



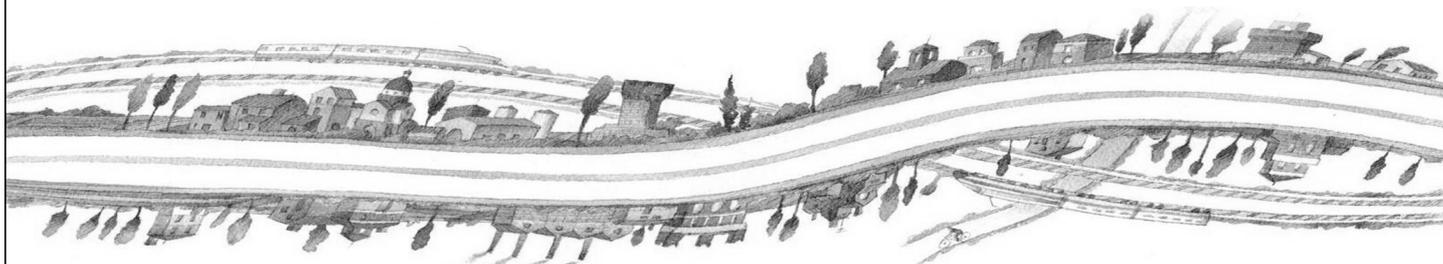
AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

PROGETTAZIONE STRADALE
INTERCONNESSIONI E SVINCOLI
SVINCOLO DI FERRARA SUD
RELAZIONE TECNICA E TABULATI DI VERIFICA DEL TRACCIATO STRADALE



IL PROGETTISTA

PIACENTINI INGEGNERI S.r.l.
Ing. Luca Piacentini
Albo Ing. Bologna n° 4152



RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	Emissione				Attanasio	Piacentini	Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA:
1226	PD	0	S06	SRA00	0	SD	RH	01	A	

INDICE

1. GENERALITÀ E NORMATIVE.....	3
1.1. GENERALITÀ	3
1.2. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE.....	3
1.3. NORMATIVE DI RIFETIMENTO	4
1.4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
2. CARATTERISTICHE PLANO-ALTIMETRICHE DEI RAMI DI SVINCOLO	10
2.1. SRA21 – “RAMO CR/FC”	10
2.2. SRA22 – “RAMO FC”	11
2.3. SRA21 – “RAMO CR”	12
2.4. SRA24 – “RAMO CF”	13
2.5. SRA23 – “RAMO RC”	13
2.6. RAMO SR	14
2.7. RAMO “R.EST”	15
2.8. RAMO “R.OVEST”	16
2.9. RAMO “R.SUD”	17
2.10. ROTATORIA FERRARA SUD.....	18
2.10.1. Verifica della deflessione delle traiettorie	20
2.11. CORSIE DI IMMISSIONE (O DI ENTRATA).....	21
2.11.1. Tratto di accelerazione di lunghezza $L_{a,e}$	21
2.11.2. Elemento di raccordo di lunghezza $L_{v,e}$	22
2.11.3. Verifica funzionale della zona di immissione	22
2.12. CORSIA DI DIVERSIONE (O DI USCITA).....	22
2.12.1. Tratto di manovra di lunghezza $L_{m,u}$	22
2.12.2. Tratto di decelerazione di lunghezza $L_{d,u}$	23
3. VERIFICHE DI VISIBILITÀ E DIAGRAMMI DELLE VELOCITÀ.....	24
3.1. CRITERI PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DI VISIBILITÀ	24
3.1.1. Distanza di visibilità per l'arresto	24
3.1.2. Verifiche del diagramma di velocità	26
3.2. SRA21 – “RAMO CR/FC”	27
3.3. SRA22– “RAMO FC”	28
3.4. SRA21 – “RAMO CR”	29
3.5. SRA24 - “RAMO CF”	30
3.6. SRA23 – “RAMO RC”	31



3.7. RAMO SR	32
4. SEZIONI TIPO	33

1. GENERALITÀ E NORMATIVE

1.1. GENERALITÀ

Lo svincolo di Ferrara Sud, posizionato oltre la barriera di esazione al Km 64+100, consente il collegamento tra la Superstrada Ferrara-Porto Garibaldi con il sistema stradale locale, attraverso la S.S. 64 Poretana e la Tangenziale Ovest di Ferrara; la tipologia di svincolo adottata è del tipo a “trombetta”. Lo schema prevede un ramo di scavalco dell’autostrada, il quale, dividendosi nella parte terminale, assume sia fusione indiretta che semi-diretta; sono state progettate, inoltre, due rampe aventi manovra diretta caratterizzate da maggiori raggi di curvatura e maggiori velocità di progetto. Lo schema prevede due rami di scavalco dell’autostrada aventi manovra semidiretta, e due rampe aventi manovra diretta caratterizzate da maggiori raggi di curvatura e maggiori velocità di progetto. In accordo con il Comune di Ferrara, lo schema di svincolo è stato modificato rispetto alla ipotesi emessa in progetto preliminare, al fine di minimizzare l’impatto sul territorio.

Lo svincolo a più livelli esistente tra la Statale e la Superstrada, il cui posizionamento non risulta più compatibile con la nuova barriera di esazione, viene pertanto dismesso attraverso la demolizione della sede stradale dei rami di svincolo. Le rampe vengono mantenute e piantumate svolgendo funzione di mitigazione ambientale, mentre è prevista la ricostruzione del sovrappasso S.S. 64 in quanto il posizionamento delle pile non è compatibile con l’ampliamento della sede stradale esistente.

1.2. CRITERI DI PROGETTAZIONE STRADALE

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha emanato in data 19 aprile 2006 le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” con le quali si sono definiti nuovi criteri per la definizione e la progettazione delle caratteristiche plano-altimetriche delle intersezioni stradali. Tali nuovi criteri, che rivestono carattere di normativa e quindi sono vincolanti per le nuove progettazioni, sono stati utilizzati nella definizione di tutte le grandezze geometriche e nella verifica dei criteri di sicurezza propri delle opere progettate.

1.3. NORMATIVE DI RIFETIMENTO

Per quanto riguarda la progettazione delle intersezioni, in data 19/04/2006 è entrato in vigore il DM 1699 ("Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali"), all'interno del quale sono contenute le indicazioni per il dimensionamento delle corsie di accelerazione e decelerazione da impiegare negli svincoli. A tale norma si è ritenuto opportuno integrare le indicazioni del DM 5/11/2001 in modo da individuare criteri progettuali che garantissero caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni coerenti rispetto alla natura dell'infrastruttura.

Si riporta di seguito l'elenco delle normative cui si è fatto riferimento nella progettazione delle opere in oggetto.

GEOMETRIA STRADALE

[1] Codice della Strada. D. Lgs. 30 aprile 1992, n. 285 e successive modifiche ed aggiornamenti. - Regolamento di attuazione. D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495.

[2] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2001) Decreto 5 novembre 2001. Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, Pubblicato sulla G.U. N.5 del 4 gennaio 2002.

[3] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2004) Decreto 22 aprile 2004, n° 67/S Modifica del decreto 5 novembre 2001, n° 6792, recante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", pubblicato sulla G.U. del 25 giugno 2004.

[4] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2005) Commissione per la predisposizione di nuove norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti - "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti ", 11a bozza del 20 aprile 2005.

[5] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Decreto del 19 aprile 2006, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali. Pubblicato sulla GU N. 170 del 24/07/2006.

[6] C.N.R. Bollettino n.78 Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane del 28/07/1980

INTERSEZIONI

[1] Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) (1983) Norme sulle intersezioni stradali B.U. n. 90, Roma, 15 aprile 1983.

[2] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale. Studio a carattere pre-normativo - Rapporto di Sintesi: "NORME SULLE CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE DELLE INTERSEZIONI STRADALI". Documento approvato dalla

Commissione di studio per le norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade del CNR.

[3] IOWA Department of Transportation – IOWA State University: Center for Transportation Research and Education CTRE. Rural Expressways Intersection Synthesis of Practice and Crash Analysis. Final Report CTRE Project 03-157. October 2004.

[4] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Decreto del 19 aprile 2006, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali. Pubblicato sulla GU N. 170 del 24/07/2006.

1.4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La tipologia funzionale adottata per la progettazione della interconnessione prevede:

- N° 2 rampe dirette;
- N° 1 rampa indiretta;
- N° 1 rampa semi-diretta.

dove, come convenzione, si sono considerate:

- Dirette le rampe che curvano direttamente nella direzione necessaria per andare dal punto di partenza al punto di arrivo, mantenendo tale andamento fino al congiungimento con l'altra strada;
- Semidirette le rampe che nel corso del proprio sviluppo curvano in due sensi opposti (ad es. prima a destra e poi a sinistra), sia per lasciar spazio ad altre rampe sia perché scavalcano la corrente di traffico a cui sono destinate;
- Indirette le rampe che mantengono costantemente la curvatura opposta a quella che sarebbe naturale, e raggiungono la destinazione dopo aver compiuto un cappio ed essere passate sopra o sotto se stesse.

I rami di svincolo esterni, tutti a manovra di svolta diretta, sono previsti in rilevato di altezza variabile da 1 a 5 m, con raggi planimetrici previsti tra i 120 m e i 250 m.

Le rampe semidirette sono previste totalmente in rilevato nel rispetto dei corretti distanziamenti tra le rampe, nonché gli eventuali franchi di sicurezza da rispettare.

Sono state implementate le larghezze minime da normativa delle banchine in destra e delle corsie delle rampe unidirezionali, al fine di migliorare la sicurezza dell'infrastruttura ed agevolare le operazioni di soccorso e manutenzione nella fase d'esercizio dell'autostrada.

Le carreggiate delle rampe di svincolo sono state dimensionate in base ai dati riportati nello studio di traffico. In relazione al numero dei veicoli/ora stimato, le carreggiate dei rami di svincolo unidirezionali ad una corsia sono stati progettati di larghezza pari a 8,00 m, composti da una corsia di 4,00 m, banchina laterale in

sinistra da 1,00 m e da 3,00 m in destra. . I rami unidirezionali a due corsie, derivanti dall'unione di due rampe mono corsia, sono composti da due corsie di marcia di larghezza 3.75 m, la banchina in sinistra da 1,00 m e la banchina in destra implementata a 3,00 m.

Tali dimensioni delle carreggiate, sono state incrementate in alcuni tratti in curva delle rampe semidirette e indirette, per garantire il soddisfacimento delle verifiche di visibilità prescritte dal DM del 5/11/2001 riguardante "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"; In particolare si sono previsti allargamenti della banchina in sinistra per garantire la distanza di visibilità per l'arresto alla velocità di progetto caratteristica del ramo, mentre non sono da prevedersi in destra per la presenza della corsia d'emergenza.

I raccordi clotoidici sono stati progettati con un parametro di scala A, tale da soddisfare le verifiche prescritte dalla normativa vigente, garantendo: il valore minimo del contraccolpo, una adeguata sovra-pendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata ed una corretta percezione ottica del tracciato.

Le corsie di entrata ed uscita sono previste di larghezza pari a 4,00 m e prevedono la continuità della corsia di emergenza di 3,00 m. Le lunghezze sono state calcolate considerando gli intervalli di velocità indicati nella tabella 1.4-1 che segue e richiesti dalle normative vigenti.

La pendenza longitudinale massima delle livellette è sempre inferiore al 5%; questo per garantire, soprattutto ai mezzi pesanti, condizioni di sicurezza nel moto anche in presenza di una riduzione della aderenza della pavimentazione stradale. La piattaforma stradale ha pendenza trasversale compresa tra il 2,5% e il 7%. La sovrastruttura stradale e le lavorazioni previste per la preparazione ed il consolidamento del piano di posa dei rilevati, sono le stesse utilizzate per la piattaforma autostradale.

Lo schema di svincolo è composto dai seguenti rami:

- SRA21 (Ramo CR/FC);
- SRA21 (Ramo CR);
- SRA22 (Ramo FC);
- SRA23 (Ramo RC);
- SRA24 (Ramo CF);
- Ramo SR

Si riporta di seguito la tabella delle caratteristiche funzionali dei rami di svincolo, indicando tra parentesi i valori minimi richiesti dalle norme.

Ramo di svincolo	Tipo di manovra	Vprogetto (Km/h)	Larghezza (m)	Larghezza banchina in sinistra(m)	Larghezza banchina in destra(m)	Larghezza delle corsie (m)
"CF"	DIRETTA	60 (50-80)	8.00 - 1 corsia (6.00)	1.00	3.00	4.00
			11.50 - 2 corsie* (9.00)			3.75
"RC"	DIRETTA	60 (50-80)	8.00- 1 corsia (6.00)	1.00	3.00	4.00
			11.50 - 2 corsie* (9.00)			3.75
"FC - CR/FC"	INDIRETTA	50 (40)	8.00 - 1 corsia (6.00)	1.00	3.00	4.00 (3.50)
"CR/FC -CR"	SEMI-DIRETTA	50 (40-70)	8.00- 1 corsia (6.00)	1.00	3.00	4.00

*il ramo passa da una configurazione ad 1 corsia ad una a 2 corsie, a causa dell'unione con un altro ramo avente stessa origine o stessa destinazione.

TABELLA 1.4-1 – CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE DEI RAMI DI SVINCOLO

Per quanto riguarda le caratteristiche del ramo SR si faccia riferimento alla tabella seguente.

Progressive	Tipo di strada	Vprogetto (Km/h)	Larghezza carreggiata (m)	Larghezza banchina in sinistra(m)	Larghezza banchina in destra(m)	Larghezza delle corsie (m)
Da 0 a 175	Doppia carreggiata 2+2 corsie di marcia	40	11.50	1.00	3.00	3.75
Da 175 a 486	Singola carreggiata Doppio senso 2 corsie di marcia	40	10.50		1.50	3.75

TABELLA 1.4-2 – CARATTERISTICHE FUNZIONALI E GEOMETRICHE DEL RAMO SR

2. CARATTERISTICHE PLANO-ALTIMETRICHE DEI RAMI DI SVINCOLO

Dal punto di vista planimetrico, sono stati adottati i raggi minimi come da D.M.19.04.2006, clotoidi come da D.M.5.11.2001 con parametro A definito in base al Criterio Dinamico ($A > 0.021V^2$), al Criterio Costruttivo o della Sovrapendenza Longitudinale ($A > (R/D_{\max} \times 100 \times B_i \times (q_f + q_i))^{1/2}$) e del Criterio Ottico ($1/3R < A < R$), pendenze trasversali come da D.M.19.04.2006 (ovvero, in definitiva come da D.M.5.11.2001).

La composizione planimetrica dei tracciati delle rampe è stata progettata come previsto sia dal D.M.5.11.2001 che dal D.M.19.04.2006, in quanto alcune verifiche planimetriche prescritte dalla normativa del 2001 non sono applicabili nel caso di intersezioni di tale tipologia. Si è ritenuto necessario, dunque, derogare all'utilizzo di alcuni elementi planimetrici di sviluppo ridotto, rispetto ai minimi di normativa imposti dal D.M.5.11.2001, che non rappresentano alcun deficit per la sicurezza della circolazione.

I raccordi altimetrici utilizzati nella progettazione delle rampe, sono tutti di tipo parabolico aventi raggio minimo inferiore a quelli minimi previsti dal D.M. 5/11/2001, inoltre, la pendenza delle livellette di progetto, non eccede in nessun caso il 5% come previsto dal progetto preliminare.

2.1. SRA21 – “RAMO CR/FC”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 563.867 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
ARCO	0.000	240.130	240.130	0.000	82.000	82.000	Dx	-7.000	7.000
CLOTOIDE	240.130	303.974	63.844	72.355	82.000	0.000	Dx		
RETTIFILO	303.974	563.867	259.893	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500

TABELLA 2.1-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “CR/FC”

Non sono stati riportati in tabella i valori della pendenza trasversale in prossimità delle clotoidi, in quanto, lungo lo sviluppo di questi elementi planimetrici tale caratteristica è variabile.

Al fine di garantire una corretta percezione del tracciato in curva, nonché le distanze di visibilità per l'arresto, è stato necessario applicare alla banchina in sinistra (del ramo CR/FC-CR) un allargamento pari a 0.70 m. (per ulteriori dettagli si rimanda al paragrafo 3.2).

L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 5 % circa. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	11.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	112.40977051	11.00000000	112.40977051	67.07392878	0.00000000	0.00000000	112.40977051	67.07392878	●
2	323.5731230	20.57326833	211.16335250	94.32562948	4.53358417	9.57326833	211.38024720	94.42251528	●
3	505.0384895	11.50000000	181.46536655	59.96348526	-5.00000000	9.07326833	181.69205667	60.03839283	●
4	563.8671107	11.50000000	58.82862116	8.82862116	0.00000000	0.00000000	58.82862116	8.82862116	●

FIGURA 2.1-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “CR/FC”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	2000.000000	4.53358417	90.70273560	67.07392878	157.7456122	90.67168345	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	877.2949354	●
2	Parabolico	1500.000000	9.53358417	143.0582996	252.0712417	395.0750043	143.0037625	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	682.4673993	●
3	Parabolico	2000.000000	5.00000000	100.0416531	455.0384895	555.0384895	100.0000000	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	913.0269801	●

FIGURA 2.1-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “CR/FC”

2.2. SRA22 – “RAMO FC”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 179.050 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
RETTIFILO	0.000	0.651	0.651	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500
CLOTOIDE	0.651	69.473	68.822	74.062	0.000	79.700	Dx		
ARCO	69.473	179.050	109.577	0.000	79.700	79.700	Dx	-7.000	7.000

TABELLA 2.2-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “FC”

Per il ramo FC non sono stati previsti allargamenti in quanto ritenuti non necessari. L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 2,7 % circa. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	9.77434386	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	29.34930429	9.77183562	29.34930429	21.46840073	-0.00854617	-0.00250824	29.34930440	21.46840081	●
2	84.57010000	9.47698984	55.22079570	19.71956016	-0.53393974	-0.29484577	55.22158285	19.71984125	●
3	140.6556805	11.00000000	56.08558058	1.31013777	2.71551108	1.52301016	56.10625553	1.31062072	●
4	179.0497742	11.00000000	38.39409363	11.23898280	0.00000000	0.00000000	38.39409363	11.23898280	●

FIGURA 2.2-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “FC”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	3000.000000	0.52539357	15.76188324	21.46840073	37.23020786	15.76180712	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●
2	Parabolico	1700.000000	3.24945082	55.24638047	56.94976802	112.1904319	55.24066397	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	467.8015352	●
3	Parabolico	2000.000000	2.71551108	54.31689599	113.5005697	167.8107914	54.31022167	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●

FIGURA 2.2-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “FC”

2.3. SRA21 – “RAMO CR”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 200.371m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx[%]
RETTIFILO	0.000	0.191	0.191	0.000	0.000	0.000		6.974	-6.974
CLOTOIDE	0.191	42.311	42.120	64.900	0.000	100.000	Dx		
ARCO	42.311	118.950	76.639	0.000	100.000	100.000	Dx	-5.859	5.859
CLOTOIDE	118.950	195.406	76.455	87.439	100.000	0.000	Dx		
RETTIFILO	195.406	200.371	4.966	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500

TABELLA 2.3-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “CR”

Al fine di garantire una corretta percezione del tracciato in curva, nonché le distanze di visibilità per l’arresto, è stato necessario applicare alla banchina in sinistra un allargamento pari a 0.7 m in corrispondenza della progressiva 42,00. (per ulteriori dettagli si rimanda al paragrafo 3.4).

L’andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 2,7% circa. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i [%]	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	11.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	53.29560047	11.00000000	53.29560047	30.49357312	0.00000000	0.00000000	53.29560047	30.49357312	●
2	109.0017771	9.50563087	55.70617668	5.10832616	-2.68259145	-1.49436913	55.72621699	5.11016388	●
3	153.8772759	9.76927684	44.87549876	0.13164456	0.58750539	0.26364597	44.87627322	0.13164683	●
4	200.3714769	9.77977106	46.49420104	29.54617002	0.02257102	0.01049422	46.49420223	29.54617077	●

FIGURA 2.3-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “CR”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i [%]	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	1700.000000	-2.68259145	45.60952405	30.49357312	76.09762782	45.60405469	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●
2	Parabolico	1700.000000	3.27009684	55.59717339	81.20595398	136.7976003	55.59164636	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	480.7912762	●
3	Parabolico	6000.000000	-0.56493437	33.89626483	136.9292449	170.8253069	33.89606205	<input type="checkbox"/>	50.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	321.5020576	●

FIGURA 2.3-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “CR”

2.4. SRA24 – “RAMO CF”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 376.943 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx[%]
RETTIFILO	0.000	3.550	3.550	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500
CLOTOIDE	3.550	111.350	107.801	164.165	0.000	250.000	Dx		
ARCO	111.350	320.354	209.004	0.000	250.000	250.000	Dx	-4.333	4.333
CLOTOIDE	320.354	373.974	53.620	115.780	250.000	0.000	Dx		
RETTIFILO	373.974	376.943	2.968	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500

TABELLA 2.4-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “CF”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i [%]	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	11.40625000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
1	45.96536064	11.40625000	45.96536064	10.55459478	0.00000000	0.00000000	45.96536064	10.55459478	
2	145.5710949	14.93336534	99.60573435	1.74531281	3.54107659	3.52711534	99.66816371	1.74640671	
3	259.4496550	9.48365654	113.87856005	10.01032940	-4.78554417	-5.44970879	114.00888459	10.02178539	
4	328.8175447	9.75542447	69.36788966	18.80626366	0.39177770	0.27176792	69.36842202	18.80640799	
5	376.9426347	9.76796378	48.12509007	38.98203904	0.02605566	0.01253931	48.12509170	38.98204036	

FIGURA 2.4-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “CF”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i [%]	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	2000.000000	3.54107659	70.83633046	10.55459478	81.37612650	70.82153172	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	1022.217235	
2	Parabolico	1500.000000	-8.32662076	124.9378066	83.12143931	208.0207506	124.8993113	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	1105.738196	
3	Parabolico	1600.000000	5.17732187	82.86638335	218.0310800	300.8682300	82.83714995	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	1271.438306	
4	Parabolico	5000.000000	-0.36572204	18.28615215	319.6744936	337.9605957	18.28610205	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	462.9629629	

FIGURA 2.4-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “CF”

2.5. SRA23 – “RAMO RC”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 295.318 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx[%]
RETTIFILO	0.000	6.276	6.276	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500

CLOTOIDE	6.276	46.809	40.534	69.743	0.000	120.000	Dx		
ARCO	46.809	234.278	187.469	0.000	120.000	120.000	Dx	-6.929	6.929
CLOTOIDE	234.278	294.663	60.385	85.125	120.000	0.000	Dx		
RETTIFILO	294.663	295.318	0.655	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500

TABELLA 2.5-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “RC”

Per il ramo RC non sono stati previsti allargamenti in quanto ritenuti non necessari. L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 2,6 %. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/01 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i [%]	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	9.77858027	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	43.39447041	9.75419416	43.39447041	36.12635855	-0.05619637	-0.02438612	43.39447726	36.12636425	●
2	86.42923242	9.41722872	43.03476201	1.91120714	-0.78300755	-0.33696544	43.03608122	1.91126573	●
3	201.0709336	12.40082112	114.64170124	40.29936969	2.60253675	2.98359240	114.68051921	40.31301516	●
4	268.8249870	11.42099445	67.75405340	13.36217856	-1.44615211	-0.97982667	67.76113792	13.36357574	●
5	295.3183069	11.40625000	26.49331988	12.58833358	-0.05565348	-0.01474445	26.49332398	12.58833553	●

FIGURA 2.5-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “RC”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i [%]	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	2000.000000	0.72681119	14.53638369	36.12635855	50.66258227	14.53622372	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	462.9629629	●
2	Parabolico	2000.000000	0.38554430	67.71692193	52.57378941	120.2846754	67.71088603	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	932.3332280	●
3	Parabolico	2000.000000	0.04868885	80.98066151	160.5840451	241.5578221	80.97377707	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	841.9353322	●
4	Parabolico	2000.000000	0.39049863	27.81098071	254.9200007	282.7299733	27.80997261	<input type="checkbox"/>	60.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	462.9629629	●

FIGURA 2.5-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “RC”

2.6. RAMO SR

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 486.127 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
RETTIFILO	0.000	150.573	150.573	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500
CLOTOIDE	150.573	200.712	50.139	95.000	0.000	180.000	Sx		

ARCO	200.712	303.671	102.960	0.000	180.000	180.000	Sx	6.884	-6.884
CLOTOIDE	303.671	353.810	50.139	95.000	180.000	0.000	Sx		
RETTIFILO	353.810	486.127	132.317	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500

TABELLA 2.6-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “SR”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i [%]	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	11.50000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	273.8451102	11.50000000	273.84511028	253.84511028	0.00000000	0.00000000	273.84511028	253.84511028	●
2	388.8451102	13.80000000	115.00000001	75.00000000	2.00000000	2.30000000	115.02299771	75.01499851	●
3	486.1269501	13.80000000	97.28183989	77.28183989	0.00000000	0.00000000	97.28183989	77.28183989	●

FIGURA 2.6-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “SR”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i [%]	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	2000.000000	2.00000000	40.00266664	253.8451102	293.8451102	40.00000000	<input type="checkbox"/>	70.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	630.1440329	●
2	Parabolico	2000.000000	2.00000000	40.00266664	368.8451102	408.8451102	40.00000000	<input type="checkbox"/>	70.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	630.1440329	●

FIGURA 2.62 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “SR”

Al fine di garantire una corretta percezione del tracciato in curva, nonché le distanze di visibilità per l'arresto, è stato necessario applicare alla banchina in sinistra un allargamento pari a 1,15 m in corrispondenza della progressiva 42,00. (per ulteriori dettagli si rimanda al paragrafo 3.7).

2.7. RAMO “R.EST”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 112.558m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
RETTIFILO	0.000	3.731	3.731	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500
CLOTOIDE	3.731	29.741	26.010	51.000	0.000	100.000	Dx		
ARCO	29.741	78.152	48.411	0.000	100.000	100.000	Dx	-3.082	3.082
CLOTOIDE	78.152	104.162	26.010	51.000	100.000	0.000	Dx		
RETTIFILO	104.162	112.558	8.395	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500

TABELLA 2.7-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “R.EST”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	10.82445043	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	13.73329281	10.82445043	13.73329281	1.38529271	0.00000000	0.00000000	13.73329281	1.38529271	●
2	90.39873359	13.98000000	76.66544078	47.85344055	4.11600003	3.15554957	76.73035451	47.89395875	●
3	112.5541956	13.98000000	22.15546201	5.69146188	0.00000000	0.00000000	22.15546201	5.69146188	●

FIGURA 2.7-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “R.EST”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	600.0000000	4.11600003	24.70297188	1.38529271	26.08129291	24.69600020	<input type="checkbox"/>	40.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	591.5027239	●
2	Parabolico	800.0000000	-4.11600003	32.93729584	73.93473346	106.8627337	32.92800026	<input type="checkbox"/>	40.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	205.7613168	●

FIGURA 2.7-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “R.EST”

Non sono stati previsti allargamenti in quanto ritenuti non necessari.

2.8. RAMO “R.OVEST”

(Progressiva iniziale: 0.000 m ,Progressiva finale: 139.027 m)

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Verso	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
RETTIFILO	0.000	23.501	23.501	0.000	0.000	0.000		-0.695	-2.500
CLOTOIDE	23.501	41.001	17.500	35.000	0.000	70.000	Dx		
ARCO	41.001	69.350	28.349	0.000	70.000	70.000	Dx	-5.276	5.276
CLOTOIDE	69.350	86.850	17.500	35.000	70.000	0.000	Dx		
RETTIFILO	86.850	87.273	0.423	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500
CLOTOIDE	87.273	111.207	23.934	33.000	0.000	45.500	Sx		
ARCO	111.207	139.027	27.819	0.000	45.500	45.500	Sx	3.656	-4.104

TABELLA 2.8-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “R.OVEST”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	13.37081365	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	●
1	34.66585871	13.96899687	34.66585871	14.60085370	1.72556873	0.59818322	34.67101936	14.60302731	●
2	94.82169882	13.80000000	60.15584011	33.06684210	-0.28093177	-0.16899687	60.15607749	33.06697259	●
3	139.0190592	13.80001235	44.19736042	37.17336742	0.00002795	0.00001235	44.19736042	37.17336742	●

FIGURA 2.8-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “R.OVEST”

1	Parabolico	2000.000000	-2.00650050	40.13173015	14.60085370	54.73086372	40.13001002	<input type="checkbox"/>	40.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	205.7613168	
2	Parabolico	5000.000000	0.28095972	14.04800448	87.79770582	101.8456918	14.04798600	<input type="checkbox"/>	40.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	205.7613168	

**FIGURA 2.8-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO
“R.OVEST”**

L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 1,7% circa. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/01 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

2.9. RAMO “R.SUD”

Tipo	Progressiva iniziale [m]	Progressiva finale [m]	Sviluppo [m]	Parametro di scala A [m]	Raggio iniziale [m]	Raggio finale [m]	Pendenza trasversale dx [%]	Pendenza trasversale sx [%]
RETTIFILO	0.000	35.742	35.742	0.000	0.000	0.000	2.500	-2.500

TABELLA 2.9-1 – ELEMENTI PLANIMETRICI DEL RAMO “R.SUD”

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i [%]	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito
0	0.00000000	13.33192096	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	
1	7.02144290	13.33192096	7.02144290	1.98730614	0.00000000	0.00000000	7.02144290	1.98730614	
2	30.26669149	13.80000000	23.24524859	13.17697507	2.01365470	0.46807904	23.24996086	13.17964630	
3	35.74242509	13.80000000	5.47573361	0.44159685	0.00000000	0.00000000	5.47573361	0.44159685	

FIGURA 2.9-1 – VERTICI DELLE LIVELLETTE DEL RAMO “R.SUD”

N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i [%]	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp [km/h]	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito
1	Parabolico	500.0000000	2.01365470	10.06895393	1.98730614	12.05557966	10.06827352	<input type="checkbox"/>	40.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	205.7613168	
2	Parabolico	500.0000000	-2.01365470	10.06895393	25.23255473	35.30082824	10.06827352	<input type="checkbox"/>	40.00000000	<input checked="" type="checkbox"/>	205.7613168	

FIGURA 2.9-2 – RACCORDI PARABOLICI DI RACCORDO TRA LE LIVELLETTE DEL RAMO “R.SUD”

Per il ramo “R.SUD” non sono stati previsti allargamenti in quanto ritenuti non necessari. L'andamento altimetrico del tracciato presenta una pendenza massima del 1,7% circa. I raccordi parabolici utilizzati sono di raggio maggiore rispetto ai minimi imposti dal D.M. 5/11/01 come si evince dalle seguenti figure. Tutte le verifiche plano-altimetriche risultano dunque verificate.

2.10. ROTATORIA FERRARA SUD

La rotatoria di progetto prevede l'afferenza di 5 rami, precisamente:

- ramo SR;
- asse D;
- ramo "R.Ovest";
- una viabilità di adduzione (Ramo "R.Sud")
- una viabilità poderale (Ramo "R.Est");

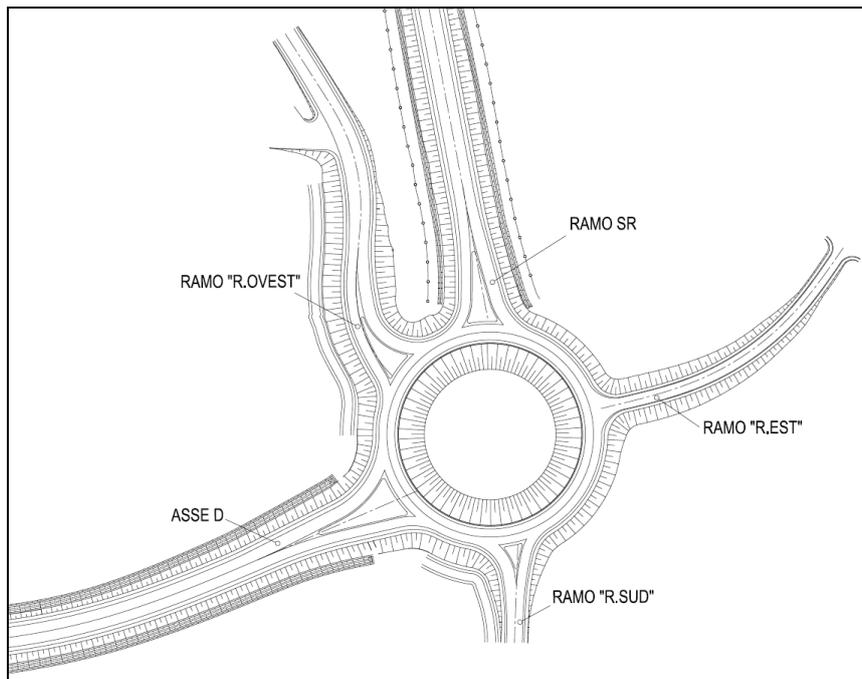
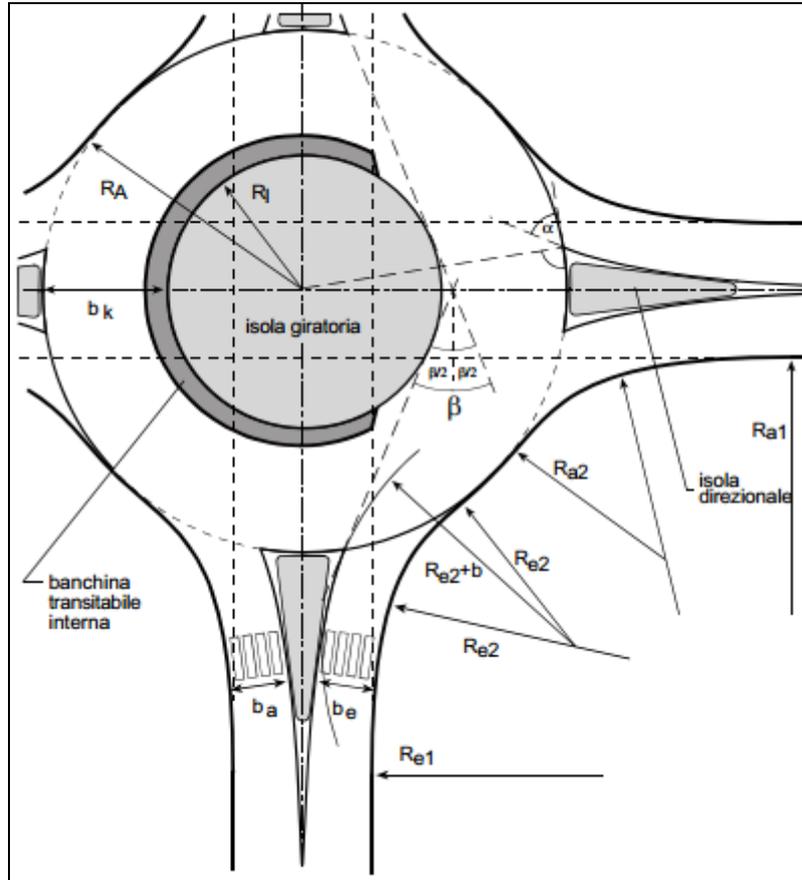


FIGURA 2.10-1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELLA ROTATORIA

Gli elementi geometrici tenuti in considerazione per la progettazione sono indicati nelle figure seguenti.



b_c	larghezza della corsia in entrata	R_A	raggio esterno
b_a	larghezza della corsia in uscita	R_I	raggio interno
b_k	larghezza dell'anello di circolazione	α	angolo d'entrata
$R_{e,1}$ e $R_{e,2}$	raggi di entrata	β	angolo di deviazione
$R_{a,1}$ e $R_{a,2}$	raggi di uscita	b	arretramento di $R_{e,2}$

FIGURA 2.10-2 – ELEMENTI GEOMETRICI DI PROGETTO

Le dimensioni dell'anello, con riferimento alla immagine precedente sono:

$R_i = 34,5$ m, $R_f = 42,5$ m, $b_k = 8$ m

Per ulteriori informazioni sugli altri parametri geometrici si rimanda agli elaborati di progetto specifici.

2.10.1. Verifica della deflessione delle traiettorie

La verifica della deflessione è soddisfatta se l'angolo di deviazione β risulta maggiore o uguale di 45° .

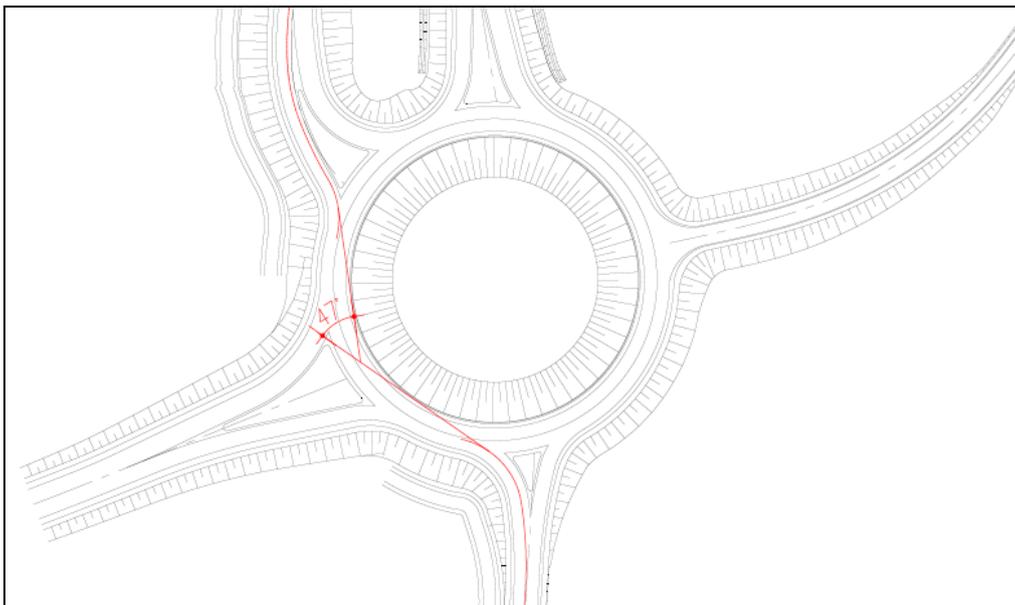
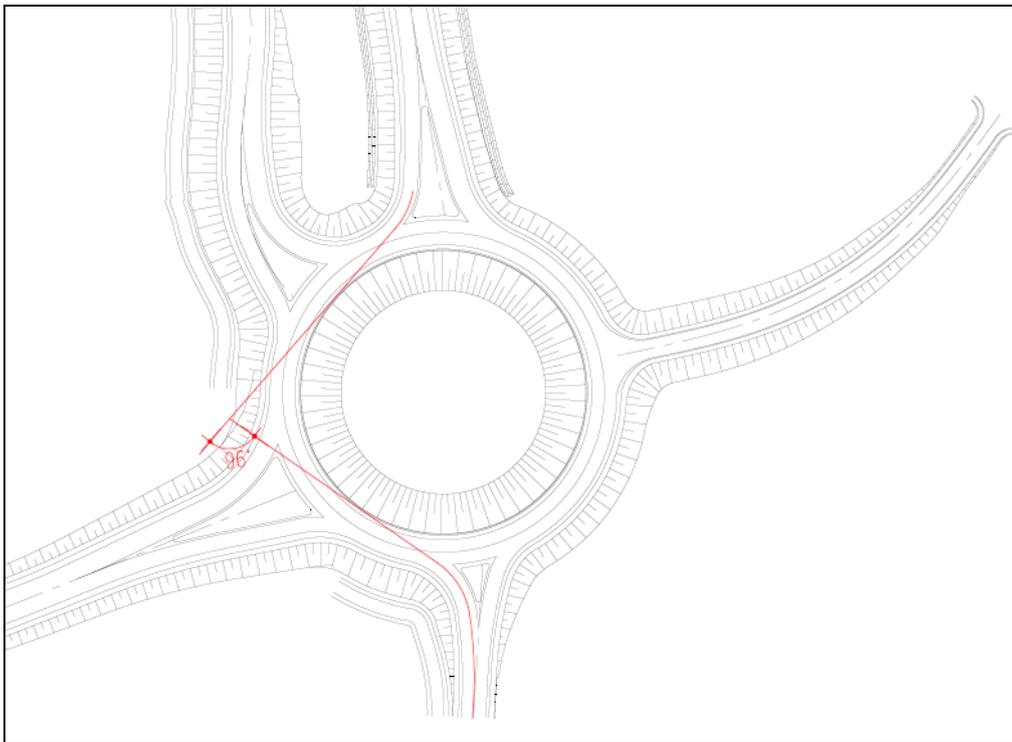


FIGURA 2.6.1-1 – ANGOLI DI DEFLESSIONE TRA I RAMI PRINCIPALI

2.11. CORSIE DI IMMISSIONE (O DI ENTRATA)

La corsia di immissione realizza l'ingresso del ramo di svincolo nel tracciato principale. Il tronco di tale corsia, parallelo all'asse autostradale (da sommare al tronco di raccordo e al tratto a curvatura variabile), è stato dimensionato prendendo in considerazione il più gravoso tra i valori ottenuti con il criterio cinematico e con quello funzionale mediante i metodi dell'HCM.

Lo schema geometrico utilizzato per la progettazione, è descritto dalla figura seguente.

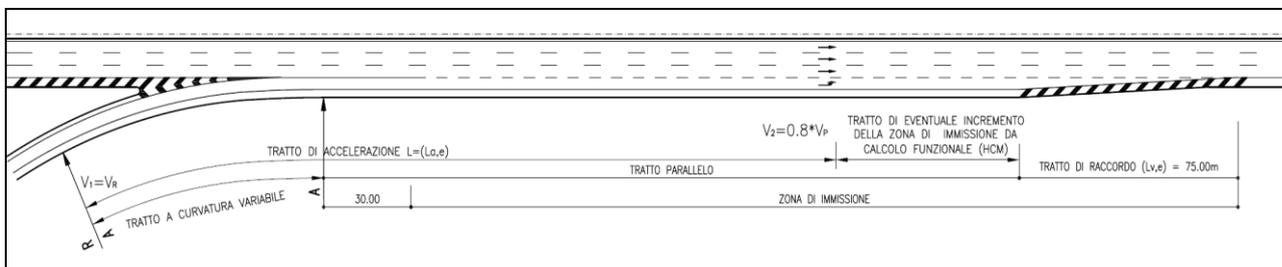


FIGURA 2.5-1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELLA CORSIA DI IMMISSIONE

2.11.1. Tratto di accelerazione di lunghezza $L_{a,e}$

$L_{a,e}$ si calcola secondo la formula del moto uniformemente accelerato:

$$L_{a,e} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s), è pari all'80% della velocità di progetto, desunta dai diagrammi di velocità, del tratto di tracciato principale in cui si realizza immettere dei veicoli. Per l'asse della Cispadana in condizioni di percorrenza alla velocità massima di progetto ($v_p=140\text{km/h}$ per l'intero sviluppo) la velocità di immissione è pari a $v_1=112\text{ km/h}$;
- v_2 (m/s), è la velocità di progetto, desunta dal diagramma di velocità, del punto di inizio della corsia di immissione (punto di passaggio dal raccordo circolare alla clotoide di accelerazione);
- "a" (m/s^2) è l'accelerazione pari a $1,0\text{ m/s}^2$.

2.11.2. Elemento di raccordo di lunghezza $L_{v,e}$

Il tratto di raccordo $L_{v,e}$ si dimensiona con criteri geometrici in base alla velocità di progetto della strada principale:

per $V_p > 80$ km/h $L_{v,e} = 75$ m

2.11.3. Verifica funzionale della zona di immissione

La zona di immissione corrisponde alla lunghezza complessiva del tratto di corsia specializzata in cui è ammessa la manovra di immissione (tratto con linea tratteggiata pari alla somma del tratto parallelo, a meno dei primi 30 metri, e del tratto di raccordo).

Al fine di individuare il grado di performance dello scambio di flusso veicolare, occorre effettuare una verifica funzionale dell'intera "zona di immissione"; essa verrà condotta in riferimento ai contenuti dell'Highway Capacity Manual (HCM 2000), assicurandosi che fornisca un livello di servizio LOS B o comunque non inferiore a quella offerta nel tratto autostradale a valle.

2.12. CORSIA DI DIVERSIONE (O DI USCITA)

Realizza l'uscita dal tracciato principale; per l'asse della Cispadana si utilizza la soluzione di uscita parallela come mostrato nella figura seguente.

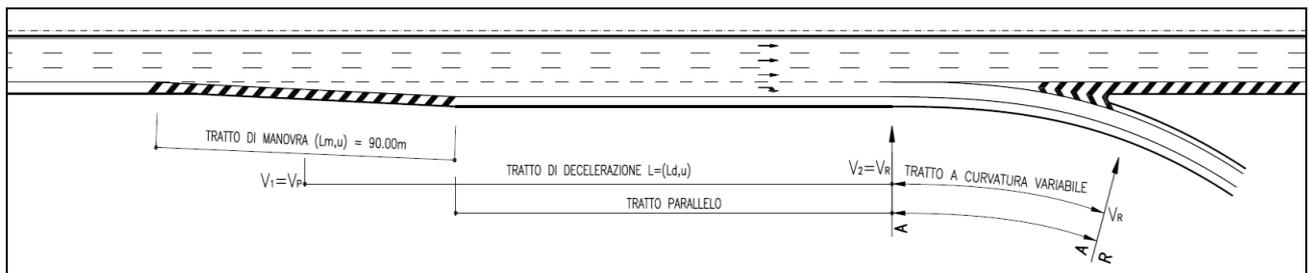


FIGURA 2.6-1 – SCHEMA PLANIMETRICO DELLA CORSIA DI DIVERSIONE

2.12.1. Tratto di manovra di lunghezza $L_{m,u}$

Si dimensiona con criteri geometrici in base alla velocità di progetto della strada principale:

per $V_p > 120$ km/h $L_{m,u} = 90$ m

2.12.2. Tratto di decelerazione di lunghezza $L_{d,u}$

Si dimensiona con il criterio cinematico (moto uniformemente accelerato) secondo la formula:

$$L_{d,u} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{d,u}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- v_1 (m/s) , è la velocità di progetto, desunta dai diagrammi di velocità, del tratto di tracciato principale da cui provengono i veicoli in uscita. Per l'asse della Cispadana lungo l'intero sviluppo si assume $v_1=140$ km/h;
- v_2 (m/s) , è la velocità di progetto del raccordo circolare di deviazione;
- "a" (m/s²) è la decelerazione assunta pari a 3,0 m/s².

Il tratto di decelerazione comprendente metà tratto di manovra e termina in corrispondenza dell'inizio della curva a raggio variabile di raccordo all'elemento circolare.

3. VERIFICHE DI VISIBILITÀ E DIAGRAMMI DELLE VELOCITÀ

3.1. CRITERI PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DI VISIBILITÀ

Per distanza di visuale libera o di visibilità si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

La distanza di visuale libera deve essere confrontata, a seconda dei casi, con le seguenti distanze definite nel D.M. 5/11/2001:

- Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto;
- Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto;
- Distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

Per le rampe dello svincolo di Poggio Renatico, costituite da una unica carreggiata sempre unidirezionale, si escludono il calcolo della distanza di visibilità per il cambio corsia e per il sorpasso. Quest'ultimo in quanto sulla stessa carreggiata non vi sono veicoli marcianti in senso opposto.

3.1.1. Distanza di visibilità per l'arresto

Il D.M.5.11.2001 stabilisce che lungo tutto il tracciato deve essere assicurata la distanza di visibilità per l'arresto.

Tale distanza si calcola secondo la seguente formula integrale:

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

dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
- D_2 = spazio di frenatura
- V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h]
- V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
- τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s^2]
- R_a = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica R_a si valuta con la seguente espressione :

$$R_a = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [N]$$

dove:

- C_x = coefficiente aerodinamico
- S = superficie resistente [m²]
- ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m³]

Con riferimento alla categoria A "Autostrade in ambito extraurbano" la normativa fornisce per f_l i seguenti valori che sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm):

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
f_l Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

TABELLA 3.1.1-1 – VALORI DI f_l IN FUNZIONE DELLA VELOCITÀ

Nel caso della Autostrada Regionale Cispadana, si è fatto riferimento al seguente diagramma nel quale sono rappresentate, per l'ambito autostradale, le distanze di visibilità per l'arresto calcolate in funzione della velocità di progetto e della pendenza longitudinale.

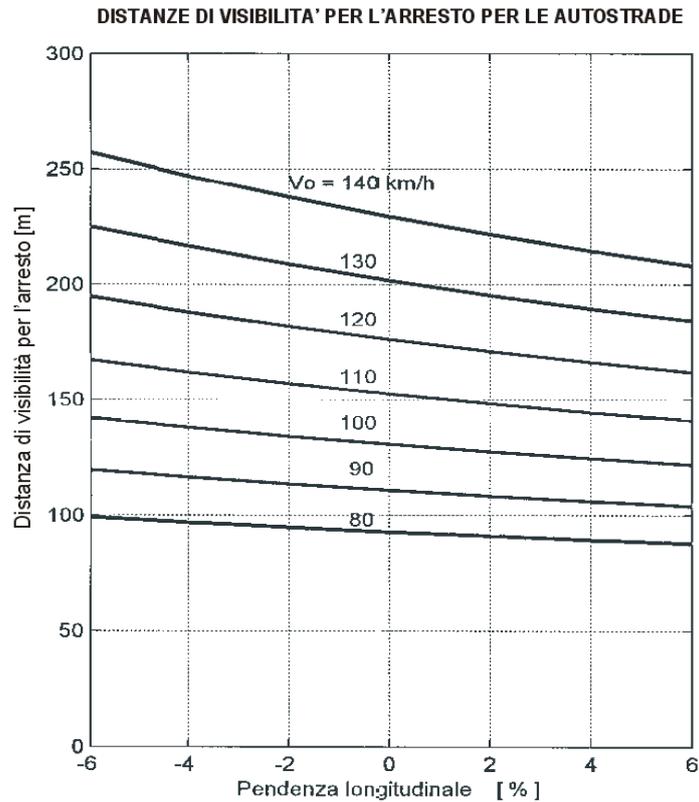


FIGURA 3.1.1 -2 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO IN FUNZIONE DI V_p E PENDENZA LONGITUDINALE

In corrispondenza dei raccordi verticali si assume come valore di pendenza, la media algebrica delle pendenze delle due livellette raccordate.

Al fine di garantire le distanze di visuale libera per l'arresto, sono stati previsti i seguenti allargamenti della banchina in sinistra. Per ciascun ramo, si riportano nel seguito le progressive dei tratti interessati dagli allargamenti e i corrispondenti valori massimi di allargamento della piattaforma stradale (per i dettagli si rimanda agli specifici elaborati grafici di progetto):

- **Ramo CR/FC-CR:** 0.70 m margine sinistro da prog 0+ 000,00 m a 0+ 300,00 m
- **Ramo CR :** 0.70 m, margine sinistro da prog 0+ 000.00 m a 42,000 m
- **Ramo SR :** 1.15 m, margine sinistro da prog 0+ 150.00 m a 350,000 m

3.1.2. Verifiche del diagramma di velocità

Le verifiche di velocità dei vari rami costituenti lo svincolo non risultano necessarie in quanto tali diagrammi (come mostrato nei sotto paragrafi successivo) hanno un andamento costante e pari alla velocità di progetto dell'elemento considerato.

3.2. SRA21 – “RAMO CR/FC”

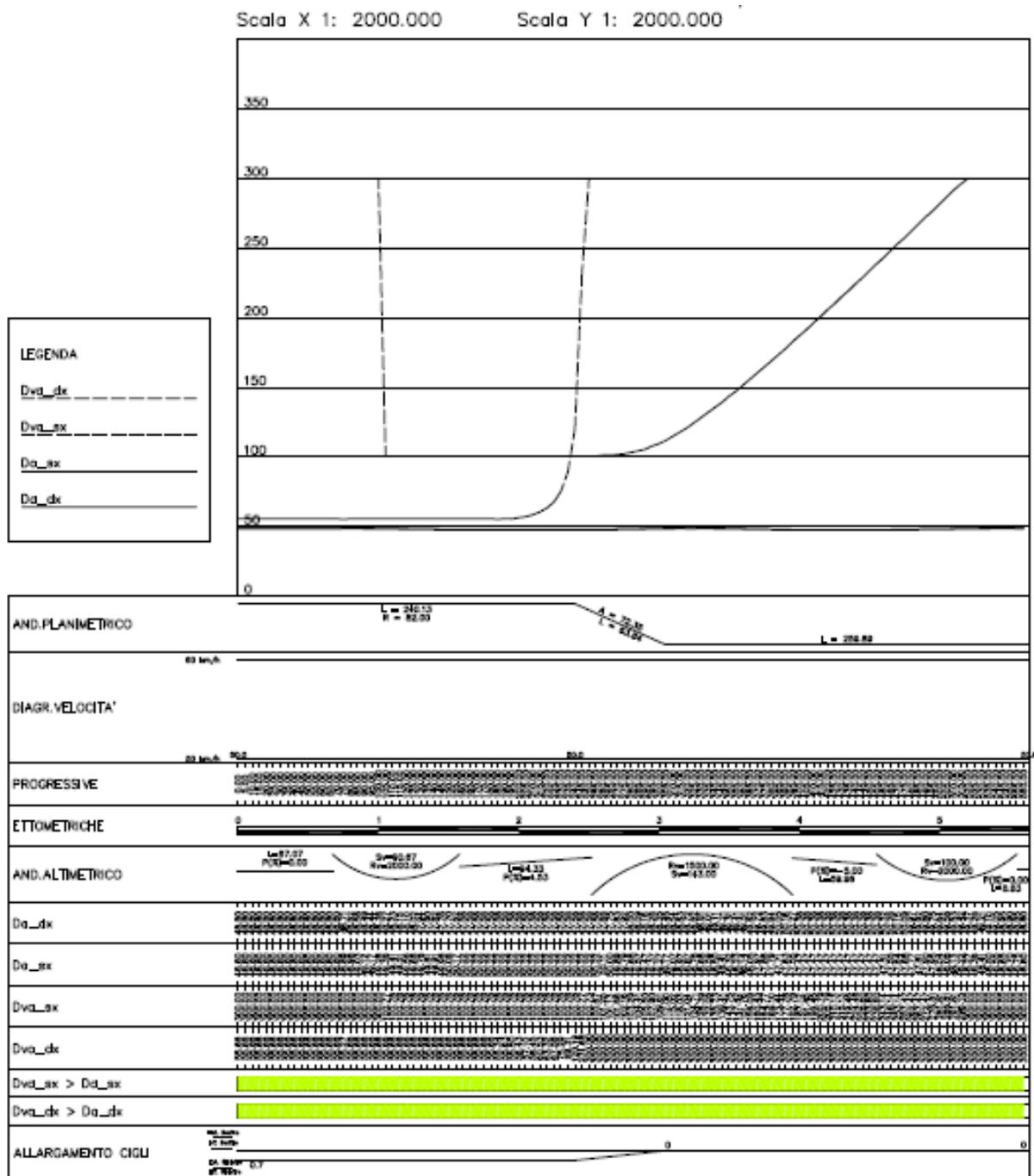


FIGURA 3.2-1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

In ogni punto del tracciato la distanza di visuale libera risulta maggiore della distanza di visibilità per l'arresto. Per garantire tali distanze è stato necessario predisporre un allargamento della carreggiata in sinistra di 0,70 m in corrispondenza della curva planimetrica di raggio 82m.

3.3. SRA22- "RAMO FC"

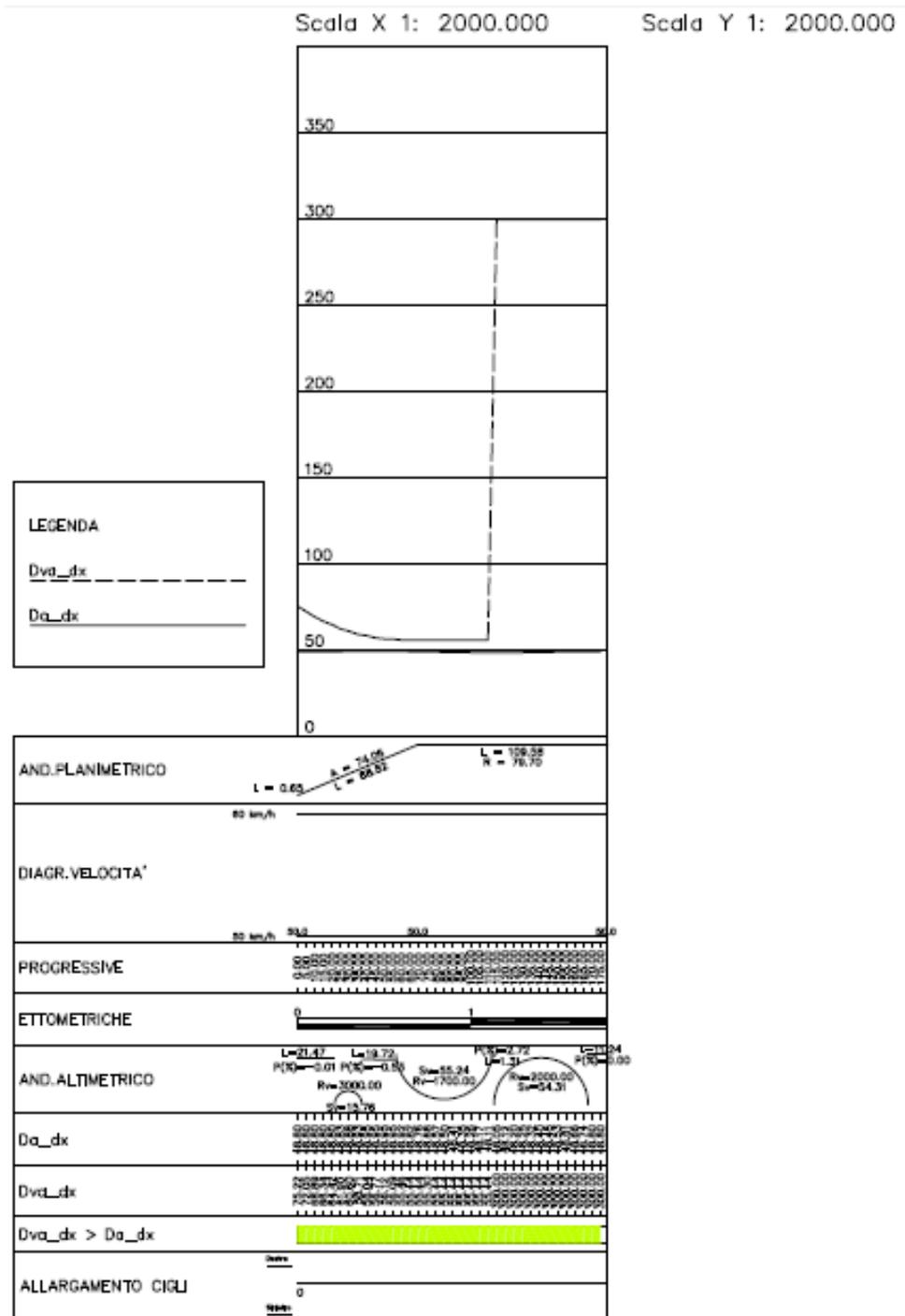


FIGURA 3.3-1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

In ogni punto del tracciato la distanza di visuale libera risulta maggiore della distanza di visibilità per l'arresto.

3.4. SRA21 – “RAMO CR”

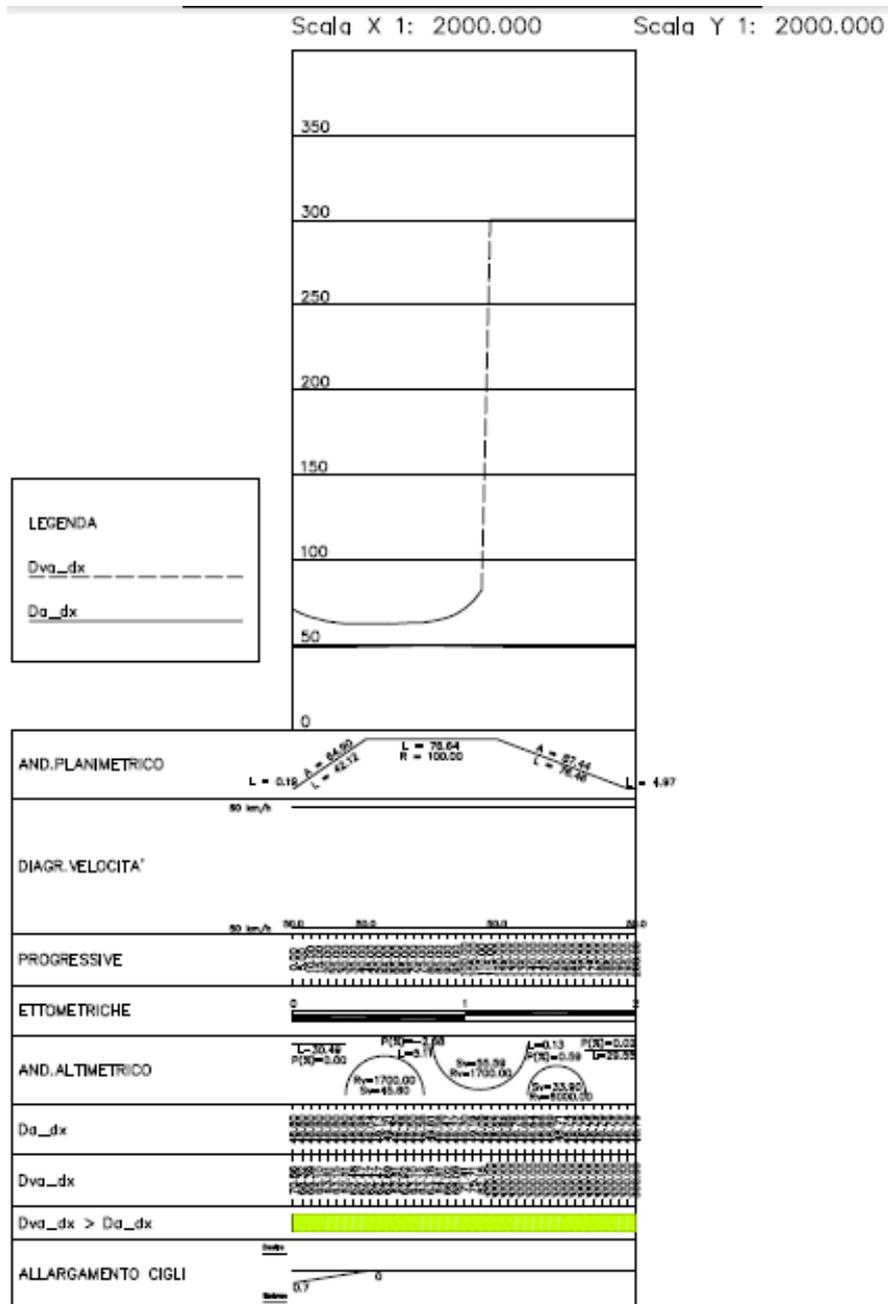


FIGURA 3.4-1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

In ogni punto del tracciato la distanza di visuale libera risulta maggiore della distanza di visibilità per l'arresto. Per garantire tali distanze è stato necessario predisporre un allargamento della carreggiata in sinistra 0,70 m in corrispondenza della curva planimetrica di raggio R=76,64 m.

3.5. SRA24 - "RAMO CF"

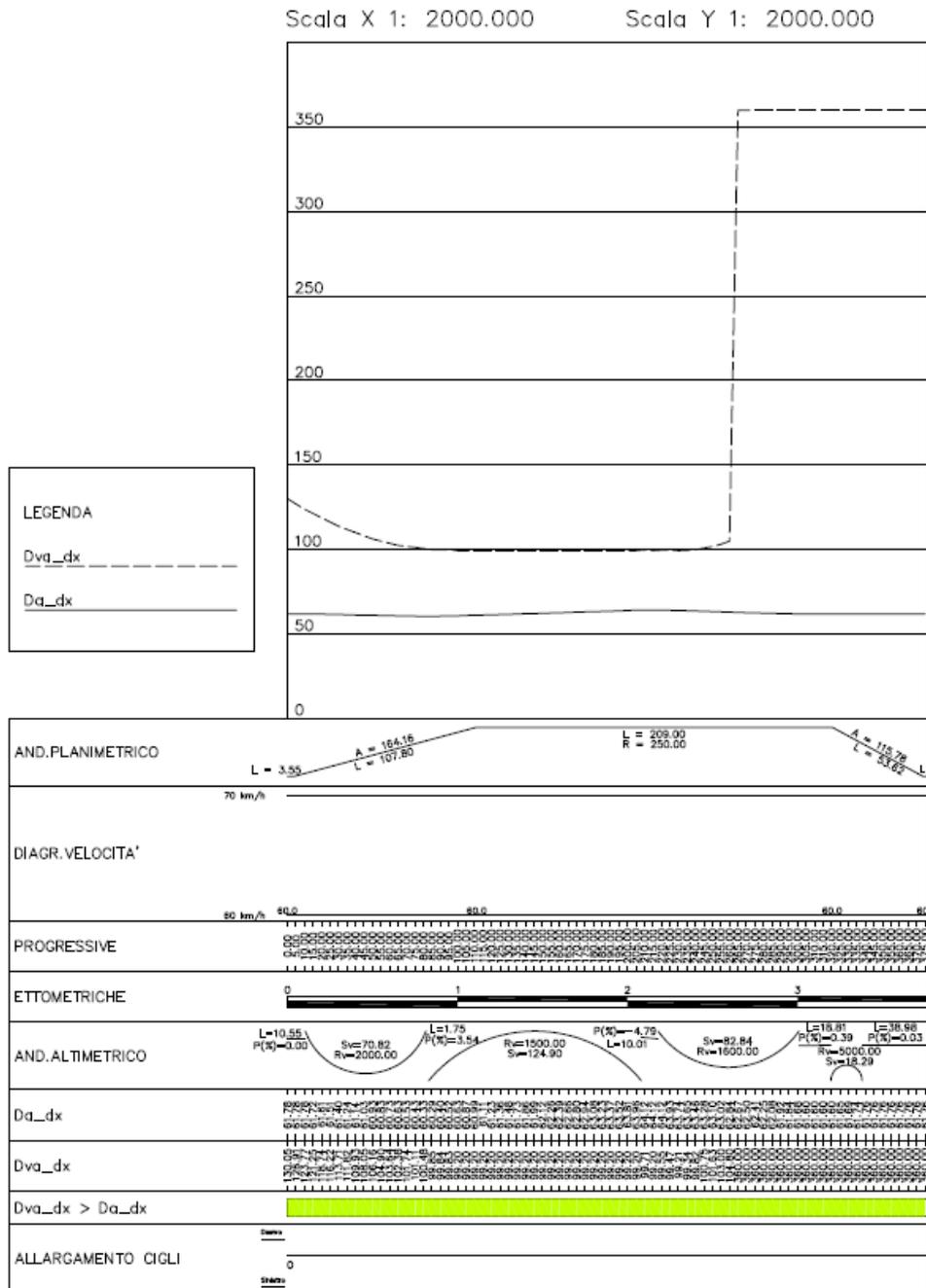


FIGURA 3.5-1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

In ogni punto del tracciato la distanza di visuale libera risulta maggiore della distanza di visibilità per l'arresto.

3.6. SRA23 – “RAMO RC”

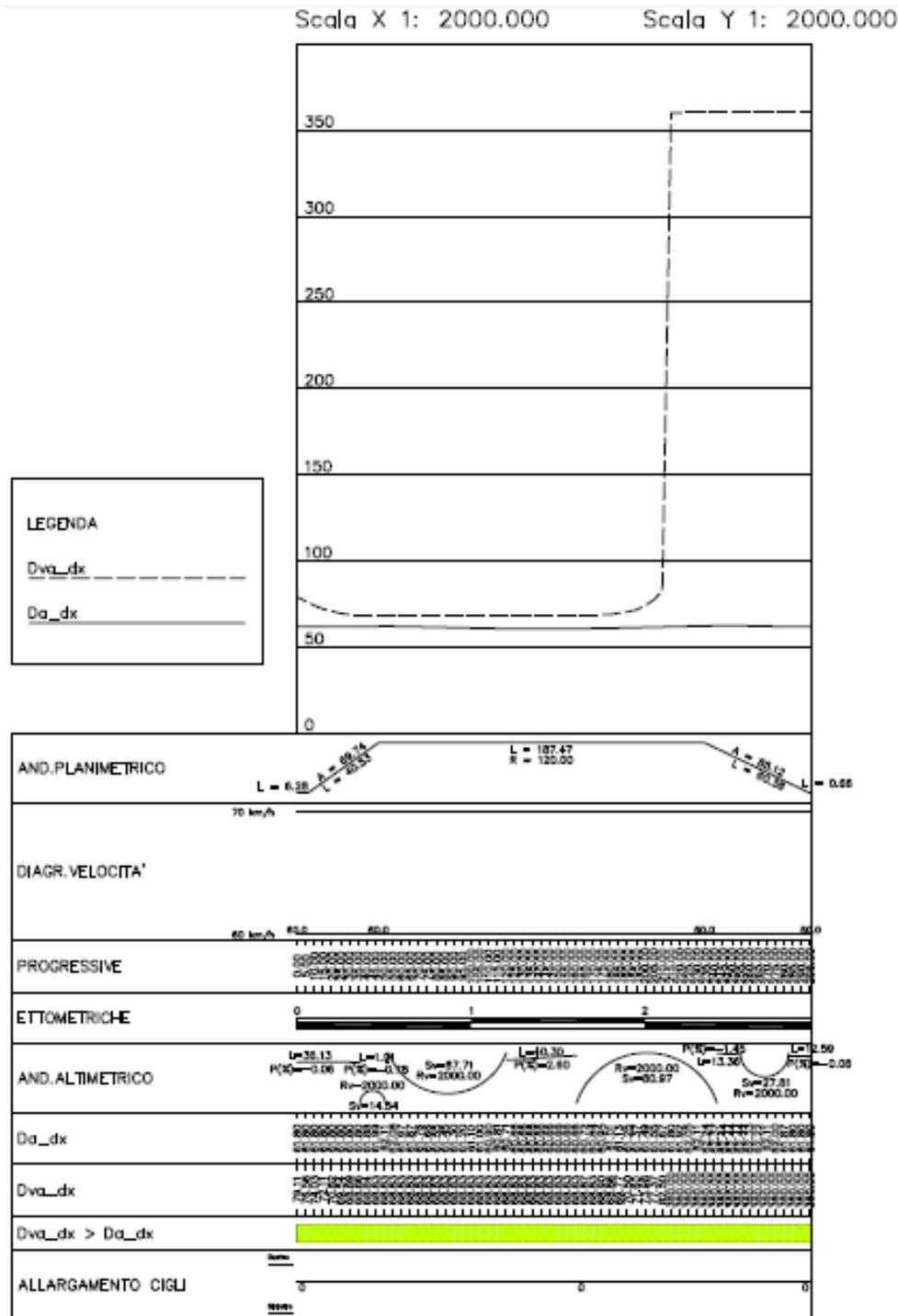


FIGURA 3.6-1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

In ogni punto del tracciato la distanza di visuale libera risulta maggiore della distanza di visibilità per l'arresto.

3.7. RAMO SR

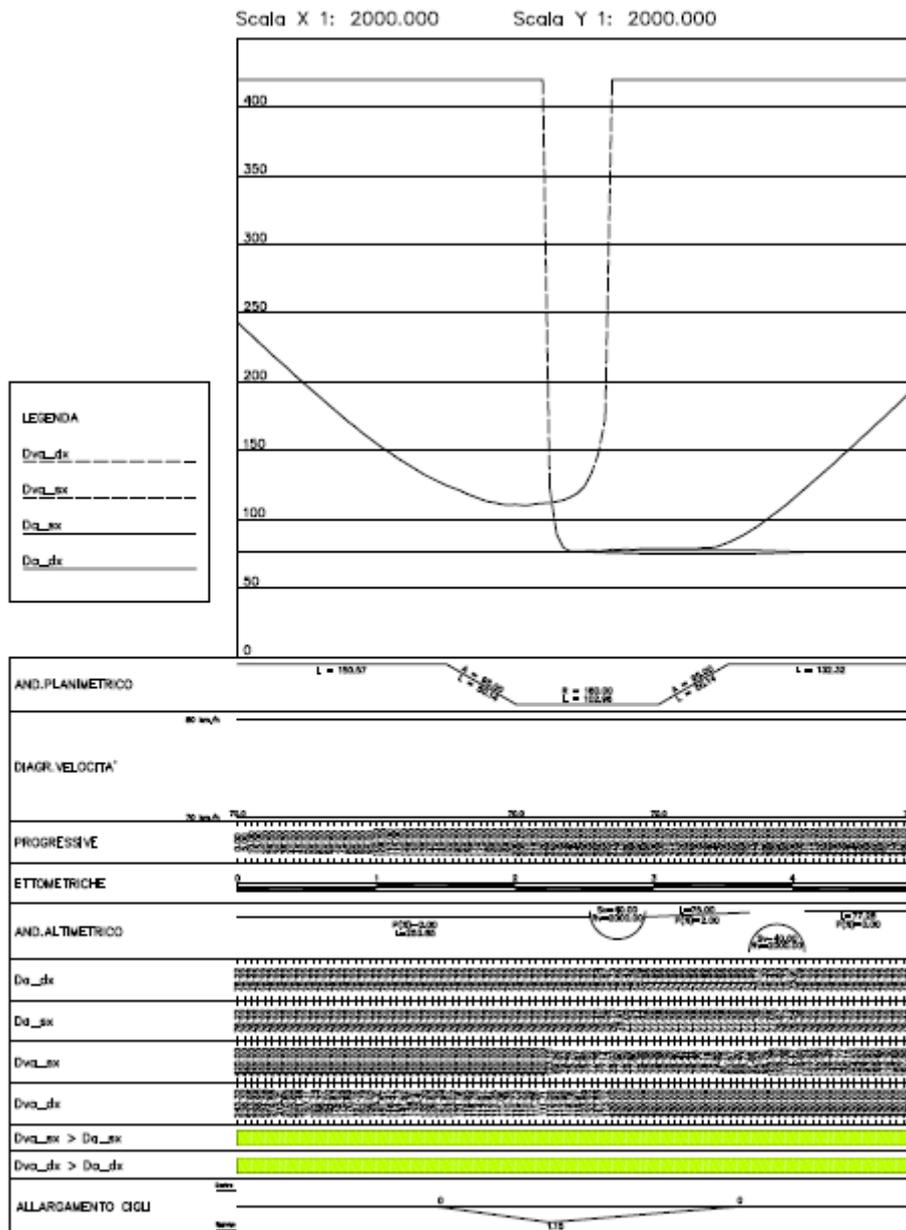


FIGURA 3.7-1 – DISTANZA DI VISIBILITA' PER L'ARRESTO

In ogni punto del tracciato la distanza di visuale libera risulta maggiore della distanza di visibilità per l'arresto. Per garantire tali distanze è stato necessario predisporre un allargamento della carreggiata in sinistra esterna di 1,15 m in corrispondenza della curva planimetrica di raggio R=180,00 m.

4. SEZIONI TIPO

In merito alle dimensioni trasversali degli elementi che compongono le rampe, si riporta la seguente tabella del D.M. 2006. I valori indicati sono da considerarsi minimi, e si riferiscono alle sezioni standard in assenza di allargamenti per la visibilità.

Strade extraurbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di uscita e di immissione	A	3,75	2.50	-
	B	3,75	1.75	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
	B	1 corsia: 4,00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3,50		
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3,50	1.00	-
	B	1 corsia: 3,50	1.00	-

TABELLA 4.1-1 – VALORI MINIMI DEGLI ELEMENTI MODULARI (D.M. 24/07/2006)

Per le diverse rampe di progetto sono state utilizzate, per ciascun elemento stradale, dimensioni maggiori rispetto a quelle previste in tabella; questo al fine di garantire la percorribilità del flusso veicolare anche in caso di parzializzazione della piattaforma durante le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Sono state assunte le seguenti dimensioni:

- rampa monodirezionale ad una corsia:
larghezza complessiva della sezione pari a 8,00 m costituita da una corsia di marcia di 4,00 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;
- rampe monodirezionali a due corsie:
larghezza complessiva della sezione pari a 11,50 m costituita da due corsie di marcia di 3,75 m, una banchina in sinistra di 1,00 m e una banchina in destra di 3,00 m;
- rampe bidirezionali a 2 corsie:
larghezza complessiva della sezione pari a 10,50 m costituita da due corsie di marcia di 3,75 m e una banchina in destra di 1,5 m;

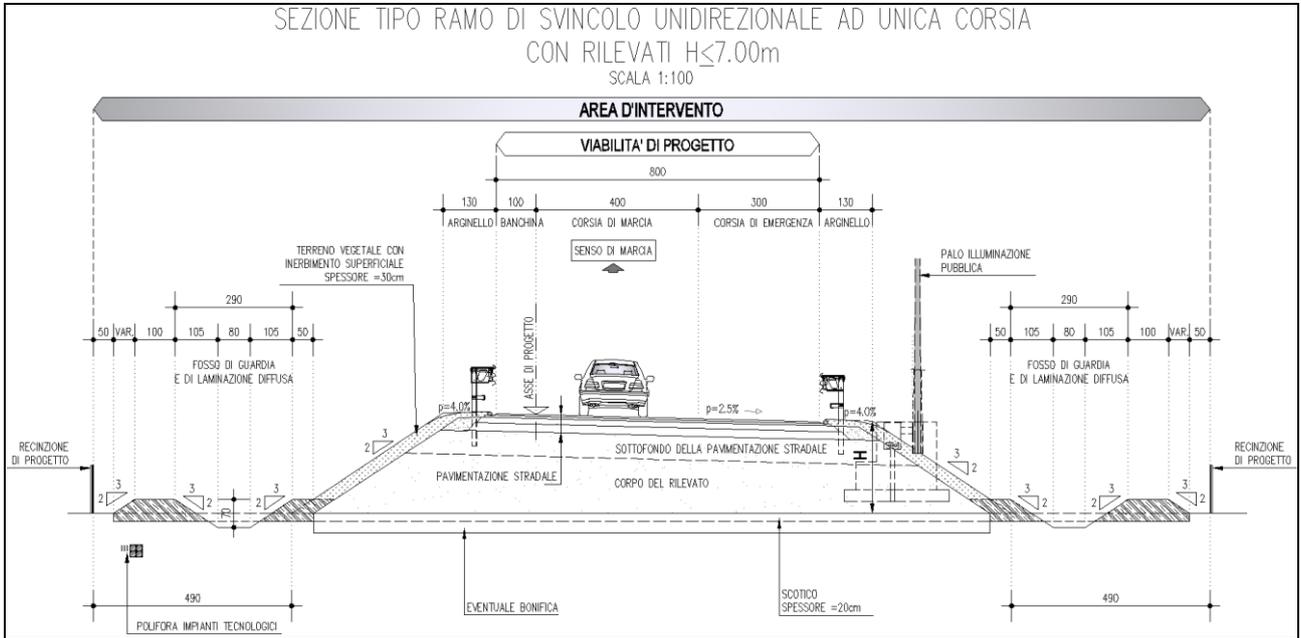


FIGURA 4-1- SEZIONI TIPO PER RAMPE UNIDIREZIONALI AD UNICA CORSIA

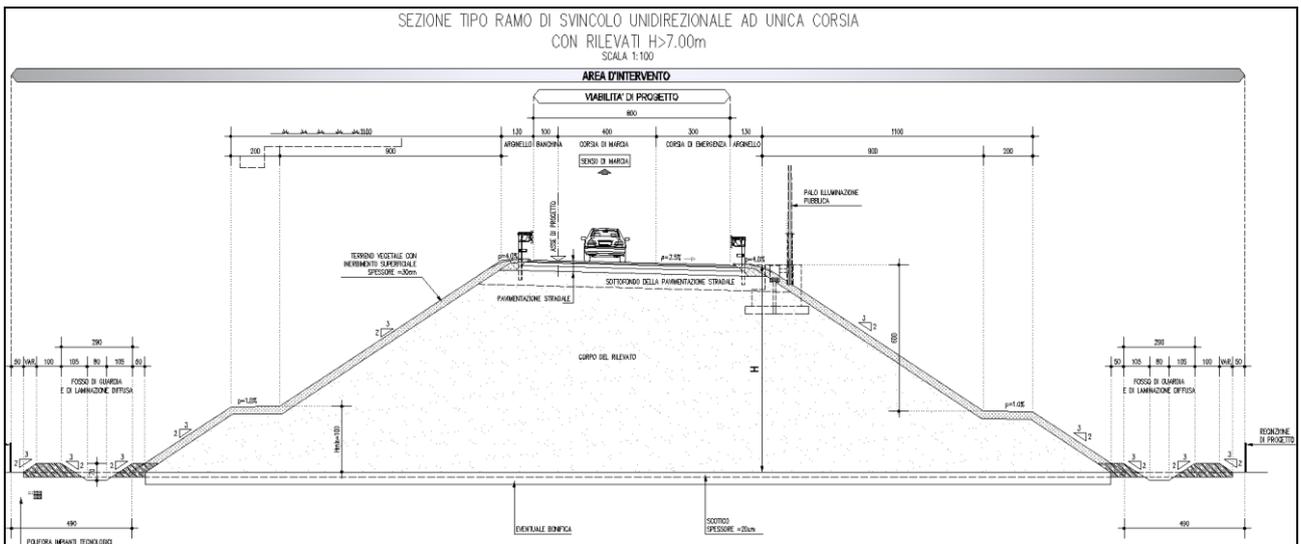


FIGURA 4-2- SEZIONI TIPO PER RAMPE UNIDIREZIONALI AD UNICA CORSIA CON H > 7m

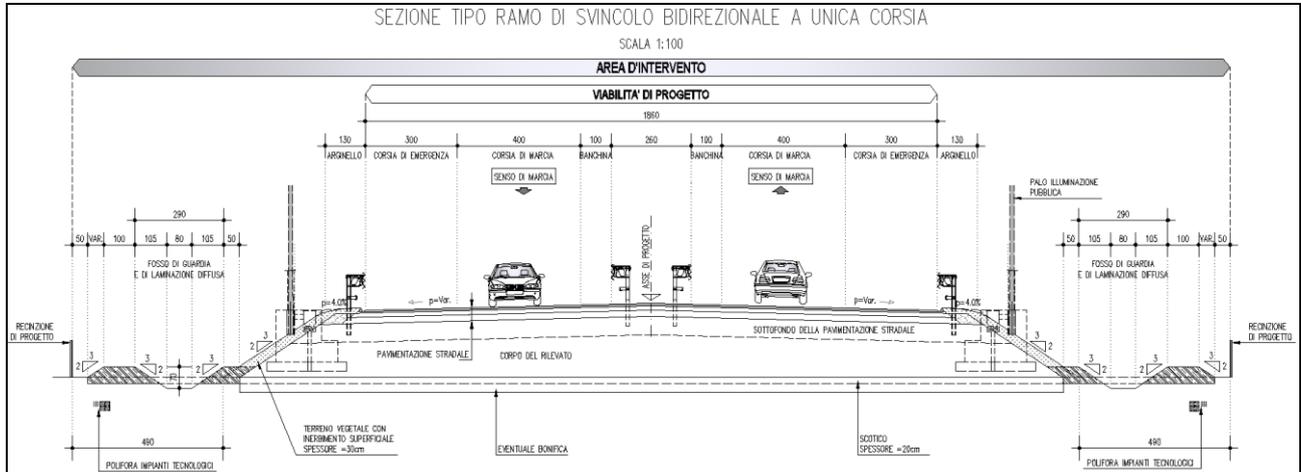


FIGURA 4-3 – SEZIONI TIPO PER RAMPE BIDIREZIONALI AD UNICA CORSIA

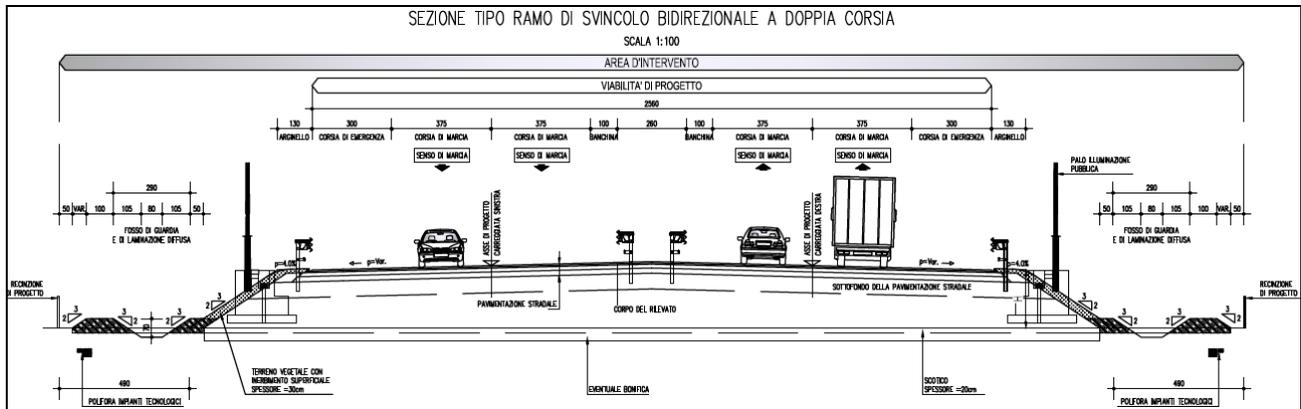


FIGURA 4-4 – SEZIONI TIPO PER RAMPE BIDIREZIONALI A DOPPIA CORSIA

Per rilevati con altezza superiore di 7 m, è stata prevista la realizzazione di una ribanca di larghezza 2 m, posta 6 m al di sotto della quota di progetto.

La sistemazione della sede stradale è stata effettuata conferendo alle scarpate dei rilevati una pendenza adeguata alla stabilità del corpo autostradale e pari a 2/3.