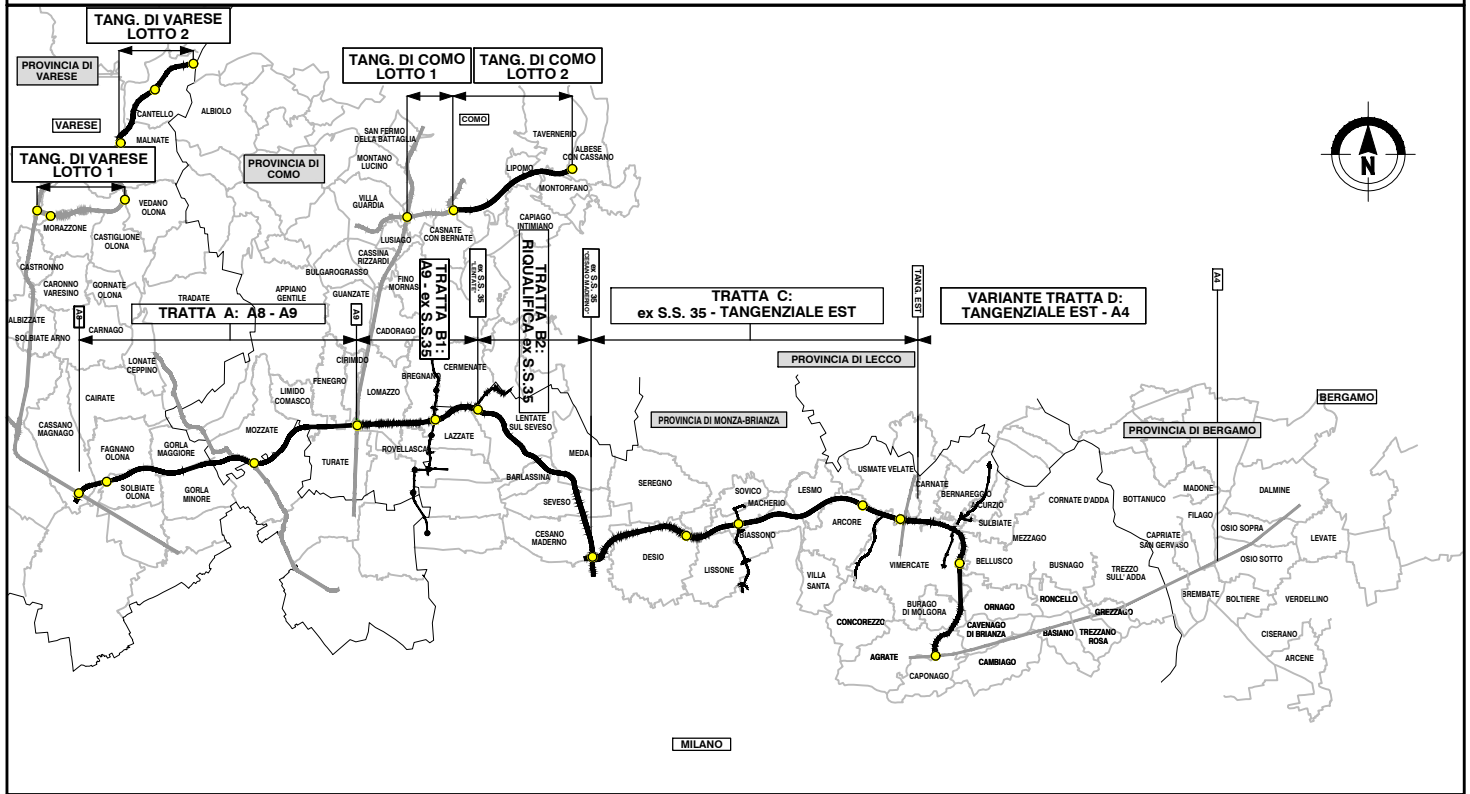


QUADRO DI UNIONE GENERALE



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO DEFINITIVO VARIANTE TRATTA D

PROGETTO STRADALE
PARTE GENERALE
Relazione tecnica stradale

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	SD	DD	000	0000	000	RT	001	A

DATA 30 Giugno 2023

SCALA -

PROGETTAZIONE



DATA	REVISIONE	
Giugno 2023	EMISSIONE	A

ELABORAZIONE PROGETTUALE

Direzione Ingegneria BIM Center
Arch. Fabio Massimo Saldini
RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Ing. Lucia Samorani

Redatto: Ing. Norese
Visto: Ing. Samorani
Contributo specialistico: Ing. Lambozzo

CONCEDENTE



CONCESSIONARIO

Direttore Ingegneria e BIM Center: Arch. Fabio Massimo Saldini
Direttore Tecnico: Ing. Paolo Simonetta
Responsabile Funzione Tecnica, Project Financing e ACT: Ing. Andrea Monguzzi

VERIFICA E VALIDAZIONE

RTI: Conteco Check S.r.l. (Mandante), Rina Check S.r.l. (Mandataria), Bureau Veritas Italia S.p.a. (Mandataria)

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge. This document may not be copied, reproduced or published either in part or entirely without the written permission of Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A. Unauthorized use will be persecuted by law.

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

VARIANTE TRATTA D PROGETTO STRADALE

RELAZIONE TECNICA STRADALE

1. SOMMARIO

1. SOMMARIO	1
2. PREMESSA	1
3. ASSE PRINCIPALE	3
3.1 Descrizione del tracciato	3
3.2 Aspetti normativi	5
3.3 Sezione stradale tipo	5
3.4 Geometria dell'asse stradale: andamento planimetrico	10
<i>Rettifici</i>	10
<i>Curve circolari</i>	12
<i>Pendenze trasversali nei rettifici e nelle curve circolari</i>	13
<i>Curve a raggio variabile</i>	15
3.5 Distanze di visibilità	19
<i>Distanza di visibilità per l'arresto</i>	19
<i>Distanza di visibilità per il cambio corsia</i>	21
3.6 Geometria dell'asse stradale: andamento altimetrico	23
3.7 Diagramma di velocità - visibilità	26
<i>Allargamenti per la visibilità</i>	26
3.8 Coordinamento planoaltimetrico	28
4. INTERCONNESSIONI E SVINCOLI	29
4.1 Descrizione degli svincoli	29
4.2 Aspetti normativi	29
4.3 Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo	30
4.4 Corsie di accelerazione	31
<i>DM 19 Aprile 2006</i>	31
4.5 Corsie di decelerazione	32
<i>DM 19 Aprile 2006</i>	32
4.6 Sezione stradale tipo	33
4.7 Dimensionamento degli Elementi geometrici degli svincoli	34
<i>Interconnessione A51</i>	34
<i>Svincolo di Vimercate</i>	37
<i>Interconnessione TEEM – A4</i>	42
5. VIABILITA' INTERFERENTE CON LE ESISTENTI	60
5.1 Interferenze con le viabilità esistenti.....	60

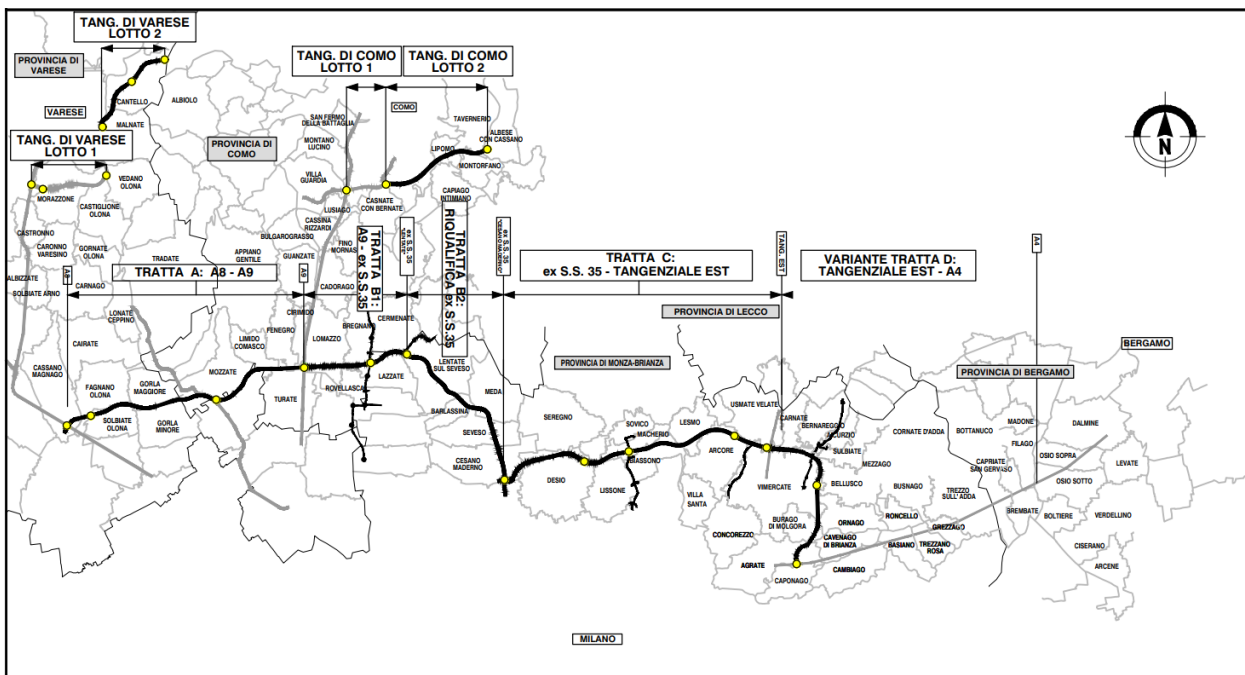
2. PREMESSA

La presente relazione descrive il progetto stradale della illustrando i criteri utilizzati per le scelte progettuali, i dimensionamenti dell'asse principale, degli svincoli e relative corsie di accelerazione e decelerazione, delle intersezioni e delle viabilità relative alle opere connesse.

La presente relazione intende illustrare gli obiettivi e le soluzioni progettuali adottate nonché le caratteristiche geometriche della Variante Tratta D dell'Autostrada Pedemontana Lombarda, in ottemperanza alle prescrizioni contenute nelle delibere CIPESS e necessarie ai fini del corretto funzionamento della rete viabilistica di progetto. Nello specifico la tratta in esame collega il Comune di Carnate in corrispondenza dell'interconnessione con la Tangenziale Est (appartenente alla Tratta C) ai comuni di Agrate e Caponago in corrispondenza dell'interconnessione esistente tra l'autostrada A4 e la Tangenziale Est Esterna.

Nella configurazione plano-altimetrica elaborata in sede di progettazione definitiva il progetto prevede complessivamente 2 interconnessioni con altre arterie autostradali e 1 svincolo con la viabilità locale in Comune di Vimercate.

Il pro si sviluppa con andamento prevalentemente Nord-Sud, interessando il territorio della Provincia di Monza e Brianza, in particolare i Comuni di Carnate, Vimercate, Bernareggio, Bellusco, Ornago, Burago di Molgora, Agrate Brianza e Caponago.



PROGETTO DEFINITIVO

L'attività progettuale per la definizione dei tracciati plano-altimetrici è stata sviluppata in modo tale che le caratteristiche geometriche e funzionali rispondessero a tutti i requisiti di sicurezza e correttezza degli elementi progettuali richiesti dal quadro normativo vigente, oltre a rispondere a tutte le varianti risultanti dalle prescrizioni ottenute attraverso l'iter autorizzativo seguito dal progetto Preliminare.

3. ASSE PRINCIPALE

3.1 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il progetto definitivo della Variante della Tratta D è caratterizzato da un tracciato che, nella prima parte, ricalca l'andamento del progetto definitivo del 2010 della Tratta D lunga, per circa 1.5 km per poi piegare verso sud verso l'interconnessione esistente tra l'autostrada A4 e la Tangenziale est esterna nei comuni di Agrate e Caponago.

La variante della Tratta D presenta una lunghezza di circa 9 km. Il suo inizio è ubicato in corrispondenza dello svincolo di interconnessione con la Tangenziale Est (appartenente alla Tratta C) e prima dell'attraversamento del fiume Molgora. Il superamento del corso d'acqua viene realizzato tramite un viadotto lungo 210 m, a 5 campate, necessario per il comportamento meandriforme del fiume che tende a spostare il suo alveo all'interno di un'ampia fascia esondabile.

Nella prima parte dell'itinerario di progetto, attraversato il fiume Molgora, il tracciato si sviluppa per circa 3250 m in rilevato al fine di limitare i rischi connessi alla presenza di occhi pollini in quanto, dalle analisi condotte e più dettagliatamente specificate nella relazione geologica-geotecnica, l'area risulta presentare un alto grado di suscettibilità a tale fenomeno.

Dopo questo primo tratto in rilevato il tracciato prosegue in trincea e si approssima alla galleria artificiale in corrispondenza dell'interconnessione SP2, di nuova realizzazione prevista nei Comuni di Bellusco e Vimercate, sopra la quale viene mantenuta la continuità della viabilità locale. La galleria si sviluppa per una lunghezza di circa 450 m.

Dopo un tratto di circa 2500 m dove l'asse principale prosegue in trincea sottopassando l'interconnessione SP2 di futura realizzazione e attraversando la barriera di esazione prevista nell'intorno della pk 6+100, la morfologia del territorio consente di proseguire in rilevato per circa 800 m. Dalla pk 7+450 fino a termine dell'intervento l'asse principale prosegue in trincea fino a raccordarsi alla TEEM e all'A4 in corrispondenza dell'attuale svincolo della TEEM mediante la realizzazione della nuova interconnessione con TEEM- A4 che prevede un complesso sistema di rampe atto a garantire tutte le possibili manovre di svolta e coerentemente con lo stato di fatto dell'intersezione.

Le interferenze con la viabilità locale sono state risolte mediante la realizzazione di cavalcavia in funzione delle condizioni al contorno riscontrate nell'area; si rimanda agli elaborati specifici per maggiori dettagli. In particolare, la soluzione che prende avvio immediatamente a est dell'interconnessione con la A51 (Tangenziale Est) in località Usmate Velate (MB), aggirando ad ovest l'abitato di Ruginello e puntando a sud. Il tracciato prosegue costeggiando i comuni di Vimercate, Burago Molgora e Agrate Brianza per

terminare con l'interconnessione con l'A4 Milano – Bergamo in corrispondenza dell'attuale interconnessione con la TEEM.

L'Autostrada Pedemontana Lombarda è un'opera particolarmente complessa che si inserisce in un ambito territoriale molto urbanizzato, particolarmente ricco di vincoli al contorno (come costruzioni, piani urbanistici di espansione industriale, elementi di pregio ambientale, ecc.) che hanno portato a studiare attentamente l'andamento planimetrico al fine di minimizzare l'intrusione territoriale dell'opera. L'andamento planimetrico si è sviluppato a partire da una analisi delle condizioni al contorno che rendevano obbligato il passaggio della strada in taluni punti.

La partenza della tratta D avviene in corrispondenza dello svincolo di interconnessione con A51 e la fine della Tratta C. in tal punto il tracciato si sviluppa in coerenza con l'arrivo della precedente tratta sia da un punto di vista altimetrico che planimetrico.

L'arrivo di tratta D Breve avviene in corrispondenza dell'interconnessione esistente tra altre due arterie: la Torino – Venezia e la TEEM. Dal momento che dal punto di vista dell'asse principale la tratta D costituisce il prolungamento della TEEM, dal punto di vista planimetrico è stato necessario proseguire con il medesimo raggio di curvatura con cui termina la suddetta autostrada. Per la medesima ragione, e in considerazione del fatto che ci innestiamo su uno svincolo esistente già composto da 6 rampe, il progetto prevede il suo ampliamento e costituzione su 3 livelli e 12 rampe.

La struttura a 3 livelli consente di rendere lo svincolo più compatto da un punto di vista di consumo del territorio.

La necessità di prevedere un casello per via della differenza tra i sistemi di esazione, ho posto progettisti di fronte alla necessità di individuare un'area idonea ad un maggiore consumo di suolo che però comportasse un danno minimo al territorio. Tale area è stata individuata all'interno del vivaio abbandonato nel comune di Burago di Molgora. Di conseguenza il tracciato, in relazione anche alla necessità di proseguire lo sviluppo planimetrico di TEEM, deve effettuare un flesso planimetrico in corrispondenza dell'area boschiva a sud di C.na Magagna.

Si elencano in dettaglio le fasi e sottofasi di lavoro che vengono realizzate nell'ambito del presente appalto e che verranno esplicitate nel cronoprogramma lavori:

3.2 ASPETTI NORMATIVI

Le normative stradali hanno subito una svolta epocale con l'introduzione delle *“Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”*, di cui al Decreto del 5 novembre 2001, che ha comportato la veste di Decreto Ministeriale rispetto alle precedenti edizioni di Istruzioni e Raccomandazioni emanate dal C.N.R.

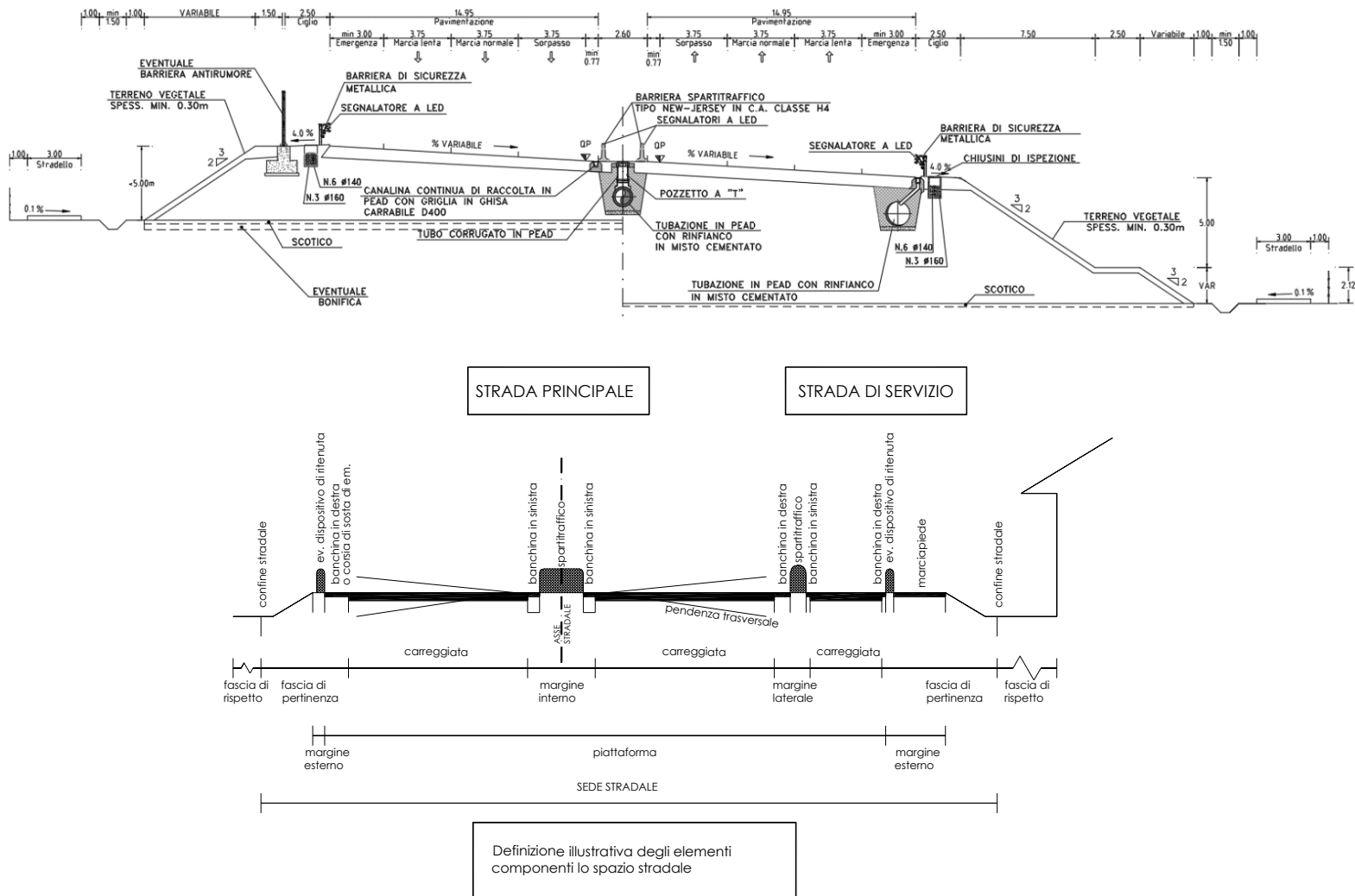
Il Decreto ha altresì introdotto importanti nuovi criteri di progettazione come una nuova organizzazione della piattaforma stradale, l'impiego di intervalli di progetto maggiori e soprattutto una diversa impostazione della geometria stradale, legata ai diagrammi di velocità e visibilità per la verifica dell'andamento planoaltimetrico del tracciato stesso.

3.3 SEZIONE STRADALE TIPO

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (ex art. 2 del Codice della Strada), l'Autostrada Pedemontana Lombarda è classificata come appartenente alla *Rete Primaria*, trattandosi di un' *Autostrada Urbana Tipo A* con intervallo di velocità di progetto pari a 80-140 km/h.

Lo stesso Decreto stabilisce quale sia l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, intendendo che tale configurazione sia da intendersi come la minima prevista dal Codice della Strada, e da verificare in funzione di esigenze normative legate ad altri settori come la larghezza minima dello spartitraffico che deve essere adeguata a consentire il corretto funzionamento delle barriere di sicurezza adottate.

Gli elementi compositivi della sezione trasversali sono descritti con riferimento alla seguente figura di cui al Decreto 5 novembre 2001:



La sezione trasversale risulta composta da 2 carreggiate ciascuna composta da n. 3 corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,75 m, separate da un margine interno minimo di larghezza pari a 4,14 m composto da uno spartitraffico minimo di 2,60 m e da n. 2 banchine in sinistra di larghezza minima di 0,77 m.

Le carreggiate prevedono inoltre una corsia di emergenza di larghezza pari a 3,00 m.

I valori dello spartitraffico e delle banchine in sinistra sono da intendersi minimi, in quanto per necessità legate alla verifica delle distanze di visibilità tali valori possono subire degli incrementi come di seguito specificato.

Nella sezione ordinaria, pertanto, la piattaforma stradale risulta avere una sezione minima pari a 31,70 m.

Per quanto riguarda i possibili casi applicativi delle sezioni tipo lungo il percorso autostradale il progetto contiene un dossier denominato “Tipologici stradali” (D SD GEA00 GE00 000 ET 000 A) nel quale sono indicate le diverse tipologie di sezioni.

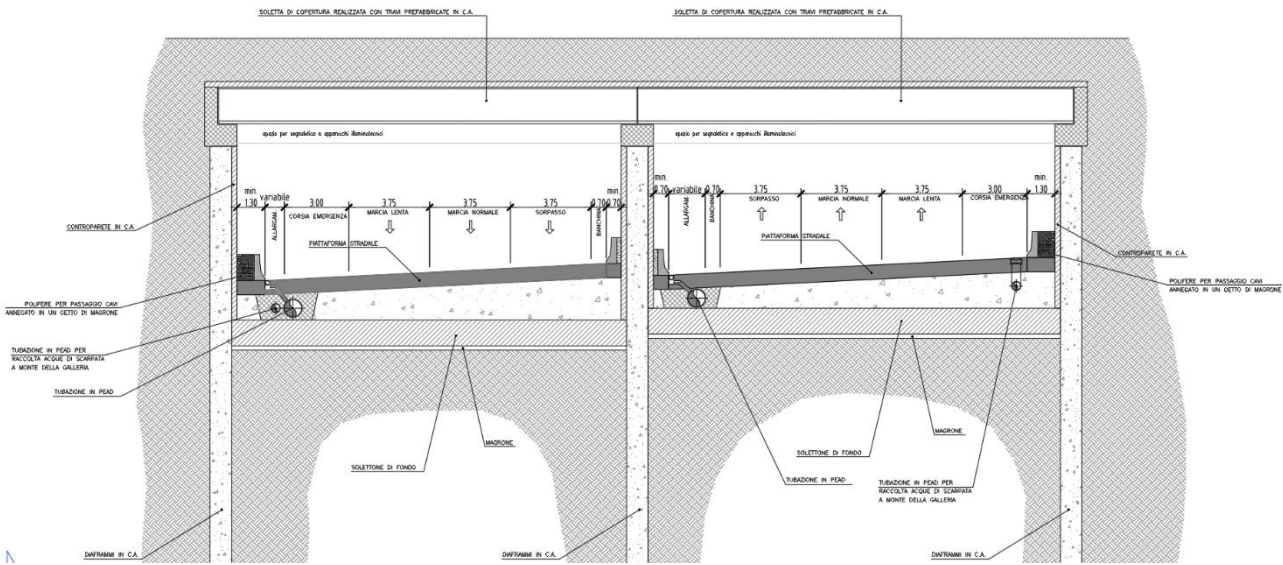
Gli elementi marginali, come cigli e cunette, sono stati progettati tenendo conto che il progetto dell’Autostrada Pedemontana Lombarda prevede il collettamento e trattamento delle acque di piattaforma dell’asse principale e degli svincoli: ne consegue che gli elementi del margine esterno presentano una larghezza tale da ospitare l’insieme di caditoie e tubazioni dedite a tale funzione, oltre a prevedere un apposito spazio per gli impianti di linea (illuminazione, cablaggio, ecc.). In particolare, il collettamento delle acque di piattaforma prevede un grigliato continuo sul margine interno della piattaforma che recapita ad un tubo di linea opportunamente dimensionato.

In accordo con quanto prescritto dal PCTP redatto dalla Provincia di Monza e Brianza, nelle situazioni in cui il tracciato si sviluppa in trincea, al sistema sopra descritto, non è stato possibile aggiungere il collettamento delle acque di scarpata a mezzo di apposite cunette, trincee drenanti e pozzi disperdenti. La motivazione risiede nel fatto che, quasi la totalità del tracciato della Variante Tratta D ricade nelle fasce di pericolosità e suscettibilità alte nei confronti del fenomeno “occhio pollino”. Date la natura e la pericolosità del fenomeno, in tali fasce, l’infiltrazione delle acque di piattaforma potrebbe causare o accelerare la formazione di nuove cavità.

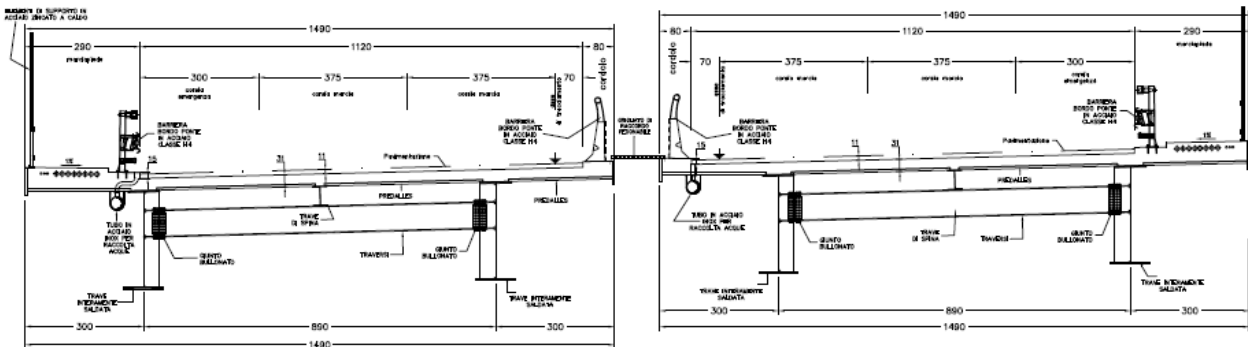
Le dimensioni del margine esterno sono pari a 2,50 m sia in trincea che in rilevato per l’asse principale e le rampe di svicolo, mentre in galleria artificiale e trincea, tra diaframmi e sulle viabilità secondarie tale valore si riduce a 1,30 m.

A titolo esemplificativo si riporta di seguito una sezione di galleria artificiale GA01 – galleria artificiale SP2, nonché unica galleria presente all’interno di questo progetto.

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
 Tratte B1, B2, C D, 2° Lotto della Tangenziale di Varese, 2° Lotto della Tangenziale di Como
PROGETTO DEFINITIVO



Quando il tracciato si sviluppa in viadotto a margine della corsia di emergenza è previsto un marciapiede rialzato con pendenza verso l'interno di larghezza minima pari a 2,70 m, comprensivi anche della larghezza della barriera di sicurezza laterale e della recinzione. Sul lato interno invece è previsto un cordolo di larghezza pari a 0,80 m che ospita anche la barriera di sicurezza laterale.

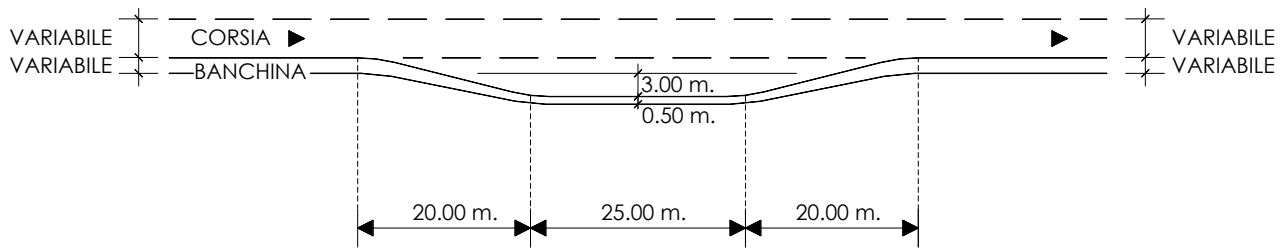


Inoltre all'interno della sezione dedicata all'idrologia e idraulica, sono presenti i particolari costruttivi dei dispositivi idraulici di smaltimento acque di piattaforma e scarpata.

Il tracciato stradale è completato ad intervalli di circa 1.000 m da piazzole di sosta di emergenza ubicate all'esterno della corsia di emergenza.

Il D.M. 5/11/2001 prevede le seguenti dimensioni minime riportate nella seguente figura:

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Tratte B1, B2, C D, 2° Lotto della Tangenziale di Varese, 2° Lotto della Tangenziale di Como
PROGETTO DEFINITIVO

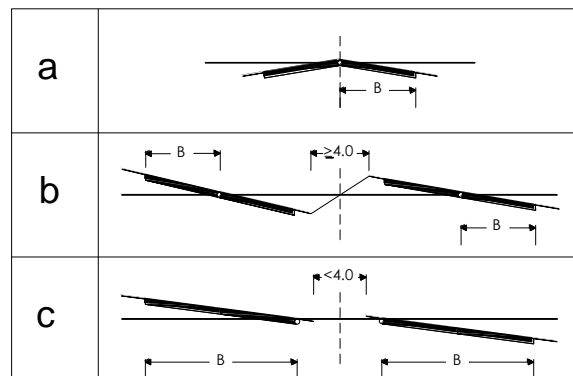


La piazzola prevista nel progetto dell'Autostrada Pedemontana Lombarda prevede dimensioni maggiori con un tratto parallelo di lunghezza pari a 50 m (contro i 25 di cui sopra), i tratti di raccordo di lunghezza pari a 20 m per uno sviluppo complessivo di 90 m contro i 65 m della normativa.

La larghezza dell'area di sosta presenta valore pari a 5,00 m (contro i 3,00 m i cui sopra).

3.4 GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE: ANDAMENTO PLANIMETRICO

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici, quali i rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile. Trattandosi di un'autostrada lo studio dell'asse planimetrico prevede due assi separati posizionati sull'interno di ciascuna carreggiata, secondo la tipologia "c" prevista nella seguente figura di cui al Decreto 5/11/2001:



Per ciascun asse è stato eseguito il tracciamento planimetrico con la convenzione che l'andamento crescente delle progressive segue la direttrice da nord verso sud. Per quanto riguarda le sezioni trasversali queste si presentano sezionando l'intera sede stradale, ma si è convenzionalmente scelto come riferimento l'asse direzione Nord e a questo si sono riferite la numerazione delle sezioni trasversali e la relativa progressiva. Si riportano di seguito i componenti geometrici costituenti il tracciato stradale.

Rettifili

Per questi elementi compositivi dell'asse planimetrico, il D.M. 5/11/2001 fissa dei valori limite, superiore e inferiore, in funzione della velocità massima di progetto.

Per il valore massimo tale adozione è dovuta alle esigenze di evitare:

- Il superamento delle velocità da Codice della Strada;
- La monotonia;
- La difficile valutazione delle distanze;
- Per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna;

Tale valore si calcola con la formula:

$$L_r = 22 \times V_{p \text{ Max}} \text{ [m]}$$

dove, per un'autostrada urbana principale classificata come A, con $V_{p,max}=140$ km/h risulta pari a 3.080 m.

Tutti i rettifili presenti lungo il tracciato non raggiungono mai questo valore limite superiore. Il valore minimo è invece fissato per poter essere correttamente percepito dall'utente, secondo i valori riportati nella tabella seguente

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Come sarà in seguito descritto, poiché il diagramma di velocità risulta costantemente livellato sul valore pari a 140 km/h, si desume che il valore minimo di lunghezza di rettilo lungo il tracciato deve essere pari a 360 m.

Tutti i rettifili lungo il tracciato presentano valori superiori ai valori limite inferiori di cui sopra: si riportano nel seguito le tabelle de rettifili che devono sottostare a tali regole.

Carreggiata direzione Nord						
Rettifilo n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Sviluppo	VP [km/h]	Lmin	Lmax
1	-167.107	418.394	585.501	140,00	360	3080,00
2	962.266	1342.827	380.561	140,00	360	3080,00
3	5012.056	6034.668	1022.613	140,00	360	3080,00
Carreggiata direzione Sud						
Rettifilo n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Sviluppo	VP [km/h]	Lmin	Lmax
1	-167.107	382.930	550.037	140,00	360	3080,00
2	994.548	1355.870	361.322	140,00	360	3080,00
3	4945.929	5976.340	1030.411	140,00	360	3080,00

Per i rettifili che si inseriscono all'interno di un flesso, come previsto dalla normativa la lunghezza massima è data dalla seguente formula:

$$L_{max} = \frac{A_1 + A_2}{12,5}$$

Lungo l'asse direzione Nord si trova un rettilo che ricade in tale casistica e verifica la regola di cui sopra, se ne dà evidenza nella tabella:

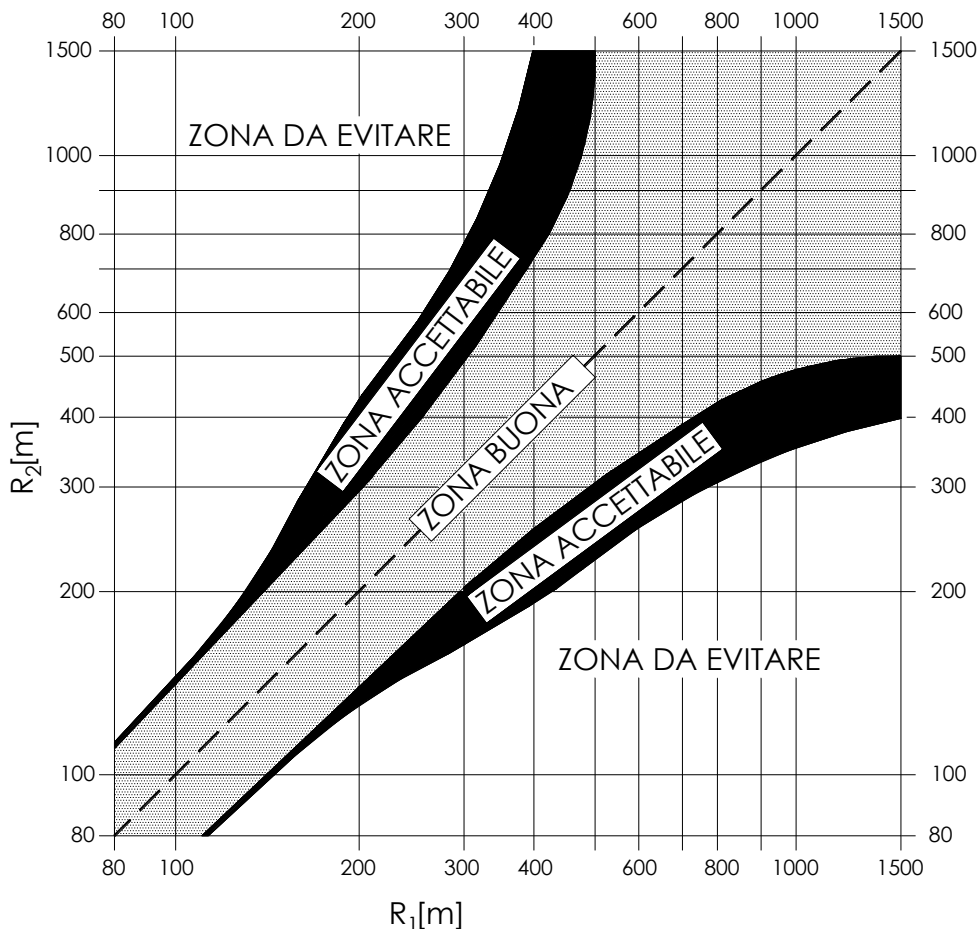
Carreggiata direzione Nord						
Rettifilo n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Sviluppo	A ₁	A ₂	L _{max}
4	7387.344	7456.986	69.642	582.000	651.029	98.64

Curve circolari

Come per i rettifili, le componenti curvilinee sono soggette a valori minimi per permettere all'utente la corretta percezione dell'elemento curvo. Vale quanto riportato nel decreto di riferimento: *una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.*

Pertanto, alla velocità di 140 km/h il valore minimo è pari a 97,22 m,

inoltre, i rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato sono regolati dall'abaco sotto riportato. In particolare, per le strade di tipo A detto rapporto deve collocarsi nella "zona buona":



Tutte le curve del tracciato risultano tra loro coerenti con tale impostazione.

Carreggiata direzione Nord				
Curva n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Raggio	Sviluppo
1	653.117	762.266	1799.999	109.150
2	1551.438	3732.906	1406.240	2181.468
3	4229.242	4620.705	1493.810	391.463
4	6317.024	7113.463	1239.600	796.439
5	7751.921	8790.556	1437.060	1038.636
6	8832.651	8964.190	1744.540	131.539
Carreggiata direzione Sud				
Curva n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Raggio	Sviluppo
1	645.743	772.104	2000.000	126.361
2	1545.220	3720.229	1399.990	2175.008
3	4217.546	4667.927	1500.000	450.381
4	6359.157	7060.062	1232.600	700.905
5	7758.265	8652.761	1400.000	894.496
6	8736.484	8957.252	1750.000	220.768

Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari

La pendenza minima trasversale in rettilineo è pari al valore di 2,5%, con le carreggiate ognuna avente il ciglio più depresso verso l'esterno.

In curva circolare invece la carreggiata è inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuto costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio; il valore massimo per una strada tipo A è pari al 7%.

La relazione matematica che regola il valore di pendenza trasversale alla velocità di progetto e al raggio di curvatura della curva è espressa dalla seguente formula:

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

dove:

V_p = velocità di progetto della curva [km/h];

R = raggio della curva [m];

q = pendenza trasversale/100;

f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente.

PROGETTO DEFINITIVO

Relativamente alla quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente $f_{t\max}$, valgono i valori della normativa di seguito riportati. Tali valori tengono conto, a favore di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

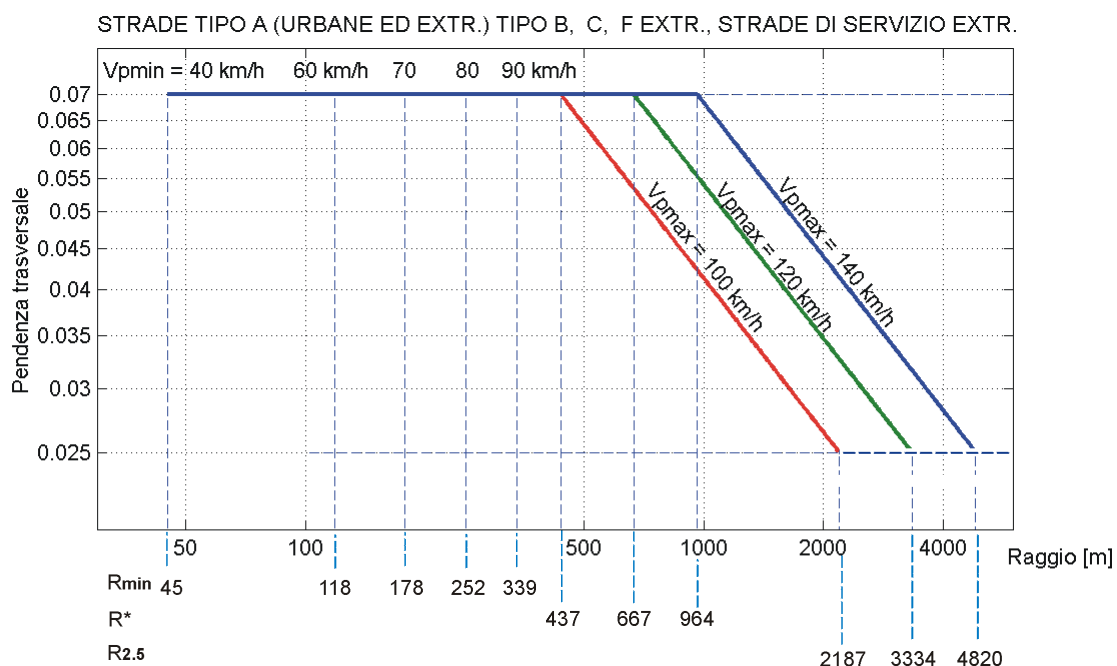
Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. $f_{t\max}$ per strade tipo A, B, C, F extraurbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. $f_{t\max}$ per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Per velocità intermedie fra quelle indicate si procede all'interpolazione lineare.

Assegnata la velocità di progetto, esiste un valore di raggio minimo che corrisponde al valore calcolato con la formula precedente, fissando la velocità al valore inferiore dell'intervallo e imponendo la pendenza trasversale massima. (rispettivamente i valori 90 km/h e 0,07): per l'Autostrada Pedemontana Lombarda tale valore risulta 339 m.

Se il raggio di curvatura è maggiore del valore $R_{2,5}$, che per le autostrade risulta pari a 4.820 m, si assume la pendenza trasversale pari al valore 2,5% come se si fosse in curva. Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale in rettilineo essendo comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo: tale valore per l'Autostrada Pedemontana Lombarda risulta è pari a $R'=10.250$ m.

Per valori intermedi del raggio R inferiori a $R_{2,5}$ si fa riferimento alla figura seguente:



Curve a raggio variabile

Tra due elementi a curvatura costante, ovvero tra curve circolari o tra rettilineo e curva circolare, la normativa prevede l'inserimento di elementi a raggio variabile, lungo le quali generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale in termini di pendenza trasversale, e, laddove necessario, della larghezza trasversale della piattaforma. Le curve impiegate a tali scopi sono denominate clotoidi e si rappresentano nella forma:

$$r \times s = A^2$$

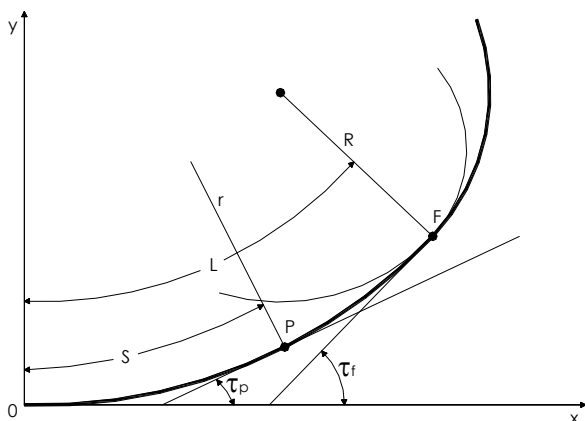
dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A = parametro di scala

Graficamente i simboli necessari alla loro definizione sono i seguenti:



Le motivazioni legate all'inserimento lungo il tracciato di tali elementi a curvatura costante sono quelle di garantire:

- una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccollo) contenuta entro valori accettabili;
- una limitazione della pendenza (o sovrappendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- la percezione ottica corretta dell'andamento del tracciato.

Da quanto sopra si evince che per valori del raggio di curvatura pari a 10.250 m non sussistono più le condizioni necessarie all'inserimento delle curve a raggio variabile, in quanto nessuna variazione della pendenza trasversale risulta necessaria, mantenendo la sagoma stradale le stesse geometrie di quelle proprie del rettilineo e l'accelerazione centrifuga non compensata assume valori estremamente bassi.

Con nota approvata dalla Concedente CAL si è ritenuto pertanto che per valori di raggio di curvatura superiori a 10.250 m l'inserimento di curve di transizione si possa omettere. Tale impostazione trova anche fondamento in altre normative stradali come, ad esempio, quella della Svizzera che per raggi oltre il valore di 3.500 m non prescrive l'adozione di raccordi clotoidici, o come la Deliberazione di Giunta Regionale del 27-9-2006 della Regione Lombardia che limita tale raggio al valore 5.000 m per le strade con limite superiore della velocità di progetto maggiore di 120 km/h.

In normativa sono presenti i criteri di dimensionamento del parametro A delle curve di transizione a curvatura variabile, che sono:

1. Criterio della limitazione del contraccolpo, che con le opportune semplificazioni e assunzioni assume la forma pratica pari a:

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

2. Criterio della limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata che assume le formule:

- Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

- Nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito, il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}}$$

3. criterio ottico: $A \geq R/3$ (Ri /3 in caso di continuità)

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, si deve verificare che:

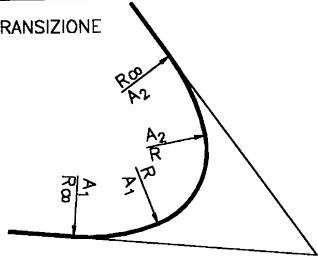
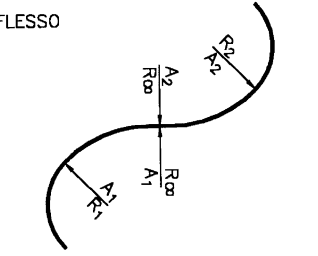
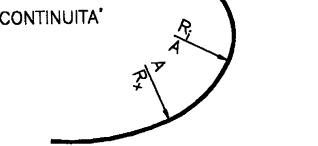
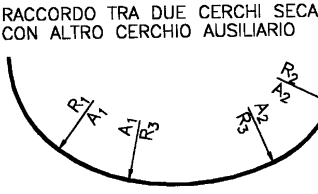
$$A \geq R$$

L'inserimento delle curve a raggio variabile deve soddisfare, oltre i criteri di dimensionamento della singola curva sopra esposti, anche le regole dettate dalla successione di più elementi vicini a formare casi particolari come:

PROGETTO DEFINITIVO

- La transizione (curva circolare con clotoidi con parametri diversi ai due lati),
- Il flesso (curve circolari di verso opposto senza interposizione di un rettilo)
- La continuità (successione di curve circolari di verso uguale senza rettifili intermedi)
- Il raccordo tra due cerchi secanti mediante cerchio ausiliario.

Tali casi sono rappresentati nella figura a fianco.

TIPOLOGIA	LIMITI
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R}{3} \leq A_1 \leq R$ $\frac{R}{3} \leq A_2 \leq R$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$
	$R_2 \leq R_1$ $A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$ FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_2$
	$R_x \leq R_i$ R_x all'interno di R_i ma non concentrico $A_{min} \leq A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_x$
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_3}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_3}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$

Nelle tabelle seguenti si riportano le curve circolari e le relative clotoidi per l'asse dir. Nord e per l'asse dir. Sud;

Carreggiata direzione Nord									
Curv a n.	Progressiv a Iniziale	Progressi va Finale	Raggio	Sviluppo	V _P	Lmin	Clotoidi		
					[km/h]		Aprec	Asuc c	A1/A 2
1	653.117	762.266	1799.999	109.150	140	97,22	650	600	1,083
2	1551.438	3732.906	1406.240	2181.468	140	97,22	600	541,6	1,107
3	4229.242	4620.705	1493.810	391.463	140	97,22	541,6	599,6	0,903
4	6317.024	7113.463	1239.600	796.439	140	97,22	599,6	582,7	1,029
5	7751.921	8790.556	1437.060	1038.636	140	97,22	582,7	651,0	0,89
6	8832.651	8964.190	1744.540	131.539	140	97,22	585,8	-	-
Carreggiata direzione Sud									
Curv a n.	Progressiv a Iniziale	Progressi va Finale	Raggio	Sviluppo	V _P	Lmin	Clotoidi		
					[km/h]		Aprec	Asuc c	A1/A 2
1	653.117	762.266	2000.000	126.361	140	97,22	725	667	1,087
2	1551.438	3732.906	1399.990	2175.008	140	97,22	514,9	600,1	0,858
3	4229.242	4620.705	1500.000	450.381	140	97,22	600,1	645,8	0,929
4	6317.024	7113.463	1232.600	700.905	140	97,22	686,9	676,5	1,015
5	7751.921	8790.556	1400.000	894.496	140	97,22	676,5	765,5	0,884
6	8832.651	8964.190	1750.000	220.768	140	97,22	765,5	-	-

3.5 DISTANZE DI VISIBILITÀ

Per distanza di visuale libera o di visibilità si intende la lunghezza del tratto di strada visibile dall'utente senza considerare fattori esterni quali traffico, condizioni atmosferiche e illuminazione stradale.

In fase di progettazione, lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata con le seguenti distanze:

Distanza di visibilità per l'arresto: 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: 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: 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.).

Essendo le carreggiate unidirezionali, nel caso di un'Autostrada la verifica relative alle distanze di visibilità per il sorpasso non è considerata.

Distanza di visibilità per l'arresto

La relazione di calcolo della distanza di visibilità per l'arresto si calcola con la formula integrale:

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

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_i = 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:

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

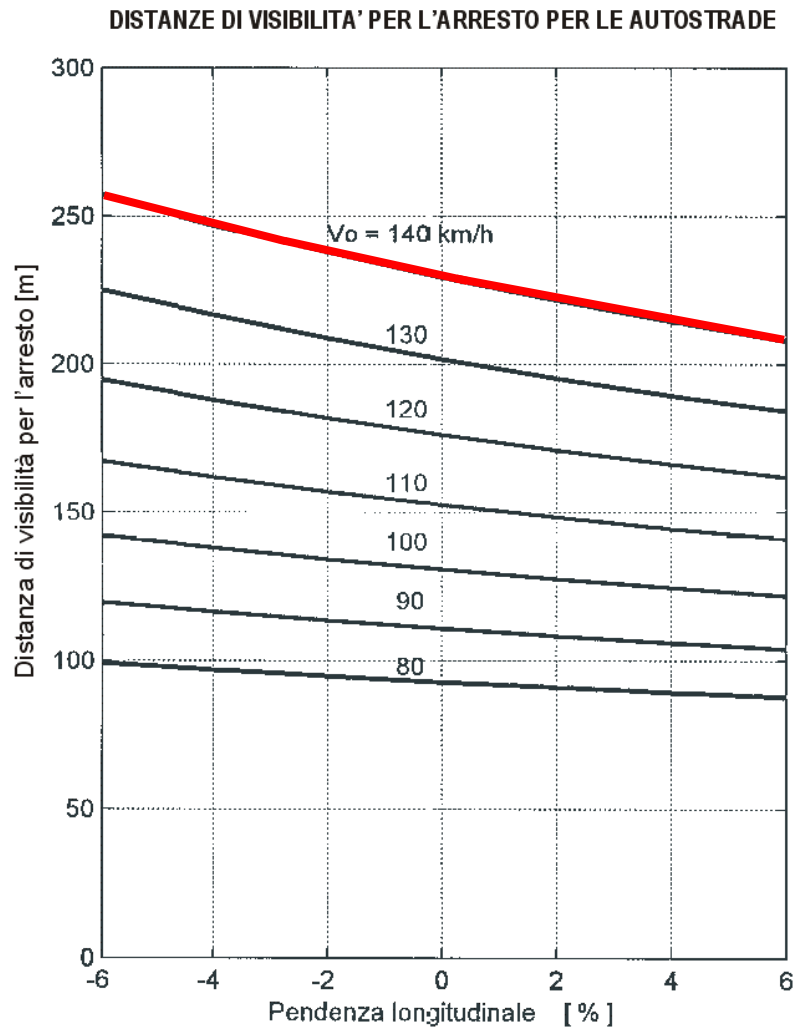
dove:

- C_x = coefficiente aerodinamico
 S = superficie resistente [m^2]
 ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m^3]

Relativamente al parametro f_i ed in riferimento alla categoria Autostrade, la normativa fornisce i seguenti valori (compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata. Avente spessore del velo idrico pari a 0,5 mm):

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

Inserendo i valori dei diversi parametri, il grafico della formula integrale è riportata di seguito, per cui in funzione della pendenza longitudinale i e della velocità V_0 , si ottiene la distanza di visibilità



Distanza di visibilità per il cambio corsia

La distanza di visibilità per il cambio corsia è definita come lo spazio necessario affinché l'utente possa comprendere i tempi occorrenti alla:

- Percezione ed al riconoscimento della situazione
- Decisione di effettuare la manovra di cambiamento della singola corsia,
- Svolgimento della manovra assumendo una durata della manovra pari a 4 secondi.

Si ottiene quindi la seguente formula empirica:

$$D_C = 9,5 \times v = 2,6V \text{ [m]}$$

dove:

v = velocità del veicolo in [m/s];

V in [km/h]

essendo v , V desunte puntualmente dal diagramma delle velocità.

La norma dapprima definisce questa distanza nel paragrafo 5.1.1 Visuali libere come:

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.).

Tuttavia la norma appare in un certo qual modo contraddittoria in quanto afferma anche che:

In presenza di più corsie per senso di marcia nonché in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, deviazioni ecc.) occorre assicurare la distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia.

Applicando correttamente la Norma il criterio in oggetto potrebbe pertanto essere applicato solo a quelli che definisce “punti singolari”, intendendo questi come le zone in prossimità degli svincoli e delle aree di servizio, dove la manovra di diversione in uscita comporta la possibilità del cambio di corsia.

Non sono stati considerati come punti singolari le piazzole di sosta, in quanto tali elementi sono classificati come punti di emergenza, adeguatamente indicati con apposita segnaletica verticale e distanziati l'uno dall'altro, ai fini della sicurezza della circolazione, ad intervalli di circa 1.000 m lungo ciascuno dei due sensi di marcia, secondo quanto richiesto nel Decreto 5/11/2001.

Per la progettazione stradale la società Autostrada Pedemontana Lombarda ha prospettato in apposita nota alla Concedente CAL tali aspetti, proponendo di applicare la verifica della distanza di visibilità per il cambio corsia in prossimità di tutti i punti ove si realizzi una manovra di uscita dall'asse autostradale. Per quanto riguarda il criterio di calcolo si propone di verificare sempre la distanza di cambio corsia con l'altezza dal piano stradale di $h=1,10$ m, ritenendo che si debba trapiantare il veicolo in uscita che può influenzare la manovra stessa di cambio corsia del veicolo che sta sopraggiungendo.

Tale impostazione è stata successivamente approvata dalla Concedente.

3.6 GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE: ANDAMENTO ALTIMETRICO

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante, denominate livellette, collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

Per una strada classificata come A, la pendenza massima adottabile risulta pari al valore 6%.

Il valore massimo della livelletta della Variante Tratta D dell'Autostrada Pedemontana Lombarda è 3,07%. Tale pendenza è stata raggiunta in un tratto lungo 557,817 m in corrispondenza delle pk 3616,434 - 4174,158, tratto in cui la livelletta passa da rilevato a trincea al fine di passare al di sotto della viabilità interferita SP2 tramite una galleria artificiale. La pendenza del 3% si sposa inoltre con la necessità non superare in galleria la pendenza del 4%, al fine di contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi.

Si riporta in seguito in formato tabellare la successione delle livellette:

Carreggiata direzione Nord					
Livelletta n.	Dislivello	Sviluppo	Pendenza	Raggio minimo	Raggio
1	8.785	717.161	1.225	2520.576	20000.000
2	3.731	819.225	0.455	2520.576	20000.000
3	-0.691	436.064	-0.158	2520.576	15000.000
4	-2.733	664.621	-0.411	2520.576	15000.000
5	-5.938	768.694	-0.773	15217.569	20000.000
6	-19.879	657.030	-3.027	5068.403	20000.000
7	-1.475	618.539	-0.238	13116.854	25500.000
8	-6.580	453.815	-1.450	2520.576	15000.000
9	-4.895	770.990	-0.635	2520.576	15000.000
10	-0.291	541.255	-0.054	2520.576	11000.000
11	-1.949	870.560	-0.224	13619.980	15000.000
12	-21.106	1414.992	-1.492	2520.576	15000.000
Carreggiata direzione Sud					
Livelletta n.	Dislivello	Sviluppo	Pendenza	Raggio minimo	Raggio
1	8.785	717.161	1.225	473.048	20000.000
2	3.731	819.225	0.455	1307.823	20000.000
3	-0.691	436.064	-0.158	1786.324	15000.000
4	-2.733	664.621	-0.411	2442.799	15000.000
5	-5.938	768.694	-0.773	3013.114	20000.000
6	-19.879	657.030	-3.027	3686.149	15000.000
7	-1.475	618.539	-0.238	4359.341	25500.000

8	-6.580	453.815	-1.450	4906.456	15000.000
9	-4.895	770.990	-0.635	5694.996	15000.000
10	-0.291	541.255	-0.054	6270.474	11000.000
11	-1.949	870.560	-0.224	7055.296	15000.000
12	-21.106	1414.992	-1.492	8488.695	15000.000

Le livellette sono collegate a mezzo di raccordi concavi e convessi, dimensionati con riferimento alle distanze di visibilità, già discusse nei paragrafi precedenti. I raccordi sono costituiti da archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione

$$L = R_v \times \frac{\Delta i}{100} \text{ [m]}$$

dove Δi è la variazione di pendenza percentuale delle livellette da raccordare ed R_v è il raggio del cerchio osculatore, avente centro coincidente con il vertice della parabola.

Fissata la distanza di visuale libera che si vuole verificare lungo lo sviluppo del tracciato, le formule per il caso convesso sono:

- se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \times (h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2})}$$

- se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{\Delta i} \left[D - 100 \frac{h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2}}{\Delta i} \right]$$

Si pone da norma $h_1 = 1,10$ m.

In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso si pone $h_2 = 0,10$ m.

Per il caso concavo ponendo $h = 0,5$ m e $\theta = 1^\circ$ sono:

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2(h + D \sin \theta)}$$

- se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \times 100}{\Delta i} \left[D - \frac{100}{\Delta i} (h + D \times \sin \theta) \right]$$

PROGETTO DEFINITIVO

Con questi metodi di calcolo si ottengono i valori minimi, ma spesso nella pratica progettuale si ottengono valori più elevati dettati dalla ricerca di un andamento altimetrico che rispetti i limiti e vincoli al contorno (per i convessi dell'ordine di 15.000-20.000 m, per i concavi con le piccole variazioni di pendenza i valori minimi non hanno limite inferiore): nel caso della tratta D della Pedemontana Lombarda infatti si trovano valori sempre superiori con i seguenti valori:

Carreggiata direzione Nord				
Raccordo n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Raggio	Raggio minimo
1	473.048	626.952	20000.000	2520.576
2	1307.823	1430.611	20000.000	2520.576
3	1786.324	1824.237	15000.000	2520.576
4	2442.799	2496.992	15000.000	2520.576
5	3013.114	3464.020	20000.000	15217.569
6	3616.434	4174.158	20000.000	5068.403
7	4359.341	4668.324	25500.000	13116.854
8	4906.456	5028.744	15000.000	2520.576
9	5694.996	5782.153	15000.000	2520.576
10	6270.474	6289.183	11000.000	2520.576
11	7055.296	7245.477	15000.000	13619.980
12	8488.695	8641.748	15000.000	2520.576
Carreggiata direzione Sud				
Raccordo n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Raggio	Raggio minimo
1	473.048	626.952	20000.000	473.048
2	1307.823	1430.611	20000.000	1307.823
3	1786.324	1824.237	15000.000	1786.324
4	2442.799	2496.992	15000.000	2442.799
5	3013.114	3464.020	20000.000	3013.114
6	3686.149	4104.443	15000.000	3686.149
7	4359.341	4668.324	25500.000	4359.341
8	4906.456	5028.744	15000.000	4906.456
9	5694.996	5782.153	15000.000	5694.996
10	6270.474	6289.183	11000.000	6270.474
11	7055.296	7245.477	15000.000	7055.296
12	8488.695	8641.748	15000.000	8488.695

3.7 DIAGRAMMA DI VELOCITÀ - VISIBILITÀ

Poiché lungo tutto lo sviluppo del tracciato le curve circolari presentano valori del raggio superiori al minimo pari a 964 m che corrisponde alla velocità di progetto 140 km/h, il diagramma di velocità risulta piatto su tale valore

Allargamenti per la visibilità

Con gli andamenti planimetrici ed altimetrici prima descritti, sulla base delle sezioni tipo e degli elementi marginali previsti lungo lo sviluppo del tracciato, sono state costruiti graficamente e verificati gli allargamenti necessari per garantire all'utente in transito le necessarie distanze di visibilità.

Per quanto riguarda la visibilità per l'arresto questa è stata garantita sull'intero sviluppo del tracciato, intervenendo con allargamenti oltre la banchina in sinistra (larghezza 0,70 m) e la corsia di emergenza (larghezza 3,00 m) ove questo risulti necessario.

Le verifiche sono state -

Carreggiata direzione Nord				
Curva n.	Raggio	Sviluppo	Verso	Allargamento per l'arresto
1	1799.999	109.150	Dx	1,08
2	1406.240	2181.468	Dx	2,03
3	1493.810	391.463	Sx	0
4	1239.600	796.439	Dx	2,69
5	1437.060	1038.636	Sx	0
6	1744.540	131.539	Sx	0
Carreggiata direzione Sud				
Curva n.	Raggio	Sviluppo	Verso	Allargamento per l'arresto
1	2000.000	126.361	Dx	0
2	1399.990	2175.008	Dx	0,48
3	1500.000	450.381	Sx	1,96
4	1232.600	700.905	Dx	0,55
5	1400.000	894.496	Sx	3,11
6	1750.000	220.768	Sx	0

Per quanto riguarda la distanza di visibilità per il cambio corsia esse risultano verificate in corrispondenza delle rampe di diversione sia per lo svincolo di Vimercate che per le interconnessioni con A51 e TEEM-A4.

Per quanto riguarda l'interconnessione con A51 e Bellusco esse risultano verificate in funzione dell'andamento planimetrico rettilineo.

La manovra di diversione in corrispondenza dello svincolo TEEM-A4 in carreggiata sud risulta verificata anche in ragione del fatto che la manovra avviene a favore di curva.

3.8 Coordinamento planoaltimetrico

Per coordinamento plano-altimetrico si intendono quegli accorgimenti tesi a garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, coordinando sotto certe regole l'andamento planimetrico e quello altimetrico.

Le regole da osservare per un buon coordinamento sono le seguenti:

1. Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso. Se ciò si verifica, risulta mascherato il cambiamento di direzione in planimetria. Un miglioramento del quadro prospettico lo si ottiene anticipando l'inizio dell'elemento curvilineo planimetrico quanto più possibile.
2. Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo. Se ciò si verifica la visione prospettica dei cigli presenta una falsa piega.
3. Quando non sia possibile spostare i due elementi in modo che le posizioni dei rispettivi vertici coincidano, un miglioramento della qualità ottica del tracciato lo si ottiene imponendo che il rapporto fra il raggio verticale R_v ed il raggio della curva planimetrica R sia ≥ 6 .
4. Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo. In questo caso, la visione prospettica di uno dei cigli presenta difetti di continuità. Per correggere tale difetto occorre aumentare il più possibile il rapporto R_v/R in modo che gli sviluppi dei due raccordi coincidano.
5. Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica. Anche in questo caso nelle linee di ciglio si presentano evidenti difetti di continuità ed inoltre si percepisce un restringimento della larghezza della sede stradale che può indurre l'utente ad adottare comportamenti non rispondenti alla reale situazione del tracciato. Questo difetto può essere ancora corretto portando a coincidere i vertici dei due elementi.
6. Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale. Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

Tutti i raccordi altimetrici rispettano le regole e pertanto si ottiene un buon coordinamento plano-altimetrico. Anche la verifica relativa alle perdite di tracciato da esito positivo.

4. INTERCONNESSIONI E SVINCOLI

4.1 DESCRIZIONE DEGLI SVINCOLI

La tratta D dell'Autostrada Pedemontana Lombarda prevede lungo il suo sviluppo longitudinale i seguenti svincoli ed interconnessioni:

- Interconnessione con A51;
- Svincolo di Vimercate;
- Interconnessione con A4 e A58;

Per ciascuno si riporta una breve descrizione, le caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo e il dimensionamento delle piste di accelerazione e decelerazione.

Per quanto concerne la nomenclatura delle rampe, si rimanda agli elaborati specifici "Planimetria WBS" (D GEDD 0000 GE00 PW 001-003 A).

4.2 ASPETTI NORMATIVI

Per la progettazione degli svincoli l'unico documento nazionale con valore prescrittivo è il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*", il quale ha introdotto i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.).

Nell'affrontare la progettazione di uno svincolo si pongono innanzitutto le questioni legate al dimensionamento dei tratti di rampe di accelerazione e decelerazione, sia per quanto concerne il loro sviluppo longitudinale sia per le dimensioni trasversali delle sezioni stradali, oltre alla definizione degli elementi geometrici delle rampe di svincolo.

Di seguito si analizzano invece i criteri generali per la definizione delle caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo.

4.3 Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo

I complessi sistemi di svincolamento di progetto necessitano un'attenta verifica della congruenza degli elementi geometrici in relazione agli intervalli di velocità fissati.

A tal proposito le norme indicano, per le diverse tipologie di rampe, intervalli cinematici definiti, come di seguito schematizzato:

Velocità di progetto per le diverse tipologie di rampe		
Tipi di rampe	Incroci A/A, A/B, B/A	Incroci A/C, B/B, C/A, C/B
Curvilinea diretta	50-80 km/h	40-60 km/h
Curvilinea semidiretta	40-70 km/h	40-60 km/h
Curvilinea indiretta	in uscita da A: 40 km/h in entrata su A: 30 km/h	in uscita: 40 km/h entrata: 30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h	40-70 km/h

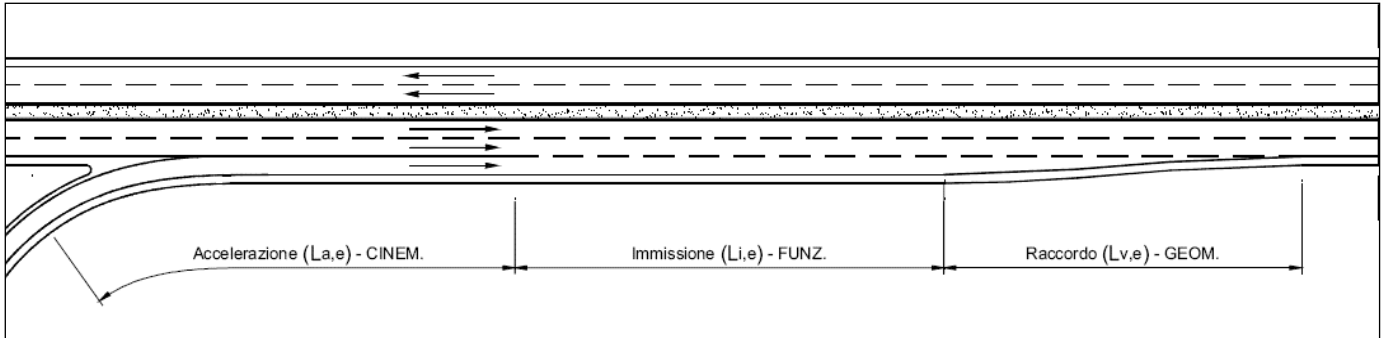
Come si può notare le velocità di riferimento variano tra un minimo di 30 km/h a un massimo di 80 km/h, tuttavia, come criterio generale, si tende ad assumere valori cinematici dell'ordine del 60-70% delle velocità di progetto dell'asse principale.

Inoltre, per la parametrizzazione geometrica dei singoli elementi plano-altimetrici costituenti il nodo, la norma suggerisce, in base alla velocità di progetto del singolo elemento, i valori da adottare come indicato nella seguente tabella:

Caratteristiche plano-altimetriche delle rampe						
Velocità di progetto	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo (m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max salita (%)	7,0		5,0			
Pendenza max discesa (%)	8,0		6,0			
Raggi minimi verticali convessi (m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi (m)	250	500	750	1000	1400	2000
Pendenza trasversale minima (%)	2,5					
Pendenza trasversale max (%)	6,0					
Visibilità longitudinale minima (m)	25	35	50	70	90	115

4.4 CORSIE DI ACCELERAZIONE

DM 19 Aprile 2006



con:

- Tratto di accelerazione di lunghezza $L_{a,e}$ la cui lunghezza si determina in base a criteri cinematici;
- Tratto di immissione di lunghezza $L_{i,e}$ da dimensionare secondo criteri funzionali. Gli elementi e i parametri da determinare sono in funzione della domanda di traffico riferita al periodo di punta di progetto;
- Elemento di raccordo di lunghezza $L_{v,e}$ la cui lunghezza si determina in funzione della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Per $V_p > 80$ km/h $L_{v,e}$ è pari a 75 m.

La lunghezza del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ viene calcolata pertanto mediante la seguente espressione:

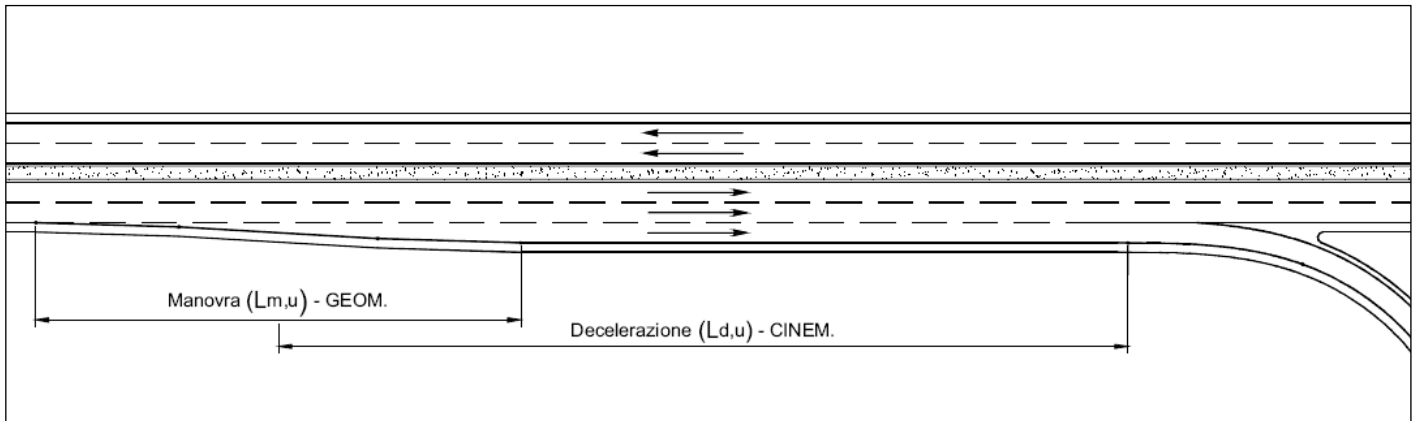
$$L_{a,e} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

con:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 (km/h) è pari all'80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Questa velocità va determinata dal diagramma di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- V_2 (km/h) è la velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata (per V_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- a (m/s^2) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a $1.0 m/s^2$.

4.5 CORSIE DI DECELERAZIONE

DM 19 Aprile 2006



La lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ deve essere correlata alla diminuzione di velocità longitudinale tra quella del ramo da cui provengono i veicoli in uscita e quella ammissibile con il raggio di curvatura della rampa.

La lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ viene calcolata pertanto mediante la seguente espressione:

$$L_{d,u} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{d,u}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- V_1 (km/h) è la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, determinata dal diagramma di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- V_2 (km/h) è la velocità di uscita dal tronco di decelerazione (per V_2 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di uscita);
- a (m/s^2) è la decelerazione assunta per la manovra, per strade di tipo A pari a $3 m/s^2$

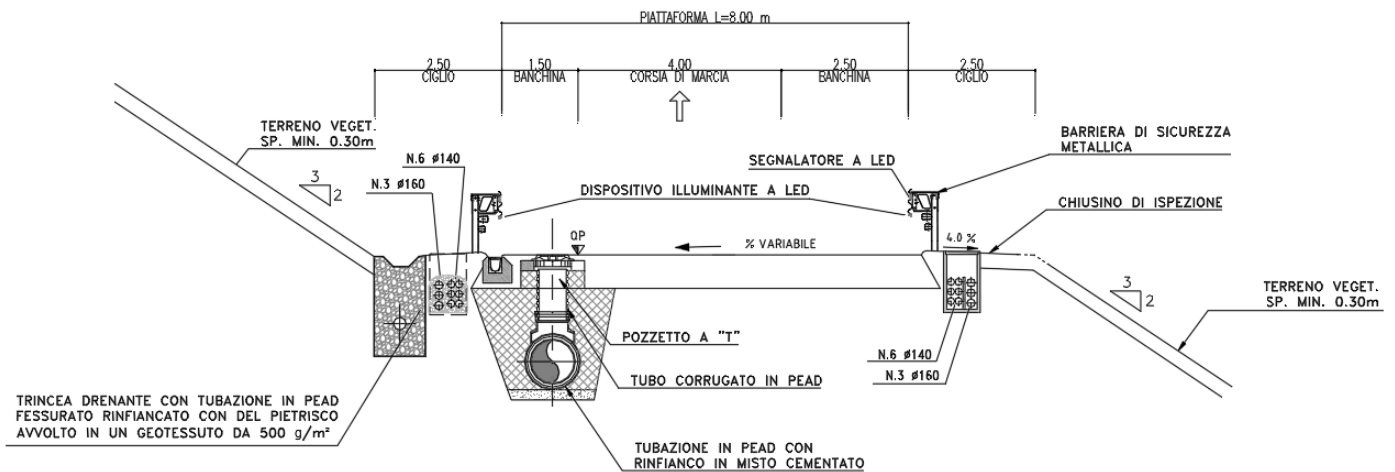
4.6 SEZIONE STRADALE TIPO

Le sezioni stradali tipo per gli svincoli e le interconnessioni presenti all'interno del progetto della Variante Tratta D prevedono 2 tipologie di piattaforma:

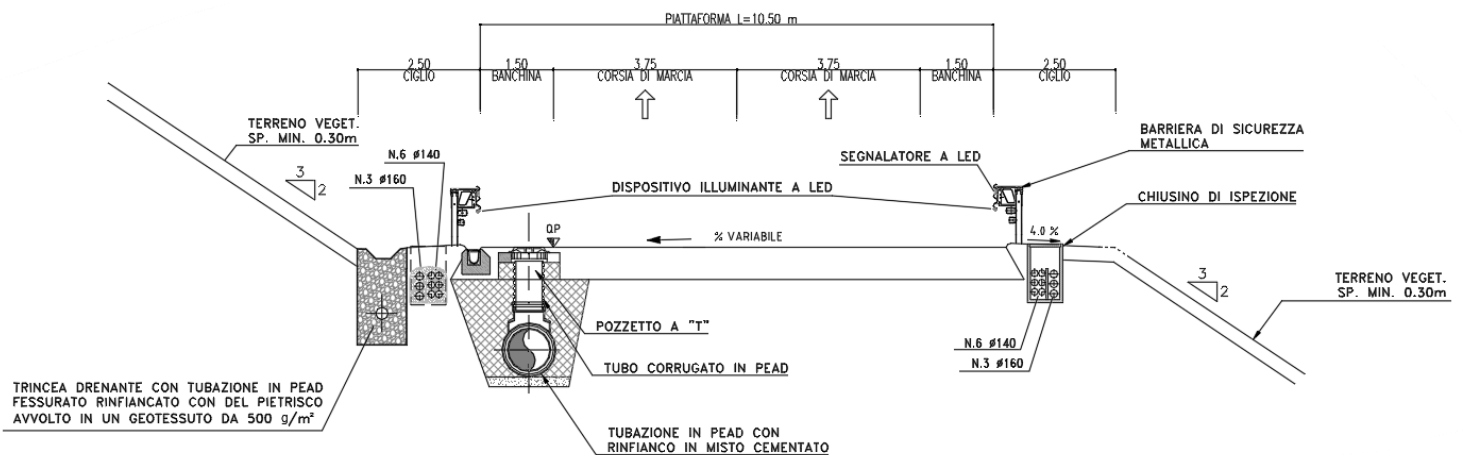
- Rampa di svincolo monodirezionale a singola corsia: larghezza della corsia 4,00 m con banchine in destra e in sinistra rispettivamente pari a 2,50 m e 1,50 m, con larghezza complessiva pavimentata pari a 8,00 m;
- Rampa di svincolo monodirezionale a doppia corsia: larghezza delle corsie 3,75 m con banchine in destra e in sinistra pari a 1,50 m, con larghezza complessiva pavimentata pari a 10,50 m;

Si riporta di seguito uno stralcio di sezione tipologica

**RAMPA DI SVINCOLO
 MONODIREZIONALE A UNA CORSIA**
 scala 1:100



**RAMPA DI SVINCOLO
 MONODIREZIONALE A DOPPIA CORSIA**
 scala 1:100



Tali configurazioni sono rappresentate nel Dossier degli elaborati tipologici relativi alla Parte Stradale

Per le corsie di accelerazione e di decelerazione il tratto parallelo conserva la larghezza della corsia pari a 4,00 m e della banchina in destra di 2,50 m, in modo che la segnaletica orizzontale mantenga gli stessi standard geometrici prima e durante l'affiancamento.

4.7 DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI GEOMETRICI DEGLI SVINCOLI

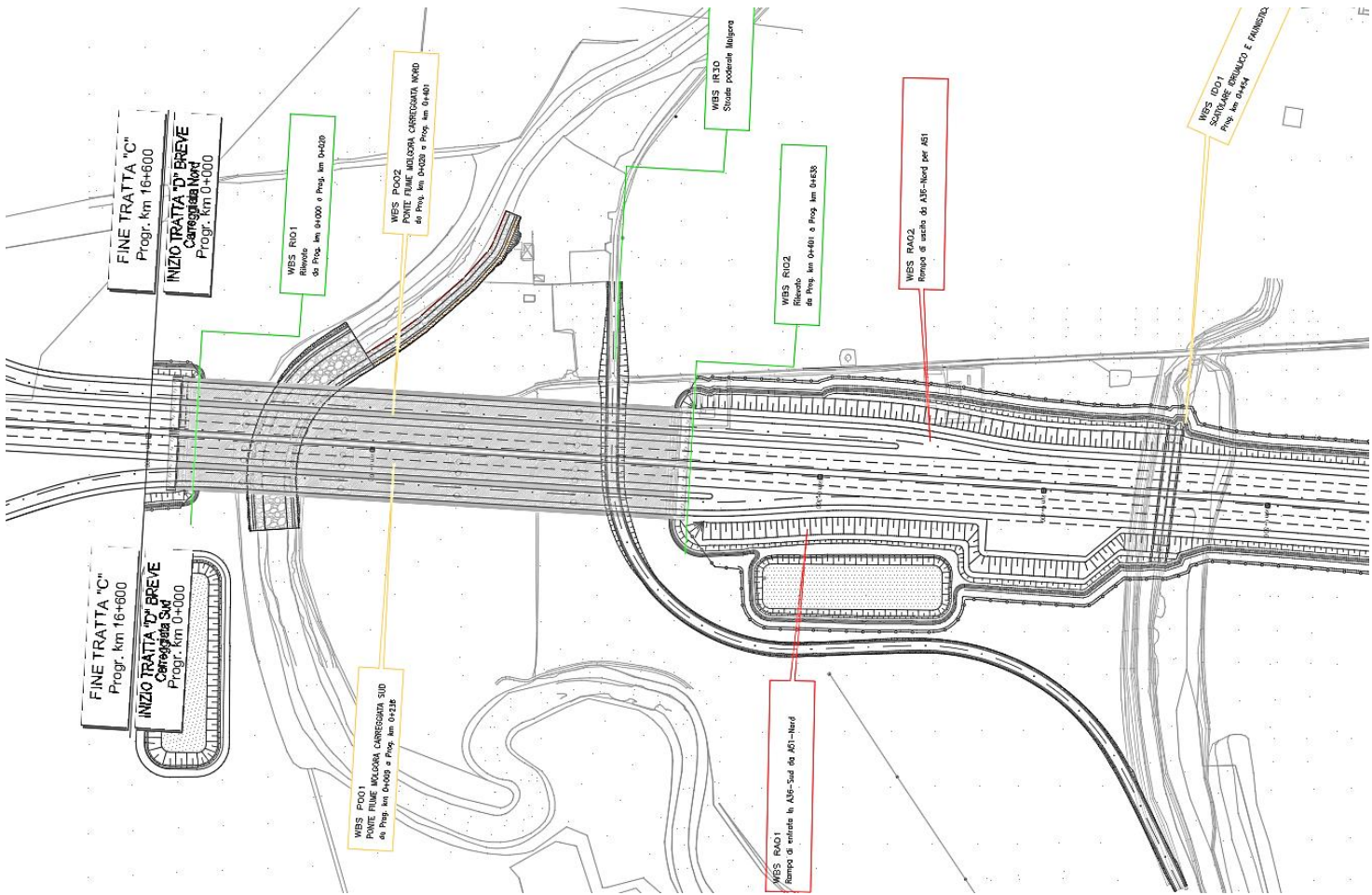
Si riporta di seguito la successione degli svincoli, secondo le progressive crescenti dell'asse principale, con la descrizione sintetica e le tabelle di dimensionamento delle corsie di accelerazione e di decelerazione.

Interconnessione A51

L'interconnessione con la Tangenziale Est è uno svincolo che appartiene per la quasi totalità alla Tratta C e che costituisce il punto di inizio della Variante Tratta D. Tuttavia, due rampe (una di immissione, l'altra di diversione), si innestano in un tratto già di pertinenza del lotto oggetto del presente Progetto Definitivo.

Si precisa che per tali rampe (RA01, RA02) non si è reso necessario il dimensionamento di tutti i segmenti del tratto di accelerazione/decelerazione in quanto, una volta raggiunta la complanarità con l'asse principale, esse vanno a costituire la terza corsia della Variante Tratta D.

Si riporta di seguito uno stralcio della planimetria di progetto in merito a quanto descritto sopra, nel quale si può osservare il passaggio da 2 corsie (in tratta C) a tre corsie grazie all'innesto delle rampe di interconnessione con A51.



Gli elementi plano-altimetrici costituenti il nodo sono stati dimensionati e verificati secondo il DM 19/04/2006. Dal momento che la suddivisione dei lotti in Tratte di Autostrada Pedemontana Lombarda taglia, come già detto, le due rampe, si riporta di seguito solo la verifica della parte ricadente all'interno del lotto D.

Tale scelta obbligata si rende necessaria anche dal momento che il progetto definitivo di Tratta C rientra nei progetti inseriti nei programmi della Legge Obiettivo n. 443/2001 per cui la norma sulle intersezioni stradali non è applicabile sin quanto redatto prima dell'entrata in vigore delle norme stessa. La Tratta C di Autostrada Pedemontana Lombarda rientra in tale categoria in quanto il progetto preliminare è stato approvato con Delibera CIPE n. 77 del 29/03/2006. Di conseguenza, gli elementi plano- altimetrici costituenti il nodo di Tratta C sono stati dimensionati e verificati secondo il metodo Regione Lombardia.

Si riporta di seguito la composizione plano-altimetrica delle rampe di svincolo:

DATI GENERALI	
Rampa Ramo 2 Tratta C – RA02	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	40 km/h
Corsie	1
Rampa Ramo 3 Tratta C – RA01	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	40 km/h
Corsie	1

La velocità è stata assunta pari a 40km/h in analogia a quanto previsto per le medesime rampe all'interno del progetto definitivo di Tratta C.

PLANIMETRIA						
Rampa Ramo 2 Tratta C – RA02						
Elemento	Prog.l. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	
Clotoide	1.000	30.278	29.278	82.052	0.000	Dx
Arco	30.278	30.811	0.533	0.000	229.950	Dx
Clot. Flesso e	30.811	57.720	26.908	78.661	0	Dx
Clot. Flesso u	57.720	84.622	26.902	78.661	0.000	Sx
Arco	84.622	86.675	2.053	0.000	230.000	Sx
Clotoide	86.675	113.725	27.050	78.877	0	Sx
Rampa Ramo 3 Tratta C – RA01						
Elemento	Prog.l. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	211.024	237.316	26.292	72.880	202.021	Dx
Clotoide	237.316	423.953	186.637	0.000	0.000	
Rettifilo	423.953	451.083	27.130	78.994	0.000	Sx
Rettifilo	451.083	453.744	2.661	0.000	230.000	Sx
Clotoide	453.744	480.001	26.256	77.711	0.000	Sx
Arco	480.001	506.257	26.256	77.711	0.000	Dx
Arco	506.257	508.986	2.730	0.000	230.000	Dx
Rettifilo	508.986	535.982	26.995	78.796	0.000	Dx

ALTIMETRIA					
Rampa Ramo 2 Tratta C – RA02					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.291	22.546	-1.289	1000	1020.907

2	-0.322	22.708	-1.416	1000	1146.608
3	-0.344	22.603	-1.523	1000	1000.000
4	-0.320	22.489	-1.425	500	1000.000
Rampa Ramo 3 Tratta C – RA01					
Livelletta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.558	48.014	1.162	500	1592.598
2	0.625	50.183	1.245	1000	1000.000
3	1.815	147.559	1.230	500	1500.000
4	0.273	19.063	1.431	500	1000.000
5	0.255	16.710	1.524	1000	1000.000
6	0.250	16.595	1.504	1000	1000.000
7	0.232	16.877	1.377	1000	1000.000
8	0.240	19.198	1.248	1000	1592.598

Svincolo di Vimercate

Nel PFTE del progetto della Variante Tratta D, la configurazione dello svincolo era significativamente diversa e comportava un ingente utilizzo di suolo; al contrario, la scelta progettuale adottata in sede di Progetto Definitivo minimizza l'occupazione delle aree agricole interessate dal sistema ed è dettata anche dalla presenza della galleria situata poco più a nord. Infatti, da normativa le rampe di decelerazione (direzione sud) e accelerazione (direzione nord) devono svilupparsi al fuori dalla di quest'ultima.

La soluzione a rotatoria posta a piano campagna aerea è stata studiata per minimizzare l'impatto visivo dello svincolo. Così facendo, si ha minore occupazione di terreno perché con tale configurazione, le corsie di decelerazione/accelerazione possono svilupparsi pressoché parallelamente all'asse principale.

Il dimensionamento delle corsie di accelerazione e decelerazione è stato eseguito secondo quanto riportato nel paragrafo 3.6.

Di seguito si riportano i valori di base e i risultati di calcolo per la singola rampa:

DATI GENERALI	
Rampa Decelerazione Sud– RA03	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	2
Vp	60 km/h
Corsie	1
Rampa Accelerazione Sud– RA04	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	2

Vp	60 km/h
Corsie	1
Rampa Decelerazione Nord– RA05	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	2
Vp	60 km/h
Corsie	1
Rampa Accelerazione Nord– RA06	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	2
Vp	60 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Rampa Decelerazione Sud– RA03						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Clotoide	0.000	27.889	27.889	83.500	0.000	Dx
Arco	27.889	39.099	11.210	0.000	250.000	Dx
Clotoide	39.099	66.988	27.889	83.500	0.000	Dx
Rettifilo	66.988	73.954	6.966	0.000	0.000	
Clotoide	73.954	106.043	32.089	76.000	0.000	Sx
Arco	106.043	129.610	23.567	0.000	180.000	Sx
Clotoide	129.610	161.699	32.089	76.000	0.000	Sx
Rettifilo	161.699	212.186	50.487	0.000	0.000	
Clotoide	212.186	234.965	22.780	68.000	0.000	Dx
Arco	234.965	267.979	33.014	0.000	202.989	Dx
Rampa Accelerazione Sud– RA04						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	0.000	15.892	15.892	0.000	0.000	Dx
Clotoide	15.892	66.944	51.052	101.046	200.000	Dx
Rettifilo	66.944	147.400	80.456	0.000	0.000	
Clotoide	147.400	179.084	31.684	89.000	0.000	Sx
Arco	179.084	191.119	12.035	0.000	250.000	Sx
Clotoide	191.119	222.803	31.684	89.000	0.000	Sx
Rettifilo	222.803	233.386	10.583	0.000	0.000	
Clotoide	233.386	265.786	32.400	90.000	0.000	Dx
Arco	265.786	274.401	8.615	0.000	250.000	Dx
Clotoide	274.401	314.401	40.000	100.000	0.000	Dx
Rampa Decelerazione Nord– RA05						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	0.181	0.181	0.000	0.000	
Clotoide	0.181	31.529	31.348	92.000	0.000	Dx

PROGETTO DEFINITIVO

Arco	31.529	50.427	18.898	0.000	270.000	Dx
Clotoide	50.427	81.775	31.348	92.000	0.000	Dx
Rettifilo	81.775	86.903	5.128	0.000	0.000	
Clotoide	86.903	116.903	30.000	90.000	0.000	Sx
Arco	116.903	131.865	14.961	0.000	270.000	Sx
Clotoide	131.865	163.898	32.033	93.000	0.000	Sx
Rettifilo	163.898	300.013	136.115	0.000	0.000	
Clotoide	300.013	324.513	24.500	70.000	0.000	Dx
Rampa Accelerazione Nord– RA06						
Elemento	Prog.l. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	0.000	22.990	22.990	0.000	130.859	Dx
Clotoide	22.990	64.837	41.847	74.000	0.000	Dx
Rettifilo	64.837	72.798	7.962	0.000	0.000	
Clotoide	72.798	104.417	31.619	73.100	0.000	Sx
Arco	104.417	112.653	8.235	0.000	169.000	Sx
Clotoide	112.653	144.358	31.706	73.200	0.000	Sx
Rettifilo	144.358	144.946	0.587	0.000	0.000	
Clotoide	144.946	174.308	29.362	82.000	0.000	Dx
Arco	174.308	187.198	12.890	0.000	229.000	Dx
Clotoide	187.198	253.198	66.000	122.939	0.000	Dx

ALTIMETRIA					
Rampa Decelerazione Sud– RA03					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.193	16.651	-1.157	1000	1000.000
2	-0.170	18.142	-0.936	2000	2000.000
3	-0.108	11.357	-0.948	2000	2000.000
4	-0.117	44.133	-0.264	1000	1230.000
5	3.081	136.954	2.250	-	-
Rampa Accelerazione Sud– RA04					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.598	47.359	-1.262	2000	2000.000
2	-10.086	177.926	-5.678	1000	1292.312
3	-0.092	50.000	-0.184	2000	2000.000
4	-0.122	23.048	-0.531	2000	2000.000
5	-0.102	16.353	-0.623	-	-
Rampa Decelerazione Nord– RA05					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.411	86.319	0.477	1000	1222.000
2	10.314	208.380	4.955	1000	1200.000
3	-0.500	37.694	-1.326	-	-

Rampa Accelerazione Nord– RA06					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.287	27.587	-1.042	1000	1150.000
2	-3.573	61.289	-5.839	2000	2000.000
3	-2.592	49.435	-5.250	1000	1231.400
4	1.335	75.074	1.778	2000	2000.000
5	0.265	19.227	1.379	2000	2000.000
6	0.195	15.118	1.289	2000	2000.000
7	0.055	6.240	0.881	-	-

Si riporta di seguito altresì il dimensionamento dei tronchi di attacco. Per quanto concerne il dimensionamento delle rampe di accelerazione, a seguito degli studi di traffico svolti, si è constatato che prevedere un tratto funzionale pari a 0 m permette di avere un LdS A.

Rampa Decelerazione Sud– RA03	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	60
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90
Sviluppo [m]	251

Rampa Accelerazione Sud– RA04	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	60
a Accelerazione [m/s ²]	1,0
Tronco di manovra L _M [m]	75
Sviluppo [m]	314

Rampa Decelerazione Nord– RA05	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	60
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90
Sviluppo [m]	251

Rampa Accelerazione Sud– RA04	
--------------------------------------	--

PROGETTO DEFINITIVO

V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	60
a Accelerazione [m/s ²]	1,0
Tronco di manovra L _M [m]	75
Sviluppo [m]	354

Interconnessione TEEM – A4

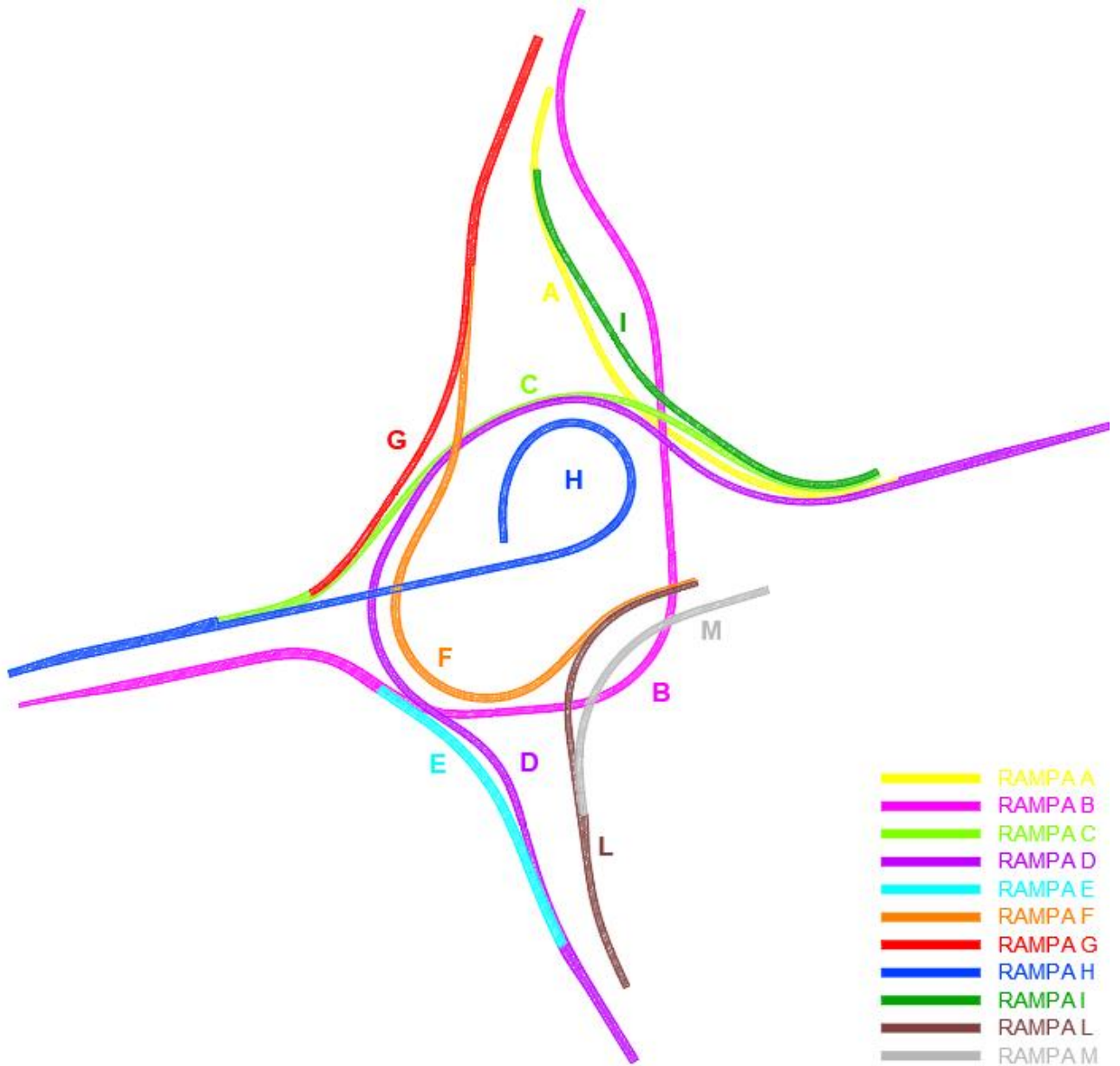
L'allacciamento con lo svincolo di interconnessione con A4/A58 è sicuramente il sistema più complesso dell'intera opera per i seguenti motivi:

- si prevede l'interconnessione di 3 autostrade connesse tra loro mediante 12 rampe di immissione/diversione disposte su 3 livelli;
- presenza di vincoli per la progettazione strutturale e stradale;
- Da un punto di vista di gestione del cantiere, per tutta la durata della fase costruttiva dello svincolo, da entrambe le concessionarie coinvolte è stato richiesto di garantire la possibilità di eseguire tutte le manovre attualmente consentite da/per A4 e A5

Si riporta di seguito un confronto tra stato di fatto e di progetto dell'opera in oggetto del presente capitolo.



Si riportano di seguito rampa per rampa i dati geometrici e i criteri di progettazione adottati. Per maggiore chiarezza si riporta di seguito una key plan di inquadramento.



PROGETTO DEFINITIVO

- RA07 – Rampa G - Rampa di uscita da A36-Sud per A4-MI

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	80 km/h
Corsie	2

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.l. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	218.824	218.824	0.000	0.000	
Clotoide	218.824	269.689	50.865	115.000	0.000	Sx
Arco	269.689	312.201	42.512	0.000	260.000	Sx
Clotoide	312.201	363.067	50.865	115.000	0.00	Sx
Rettifilo	363.067	451.813	88.746	0.000	0.000	
Clotoide	451.813	500.708	48.895	145.000	0.000	Dx
Arco	500.708	704.010	203.301	0.000	430.000	Dx
Clotoide	704.010	752.905	48.895	145.000	0.000	Dx
Rettifilo	752.905	797.800	44.895	0.000	0.000	
Clotoide	797.800	907.921	110.121	135.000	0.000	Dx
Arco	907.921	915.137	7.216	0.000	165.500	Dx
Clotoide	915.137	1025.257	110.121	135.000	0.000	Dx
Rettifilo	1025.257	1033.088	7.831	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.693	50.005	-1.387	2000	10000.000
2	-0.452	40.997	-1.102	4000	4000.000
3	-1.217	83.754	-1.453	2000	3780.000
4	3.533	150.302	2.351	2000	4000.000
5	5.607	245.524	2.284	4000	4000.000
6	-1.556	201.617	-0.772	4000	4000.000
7	-5.073	138.003	-3.678	2000	2000.000
8	0.564	67.909	0.831	4000	4500.000
9	-0.096	55.293	-0.173	-	-

Tronco Decelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	80
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90+90

Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse
Tratte B1, B2, C D, 2° Lotto della Tangenziale di Varese, 2° Lotto della Tangenziale di Como
PROGETTO DEFINITIVO

Sviluppo [m]	430
--------------	-----

- RA08 – Rampa F - Rampa di uscita da A36-Sud per A4-VE

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Semidiretta
Intersezione Tipo	1
Vp	70 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	157.800	157.800	0.000	0.000	
Clotoide	157.800	243.108	85.308	150.000	0.000	Dx
Arco	243.108	292.560	49.452	0.000	263.750	Dx
Clot. Flesso e	292.560	343.578	51.018	116.000	0.000	Dx
Clot. Flesso u	343.578	459.328	115.751	116.000	0.000	Sx
Arco	459.328	704.325	244.997	0.000	116.250	Sx
Clot. Flesso e	704.325	778.213	73.888	92.680	0.000	Sx
Clot. Flesso u	778.213	830.334	52.121	92.680	0.000	Dx
Arco	830.334	866.697	36.363	0.000	164.800	Dx
Clotoide	866.697	921.461	54.763	95.000	0.000	Dx
Rettifilo	921.461	961.563	40.102	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livelletta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	3.781	163.905	2.307	1400	2000.000
2	5.476	112.034	4.893	2800	3000.000
3	-1.121	165.650	-0.677	2800	2800.000
4	-20.083	348.758	-5.768	1400	1630.000
5	1.415	86.410	1.638	2800	2800.000
6	0.304	27.033	1.125	1400	5264.841
7	0.441	34.183	1.290	1400	2800.000
8	0.709	24.376	2.908	-	-

Si sottolinea che la rampa F è soggetta a forti vincoli altimetrici, in particolare la necessità di dover garantire un franco adeguato nel passare al di sopra della Autostrada A4 e TEEM per poi scendere (in circa 250 m) a raggiungere la complanarità con la rampa L all'interno dello scatolare esistente. Per il seguente motivo è stata effettuata la scelta di introdurre una pendenza del -5,7%, vicina al limite consentito dalla normativa.

Per la medesima motivazione, in ingresso allo scatolare è stato ridotto il calibro delle corsie (previo un opportuno raccordo) rispetto al tipologico previsto sia da TEEM che da APL, riducendo la piattaforma al calibro minimo previsto dalla normativa (1m – 3,75 m – 3,75 m – 1 m).



PROGETTO DEFINITIVO

- RA09 – Rampa B - Rampa di entrata in A36-Nord da A4-VE

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Semidiretta
Intersezione Tipo	1
Vp	70 km/h
Corsie	2

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Clotoide	0.000	44.944	44.944	106.000	0.000	Dx
Arco	44.944	245.559	200.615	0.000	250.000	Dx
Clot. Flesso e	245.559	290.503	44.944	106.000	0.000	Dx
Clot. Flesso u	290.503	380.391	89.888	106.000	0.000	Sx
Arco	380.391	411.774	31.383	0.000	125.000	Sx
Clotoide cont.	411.774	484.244	72.469	124.587	0.000	Sx
Arco	484.244	572.526	88.282	0.000	300.198	Sx
Clotoide cont.	572.526	610.113	37.587	129.990	0.000	Sx
Arco	610.113	630.504	20.391	0.000	180.000	Sx
Clotoide	630.504	685.082	54.578	99.116	180.000	Sx
Rettifilo	685.082	714.069	28.988	0.000	0.000	
Clotoide	714.069	804.732	90.663	108.564	0.000	Sx
Arco	804.732	894.759	90.027	0.000	130.000	Sx
Clot. Flesso e	894.759	1007.159	112.399	120.880	0.000	Sx
Clot. Flesso u	1007.159	1104.571	97.413	120.880	0.000	Dx
Arco	1104.571	1122.689	18.118	0.000	150.000	Dx
Clotoide	1122.689	1182.824	60.135	94.975	0.000	Dx
Rettifilo	1182.824	1202.634	19.810	0.000	0.000	
Clotoide	1202.634	1270.281	67.647	201.465	0.000	Sx
Arco	1270.281	1319.821	49.539	0.000	600.000	Sx
Clotoide	1319.821	1414.342	94.522	238.145	0.000	Sx
Rettifilo	1414.342	1506.423	92.081	0.000	0.000	
Clotoide	1506.423	1564.579	58.155	398.377	0.000	Sx
Arco	1564.579	1569.579	5.000	0.000	2728.975	Sx

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.098	82.180	0.119	2800	2800.000
2	-3.941	192.860	-2.044	1400	1680.000
3	14.325	349.692	4.100	2800	2800.000
4	-0.486	225.030	-0.216	2800	3000.000
5	-19.627	327.701	-6.000	1400	1650.000

PROGETTO DEFINITIVO

6	5.012	182.985	2.740	1400	5500.000
7	0.862	56.630	1.522	-	-

Tronco Decelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	70
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90+90
Sviluppo [m]	304

Rampa Accelerazione Sud- RA04	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	70
a Accelerazione [m/s ²]	1,0
Tronco di manovra L _M [m]	75+75
Sviluppo [m]	414

La Variante alla Tratta D costituisce un prolungamento plano-altimetrico della Tangenziale Est Esterna. Dal momento che TEEM al km 0 parte con una curva di R=1750 m, la clotoide di attacco della rampa B all'asse principale non rispetta il criterio ottico $A > R/3$. Risultano invece verificati il criterio del contraccolpo e della sovrappendenza longitudinale.

- RA10 – Rampa E - Rampa di uscita da A4-VE per A58-A1

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	70 km/h
Corsie	2

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	22.227	22.227	0.000	0.000	
Clotoide	22.227	131.087	108.860	177.678	0.000	Dx
Arco	131.087	165.770	34.683	0.000	290.000	Dx
Clot. Flesso e	165.770	326.892	161.121	216.160	290.000	Dx
Clot. Flesso u	326.892	402.608	75.716	216.160	0.000	Sx
Arco	402.608	402.608	0.000	0.000	617.113	Sx

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.136	9.978	-1.358	2800	2800.000
2	-0.203	14.198	-1.429	2800	2800.000
3	-0.296	20.007	-1.479	1400	1400.000
4	1.660	153.804	1.080	2800	3100.000
5	-8.006	168.690	-4.751	1400	2513.981
6	-0.842	36.135	-2.329	-	-

Si sottolinea che la rampa E è soggetta a forti vincoli altimetrici che ne condizionano fortemente l'andamento altimetrico: come è riscontrabile dalle tabelle sopra riportate, la rampa E presenta un tracciato planimetrico molto breve con un dislivello superiore agli 8 m. In ragione del fatto che si stacca da una rampa semidiretta e si immette su un'altra semidiretta, si è deciso di uniformare la sua Vp a 70 km/h nonostante sia una rampa diretta.

- RA11 – Rampa L - Rampa di uscita da A58-A36 per A4-VE

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	80 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	0.771	0.771	0.000	0.000	
Clotoide	0.771	88.495	87.724	173.535	0.000	Dx
Arco	88.495	118.203	29.707	0.000	343.283	Dx
Clotoide	118.203	177.247	59.044	142.369	0.000	Dx
Rettifilo	177.247	311.469	134.223	0.000	0.000	
Clotoide	311.469	398.164	86.694	112.274	0.000	Dx
Arco	398.164	517.569	119.405	0.000	145.400	Dx
Clotoide	517.569	603.230	85.661	111.603	0.000	Dx
Rettifilo	603.230	630.010	26.780	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.167	0.167	0.220	4000	9411.391
2	-0.194	-0.194	-0.192	2000	2876.748
3	3.212	3.212	1.880	4000	4000.000
4	0.000	0.000	0.000	2000	2000.000
5	1.234	1.234	1.879	4000	14403.961
6	0.475	0.475	1.633	2000	2000.000
7	0.727	0.727	2.520	-	-

Tronco Decelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	80
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90
Sviluppo [m]	215

Come già presentato nel sottoparagrafo di cui sopra, la rampa L è soggetta al forte condizionamento plano-altimetrico di dover raggiungere la complanarità con la rampa L all'interno dello scatolare esistente nel quadrante sud-est dello svincolo TEEM-A4.

- **RA12 – Rampa M - Rampa di uscita da A58-A36 per A4-VE-ADS**

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	80 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	0.273	0.273	0.000	0.000	
Clotoide	0.273	84.773	84.500	130.000	0.000	Dx
Arco	84.773	284.376	199.604	0.000	200.000	Dx
Clotoide	284.376	368.876	84.500	130.000	0.000	Dx
Rettifilo	368.876	434.490	65.614	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.472	25.004	1.888	4000	24078.201
2	0.436	25.004	1.746	4000	4000.000
3	0.829	50.008	1.657	2000	2000.000
4	11.651	231.376	5.000	4000	4000.000
5	-0.084	103.693	-0.081	-	-

- RA13 – Rampa H - Rampa di uscita da A58-A36 per A4-MI

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Indiretta
Intersezione Tipo	1
Vp	40 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	0.000	0.539	0.539	0.000	1708.900	Dx
Clotoide cont.	0.539	58.560	58.020	94.062	1708.900	Dx
Arco	58.560	113.783	55.223	0.000	140.000	Dx
Clotoide cont.	113.783	147.499	33.716	79.332	140.000	Dx
Arco	147.499	379.852	232.354	0.000	80.000	Dx
Clotoide cont.	379.852	410.136	30.283	73.515	80.000	Dx
Arco	410.136	453.028	42.893	0.000	145.000	Dx
Clotoide	453.028	497.165	44.136	79.999	145.000	Dx
Rettifilo	497.165	545.513	48.348	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.083	18.807	0.444	1000.000	1000.000-
2	0.036	11.634	0.312	1000.000	1000.000
3	-0.002	16.612	-0.012	1000.000	1000.000
4	-0.241	29.319	-0.822	500.000	560.000
5	0.754	19.515	3.866	1000.000	1000.000
6	0.900	32.232	2.792	1000.000	1000.000
7	4.575	99.900	4.584	1000.000	1000.000
8	3.109	61.591	5.054	1000.000	1000.000
9	1.956	66.175	2.958	1000.000	1000.000
10	0.280	72.309	0.387	1000.000	1000.000
11	-0.124	58.845	-0.211	1000.000	1000.000
12	-0.102	58.818	-0.173	-	-

Tronco Decelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	40
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90
Sviluppo [m]	277

PROGETTO DEFINITIVO

Tronco Accelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	40
a Accelerazione [m/s ²]	1,0
Tronco di manovra L _M [m]	90
Sviluppo [m]	1069*

*comprensivo della complanare esistente di A4.

Come si può vedere dalla key-plan sopra riportata, sulla rampa H convergono le rampe G e C. Per tale ragione e per la presenza del CV139 – Via Simonetta, che non consente l'ampliamento della piattaforma della Serenissima, dagli studi di traffico è emersa la necessità di prevedere un'immissione a due corsie in direzione Torino.

Inoltre, la Variante alla Tratta D costituisce un prolungamento plano-altimetrico della Tangenziale Est Esterna. Dal momento che TEEM al km 0 parte con una curva di R=1750 m, la clotoide di attacco della rampa H all'asse principale non rispetta il criterio ottico $A > R/3$. Risultano invece verificati il criterio del contraccolpo e della sovrappendenza longitudinale.

- **RA14 – Rampa C - Rampa di uscita da A4-MI-ADS per A4-MI**

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Semidiretta
Intersezione Tipo	1
Vp	70 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	0.000	92.261	92.261	0.000	154.311	Dx
Clot. Flesso e	92.261	234.289	142.028	148.042	0.000	Dx
Clot. Flesso u	234.289	371.637	137.348	164.492	0.000	Sx
Arco	371.637	445.298	73.661	0.000	197.000	Sx
Clotoide cont.	445.298	475.234	29.937	129.449	0.000	Sx
Arco	475.234	617.906	142.672	0.000	303.984	Sx
Clotoide	617.906	695.323	77.417	153.407	0.000	Sx
Rettifilo	695.323	779.913	84.589	0.000	0.000	
Clotoide	779.913	841.353	61.440	96.000	0.000	Dx
Arco	841.353	878.500	37.147	0.000	150.000	Dx
Clotoide	878.500	945.167	66.667	100.000	0.000	Dx
Rettifilo	945.167	1046.351	101.184	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.028	29.429	0.094	2800.000	2800.000
2	-0.286	44.093	-0.649	2800.000	2800.000
3	-1.209	73.503	-1.645	1400.000	2000.000
4	-0.751	215.713	-0.348	1400.000	4629.530
5	-0.918	75.479	-1.217	2800.000	6478.790
6	-0.462	86.802	-0.533	1400.00	2000.000
7	8.216	196.163	4.192	2800.00	2800.000
8	-6.178	154.583	-4.000	1400.00	1946.282
9	-0.019	74.556	-0.026	2800.00	2800.000
10	-0.211	96.344	-0.219	-	-

La rampa C presenta il forte vincolo plano-altimetrico di dover risultare per circa 300 m complanare alla rampa D.

- **RA15 – Rampa D - Rampa di uscita da A4-MI per A58-A1**

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Semidiretta
Intersezione Tipo	1
Vp	70 km/h
Corsie	2

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	0.000	92.261	92.261	0.000	154.311	Dx
Clot. Flesso e	92.261	234.289	142.028	148.042	0.000	Dx
Clot. Flesso u	234.289	371.637	137.348	164.492	0.000	Sx
Arco	371.637	445.298	73.661	0.000	197.000	Sx
Clotoide cont.	445.298	475.234	29.937	129.449	0.000	Sx
Arco	475.234	617.906	142.672	0.000	303.984	Sx
Clotoide	617.906	695.323	77.417	153.407	0.000	Sx
Rettifilo	695.323	779.913	84.589	0.000	0.000	
Clotoide	779.913	841.353	61.440	96.000	0.000	Dx
Arco	841.353	878.500	37.147	0.000	150.000	Dx
Clotoide	878.500	945.167	66.667	100.000	0.000	Dx
Rettifilo	945.167	1046.351	101.184	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.311	122.643	-0.254	2800.000	4000.000
2	-1.934	102.375	-1.889	1400.000	2800.000
3	-0.725	125.916	-0.575	1400.000	9425.650
4	-0.070	44.139	-0.158	2800.000	2800.000
5	-0.288	43.189	-0.666	1400	2800.000
6	-0.166	43.384	-0.382	1400	2800.000
7	0.081	43.376	0.186	1400	1808.000
8	1.209	36.537	3.310	1400	1400.000
9	1.738	44.586	3.901	2800	4761.770
10	1.659	52.900	3.138	1400	1400.000
11	5.992	137.352	4.366	2800	2800.000
12	-0.112	102.178	-0.110	2800	2800.000
13	-2.070	118.113	-1.753	2800	2800.000
14	-6.593	117.716	-5.610	2800	22317.260
15	-10.085	173.197	-5.833	2800	2800.000
16	-0.551	119.472	-0.461	1400	4000.000
17	-0.496	101.633	-0.488	2800	21000.000
18	-0.080	31.326	-0.255	1400	4000

PROGETTO DEFINITIVO

19				-	-
----	--	--	--	---	---

Tronco Accelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	40
a Accelerazione [m/s ²]	1,0
Tronco di manovra L _M [m]	75+75
Sviluppo [m]	321

Tronco Decelerazione	
V ₁ Velocità di progetto Asse principale [km/h]	140
V ₂ Velocità di progetto rampa [km/h]	40
d Decelerazione [m/s ²]	3,0
Tronco di manovra L _M [m]	90+90
Sviluppo [m]	314

La Variante alla Tratta D costituisce un prolungamento plano-altimetrico della Tangenziale Est Esterna. Dal momento che TEEM al km 0 parte con una curva di R=1750 m, la clotoide di attacco della rampa D all'asse principale non rispetta il criterio ottico $A > R/3$. Risultano invece verificati il criterio del contraccolpo e della sovrappendenza longitudinale. Inoltre, come espresso nel sottoparagrafo precedente, La rampa D presenta il forte vincolo plano-altimetrico di dover risultare per circa 300 m complanare alla rampa C.

- **RA16 – Rampa A - Rampa di entrata in A36-Nord da A4-MI**

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	80 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Rettifilo	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	
Clotoide	1.000	77.096	76.096	135.000	0.000	Dx
Arco	77.096	201.328	124.232	0.000	239.500	Dx
Clotoide	201.328	277.424	76.096	135.000	0.000	Dx
Rettifilo	277.424	284.373	6.948	0.000	0.000	
Clotoide	284.373	357.273	72.900	135.000	0.000	Dx
Arco	357.273	429.993	72.720	0.000	250.000	Dx
Clotoide	429.993	502.893	72.900	135.000	0.000	Dx
Rettifilo	502.893	598.170	95.277	0.000	0.000	
Clotoide	598.170	661.854	63.684	110.000	0.000	Dx
Arco	661.854	700.135	38.281	0.000	190.000	Dx
Clotoide cont.	700.135	822.871	122.736	164.027	0.000	Dx
Arco	822.871	823.871	1.000	0.000	1425.869	Dx

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	-0.086	34.063	-0.251	4000.000	11197.606
2	-0.781	153.109	-0.510	4000.000	4000.000
3	-13.430	254.728	-5.280	2000.000	2070.000
4	7.048	326.519	2.159	4000.000	7294.334
5	0.859	55.892	1.537		

La Variante alla Tratta D costituisce un prolungamento plano-altimetrico della Tangenziale Est Esterna. Dal momento che TEEM al km 0 parte con una curva di R=1750 m, la clotoide di attacco della rampa A all'asse principale non rispetta il criterio ottico $A > R/3$. Risultano invece verificati il criterio del contraccolpo e della sovrappendenza longitudinale.

- **RA17 – Rampa I - Rampa di uscita da A4-MI-ADS per A36-Nord**

DATI GENERALI	
Tipo di rampa	Diretta
Intersezione Tipo	1
Vp	50 km/h
Corsie	1

PLANIMETRIA						
Elemento	Prog.I. m	Prog.F. m	Sviluppo m	Parametro A	Raggio m	Verso
Arco	0.000	160.965	160.965	0.000	150.358	Dx
Clotoide	160.965	186.301	25.336	61.721	150.358	Dx
Rettifilo	186.301	320.152	133.851	0.000	0.000	
Clotoide	320.152	407.123	86.971	147.454	0.000	Dx
Arco	407.123	444.767	37.644	0.000	250.000	Dx
Clotoide	444.767	528.867	84.100	145.000	250.000	Dx
Rettifilo	528.867	535.301	6.434	0.000	0.000	

ALTIMETRIA					
Livellotta n.	Dislivello m	Sviluppo m	Pendenza %	Raggio minimo m	Raggio m
1	0.067	50.037	0.133	1500.000	4770.782
2	-0.798	49.985	-1.596	1500.000	1500.000
3	-0.762	44.524	-1.711	750.00	1377.266
4	-0.424	73.541	-0.577	1500	1500.000
5	-11.092	188.468	-5.896	750	920.000
6	-0.079	43.381	-0.181	750	1000.000
7	1.104	47.508	2.324	1500	5145.322
8	0.830	38.220	2.173	-	-

Si sottolinea che la rampa I è soggetta a forti vincoli altimetrici che ne condizionano fortemente l'andamento altimetrico: come è riscontrabile dalle tabelle sopra riportate, la rampa I presenta un tracciato planimetrico molto breve con un dislivello superiore agli 11 m. In ragione del fatto che si stacca da una rampa semidiretta e parte da un'area di servizio in cui la velocità ammissibile è ridotta, si è deciso di uniformare la sua Vp a 50 km/h nonostante sia una rampa diretta.

5. VIABILITA' INTERFERENTE CON LE ESISTENTI

5.1 Interferenze con le viabilità esistenti

Il tracciato della Variante Tratta D interferisce anche alcuni tracciati appartenenti alla viabilità esistente per la quale sono stati studiati interventi atti a garantire la continuità della rete.

Gli interventi studiati comprendono la scelta di soluzioni diverse:

- prevedere opere d'arte di scavalco o di sottopasso del tracciato autostradale;
- realizzare il nuovo tracciato autostradale in galleria, in modo da mantenere a piano campagna i collegamenti esistenti;
- studiare varianti di tracciato della viabilità esistente. Ciò permette di realizzare l'opera d'arte di scavalco in un cantiere posto fuori dalla sede attuale, che può pertanto essere mantenuta in esercizio durante tutta la fase di costruzione;
- percorsi alternativi per la viabilità podereale

In tutti casi gli sviluppi di tracciato si limitano al minimo necessario per la realizzazione dei tratti stradali di approccio all'opera di scavalco.

Per il progetto di questi tratti di viabilità interferita si è fatto riferimento al D.M. 2004 la cui applicazione comporta l'adeguamento, per quanto possibile, degli elementi di tracciamento ai minimi imposti dal D.M. 5/11/2001.

Ne è risultato quasi sempre il rispetto dei minimi normati migliorando comunque l'attuale geometria della strada sia dal punto di vista plano-altimetrico sia rispetto alla capacità/funzionalità del collegamento. Infatti, le dimensioni della piattaforma fanno sempre riferimento alle categorie di strade classificate dalla normativa. Sono stati inoltre previsti elementi marginali adeguati e barriere di sicurezza per i tratti in rilevato di altezza maggiore di 1 metro secondo quanto previsto dalle norme sui dispositivi di ritenuta.

Per quanto riguarda le viabilità poderali ripristinate in sottopasso e non classificate, si è adottata una piattaforma di 5 m di larghezza senza banchine, un'arginello minimo di 50 cm.

Si rimanda agli elaborati specifici per la valutazione del rispetto della normativa vigente per le viabilità in oggetto. In particolare, per ogni viabilità sono stati redatti i seguenti elaborati:

- planimetrie di progetto,
- profili,
- diagrammi delle visibilità,

- sezioni trasversali.

Si precisa infine che la visibilità sulle suddette viabilità è stata garantita solo per l'arresto. La distanza di visibilità per il sorpasso non è stata considerata dal momento che il ripristino spesso è costituito da tratti di lunghezza inferiore ai 500m, per la quale perde di significato garantire il soddisfacimento di tale verifica. Inoltre, tali viabilità locali presentano accessi o intersezioni esistenti ravvicinati, per i quali in esercizio viene inibito il sorpasso dall'apposita segnaletica.

Si può quindi concludere che il progetto delle viabilità secondarie tiene conto degli indirizzi normativi vigenti migliorando l'attuale funzionalità e i relativi parametri geometrici.