h, o equivalentemente la velocità imposta dall'Ente Gestore, pari a 90 km/h, maggiorata di 10 km/h; pertanto si ha:

- Calcolo tratto di raccordo:
 $L_{v,e} = 75 \text{ m}$

- Calcolo tratto di accelerazione totale:

$$L_{a,e} = (v_2^2 - v_1^2) / 2a = [(100/3.6)^2 - (60/3.6)^2] / (2 \times 1) = 108.02 \text{ m}$$

- Calcolo tratto di accelerazione in parallelo (corsia):

$$L_{a,e, //} = L_{a,e} - S_v \text{ Clotoide} = 108.02 - 96.80 = 11.22 \text{ m}$$

- Calcolo tratto di immissione:

$$L_{i,e} = 0 \text{ m (*)}$$

(* vedasi paragrafo 3.4.3)

- Calcolo sviluppo minimo corsia di entrata:

$$L_{e, \min} = L_{v,e} + L_{a,e, //} + L_{i,e} = 75 + 11.2 + 0 = 86.2 \text{ m}$$

- Verifica corsia di entrata:

$$\text{Sviluppo corsia di entrata di progetto} = L_{v,e} + 75 \text{ m (*)} = 150 \text{ m} > L_{e, \min}$$

(* vedasi paragrafo 3.4.3)

3.4.3 Valutazione tratto di immissione su SS7

Dallo studio del traffico riportato, con l'obiettivo di stimare il traffico veicolare interessante lo svincolo in progettazione, sono stati estrapolati i dati relativi alla carreggiata ovest della SS7, sulla quale va ad innestarsi la rampa 1. I risultati delle analisi nello scenario di progetto, al 2038, mostrano un TGM globale (veicoli leggeri + pesanti) pari a 7433.16 v_{eq}/g . Noto il TGM, è possibile stimare il flusso dell'ora di punta, che è possibile considerare pari al 10%, nel caso di viab extraurbane soggette a pendolarismo (come suggerito nella Circolare ANAS 53688-2009):

$$\text{Flusso dell'ora di punta} = 10\% \text{ TGM} = 0.10 \times 7433.16 = 744 \text{ } v_{eq}/h$$

Da tale valore occorre stimare il flusso della corrente principale dove si immette la corsia di entrata, ovvero il flusso sulla corsia di marcia, che in caso di carreggiate a 2 corsie può essere assunto pari al 70% del flusso complessivo, pertanto:

$$\text{Flusso dell'ora di punta, corsia di marcia} = 0.70 \times 744 = 521 \text{ } v_{eq}/h$$

Per il calcolo del tratto di immissione sono stati presi a riferimento vari metodi di calcolo:

1. Linee guida della Regione Lombardia
2. Letteratura tecnica: “Progetto di intersezioni stradali” di Giovanni da Rios – Utet 2002
3. Abaco ANAS riportato nella Circolare ANAS 53688-2009

Nel caso dei primi due metodi di calcolo, il valore del flusso di progetto (521 v_{eq}/h) risulta essere inferiore al valore minimo al di sotto del quale lo sviluppo del tratto di immissione può essere considerato nullo, ovvero 800 v_{eq}/h nel caso delle linee guida della Regione Lombardia e 700 v_{eq}/h nel caso della formula di Giovanni da Rios. Anche in riferimento all’abaco ANAS, tale valore non trova riscontro, risultando inferiore al valore minimo utilizzato nelle tabelle, pari a 750 v_{eq}/h , per il quale è previsto un tratto di immissione di 11 m. Nonostante i vari metodi di calcolo adottati permettano di applicare un valore nullo al tratto di immissione e al di là delle dimensioni minime del tratto parallelo, come conseguenza del dimensionamento cinematico ($L_{a,e, //}$), è sempre buona norma prevedere un tratto parallelo minimo per garantire l’agio di manovra; sulle viabilità extraurbane è possibile considerare indicativamente un valore minimo pari a 75m.

Pertanto, il tratto parallelo della corsia di entrata avrà uno sviluppo di 75 m, al netto del tratto di raccordo.

3.5 RAMPA 2

La rampa 2 è una rampa di tipo “indiretta”; parte dalla corsia di uscita “ad ago” collocata sulla SS7, in direzione nord, e si sviluppa per circa 550 m mediante una curva destrorsa di raggio 111 m, per poi innestarsi parallelamente all’A14, dove prosegue come corsia di entrata per circa 415 m.

Altimetricamente la rampa segue l’andamento dell’asse principale (SS7 prima e A14 dopo) fino ai punti di cuspide, mentre nel tratto intermedio tra le due cuspidi è caratterizzata da livellette che non superano il 3% di pendenza longitudinale. I Raccordi verticali convessi sono superiori o uguali a 3000 m, mentre quelli concavi non scendono sotto i 1500 m, ottemperando in tal modo ai valori limite previsti dal DM2006 (tabella 8).

Gli elementi plano-altimetrici della rampa rispettano i criteri normativi, come dimostrano le verifiche riportate nell’allegato, in coda alla presente relazione. Nei rispettivi elaborati grafici, riportanti le analisi di visibilità, sono indicati gli allargamenti della banchina necessari a garantire la visibilità per l’arresto.

3.5.1 Dimensionamento Corsia di uscita Rampa 2

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia di uscita “ad ago”, da realizzare sulla SS7, si è tenuto conto della velocità di progetto ivi prevista, pari a 100 km/h, o equivalentemente la velocità imposta dall’Ente Gestore, pari a 90 km/h, maggiorata di 10 km/h; pertanto si ha:

- Calcolo tratto di manovra: $L_{m,u} = 75$ m
- Calcolo tratto di decelerazione:
$$L_{d,u} = (v_1^2 - v_2^2) / 2a = [(100/3.6)^2 - (59/3.6)^2] / (2 \times 3) = 83.83$$

(si ipotizza pavimentazione di tipo autostradale, quindi $a = 3$ m/s²)
- Verifica corsia di uscita:
 $L_{clot. + rettilineo\ iniziale} = 84.94$ m > $L_{d,u}$

3.5.2 Dimensionamento Corsia di uscita Rampa 2

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia di entrata, da realizzare sulla A14, come velocità di progetto viene assunto un valore pari a 140 km/h, pertanto:

- Calcolo tratto di raccordo:

$$L_{v,e} = 75 \text{ m}$$

- Calcolo tratto di accelerazione totale:

$$L_{a,e} = (v_2^2 - v_1^2) / 2a = [(140/3.6)^2 - (59/3.6)^2] / (2 \times 1) = 349.65 \text{ m}$$

- Calcolo tratto di accelerazione in parallelo (corsia):

$$L_{a,e, //} = L_{a,e} - S_v \text{ Clotoide} = 349.65 - 50.67 = 298.98 \text{ m}$$

- Calcolo tratto di immissione:

$$L_{i,e} = 0 \text{ m (*)}$$

(* vedasi paragrafo 3.5.3)

- Calcolo sviluppo minimo corsia di entrata:

$$L_{e, \min} = L_{v,e} + L_{a,e, //} + L_{i,e} = 299 + 0 + 75 = 374 \text{ m}$$

- Verifica corsia di entrata:

$$\text{Sviluppo corsia di entrata di progetto} = L_{v,e} + 300 \text{ m} = 375 \text{ m} > L_{e, \min}$$

3.5.3 Valutazione tratto di immissione su A14

Dallo studio del traffico, con l'obiettivo di stimare il traffico veicolare interessante lo svincolo in progettazione, sono stati estrapolati i dati relativi alla carreggiata nord dell'A14, sulla quale va ad innestarsi la rampa 2. I risultati delle analisi nello scenario di progetto, al 2038, mostrano un TGM globale (veicoli leggeri + pesanti) pari a 9900.67 v_{eq}/g . Noto il TGM, è possibile stimare il flusso dell'ora di punta, che è possibile considerare pari al 10%, nel caso di viab extraurbane soggette a pendolarismo (come suggerito nella Circolare ANAS 53688-2009):

$$\text{Flusso dell'ora di punta} = 10\% \text{ TGM} = 0.10 \times 9900.67 = 990 \text{ } v_{eq}/h$$

Da tale valore occorre stimare il flusso della corrente principale dove si immette la corsia di entrata, ovvero il flusso sulla corsia di marcia, in via cautelativa si assume pari al 70% del flusso complessivo della carreggiata, pertanto:

$$\text{Flusso dell'ora di punta, corsia di marcia} = 0.70 \times 990 = 693 \text{ } v_{eq}/h$$

Per il calcolo del tratto di immissione sono stati presi a riferimento vari metodi di calcolo:

- Linee guida della Regione Lombardia
- Letteratura tecnica: "Progetto di intersezioni stradali" di Giovanni da Rios – Utet 2002
- Abaco ANAS riportato nella Circolare ANAS 53688-2009

Nel caso dei primi due metodi di calcolo, il valore del flusso di progetto (693 v_{eq}/h) risulta essere inferiore al valore minimo al di sotto del quale lo sviluppo del tratto di immissione può essere considerato nullo, ovvero 800 v_{eq}/h nel caso delle linee guida della Regione Lombardia e 700 v_{eq}/h nel caso della formula proposta da Giovanni da Rios. Anche in riferimento all'abaco ANAS, tale valore non trova riscontro, risultando inferiore al valore minimo utilizzato nelle tabelle, pari a 750 v_{eq}/h , al quale corrisponderebbe comunque un tratto di immissione ridotto, pari a 16m.

Tenendo conto che il tratto parallelo, in base ai soli calcoli cinematici, risulterebbe pari a 300 m, un valore doppio rispetto al minimo di 150 m generalmente consigliato sulle strade di tipo A e B per garantire l'agio di manovra, non si reputa necessario prolungare ulteriormente la corsia di entrata.

4 DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Per l'asse principale di progetto e per le rampe di svincolo è stata adottata una configurazione della pavimentazione stradale composta dai seguenti strati:

Strato	Materiale	Spessore [cm]
usura	conglomerato bituminoso	4
collegamento (binder)	conglomerato bituminoso	5
base	conglomerato bituminoso	15
fondazione	misto granulare	30

Per la verifica della pavimentazione è stato utilizzato il metodo dell'"[AASHTO Guide for Design of Pavement Structures](#)".

4.1 DESCRIZIONE DEL METODO "[AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES](#)"

Il metodo "[AASHTO Guide for Design of Pavement Structures](#)" è un metodo empirico-statistico, basato cioè su osservazioni sperimentali dei parametri in gioco, i quali sono opportunamente correlati da funzioni di regressione in modo che i legami funzionali siano fisicamente corretti.

Il metodo consente di determinare il numero di assi standard (l'asse standard è l'asse singolo con ruote gemelle da 18 Kpounds = 8,2 t = 80 kN) che la pavimentazione può sopportare raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSI_f). Tale valore è funzione di vari parametri, quali caratteristiche meccaniche dei materiali, spessori degli strati, portanza del sottofondo, grado di ammaloramento finale che, per questioni di comfort e sicurezza, la pavimentazione può raggiungere, coefficiente di sicurezza (fissato attraverso l'affidabilità, ovvero la probabilità che la pavimentazione resista al traffico che transita durante la sua vita utile).

Il numero di assi standard deve essere confrontato con il traffico dei veicoli commerciali (massa complessiva ≥ 3 t) che si stima passerà durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica (si dimensiona la corsia più carica, non essendo il traffico pesante equiparato tra le corsie).

Poiché il traffico commerciale che transita su strada è costituito da veicoli che si differenziano per numero di assi, carico per asse e tipologia di asse (singolo, tandem e tridem) è necessario determinare il numero di assi standard equivalenti, ovvero il numero di assi standard che determinano lo stesso danno alla pavimentazione provocato dagli assi dei veicoli reali.

Per determinare il numero di assi standard che transiteranno, è necessario stabilire preliminarmente i coefficienti di equivalenza tra ciascun asse reale e quello standard.

Tali coefficienti sono funzione di alcuni parametri, quali caratteristiche meccaniche dei materiali, spessori degli strati, grado di ammaloramento finale (per quanto riguarda la pavimentazione, carico per asse e tipologia di asse) (per quanto riguarda gli assi stessi). Noti i coefficienti di equivalenza di ciascun asse dei veicoli che compongono il traffico reale, bisogna determinare il coefficiente di equivalenza medio, che è funzione della composizione del traffico sulla strada in esame (ovvero dello spettro di traffico, cioè della frequenza relativa dei vari tipi di veicoli).

Infine, per determinare il numero di assi equivalenti che transiteranno sulla corsia più carica occorre moltiplicare il coefficiente di equivalenza medio per il numero di veicoli commerciali che si stima transiteranno durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica.

Per ottenere il numero di veicoli commerciali che transiteranno sulla corsia più carica della pavimentazione durante la vita utile, bisogna conoscere il TGM (Traffico Giornaliero Medio), la percentuale di veicoli commerciali, la suddivisione del traffico pesante tra le corsie ed il tasso di incremento annuo del traffico.

La verifica consiste nel controllare che il numero di assi standard che la pavimentazione può sopportare sia maggiore del numero di assi equivalenti che transitano durante la vita utile della pavimentazione.

4.1.1 Numero di assi standard sopportabile dalla pavimentazione

La relazione per il calcolo del traffico sopportabile in termini di assi standard equivalenti da 8,2 t delle pavimentazioni flessibili è la seguente, in cui W_{18} è il numero di assi singoli equivalenti da 18 Kpounds (8,2 t o 80 KN) sopportabile dalla pavimentazione.

$$\text{Log}W_{18} = Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot (\log(SN + 1)) - 0.20 + \frac{\log(\text{PSI}_{in} - \text{PSI}_{fin})}{0.40 + \frac{4.2 - 1.5}{1094}} + 2.32 \cdot \log M_r - 8.07$$

Nel seguito è riportato il significato dei vari parametri della formula ed i relativi valori.

Z_r (valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità R)

Z_r è il valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità R (che è la probabilità che il numero di ripetizioni di carico N_{Tmax} tali che $PSI=PSIf$ sia maggiore o uguale al numero di ripetizioni di carico N_T realmente applicati alla sovrastruttura).

Per le Strade Extraurbane Principali è consigliato un valore di affidabilità pari a **R=90%** in corrispondenza del quale la variabile standardizzata assume il valore **Z_r = -1,282**.

S₀ (deviazione standard)

S0 è la deviazione standard che tiene conto dell’errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione.

Per le pavimentazioni flessibili assume un valore compreso **tra 0,40 e 0,50** quando si tiene conto dell’errore che si commette sia sul traffico sia sulla prestazione prevista per una data pavimentazione.

PSI (Present Serviceability Index)

Il parametro PSI (Present Serviceability Index), definisce lo stato limite, ovvero il grado di efficienza della pavimentazione, ed esprime la misura della idoneità di questa ad assicurare la sicurezza della circolazione e le condizioni di confort per gli utenti. Il PSI assume valori numerici compresi tra 0 (strada in pessime condizioni) e 5 (strada in ottime condizioni).

Il grado di efficienza ritenuto generalmente accettabile per le strade Extraurbane Principali, prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione, è relativo ad un valore **PSI_f= 2,5**.

Per il grado di efficienza iniziale viene assunto un valore **PSI_i= 4,2** poiché si tiene conto delle inevitabili imperfezioni costruttive.

Mr (modulo resiliente del sottofondo)

Il modulo resiliente del sottofondo Mr [psi] tiene conto della portanza del sottofondo.

Il modulo resiliente è un modulo dinamico che considera il comportamento viscoelastico del materiale costituente il sottofondo. In mancanza di misure dirette, per la determinazione del modulo resiliente può essere utilizzata la seguente correlazione con l’indice CBR:

$$Mr = 10 \text{ CBR} \text{ [Mpa]}$$

In merito alle caratteristiche di portanza del sottofondo, in considerazione della natura dei terreni presenti in sito (sabbia ghiaiosa), si ritiene sufficientemente cautelativo assumere un valore del **CBR compreso tra 10% e 12%**.

Si precisa che il modulo dinamico minimo del sottofondo previsto da capitolato ANAS è pari a 50 Mpa a cui corrisponde un Md di 100 Mpa. Il modulo applicato è cautelativo rispetto al minimo previsto.

Il valore del modulo resiliente del sottofondo Mr è riportato nella tabella seguente.

Terreno di sottofondo	Mr [Mpa]
sabbia ghiaiosa	90

SN (structural number)

Lo structural number (indice strutturale) SN [poll] tiene conto della “resistenza strutturale” della pavimentazione ed è funzione degli spessori degli strati si, della “resistenza” dei materiali impiegati rappresentata, attraverso i “coefficienti strutturali di strato” a_i, e della loro sensibilità all’acqua rappresentata attraverso i “coefficienti di drenaggio” m_i. L’espressione analitica dello structural number è:

$$SN = s_1 \cdot a_1 \cdot m_1 + s_2 \cdot a_2 \cdot m_2 + \dots + s_n \cdot a_n \cdot m_n$$

Nell'espressione, s_1, s_2, \dots, s_n sono gli spessori degli strati della pavimentazione, a_1, a_2, \dots, a_n sono i coefficienti strutturali degli strati, m_1, m_2, \dots, m_n sono i coefficienti di drenaggio.

Per i coefficienti strutturali ed i coefficienti di drenaggio, i cui valori di riferimento sono desumibili dai nomogrammi dell'AASHTO, sono stati adottati i seguenti valori:

- $a_{usura} = 0,40$
- $a_{binder} = 0,35$
- $a_{base} = 0,28$
- $a_{misto\ granulare} = 0,12$
- $m_{strati\ legati\ a\ bitume} = 1$
- $m_{misto\ granulare} = 0,95$

4.1.2 Numero di assi equivalenti previsti nell'arco della vita utile della pavimentazione

Traffico commerciale previsto

Il numero di veicoli commerciali transitanti durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più carica è pari a:

$$T_n = (TGM) \cdot (\%Dir) \cdot (\%Pes) \cdot (365) \cdot (\%Cor\ pes) \cdot [((1+r)^n - 1) / r]$$

Dove:

- TGM = traffico giornaliero medio complessivo bidirezionale [veicoli/giorno];
- %Dir = ripartizione direzionale [%];
- (%Pes) = percentuale di veicoli commerciali [% TGM];
- (%Cor pes) = percentuale di veicoli commerciali sulla corsia di calcolo [% (%Pes)];
- n = vita utile [anni];
- r = tasso di incremento annuo del traffico [%];
- 365 = numero di giorni annui di transito veicoli commerciali.

Nella Tabella seguente vengono riportati i valori dei flussi sulle 2 rampe nello scenario di progetto del 2038.

	Rampa 1	Rampa 2
TGM Veicoli leggeri (veicoli/giorno)	3.814	3.258
TGM Mezzi Pesanti (veicoli/giorno)	912	625
TGM Totale (veicoli/giorno)	4.726	3.883
Flusso ora di punta (veicoli/ora)	520	427

Tabella 4.1: Valori del flusso simulato sulle rampe di progetto - Scenario di Progetto

è possibile stimare i seguenti valori medi:

- TGM = 4336 veicoli/giorno (Traffico giornaliero medio 2028);

- %Dir = 100% (Ripartizione direzionale del TGM);
- %Pes = 19.3% (Percentuale di veicoli commerciali).

In sintesi

Tn (Numero di assi di veicoli commerciali nell'arco della vita utile lungo la corsia più carica)

TGM [veicoli/giorno]	4336	Traffico giornaliero medio
%Dir	100%	Ripartizione direzionale
%Pes	19.3%	Percentuale di veicoli commerciali
%Cor pes	100%	Percentuale di veicoli commerciali sulla corsia di calcolo
r	0.9%	Tasso di incremento annuo del traffico
n [anni]	20	Vita utile
giorni / anno	365	Numero di giorni annui di transito veicoli commerciali

Traffico commerciale in assi standard

Nota il numero di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo (corsia di marcia lenta) al termine della vita utile, per il calcolo del numero di assi standard equivalenti (18 Kpounds = 8,2 t = 80 kN) agli assi reali (traffico commerciale previsto), sono state prese in considerazione le tipologie di veicoli che costituiscono il parco veicolare commerciale in Italia e gli spettri di traffico prevedibili sulle strade italiane (ovvero la frequenza relativa di ciascun tipo di veicolo) desunti dal Catalogo delle pavimentazioni stradali (B.U. CNR n. 178 del 15/09/1995) e riportati nelle tabelle seguenti.

Tipi di veicoli commerciali, numero di assi e distribuzione dei carichi per asse

Tipo Veicolo	N° Assi			Distribuzione dei carichi per asse o set di assi			
	S	T	Td				
1) AUTOCARRI LEGGERI	2			↓10	↓20		
2) AUTOCARRI LEGGERI	2			↓15	↓30		
3) AUTOCARRI MEDI E PESANTI	2			↓40	↓80		
4) AUTOCARRI MEDI E PESANTI	2			↓50	↓110		
5) AUTOCARRI PESANTI	1	2		↓40	↓↓80÷80		
6) AUTOCARRI PESANTI	1	2		↓60	↓↓100÷100		
7) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	4			↓40	↓90	↓80	↓80
8) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	4			↓60	↓100	↓100	↓100
9) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	1	2		↓40	↓↓80÷80	↓↓80÷80	
10) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	1	2		↓60	↓↓90÷90	↓↓100÷100	
11) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	2		1	↓40	↓100	↓↓80÷80÷80	
12) AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI	2		1	↓60	↓110	↓↓90÷90÷90	
13) MEZZI D'OPERA	2		1	↓50	↓120	↓↓130÷130÷130	
14) AUTOBUS	2			↓40	↓80		
15) AUTOBUS	2			↓60	↓100		
16) AUTOBUS	2			↓50	↓80		

S = asse standard
T = asse tandem
Td = asse tridem

Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada

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	0,1	--	--	12,2
2) Autostrada urbana	18,2	18,2	16,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,8	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	--

4.1.3 Verifica della pavimentazione

La verifica della pavimentazione è stata eseguita mediante software dedicato per la verifica di pavimentazioni stradali con metodo empirico. Il software RPD vers. 2018.0.90, prodotto da GeoStru _ licenza 2023.

Si allega di seguito l’esito della verifica.

4.1.3.1 Dati generali

Tipo strada [-]=Strada extraurbana principale e secondaria a forte traffico;

vu [anni]=20;

PSI,in [-]=4,20;

PSI,fin [-]=2,50;

Ra [%]=90;

Significato dei simboli:

Tipo strada [-]: Tipologia di strada oggetto di progetto

vu [anni]: Vita utile della strada

PSI,in [-]: Indice di servizio della strada all’inizio della vita della stessa (Intervallo 4-5)

PSI,fin [-]: Indice di servizio della strada alla fine della vita utile (vu) della stessa (Intervallo 2.5-4)

Ra [%]: Affidabilità R assegnata alla strada in progetto (Intervallo 50-99.99)

4.1.3.2 Traffico di progetto

Il riferimento è il documento di Analisi del Traffico sulla SS16 – “Adriatica” - redatto da ANAS - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori.

TGM [nr/gg]=4336 (anno 2028);

r [%]=0,9;

pc [%]=19,30;

psm [%]=100;

pcor [%]=100;

cdt [-]=0,90;

s0 [-]=0,45;

Significato dei simboli:

TGM [nr/gg]: Numero medio giornaliero di veicoli transitanti sulla strada

r [%]: Tasso di crescita annuale del traffico sulla strada

pc [%]: Percentuali di veicoli commerciali transitanti sulla strada

psm [%]: Percentuale di traffico afferente al senso di marcia considerato nel progetto

pcor [%]: Percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di progetto

cdt [-]: Coefficiente di dispersione delle traiettorie. Tiene conto del fatto che le traiettorie degli assi non sono sempre le stesse (variabile da 0 a 1)

s0 [-]: Deviazione standard che tiene conto dell'errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione. per le pavimentazioni flessibili, assume un valore compreso tra 0.40 e 0.50

4.1.3.3 Caratteristiche geomeccaniche del sottofondo

Parametro da assegnare [-]=Mr;

Mr [kg/cm²]=900;

Significato dei simboli:

Parametro da assegnare [-]: Caratteristica da assegnare per il sottofondo (CBR oppure Mr)

Mr [kg/cm²]: Modulo resiliente

4.1.3.4 Stratigrafia pacchetto stradale

Usura

s1 [cm]=4;

a1 [-]=0,40;

m1 [-]=1;

Significato dei simboli:

s1 [cm]: Spessore dello strato di usura

a1 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di usura (Intervallo 0.3-0.5)

m1 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di usura (Intervallo 0-1)

Collegamento

s2 [cm]=5;

a2 [-]=0,35;

m2 [-]=1;

Significato dei simboli:

s2 [cm]: Spessore dello strato di collegamento

a2 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di collegamento (Intervallo 0.3-0.5)

m2 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di collegamento (Intervallo 0-1)

Base

s3 [cm]=15;

a3 [-]=0,28;

m3 [-]=1;

Significato dei simboli:

s3 [cm]: Spessore dello strato di base

a3 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di base (Intervallo 0.3-0.5)

m3 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di base (Intervallo 0-1)

Fondazione

s4 [cm]=30;

a4 [-]=0,12;

m4 [-]=1;

Significato dei simboli:

s4 [cm]: Spessore dello strato di fondazione stradale

a4 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di fondazione (Intervallo 0.3-0.5)

m_4 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di fondazione (Intervallo 0-1)

4.1.3.5 Opzioni di calcolo

Metodo di calcolo [-]=Empirico(AASHTO);

Significato dei simboli:

Metodo di calcolo [-]: Metodologia utilizzata per valutare le condizioni di adeguatezza della pavimentazione stradale (Empirico-> AASHTO o Razionale)

4.1.3.6 Risultati

Combinazione di calcolo nr. 1 - Verificata:

TABELLA VERIFICHE DI ADEGUATEZZA:

#	N8.2,Calc	N8.2,Lim	Ceq [-]	Zr [-]	SN [inch]	DPSI	Mr [psi]	FS	CV
1	17292924,71	19340019,40	2,88	-1,28	4,39	1,70	14230,82	1,12	V

Significato dei simboli:

#:ID

N8.2,Calc: Numero di assi standard da 8.2 ton transitanti sulla strada

N8.2,Lim: Numero di assi standard da 8.2 ton limite

Ceq [-]: Coefficiente di equivalenza che converte gli assi non standard in assi standard da 82 kN

Zr [-]: Parametro di distribuzione statistica

SN [inch]: Structural number

DPSI: Differenza tra gli indici di prestazione allo stato finale ed iniziale

Mr [psi]: Modulo resiliente utilizzato nel calcolo

FS: Fattore di sicurezza (misura dell'adeguatezza della sovrastruttura stradale)

CV: Condizione di verifica (V sta per verificata)

4.2 DESCRIZIONE DEL METODO RAZIONALE

I metodi razionali si basano sull'impostazione del problema elastico nei terreni. Il criterio si basa sul limitare la massima deflessione che si verifica al termine della vita utile di una pavimentazione stradale. In generale la misura dell'adeguatezza di una pavimentazione stradale è espressa attraverso la seguente misura di sicurezza:

$$FS = f_{adm} / f_d$$

Dove f_{adm} è la deflessione ammissibile che la strada è in grado di sopportare nella vita utile della strada, mentre f_d è la deflessione calcolata sulla strada di progetto.

Il metodo di Westergaard è un metodo che serve per la soluzione dell'equazione di Lagrange per le lastre sottili. Da un punto di vista generale il metodo è quindi uno strumento per il calcolo della massima deflessione cui è soggetta una lastra sottile stratificata (alla quale viene approssimata la pavimentazione stradale). Il criterio di verifica (o progetto) è analogo a quello sul quale si basa il metodo della massima deflessione. In generale la misura dell'adeguatezza di una pavimentazione stradale è espressa attraverso la seguente misura di sicurezza:

$$FS = \frac{f_{adm}}{f_d} \quad (1)$$

4.2.1 Il calcolo della deflessione di progetto

Ai fini del calcolo della deflessione di progetto si consideri un generico piccolo elemento all'interno di un generico strato della sovrastruttura:

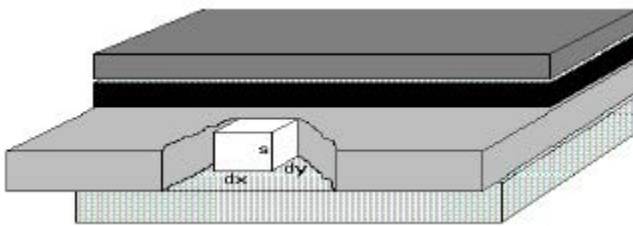


Figura 4-1 – Generico elementi all'interno della pavimentazione

Nell'ipotesi che gli strati si possano considerare omogenei, isotropi ed elastici e che lo strato sottostante reagisca verticalmente ed in modo proporzionale al cedimento, l'equazione di Lagrange fornisce l'equazione di equilibrio indefinito per un generico elemento infinitesimo dello strato sottile, che descrive la componente dello spostamento w ortogonale al piano medio dello strato:

$$D \cdot \nabla^4 w(x, y) = p(x, y) \quad (2)$$

Nella quale:

$$D = \frac{E \cdot s^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad (3)$$

Con:

- p : Carico esterno sull'elemento infinitesimo;
- D : Coefficiente di rigidezza flessionale;
- s : Spessore dello strato;

- E: Modulo di Young dello strato;
- n: Coefficiente di Poisson dello strato.

L'equazione (2) è scritta con riferimento alle convenzioni mostrate nella seguente figura:

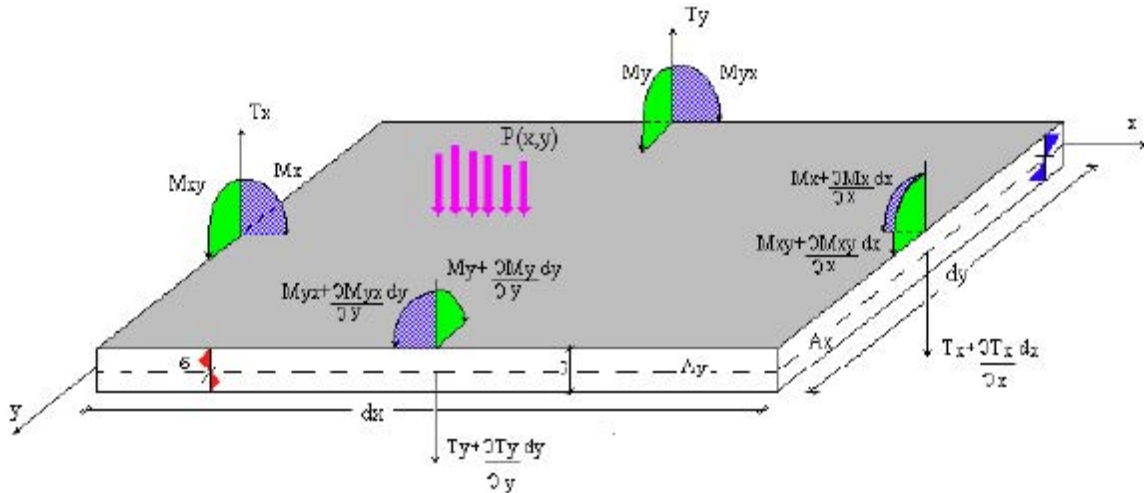


Figura 4-2 – Convenzioni utilizzate per la scrittura della equazione (2)

La (2) è stata scritta nel caso generale di una piastra soggetta ad un carico $p(x,y)$ e a delle azioni di bordo M , F .

Nel caso stradale Westergaard ha modificato la (2) esprimendo il carico $p(x,y)$ come somma di due contributi: uno dovuto ai carichi applicati sulla faccia superiore dello strato $g(x,y)$ che rappresentano i carichi veicolari, l'altro dovuto alla reazione del piano di posa applicato sulla faccia inferiore $q(x,y)$. Westergaard ha assunto questa componente proporzionale al cedimento nella seguente forma:

$$q(x, y) = -K \cdot w(x, y) \quad (4)$$

Dove K è un coefficiente di proporzionalità che assume il significato di modulo di reazione del piano di posa. Le esperienze di Westergaard hanno descritto in modo preciso le modalità sperimentali per la determinazione di tale parametro. Introducendo la (4) nella (2) è possibile scrivere quanto segue:

$$D \cdot \nabla^4 w(x, y) + K \cdot w(x, y) = g(x, y) \quad (5)$$

Per la soluzione di questa equazione Westergaard ha proposto di impiegare le serie doppie di Fourier. Si consideri quindi il comportamento della piastra sotto un carico di tipo sinusoidale del tipo:

$$g(x, y) = g_{m,n} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot \pi \cdot x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot y}{b}\right) \quad (6)$$

Alla luce della (6) è abbastanza semplice verificare che l'equazione (5) è soddisfatta da una funzione $w(x,y)$ della forma seguente:

$$w(x, y) = w_{m,n} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot \pi \cdot x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot y}{b}\right) \quad (7)$$

Nelle equazioni (6) e (7) a e b rappresentano rispettivamente le lunghezze del lato parallelo ad x e del lato parallelo ad y della lastra applicata. $w_{m,n}$ può essere calcolato sviluppando i necessari calcoli. A vantaggio di chiarezza si espone direttamente quello che è il risultato dei calcoli di cui sopra:

$$w(x, y) = \frac{g_{m,n}}{D \cdot \pi^4 \cdot \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2}\right)^2 + K} \cdot c(x, y) \quad (8)$$

Dove:

$$c(x, y) = \sin\left(\frac{m \cdot \pi \cdot x}{a}\right) \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi \cdot y}{b}\right) \quad (9)$$

A questo punto si introducono le serie doppie di Fourier, attraverso le quali è possibile formulare una decomposizione di una qualunque distribuzione di carico $g_a(x,y)$ attraverso uno sviluppo in serie del tipo:

$$g(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} g_{m,n} \cdot c(x, y) \quad (10)$$

Dove c è definito dalla (9). Affinchè la (10) sia valida $g_{m,n}$ deve essere calcolata mediante la seguente formula:

$$g_{m,n} = \frac{4}{ab} \int_0^a \int_0^b g_a(x, y) \cdot c(x, y) \quad (11)$$

Ciascun termine della (10) soddisfa la (5) e le condizioni al contorno e per la sovrapposibilità degli effetti sommando tutte le $w(x,y)$, si ottiene la funzione della superficie elastica deformata del piano medio soggetta al carico assegnato $g_a(x,y)$

$$w(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{g_{m,n}}{D \cdot \pi^4 \cdot \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2}\right)^2 + K} \cdot c(x, y) \quad (12)$$

Nota la $w(x,y)$ è possibile ricavare gli sforzi e le componenti di azione interna (oltre che le deformazioni). A questo punto sono noti esattamente i cedimenti della lastra da cui si può ricavare la reazione in ogni punto dello strato sottostante. Questa rappresenterà il carico $g_a(x,y)$ che verrà applicato allo strato inferiore per ripetere il calcolo nell'ipotesi che il piano di posa su cui poggia reagisca con un modulo di reazione K_1 (in

generale diverso da K). La procedura può essere ripetuta per tutti gli strati pervenendo così alla soluzione in ciascun punto di qualunque strato.

4.2.2 Il calcolo F_{ADM}

Il calcolo della deflessione ammissibile si determina invece mediante la seguente formula:

$$f_d = 0.17 - 0.026 \cdot \text{Log}(N) \quad (13)$$

Nella espressione (13) N è il numero di assi equivalenti a quello standard che transiteranno sulla strada nell'ultimo anno di vita utile in un giorno per la corsia di progetto.

4.2.3 Verifica della pavimentazione

4.2.3.1 Dati generali

Tipo strada [-]=Strada extraurbana principale e secondaria a forte traffico;

vu [anni]=20;

PSI,in [-]=4,20;

PSI,fin [-]=2,50;

Ra [%]=90;

Significato dei simboli:

Tipo strada [-]: Tipologia di strada oggetto di progetto

vu [anni]: Vita utile della strada

PSI,in [-]: Indice di servizio della strada all'inizio della vita della stessa (Intervallo 4-5)

PSI,fin [-]: Indice di servizio della strada alla fine della vita utile (vu) della stessa (Intervallo 2.5-4)

Ra [%]: Affidabilità R assegnata alla strada in progetto (Intervallo 50-99.99)

4.2.3.2 Traffico di progetto

Il riferimento è il documento di Analisi del Traffico sulla SS16 – “Adriatica” - redatto da ANAS - Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori.

TGM [nr/gg]=4336 (anno 2028);

r [%]=0.9;

pc [%]=19,30;

psm [%]=100;

pcor [%]=100;

cdt [-]=0,90;

$s_0 [-]=0,45$;

Significato dei simboli:

TGM [nr/gg]: Numero medio giornaliero di veicoli transitanti sulla strada

r [%]: Tasso di crescita annuale del traffico sulla strada

pc [%]: Percentuali di veicoli commerciali transitanti sulla strada

psm [%]: Percentuale di traffico afferente al senso di marcia considerato nel progetto

pcor [%]: Percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di progetto

cdt [-]: Coefficiente di dispersione delle traiettorie. Tiene conto del fatto che le traiettorie degli assi non sono sempre le stesse (variabile da 0 a 1)

s₀ [-]: Deviazione standard che tiene conto dell'errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione. per le pavimentazioni flessibili, assume un valore compreso tra 0.40 e 0.50

4.2.3.3 Caratteristiche geomeccaniche del sottofondo

Parametro da assegnare [-]=Mr;

Mr [kg/cm²]=900;

K [kg/cm³]=20;

Significato dei simboli:

Parametro da assegnare [-]: Caratteristica da assegnare per il sottofondo (CBR oppure Mr)

Mr [kg/cm²]: Modulo resiliente

K [kg/cm³]: Costante di sottofondo

4.2.3.4 Stratigrafia pacchetto stradale

Usura

s₁ [cm]=4;

a₁ [-]=0,40;

m₁ [-]=1;

E₁ [kg/cm²]=30591;

alfaK₁ [cm]=76;

Escludi da calcolo razionale [-]=No;

Significato dei simboli:

s1 [cm]: Spessore dello strato di usura

a1 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di usura (Intervallo 0.3-0.5)

m1 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di usura (Intervallo 0-1)

E1 [kg/cm²]: Modulo elastico dello strato di usura

alfaK1 [cm]: Coefficiente che consente di convertire il Modulo elastico E1 in modulo di reazione K1 per lo strato di usura

Escludi da calcolo razionale [-]: Selezionare Sì per escludere lo strato di usura dal calcolo razionale. Ciò in virtù del fatto che lo strato di usura potrebbe essere soggetto ad un consumo tale da comprometterne il contributo strutturale

Collegamento

s2 [cm]=5;

a2 [-]=0,35;

m2 [-]=1;

E2 [kg/cm²]=35690;

alfaK2 [cm]=76;

Significato dei simboli:

s2 [cm]: Spessore dello strato di collegamento

a2 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di collegamento (Intervallo 0.3-0.5)

m2 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di collegamento (Intervallo 0-1)

E2 [kg/cm²]: Modulo elastico dello strato di collegamento

alfaK2 [cm]: Coefficiente che consente di convertire il Modulo elastico E2 in modulo di reazione K2 per lo strato di collegamento

Base

s3 [cm]=18;

a3 [-]=0,28;

m3 [-]=1;

E3 [kg/cm²]=45887;

alfaK3 [cm]=76;

Significato dei simboli:

s3 [cm]: Spessore dello strato di base

a_3 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di base (Intervallo 0.3-0.5)

m_3 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di base (Intervallo 0-1)

E_3 [kg/cm²]: Modulo elastico dello strato di base

αK_3 [cm]: Coefficiente che consente di convertire il Modulo elastico E_3 in modulo di reazione K_3 per lo strato di collegamento

Fondazione

s_4 [cm]=30;

a_4 [-]=0,12;

m_4 [-]=1;

E_4 [kg/cm²]=500;

αK_4 [cm]=50;

Significato dei simboli:

s_4 [cm]: Spessore dello strato di fondazione stradale

a_4 [-]: Coefficiente strutturale dello strato di fondazione (Intervallo 0.3-0.5)

m_4 [-]: Coefficiente di drenaggio assegnato allo strato di fondazione (Intervallo 0-1)

E_4 [kg/cm²]: Modulo elastico dello strato di fondazione

αK_4 [cm]: Coefficiente che consente di convertire il Modulo elastico E_4 in modulo di reazione K_4 per lo strato di collegamento

4.2.3.5 Sollecitazioni meccaniche

D_p [cm]=80;

P_p [kg/cm²]=8;

Significato dei simboli:

D_p [cm]: Diametro dell'impronta di calcolo degli pneumatici (supposta circolare)

P_p [kg/cm²]: Pressione di gonfiaggio degli pneumatici

4.2.3.6 Opzioni di calcolo

Metodo di calcolo [-]=Razionale;

Metodo razionale [-]=Westergaard;

Significato dei simboli:

Metodo di calcolo [-]: Metodologia utilizzata per valutare le condizioni di adeguatezza della pavimentazione stradale (Razionale)

Metodo razionale [-]: Westergaard

4.2.3.7 Risultati

TABELLA VERIFICA DI DEFLESSIONE:

#	f,adm [m x 10 ⁶]	f,d [m x 10 ⁶]	FS	CV
1	8121,46	108,76	7,47	V

Significato dei simboli:

#:ID

f,adm [m x 10⁶]:Deflessione ammissibile

f,d [m x 10⁶]:Deflessione calcolata

FS:Fattore di sicurezza (misura dell'adeguatezza della sovrastruttura stradale)

CV:Condizione di verifica (V sta per verificata)

5 DISPOSITIVI DI RITENUTA

Il presente paragrafo illustra i criteri di installazione delle barriere di sicurezza stradali relative alle rampe di svincolo di nuova realizzazione tra l'autostrada A14 e la S.S. 7.

Per quanto concerne i criteri di scelta ed installazione delle barriere di sicurezza si farà riferimento alle seguenti fonti normative e/o riferimenti di letteratura tecnica di settore:

- Leggi e Decreti:
 - DM 18-02-92, n. 223: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza” [1];
 - DM 21/06/04: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale” [2];
 - DM 28-06-2011 “Disposizioni sull’uso e l’installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”, pubblicato sulla G.U. n. 233 del 06-10-2011 [3];
 - D.Lgs. 30-04-92, n. 285 e s.m.i.: “Nuovo Codice della Strada” [4];
 - D.P.R. 16-12-1992 n. 495 e s.m.i.: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada” [5];
 - DM 05-11-01, n. 6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” [6];
 - DM 19-04-06 “Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, pubblicato sulla G.U. n. 170 del 24-07-06 [7].
- Circolari Ministeriali:

- Circolare del Ministero dei Trasporti N. 62032 del 21-07-2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali" [8];
- Circolare del Ministero dei Trasporti N. 80173 del 05-10-2010 "Omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali. Aggiornamento norme comunitarie UNI EN 1317, parti 1, 2 e 3 in ambito nazionale" [9];
- Circolare del Ministero dei Trasporti N. 104862 del 15-11-2007 "Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004" [10].
- Norme Europee:
 - UNI EN 1317-1:2010 – Sistemi di ritenuta stradali – Terminologia e criteri generali per i metodi di prova [11];
 - UNI EN 1317-2:2010 – Sistemi di ritenuta stradali – Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari [12];
 - UNI EN 1317-3:2010 – Sistemi di ritenuta stradali – Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto [13];
 - EN 1317-4:2012 - Road restraint systems - Part 4: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for transitions and removable barrier sections – DRAFT [14];
 - UNI EN 1317-5:2008 – Barriere di sicurezza stradali – Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli [15].
- Letteratura tecnica:
 - Decreto dirigenziale relativo all'aggiornamento delle istruzioni tecniche inerenti l'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale. Numero di notifica: 2014/483/I, trasmesso alla Commissione Europea il 6/10/2014: pur non essendo stato ancora emanato nell'ordinamento giuridico nazionale, ma avendo ottenuto il parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, reso con voto n. 14/2013 nell'adunanza del febbraio 2014, si ritiene che tale documento possa essere utilmente preso quale "riferimento tecnico" per le parti non trattate e/o non in contrasto con il vigente DM 21/06/04. [16]

La definizione della classe minima di barriere nelle diverse situazioni è fissata dal D.M. 21.6.2004 in funzione della tipologia di strada e del livello di traffico.

Dai dati di traffico ricevuti da ASPI, risulta per tale infrastruttura un TGM superiore ai 1.000 veic/g con una percentuale di mezzi pesanti compresa tra il 5-15% per l'uscita nord, mentre di poco superiore al 15% per l'entrata nord.

In riferimento a quanto suddetto ed alla categoria di strada ne consegue un tipo di traffico II per l'uscita nord e III per l'entrata nord, per cui ai sensi dell'art.6 del citato DM le caratteristiche prestazionali minime da adottare sono riportate in tabella A:

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾
Strade extraurbane	I	H1	N2	H2

Tabella 1. Tabella A - Barriere longitudinali

Per quanto riguarda le barriere di sicurezza da installare sull'asse principale e sulle rampe di svincolo sono state previste le seguenti classi minime:

- ✓ *Bordo Laterale*: barriera bordo laterale tripla onda H2 W6 mod. BROH2-21 Autostrade;
- ✓ *Bordo Laterale*: barriera bordo laterale tripla onda H3 W6 mod. BROH3BL6 Autostrade;

Nei punti di inizio e fine barriera è stato previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali, opportunamente scelti tra terminali di inizio impianto in entrata con la lama inclinata verso l'esterno ed infissa nel terreno e terminali semplici.

Nei punti di passaggio tra diverse tipologie e classi di contenimento è garantita la continuità delle prestazioni di sicurezza (in termini di contenimento e severità dell'urto) attraverso opportuni elementi di transizione longitudinale, che consentono la connessione tra barriere adiacenti.

In corrispondenza delle cuspidi di uscita dalla viabilità principale, è stata prevista l'adozione di attenuatori d'urto, di classe 100 per quelle su autostrada A14 e classe 80 per quelli installati sulla Strada Statale 7.

6 SEGNALETICA

Il presente paragrafo illustra i criteri adottati per la progettazione della segnaletica verticale ed orizzontale al fine di segnalare in modo chiaro agli utenti della strada un pericolo, una prescrizione (precedenza, divieto ed obbligo) o una indicazione.

Per quanto concerne i criteri di scelta ed installazione si farà riferimento alle seguenti fonti normative e/o riferimenti di letteratura tecnica di settore:

- D.L. 30.4.1992, n. 285 e s.m.i. “Nuovo Codice della Strada”;
- D.P.R. 16.12.1992, n. 495 e s.m.i. Regolamento di esecuzione ed attuazione del Nuovo Codice della Strada– Il capitolo , modificato ed integrato dal D.P.R. 16.09.96, n.610;
- D. Lgs 05.10.2006 n.264 di recepimento della direttiva 2004/54/CE;
- DECRETO 10 luglio 2002 - Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo;

La progettazione della segnaletica è stata eseguita rispettando i seguenti criteri:

Congruenza: la qualità e la quantità della segnaletica è stata adeguata alla situazione stradale in modo da consentirne una corretta percezione;

Coerenza: la sistemazione dei segnali ripropone di volta in volta la stessa tipologia di indicazioni in modo da non creare situazioni poco chiare o tali da poter indurre il guidatore a commettere un errore di interpretazione;

Omogeneità: sull'intero tratto di strada si è adottata una grafica, una simbologia, colori e criterio di posizionamento compatibile e coerente al contesto nel quale la segnaletica verrà calata.

Dimensioni: le dimensioni e il formato dei segnali possono essere di tipo "piccolo", "normale" e "grande". Per l'installazione sul lato destro sia per il tratto autostradale che su strada statale, essendo entrambe extraurbane con due corsie per senso di marcia, è stato previsto il formato "grande".

Piano della segnaletica stradale di pericolo e prescrizione

La segnaletica di pericolo e di prescrizione (precedenza, divieto ed obbligo), è stata progettata come da Normativa di riferimento e comunque con criteri che, in relazione alla condizione locale, garantiscano la chiarezza di percettibilità ed indicano l'utenza ad un comportamento consona all'ambiente. Per ciascun segnale sarà garantito uno spazio di avvistamento tra il conducente ed il segnale stesso libero da ostacoli per una corretta visibilità.

La misura minima dello spazio di avvistamento nel presente progetto è pari a 150m per i segnali di pericolo e 250m per quelli di prescrizione. Nei casi in cui gli spazi di avvistamento disponibili siano inferiori di oltre il 20% di quelli minimi previsti, le misure possono ridursi, purché il segnale sia preceduto da altro identico integrato da apposito pannello integrativo.

In particolare, i segnali di tale categoria comprendono:

- Limite massimo di velocità;
- Divieto di sorpasso;
- Curva pericolosa (a destra o sinistra);
- Confluenza (a destra o sinistra);
- Preavviso di dare precedenza;
- Dare precedenza;
- Direzione obbligatoria;

Piano della segnaletica di indicazione

Ai sensi dell'art. 39 del C.d.S. e art. 124 del Regolamento, i segnali di indicazione hanno la funzione di fornire agli utenti della strada informazioni necessarie per la corretta e sicura circolazione, nonché per l'individuazione di itinerari, località, servizi ed impianti.

Le tipologie segnaletiche impiegate sono state progettate in funzione della configurazione planimetrica dell'asse, degli svincoli, dei particolari elementi costitutivi e di specializzazione della carreggiata, e si distinguono in:

- Segnali di preavviso (Preavvisi di intersezione e Segnali di preselezione)
- Segnali di direzione
- Segnali di identificazione strade e progressive distanziometriche
- Segnale di itinerario
- Segnali di località e di localizzazione
- Segnali di conferma
- Segnali nome-strada
- Segnali turistici e di territorio
- Segnali utili per la guida

- Segnali che forniscono indicazioni di servizi utili

I segnali di preavviso sono posizionati in modo tale da assicurare uno spazio di avvistamento "d" in funzione della velocità locale predominante, pari a 250m per quelli installati sull'Autostrada A14 e 200m per la S.S.7.

I segnali di preavviso di intersezione devono essere posti in anticipo rispetto al punto da segnalare, ad una distanza "D" dal punto in cui inizia la manovra di svolta, pari a 50m per quelli installati sull'Autostrada e 40m per la S.S.7, data la presenza delle corsie di decelerazione.

I segnali di direzione (art.128 del Regolamento) sono stati ubicati "sul posto", cioè in corrispondenza del punto da segnalare ed hanno le caratteristiche e le dimensioni stabilite dal Regolamento del Codice della Strada.

Lo schema segnaletico di indicazione relativo alla rampa di uscita dall'autostrada A14 è così realizzata:

- Segnale di direzione (su cuspidi)
- Segnale di corsia con funzione di direzione su portale a bandiera (posto a 50m in anticipo dal punto di inizio della corsia di decelerazione);
- Segnale di itinerario extraurbano (posto a 500m in anticipo dal punto di inizio della corsia di decelerazione);
- Segnale di preavviso di intersezione (posto a 700m in anticipo dal punto di inizio della corsia di decelerazione);

Lo schema segnaletico di indicazione relativo alla rampa di uscita dalla Strada Statale 7 è così realizzata:

- Segnale di direzione (su cuspidi)
- Segnale di preavviso di intersezione (posto a 40 m in anticipo dal punto di inizio della corsia di decelerazione);
- Segnale di preavviso di intersezione (posto a 500 m in anticipo dal punto di inizio della corsia di decelerazione);

Segnaletica stradale orizzontale

La segnaletica orizzontale costituisce per l'utente della strada il sistema più efficace per avere la precisa cognizione dei margini laterali, degli spazi che gli sono attribuiti, e della distanza del percorso in cui mantenere la direzione di marcia del proprio mezzo. È determinante per assicurare la visibilità della strada, in particolare nella condizione di guida notturna o di condizioni meteorologiche avverse.

Le strisce longitudinali utilizzate in progetto sono:

- Strisce di margine della carreggiata: strisce continue o discontinue utilizzate per segnalare i margini della strada, di spessore 25cm su viabilità principale, 15cm su svincoli e 12 cm su viabilità locali.
- Strisce di corsia: strisce continue e discontinue che delimitano le corsie in moduli, in funzione della sua destinazione e tipologia, di spessore 15cm su viabilità principale e 10cm su viabilità locale.
- Zebrature: in corrispondenza degli svincoli e degli allargamenti sono state adottate strisce inclinate di 45° rispetto alla corsia di marcia con larghezza di 60 cm e intervalli tra le strisce di 120 cm.

Le strisce discontinue utilizzate in progetto sono:

- Strisce tipo E: per delimitare le corsie di accelerazione e decelerazione (tratto 3,0 m - intervallo 3,0 m)
- Strisce tipo G: strisce di guida nelle intersezioni (tratto 1,0 m - intervallo 1,5 m)


















































Iscrizioni e simboli possono essere tracciati sulla pavimentazione esclusivamente allo scopo di guidare o regolare il traffico. Sull'asse principale sono state utilizzate iscrizioni con i nomi delle località e frecce direzionali.

ALLEGATO

CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 1

Dati generali		Minimo	Massimo	
Tipo di strada: Rampa - Curvilinea diretta (A/C, B/B, C/A, C/B, altro)				
Larghezza semicarreggiata (m)		4.000		
Velocità progetto (Km/h)		40	60	
✓ Livelletta n°1 - Pendenza (h/b):0.441% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		5.000%		0.000
		0.441%		
✓ Parabola n°1 - Raggio (m):20000.000 - Lunghezza (m):29.401 - K:200.000 (Concavo) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa Raggio minimo da visibilità Raggio minimo comfort accelerazione verticale ✓ Parabola in normativa				52.888 61.491 60 1000.000 0.000 462.963
		20000.000		
✓ Livelletta n°2 - Pendenza (h/b):0.588% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		5.000%		82.289
		0.588%		
✓ Parabola n°2 - Raggio (m):10000.000 - Lunghezza (m):13.823 - K:100.000 (Convesso) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa Raggio minimo da visibilità Raggio minimo comfort accelerazione verticale ✓ Parabola in normativa				108.851 61.490 60 2000.000 0.000 462.963
		10000.000		
✓ Livelletta n°3 - Pendenza (h/b):0.450% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		5.000%		122.675
		0.450%		
✓ Parabola n°3 - Raggio (m):10000.000 - Lunghezza (m):20.000 - K:100.000 (Concavo) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa Raggio minimo da visibilità Raggio minimo comfort accelerazione verticale ✓ Parabola in normativa				149.347 61.476 60 1000.000 0.000 462.963
		10000.000		
✓ Livelletta n°4 - Pendenza (h/b):0.650% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		5.000%		169.347
		0.650%		
✓ Parabola n°4 - Raggio (m):10000.000 - Lunghezza (m):13.000 - K:100.000 (Concavo) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa				197.589 61.404 60 1000.000

CONTROLLO NORMATIVA		Pagina Nr. 2	
 Raggio minimo da visibilità	0.000		
 Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
 Parabola in normativa	10000.000		
 Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):0.780%	Pend. Max		Parametri
 Progressiva			210.589
 Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
 Livelletta in normativa	0.780%		
 Parabola n°5 - Raggio (m):5000.000 - Lunghezza (m):19.878 - K:50.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
 Progressiva			253.494
 Distanza utilizzata			61.462
 Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
 Raggio minimo da normativa	2000.000		
 Raggio minimo da visibilità	0.000		
 Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
 Parabola in normativa	5000.000		
 Livelletta n°6 - Pendenza (h/b):0.382%	Pend. Max		Parametri
 Progressiva			273.372
 Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
 Livelletta in normativa	0.382%		
 Parabola n°6 - Raggio (m):5000.000 - Lunghezza (m):14.122 - K:50.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
 Progressiva			292.069
 Distanza utilizzata			61.612
 Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
 Raggio minimo da normativa	2000.000		
 Raggio minimo da visibilità	0.000		
 Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
 Parabola in normativa	5000.000		
 Livelletta n°7 - Pendenza (h/b):0.100%	Pend. Max		Parametri
 Progressiva			306.191
 Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
 Livelletta in normativa	0.100%		
 Parabola n°7 - Raggio (m):2000.000 - Lunghezza (m):122.000 - K:20.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
 Progressiva			311.347
 Distanza utilizzata			63.104
 Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
 Raggio minimo da normativa	2000.000		
 Raggio minimo da visibilità	1068.542		
 Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
 Parabola in normativa	2000.000		
 Livelletta n°8 - Pendenza (h/b):-6.000%	Pend. Max		Parametri
 Progressiva			433.347
 Pendenza massima (+/- h/b):	6.000%		
 Livelletta in normativa	-6.000%		
 Parabola n°8 - Raggio (m):1250.000 - Lunghezza (m):70.777 - K:12.500 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
 Progressiva			477.306
 Distanza utilizzata			63.213
 Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
 Raggio minimo da normativa	1000.000		
 Raggio minimo da visibilità	1246.199		

CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 3

Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
Parabola in normativa	1250.000		
Livellotta n°9 - Pendenza (h/b):-0.338%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			548.083
Pendenza massima (+/- h/b):	6.000%		
Livellotta in normativa	-0.338%		
Parabola n°9 - Raggio (m):3700.000 - Lunghezza (m):29.421 - K:37.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			565.128
Distanza utilizzata			62.050
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
Raggio minimo da normativa	2000.000		
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
Parabola in normativa	3700.000		
Livellotta n°10 - Pendenza (h/b):-1.133%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			594.549
Pendenza massima (+/- h/b):	6.000%		
Livellotta in normativa	-1.133%		
Parabola n°10 - Raggio (m):2000.000 - Lunghezza (m):5.660 - K:20.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			618.515
Distanza utilizzata			62.167
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
Raggio minimo da normativa	1000.000		
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
Parabola in normativa	2000.000		
Livellotta n°11 - Pendenza (h/b):-0.850%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			624.175
Pendenza massima (+/- h/b):	6.000%		
Livellotta in normativa	-0.850%		
Parabola n°11 - Raggio (m):3000.000 - Lunghezza (m):3.514 - K:30.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			638.129
Distanza utilizzata			62.129
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
Raggio minimo da normativa	2000.000		
Raggio minimo da visibilità	0.000		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
Parabola in normativa	3000.000		
Livellotta n°12 - Pendenza (h/b):-0.967%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			641.643
Pendenza massima (+/- h/b):	6.000%		
Livellotta in normativa	-0.967%		





CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 1

Dati generali		Minimo	Massimo				
	Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia						
	Asse: RAMPA1						
	Tipo di strada: Rampa - Curvilinea diretta (A/C, B/B, C/A, C/B, a						
	Larghezza semicarreggiata (m)	4.000					
	Velocità progetto (Km/h)	40	60				
	Raccordo n°1 - Raggio (m):1900.000 - Lunghezza (m):183.46	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
	Progressiva						0.000
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
		120.000					
	Raccordo in normativa	1900.000		183.461			
	Rettilo n°1 - Lunghezza (m):67.539	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
	Progressiva						183.461
	Lunghezza minima (m)	50.000					
	Lunghezza massima (m)		1320.000				
	Valori minimi/massimi da normativa	50.000	1320.000				
	Rettilo in normativa	67.539					
	Clotoide n°1 - Parametro A:110.000 - Lunghezza (m):96.800	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						251.000
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
	Fattore di forma					1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccollo	66.912					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	42.085					
	Criterio ottico	41.667					
	Criterio ottico		125.000				
	Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
	Valori minimi/massimi da normativa	66.912	125.000				
	Clotoide in normativa	110.000		96.800		1.000	
	Raccordo n°2 - Raggio (m):125.000 - Lunghezza (m):139.078	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
	Progressiva						347.800
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
		120.000					
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo precedente	67.539					
	Raggio minimo calcolato rispetto al rettilo successivo	150.000					
	Valori minimi/massimi da normativa	150.000					
	Raccordo fuori normativa (non vincolante per DM2006)	125.000		139.078			
	Clotoide n°2 - Parametro A:110.000 - Lunghezza (m):96.800	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						486.878
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
	Fattore di forma					1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccollo	66.912					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	42.085					
	Criterio ottico	41.667					
	Criterio ottico		125.000				
	Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.000		
	Valori minimi/massimi da normativa	66.912	125.000				
	Clotoide in normativa	110.000		96.800		1.000	
	Rettilo n°2 - Lunghezza (m):150.000	Lung. Min	Lung. Max				Parametri

CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 2

<small>Km 1+23</small> Progressiva						583.678
 Lunghezza minima (m)	50.000					
 Lunghezza massima (m)		1320.000				
 Valori minimi/massimi da normativa	50.000	1320.000				
 Rettifilo in normativa	150.000					

CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 1

Dati generali		Minimo	Massimo	
Tipo di strada: Rampa - Curvilinea indiretta (A/A, A/B, B/A)				
Larghezza semicarreggiata (m)		4.000		
Velocità progetto (Km/h)		30	60	
✓ Livelletta n°1 - Pendenza (h/b): 1.800% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		7.000%		0.000
✓ Livelletta in normativa		1.800%		
✓ Parabola n°1 - Raggio (m): 10000.000 - Lunghezza (m): 17.608 - K: 100.000 (Concavo) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa Raggio minimo da visibilità Raggio minimo comfort accelerazione verticale ✓ Parabola in normativa		1000.000 0.000 462.963 10000.000		9.744 60.906 60
✓ Livelletta n°2 - Pendenza (h/b): 1.976% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		7.000%		27.352
✓ Livelletta in normativa		1.976%		
✓ Parabola n°2 - Raggio (m): 3000.000 - Lunghezza (m): 9.718 - K: 30.000 (Concavo) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa Raggio minimo da visibilità Raggio minimo comfort accelerazione verticale ✓ Parabola in normativa		1000.000 0.000 462.963 3000.000		112.163 60.802 60
✓ Livelletta n°3 - Pendenza (h/b): 2.300% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		7.000%		121.880
✓ Livelletta in normativa		2.300%		
✓ Parabola n°3 - Raggio (m): 2000.000 - Lunghezza (m): 14.000 - K: 20.000 (Convesso) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa Raggio minimo da visibilità Raggio minimo comfort accelerazione verticale ✓ Parabola in normativa		2000.000 0.000 462.963 2000.000		130.911 60.880 60
✓ Livelletta n°4 - Pendenza (h/b): 1.600% Progressiva		Pend. Max		Parametri
Pendenza massima (+/- h/b): ✓ Livelletta in normativa		7.000%		144.911
✓ Livelletta in normativa		1.600%		
✓ Parabola n°4 - Raggio (m): 5000.000 - Lunghezza (m): 180.000 - K: 50.000 (Convesso) Progressiva		Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Distanza utilizzata Velocità utilizzata per la verifica (km/h) Raggio minimo da normativa		1950.000		192.296 60.440 59







CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 2

Raggio minimo da visibilità	980.235		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	447.659		
Parabola in normativa	5000.000		
Livelletta n°5 - Pendenza (h/b):-2.000%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			372.296
Pendenza massima (+/- h/b):	8.000%		
Livelletta in normativa	-2.000%		
Parabola n°5 - Raggio (m):1500.000 - Lunghezza (m):75.000 - K:15.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			391.830
Distanza utilizzata			60.143
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			59
Raggio minimo da normativa	975.000		
Raggio minimo da visibilità	1167.096		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	447.659		
Parabola in normativa	1500.000		
Livelletta n°6 - Pendenza (h/b):3.000%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			466.830
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livelletta in normativa	3.000%		
Parabola n°6 - Raggio (m):3000.000 - Lunghezza (m):75.000 - K:30.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			510.269
Distanza utilizzata			59.630
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			59
Raggio minimo da normativa	1950.000		
Raggio minimo da visibilità	954.128		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	447.659		
Parabola in normativa	3000.000		
Livelletta n°7 - Pendenza (h/b):0.500%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			585.269
Pendenza massima (+/- h/b):	7.000%		
Livelletta in normativa	0.500%		
Parabola n°7 - Raggio (m):13000.000 - Lunghezza (m):143.000 - K:130.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			706.311
Distanza utilizzata			61.741
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
Raggio minimo da normativa	2000.000		
Raggio minimo da visibilità	1022.877		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
Parabola in normativa	13000.000		
Livelletta n°8 - Pendenza (h/b):-0.600%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			849.311
Pendenza massima (+/- h/b):	8.000%		
Livelletta in normativa	-0.600%		
Parabola n°8 - Raggio (m):25000.000 - Lunghezza (m):67.500 - K:250.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			929.705
Distanza utilizzata			61.927
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			60
Raggio minimo da normativa	1000.000		
Raggio minimo da visibilità	1212.997		

CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 3

 Raggio minimo comfort accelerazione verticale	462.963		
 Parabola in normativa	25000.000		
 Livelletta n°9 - Pendenza (h/b):-0.330%	Pend. Max		Parametri
 Progressiva			997.205
 Pendenza massima (+/- h/b):	8.000%		
 Livelletta in normativa	-0.330%		








CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 1

Dati generali		Minimo	Massimo				
	Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia						
	Asse: RAMPA2						
	Tipo di strada: Rampa - Curvilinea indiretta (A/A, A/B, B/A)						
	Larghezza semicarreggiata (m)	4.000					
	Velocità progetto (Km/h)	30	60				
	Rettilo n°1 - Lunghezza (m):75.000	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
	Progressiva						0.000
	Lunghezza minima (m)	50.000					
	Lunghezza massima (m)		1320.000				
	Valori minimi/massimi da normativa	50.000	1320.000				
	Rettilo in normativa (tratto di raccordo uscita ad ago)	75.000					
	Rettilo n°2 - Lunghezza (m):27.279	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
	Progressiva						75.000
	Lunghezza minima (m)	50.000					
	Lunghezza massima (m)		1320.000				
	Valori minimi/massimi da normativa	50.000	1320.000				
	Rettilo fuori normativa (non vincolante per il DM2006)	27.279					
	Clotoide n°1 - Parametro A:80.000 - Lunghezza (m):57.658	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						102.279
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
	Fattore di forma					1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	67.374					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	40.804					
	Criterio ottico	37.000					
	Criterio ottico		111.000				
	Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				1.067		
	Valori minimi/massimi da normativa	67.374	111.000				
	Clotoide in normativa	80.000		57.658		1.000	
	Raccordo n°1 - Raggio (m):111.000 - Lunghezza (m):427.968	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min			Parametri
	Progressiva						159.937
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
	Raccordo in normativa	111.000		427.968			
	Clotoide n°2 - Parametro A:75.000 - Lunghezza (m):50.676	A Min	A Max	Lung. Min	Rapporto	FF	Parametri
	Progressiva						587.906
	Velocità utilizzata per la verifica (km/h)						60
	Fattore di forma					1.000	
	Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	67.374					
	Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	40.804					
	Criterio ottico	37.000					
	Criterio ottico		111.000				
	Clotoide rettilo-raccordo. $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$. A1/A2 in tolleranza				0.938		
	Valori minimi/massimi da normativa	67.374	111.000				
	Clotoide in normativa	75.000		50.676		1.000	
	Rettilo n°3 - Lunghezza (m):189.533	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
	Progressiva						638.581
	Lunghezza minima (m)	50.000					
	Lunghezza massima (m)		1320.000				

CONTROLLO NORMATIVA

Pagina Nr. 2

 Valori minimi/massimi da normativa	50.000	1320.000				
 Rettifilo in normativa	189.533					
✓ Rettifilo n°4 - Lunghezza (m):185.467						
 Progressiva	Lung. Min	Lung. Max				Parametri
 Lunghezza minima (m)	50.000					828.114
 Lunghezza massima (m)		1320.000				
 Valori minimi/massimi da normativa	50.000	1320.000				
 Rettifilo in normativa	185.467					