



Società Autostrada Tirrenica p.A.
GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 4

TRATTO: GROSSETO SUD – FONTEBLANDA

PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006


AU – CORPO AUTOSTRADALE

PARTE STRADALE

RELAZIONE TECNICA

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 RESPONSABILE UFFICIO STD	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO	DIRETTORIO		FILE		DATA:	REVISIONE	
	—	—	—	—	FEBBRAIO 2011	n.	data
—	12	12	14	01	—	—	—
	STD090				SCALA:		

 ingegneria europea	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	Ing. Michele Angelo Parrella O.I. Avellino N.933
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Massimiliano Giacobbi – O.I. Milano N.20746

RESPONSABILE DI COMMESSA Ing. Giambattista Brancaccio Ord. Ingg. Roma N. 15710 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
--	---	--

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	3
3	L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO DELLA VARIANTE SS1 AURELIA.....	10
4	IL PROGETTO.....	12
5	INQUADRAMENTO NORMATIVO	16
6	CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PROGETTO	17
6.1	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	17
6.1.1	<i>ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE</i>	<i>17</i>
6.2	IL PROGETTO	20
6.2.1	<i>INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI.....</i>	<i>20</i>
6.2.2	<i>Caratteristiche planimetriche</i>	<i>20</i>
6.2.3	<i>Caratteristiche altimetriche</i>	<i>24</i>
6.2.4	<i>Analisi di visibilità.....</i>	<i>25</i>
6.2.5	<i>ASSE AUTOSTRADALE</i>	<i>27</i>
6.2.6	<i>Aspetti geometrici dell'infrastruttura di progetto.....</i>	<i>29</i>
6.2.7	<i>Analisi del progetto con riferimento al DM del 05.11.2001.....</i>	<i>33</i>
6.2.8	<i>Andamento altimetrico</i>	<i>36</i>
6.2.9	<i>Verifiche di visibilità.....</i>	<i>37</i>
6.3	SVINCOLI ED AREE DI SERVIZIO	39
6.3.1	<i>Criteri progettuali.....</i>	<i>39</i>
6.3.2	<i>Geometria degli elementi modulari delle rampe</i>	<i>40</i>
6.3.3	<i>Sezioni tipo delle rampe e delle corsie specializzate</i>	<i>41</i>
6.3.4	<i>Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate</i>	<i>42</i>
6.4	VERIFICHE FUNZIONALI	44
6.4.1	<i>Rotatorie.....</i>	<i>44</i>
6.5	PAVIMENTAZIONI.....	46

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al progetto definitivo dell'intervento di adeguamento ad Autostrada di un tratto della SS1 Aurelia, riferibile al Lotto4 Grosseto Sud - Fonteblanda, parte dell'intero corridoio tirrenico compreso tra Rosignano e Civitavecchia.

Nel presente documento sono descritte le caratteristiche stradali del progetto e illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza con le indicazioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 05/11/2001, prot. 6792) per autostrade extraurbane (strade di categoria A), non cogente per l'intervento in oggetto ai sensi del DM 22.04.04, in quanto trattasi di adeguamento di infrastrutture esistenti.

Per quanto riguarda le caratteristiche stradali delle intersezioni si è fatto riferimento al Decreto Ministeriale 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali"; nei successivi paragrafi verranno indicati i criteri progettuali adottati per la definizione della geometria delle rampe di svincolo/interconnessione e per il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione/diversione.

2 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il tronco sud del completamento del corridoio tirrenico si estende dallo svincolo di Grosseto Sud, fine del tronco sud, allo svincolo di Civitavecchia (Nord), raccordo con l'autostrada A12 Roma-Civitavecchia esistente.

Il progetto si riferisce al Lotto4 della A12 Rosignano-Civitavecchia, da Grosseto Sud a Fonteblanda per uno sviluppo complessivo di circa 16,4 km.

Nel tratto in esame da Grosseto Sud a Fonteblanda, la sezione tipo esistente è riconducibile ad una Extraurbana Principale ed è composta da due carreggiate, ciascuna a due corsie per senso di marcia di larghezza $L=3.50\text{m}$ e una piattaforma pavimentata di larghezza complessiva pari a $L=15.30\text{m}$ circa.

Lungo lo spartitraffico è posizionata una barriera di sicurezza metallica bifacciale nel primo tratto fino a Rispecchia (km 3+000), e monofilare NJ in cls nel secondo tratto, con margine interno di larghezza pari a circa 1.00m; sui margini laterali sono disposte barriere metalliche a nastro.

SEZIONI TIPO ESISTENTE VARIANTE SS1 AURELIA

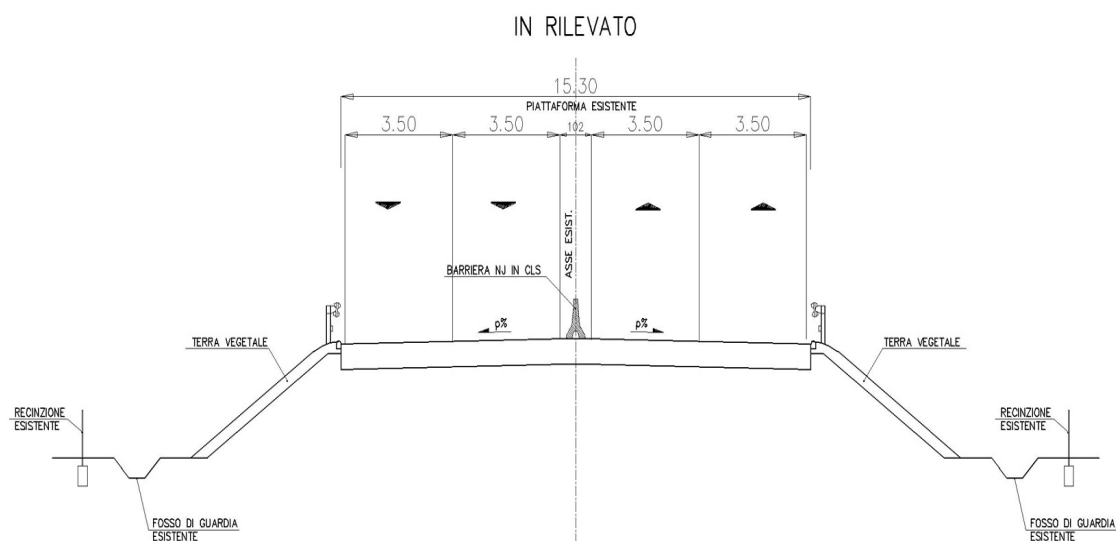


Figura 1: Sezione tipo attuale SS1 Aurelia Cat.B

In alcuni tratti, per la presenza di intersezioni a raso e la canalizzazione del traffico, la sezione stradale si riduce ad una corsia per senso di marcia.

La progressiva iniziale, pari al km 0+000, è posta in prossimità del km 160+200 circa della SS1 Aurelia esistente (verso delle progressive da sud verso nord).

La prima parte del tracciato, dopo un breve rettifilo di 300m circa, presenta una successione di tre curve, sinistrorsa, destrorsa e sinistrorsa di raggio rispettivamente $R=800$, $R=530$ e $R=540$.



Figura 2: tratto iniziale (vista in direzione Nord)

Oltre agli svincoli menzionati sono presenti alcune intersezioni a raso, lungo entrambe le carreggiate, per accessi a viabilità poderali, viabilità secondarie ed a servizio di edifici/residenze isolate.



Figura 3: veduta aerea SS1 Aurelia in prossimità dello svincolo di Montiano

Tutto il tracciato presenta un andamento planimetrico con lunghi rettifili e curve di ampio raggio, ad eccezione del tratto iniziale in corrispondenza del viadotto Rispecchia e dello svincolo omonimo dove si registra un flesso con due curve di raggio $R=550$.



Figura 4: uscita svincolo di Montiano in carr.sud



Figura 5: svincolo di Rispecchia-Alberese

Successivamente il tracciato attuale prosegue verso per circa 3km con un andamento abbastanza rettilineo, prima della curva destrorsa di raggio $R=975\text{m}$ circa al km 6+000; segue un altro tratto lineare di lunghezza $L=3\text{km}$ circa e quindi una curva sinistrorsa di raggio $R=620\text{m}$; da qui e fino a fine lotto, la strada esistente

prosegue con lunghi rettifili a bassa deviazione angolare e curve di ampio raggio in affiancamento alla linea FS Roma-Pisa.



Figura 6: veduta aerea in prossimità dello svincolo di Rispescia

L'unica opera d'arte di rilievo è rappresentata dal viadotto Rispescia al Km 1+890 circa costituito da un'unica campata di 28,50m con le spalle che realizzano due sottovia scatolari adiacenti.



Figura 7: passaggio da barriera di sicurezza metallica a NJ in spartitraffico, dopo Rispecchia



Figura 8: curva sinistrorsa di raggio $R=620m$, prima del tratto finale in affiancamento alla Linea FS



Figura 9: veduta aerea in prossimità dello svincolo di Alberese

3 L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO DELLA VARIANTE SS1 AURELIA

L'autostrada A12 Livorno - Civitavecchia fa parte del cosiddetto "Corridoio Tirrenico" che mette in comunicazione diretta il Nord ed il Sud Ovest dell'Europa con il Mezzogiorno d'Italia e con gli Stati che si affacciano nella parte Sud Occidentale del Mediterraneo ed è già una delle più importanti direttrici plurimodali del nostro Paese.

Mentre sono in servizio ormai da molti anni efficaci collegamenti stradali e autostradali dal confine con la Francia a Livorno e da Civitavecchia a Reggio Calabria, sussiste tra Rosignano e Civitavecchia la mancanza di una sufficiente connessione autostradale. Un primo tratto di tale autostrada è stato realizzato dalla SAT negli anni novanta tra Livorno e Rosignano, e nello stesso periodo è stata realizzata dall'ANAS una variante a 4 corsie della SS 1 Aurelia tra Rosignano e Grosseto Sud. Tra Grosseto Sud e Civitavecchia Nord la S.S.1 è invece ad oggi caratterizzata da una situazione particolarmente inadeguata alle esigenze di sicurezza e fluidità della circolazione, in quanto disomogenea per caratteristiche geometriche, con tratti a 2 e 4 corsie, con e senza spartitraffico, con intersezioni a raso della viabilità locale o minore e a volte con accessi privati diretti sulla sede stradale.

La riduzione di incidentalità, l'esigenza di migliorare le infrastrutture necessarie allo sviluppo delle zone interessate, hanno portato a realizzare, negli ultimi trentacinque anni, una serie imponente di studi e progettazioni sul migliore assetto da dare al collegamento stradale tra Rosignano e Civitavecchia.

Sono state studiate numerose ipotesi di collegamento autostradale con differenti alternative di tracciato e sono state approfondite diverse soluzioni per il miglioramento delle caratteristiche della S.S.1 ma, per molteplici ragioni, nessuna di tali ipotesi ha raccolto i consensi e/o i finanziamenti necessari per passare in modo omogeneo alla fase realizzativa.

Il progetto consiste nell'adeguamento ad Autostrada dell'intero tratto tra Rosignano e Civitavecchia, costituito dal Tronco Nord (Rosignano - Grosseto Sud) e dal Tronco Sud (Grosseto Sud - Civitavecchia).

Il Progetto Definitivo, che viene qui presentato e descritto, consiste nell'adeguamento ad Autostrada del tratto relativo al Lotto4, compreso tra Grosseto Sud e Fonteblanda.

Il progetto ha inizio in prossimità ad una distanza di 500m circa più a sud dell'attuale svincolo di Grosseto Sud, e termina 1,5km più a nord dell'attuale svincolo di Fonteblanda, per uno sviluppo complessivo di circa 16,42 km.

La progressiva iniziale, pari al km 0+000, è posta in corrispondenza del km 177+088 della S.S. n.1 Aurelia (nel comune di Grosseto), mentre quella finale, pari al km 16+418.59 è posta in corrispondenza km 160+254 della S.S. n.1 Aurelia (nel comune di Magliano in Toscana) ed in continuità con l'infrastruttura di progetto del lotto 5B.

Lungo il tracciato sono presenti le seguenti intersezioni stradali principali a livelli sfalsati, con attraversamenti dell'asse stradale realizzati in cavalcavia, (le progressive sono riferite al km 0+000 di progetto situato a inizio lotto):

- Svincolo di Montiano in corrispondenza del Km 1+180;
- Svincolo di Rispescia al km 2+600;
- Svincolo di Alberese al km 10+350.

Nel tratto di intervento è prevista la realizzazione di una barriera di esazione in itinere (Fonteblanda) al km 16+050.

E' inoltre prevista la realizzazione di un' Area di Servizio al km 5+850 (in località Banditella) sulla carreggiata Nord.

Nella progettazione di questo tratto rientra altresì la riqualificazione e integrazione di una serie di viabilità locali connesse all'opera.

4 IL PROGETTO

Per il tratto Grosseto Sud - Fonteblanda (Lotto4) è stata definita una soluzione che di fatto si sovrappone al corridoio della Aurelia esistente.

L'intervento prevede l'allargamento dell'attuale sede stradale ad una sezione di tipo autostradale di tipo di "cat. A" in rispetto al DM 05/11/2001 di larghezza complessiva pari a 24.00m, composta da due carreggiate distinte suddivise da un margine interno di 3.00m con banchine in sinistra di 70 cm. Ciascuna carreggiata sarà composta da 2 corsie di marcia di larghezza $L=3.75\text{m}$ e da corsie di emergenza di larghezza $L=3.00\text{m}$, L'arginello dei rilevati sarà caratterizzato da una larghezza di 1.30m mentre nelle sezioni in trincea è prevista una cunetta di circa 1.00m di larghezza.

SEZIONI TIPO IN RETTIFILLO "CAT. A" AUTOSTRADALE

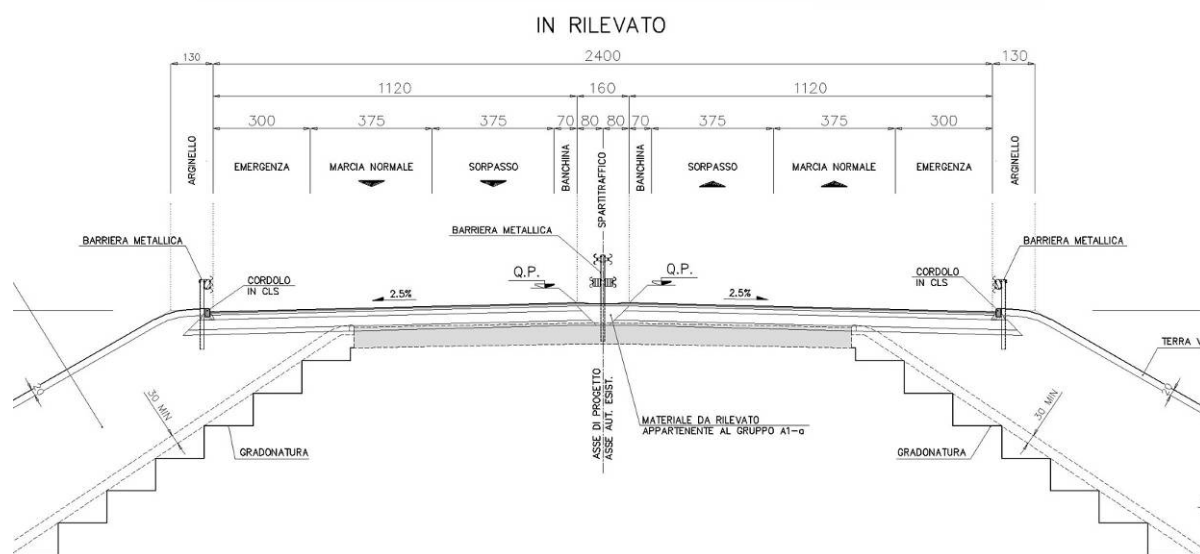


Figura 10: Sezione tipo di progetto (adeguamento simmetrico Variante SS1 Aurelia)

Le pendenze delle scarpate in rilevato è posta pari a 4:7 (altezza:base) con banca ogni 5 m di altezza, mentre in trincea sono previste scarpate con pendenza pari a 1:2 (altezza:base) con banca ogni 5 m di altezza. Per informazioni di dettaglio si rimanda agli elaborati tipologici.

Nello spartitraffico di larghezza 1.60 metri è prevista l'installazione di una barriera metallica monofilare di classe H4. Sui bordi laterali è prevista, laddove necessario, l'installazione di barriere di sicurezza metalliche di classe H2/H3.

La modalità di intervento è un ampliamento in sede, asimmetrico o simmetrico a seconda dei casi, con l'asse di progetto che ripercorre sostanzialmente il sedime esistente dell'attuale SS n°1 Aurelia, ad eccezione di alcuni brevi tratti in variante fuori sede laddove sono previsti nuovi viadotti in sostituzione di quelli attuali.

Anche dal punto di vista altimetrico l'adeguamento del sedime esistente alla sezione autostradale ripercorre per gran parte del tracciato la quota dell'infrastruttura attuale.

SEZIONE TIPO IN RILEVATO "CAT. A" AUTOSTRADE IN RETTIFILO

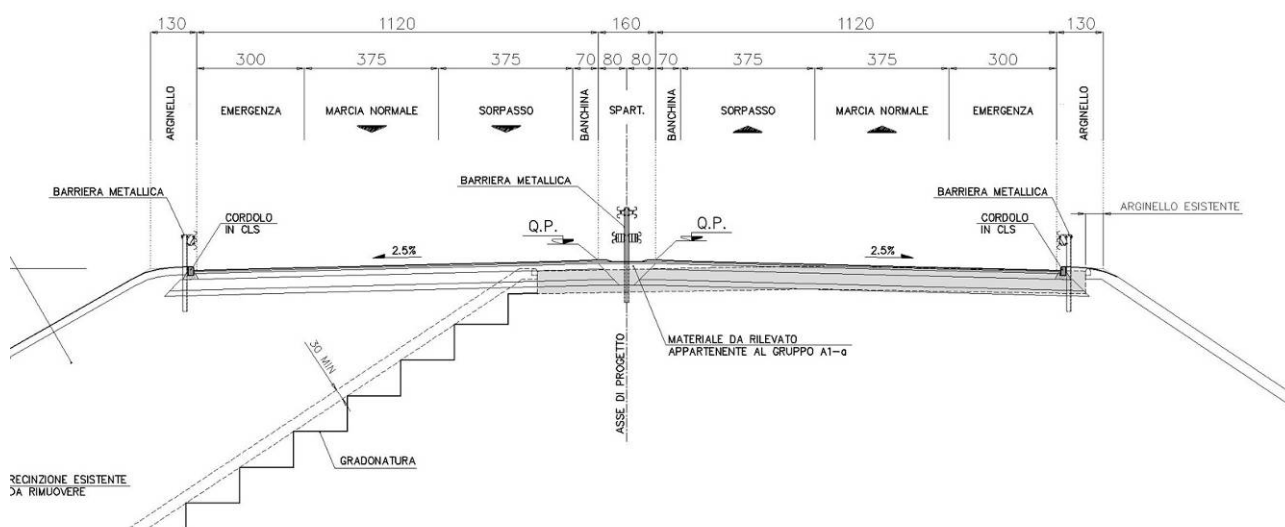


Figura 11: Sezione tipo di progetto (adeguamento asimmetrico SS1 Aurelia)

Come detto l'intervento di progetto prevede l'ampliamento in sede dell'attuale statale, ad esclusione di due tratti in cui l'asse di progetto si colloca in variante rispetto alla SS n.1:

- Dal km. 0+900.00 a km. 3+019.39 - variante plano-altimetrica nella quale il tracciato autostradale in corrispondenza dello Svincolo di Montiano si pone prima ad est del sedime esistente per poi attraversare la statale SS1 e spostarsi ovest;
- Dal km. 8+730.86 a km. 9+686.54 variante plano-altimetrica il tracciato si pone ad ovest della sede esistente;

Nella parte finale del tracciato da Km. 15+722.63 a km. 16.418.59 è presente una variante altimetrica in corrispondenza della Barriera di Esazione per garantire la sicurezza idraulica nel tratto in affiancamento al Collettore Orientale.

Nell'ambito del progetto sono poi compresi una serie di interventi finalizzati a riqualificare e integrare parte della viabilità connessa di tipo extraurbano, interferita dall'autostrada o comunque ricadente nell'area di

interesse. Nello specifico si evidenziano 3 tipologie di viabilità a destinazione particolare (D.P.) con sezione trasversale di 4.00m, di 5.00m e di 7.00m ed una di tipo "sterrata" da 4.00m di collegamento poderale e di accesso ai "caselli" ed alle sottostazioni ferroviarie.

In alcuni casi il riposizionamento o la realizzazione delle nuove viabilità D.P. da 7.00m e 5.00m vicinali ha reso preferibile la loro sistemazione in complanare all'asse autostradale al fine di contenere gli ingombri ed il consumo di territorio.

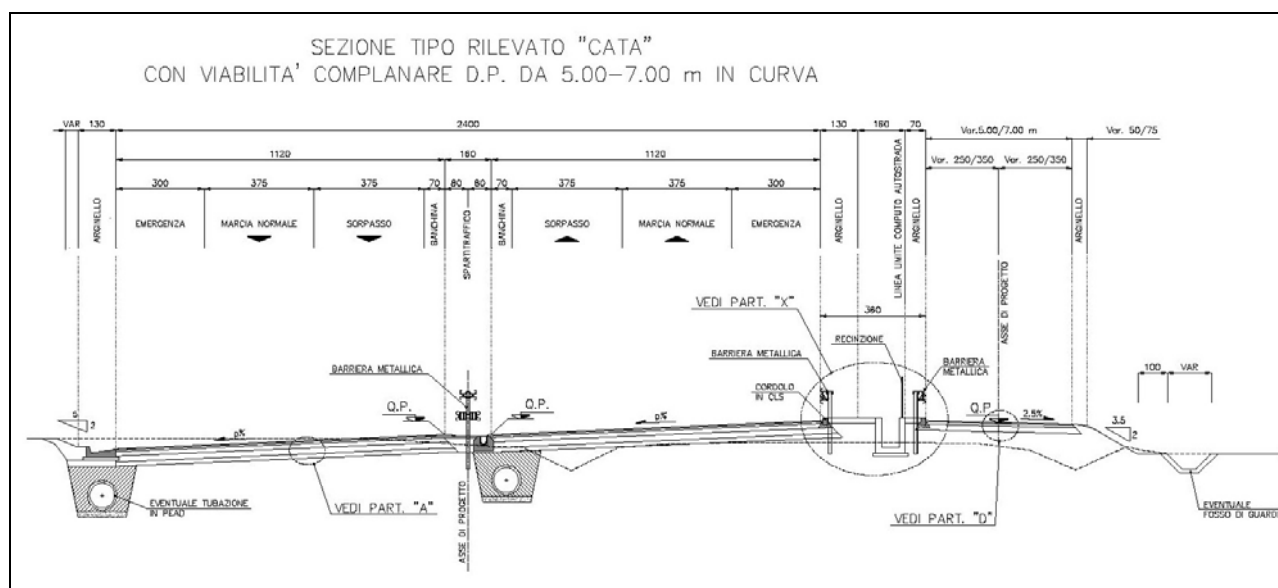


Figura 12: Sezione tipo di progetto con viabilità secondaria in complanare (adeguamento SS1 Aurelia)

Il tracciato inizia immediatamente prima dello Svincolo di Montiano, con un brevissimo rettilineo ed un tratto di raccordo funzionale per garantire il passaggio dalla sezione autostradale a quello della statale esistente, per poi affrontare in variante un flesso planimetrico, con una successione di curve R850 e R820 interrotte da un breve rettilineo di circa 150 m, e riportarsi sulla sede esistente al km 3+019.39. Lungo la variante è prevista la dismissione degli Svincoli di Montiano e di Rispecchia, e la realizzazione di una serie di interventi per garantire la connessione con la viabilità esistenti:

- per lo svincolo di Montiano il prolungamento dell'opera esistente in sottopasso (ST01 b=12.50m),
- mentre per quello di Rispecchia la demolizione e ricostruzione in sede di un nuovo sottovia (ST02) da 10.00 m di luce.

La sistemazione viaria prevede, oltre alla realizzazione di viabilità D.P. da 7.00m, che in parte ripercorrono le rampe di svincolo ed il sedime della SS1 dismessa, anche la realizzazione di tratti in complanare e di un nuovo sottovia al km.1+590 (ST05 - b=10.00m). Gli interventi lungo la variante comprendono inoltre la realizzazione in carreggiata sud, da km.1+597 a km. 2+568, di una duna vegetata in terra a protezione della

zona antropizzata dell'abitato di Rispecchia. Per quanto riguarda l'attraversamento del Fosso Rispecchia è prevista la realizzazione di un nuovo ponte di lunghezza pari a 54.80m, mentre l'esistente viene riutilizzato per la viabilità secondaria di progetto.

Superato il Km. 3+019.39 l'asse autostradale prosegue con una successione di rettili e curve ad ampio raggio fino al km. 6+230 dove il tracciato piega in destra con una curva R950. Il tratto prevede l'ampliamento in sede dell'esistente di tipo asimmetrico, con la prima parte in destra e la successiva in sinistra per garantire la prevista ubicazione della nuova area di servizio (carr. Nord al km. 5+850) attualmente in costruzione e la realizzazione della viabilità complanare in carreggiata Sud (IN03). Quest'ultima si stacca dalla carreggiata autostradale immediatamente prima dell'area di servizio per attraversare l'asse di progetto con l'unico cavalcavia presente nel lotto (CV02 al km. 5+300).

L'ampliamento in sede, con la presenza costante in carreggiata nord del tratto in complanare della viabilità IN07, prosegue sostanzialmente in rettilo fino al km.8+730 dove è ubicata la seconda variante planimetrica. In corrispondenza della stazione ferroviaria di Alberese la variante prevede per l'asse autostradale uno spostamento in destra rispetto al sedime esistente con una curva R1000 per garantire la realizzazione a sedi sfalsate delle due viabilità di progetto IN10 e IN07.

Superato lo svincolo di Alberese, per il quale è prevista la dismissione, il tracciato ripercorre con una successione di rettili e curve ad ampio raggio R150000, sia planimetricamente che altimetricamente la sede esistente, fino al km. 15+722. Tutto il tratto è caratterizzato dalla presenza costante lungo la carreggiata nord autostradale dalla viabilità complanare IN08.

Immediatamente prima della Barriera di Esazione e fino al termine dell'intervento è presente una variante altimetrica per garantire la sicurezza idraulica del tracciato da eventuali esondazioni del vicino corso d'acqua Collettore Orientale.

5 INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'intervento in oggetto realizza l'adeguamento ad autostrada dell'infrastruttura esistente, SS1 Aurelia, ottenuto mediante un ampliamento in sede dell'attuale sezione stradale.

Il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792.

La normativa di riferimento utilizzata per il dimensionamento delle intersezioni è rappresentata dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006).

6 CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PROGETTO

6.1 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

6.1.1 ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il progetto si riferisce al lotto funzionale denominato Lotto4 del corridoio autostradale tirrenico settentrionale, ovvero al prolungamento dell'autostrada A12 "Azzurra" a sud di Rosignano, realizzato con un intervento di adeguamento dell'infrastruttura esistente, nel tratto compreso tra Grosseto Sud e Fonteblanda.

6.1.1.1 Sezione tipo esistente

Nel tratto in esame da Grosseto Sud e Fonteblanda, la sezione tipo esistente è riconducibile ad una Extraurbana Principale ed è composta da due carreggiate, ciascuna a due corsie per senso di marcia di larghezza $L=3.50\text{m}$ e una piattaforma pavimentata di larghezza complessiva pari a $L=15.30\text{m}$ circa.

SEZIONI TIPO ESISTENTE VARIANTE SS1 AURELIA

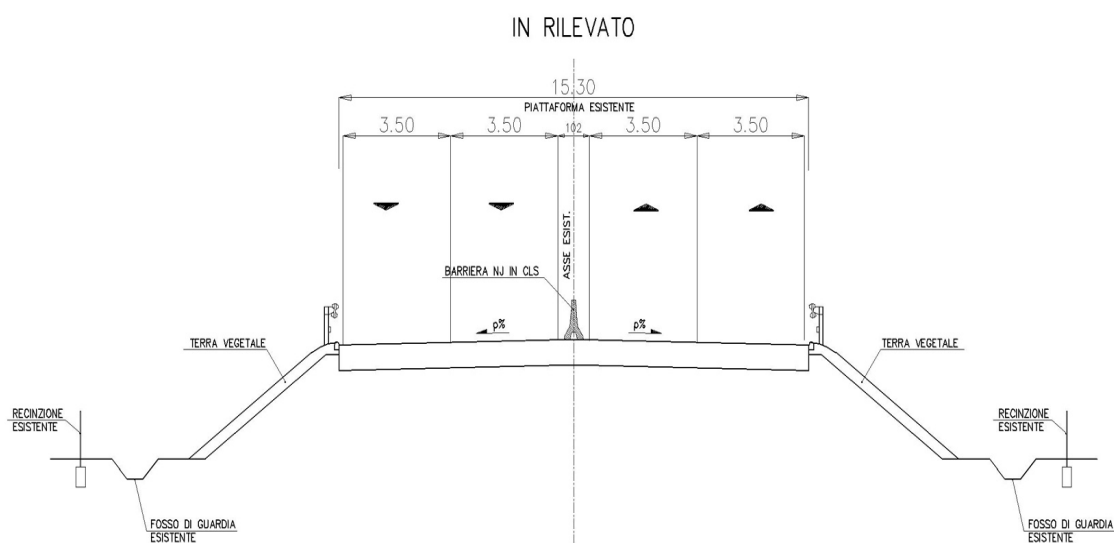


Figura 13: Sezione tipo attuale SS1 Aurelia Cat.B

In alcuni tratti, per la presenza di intersezioni a raso e la canalizzazione del traffico, la sezione stradale si riduce ad una corsia per senso di marcia.

Lungo lo spartitraffico è posizionata una barriera di sicurezza metallica bifacciale nel primo tratto fino a Rispecchia (km 3+000), e monofilare NJ in cls nel secondo tratto, con margine interno di larghezza pari a circa 1.00m; sui margini laterali sono disposte barriere metalliche a nastro.

6.1.1.2 Andamento plano-altimetrico attuale

In generale il tracciato risulta avere un andamento planimetrico composto da una successione di curve destrorse e sinistrorse intervallate da elementi lineari (rettifili) di relativa lunghezza, con l'assenza degli elementi di raccordo a curvatura variabile (clotoidi).

Le caratteristiche geometriche dello stato attuale, sono state desunte dalle indagini topografiche (rilievi fotogrammetrici scala 1:1000) eseguite per lo sviluppo delle attività progettuali, non disponendo di una documentazione specifica sulle caratteristiche plano-altimetriche esistenti (as-built).

Nella successiva Tabella vengono riportati i dati planimetrici dell'asse autostradale esistente.

In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa).

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Lungh.
Rettifilo	0	270,257		270,257
Circonferenza	270,257	478,021	-800	207,764
Rettifilo	478,021	1270,48		792,459
Circonferenza	1270,48	1878,052	530	607,572
Clotoide	1878,052	1896,92		18,868
Rettifilo	1896,92	2518,683		621,763
Circonferenza	2518,683	2899,778	-540	381,095
Rettifilo	2899,778	3968,166		1068,388
Circonferenza	3968,166	4313,285	-4250	345,119
Rettifilo	4313,285	6470,669		2157,384
Circonferenza	6470,669	6796,495	975	325,826
Rettifilo	6796,495	8815,66		2019,165
Circonferenza	8815,66	9014,544	-1700	198,884
Rettifilo	9014,544	9224,137		209,593
Circonferenza	9224,137	9411,459	1600	187,322
Rettifilo	9411,459	9985,819		574,36
Circonferenza	9985,819	10318,615	-620	332,796
Rettifilo	10318,615	12243,817		1925,202
Circonferenza	12243,817	12654,575	-3250	410,758
Rettifilo	12654,575	13813,843		1159,268

Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Lungh.
Circonferenza	13813,843	14106,566	3000	292,723
Rettifilo	14106,566	15893,162		1786,596
Circonferenza	15893,162	16312,623	2500	419,461
Rettifilo	16312,623	16675,502		362,879

Tabella 1: Riepilogo caratteristiche planimetriche Lotto4

Dal punto di vista altimetrico, il tracciato dell'intero lotto presenta un profilo pianeggiante con modeste variazioni di quota.

Tipo Racc.	P. In	P. Fin	P media	Raggio	Prog In	Prog Fin	Delta P
Convesso	0,54	-0,57	-0,015	32744,79045	0	361,575	1,11
Concavo	-0,57	0,4	-0,085	59253,43368	361,575	938,605	0,97
Convesso	0,4	-0,34	0,03	60513,44211	938,605	1388,526	0,74
Concavo	-0,34	-0,19	-0,265	60424,8196	1388,526	1479,25	0,15
Concavo	-0,19	0,92	0,365	44811,22716	1836,679	2333,834	1,11
Convesso	0,92	-0,96	-0,02	23894,3725	2333,834	2784,433	1,88
Concavo	-0,96	-0,1	-0,53	69287,88934	3211,182	3810,688	0,86
Concavo	-0,1	0,78	0,34	72517,33112	5180,075	5816,219	0,88
Convesso	0,78	0,03	0,405	56446,88242	6765,475	7187,588	0,75
Concavo	0,03	0,28	0,155	92459,05771	8376,764	8610,398	0,25
Concavo	0,28	1,29	0,785	29444,38066	9409,47	9707,129	1,01
Convesso	1,29	-0,64	0,325	15040,19868	9707,129	9997,908	1,93
Concavo	-0,64	-0,03	-0,335	34966,99915	12516,775	12729,555	0,61
Convesso	-0,03	-0,67	-0,35	25559,73497	13880,542	14042,947	0,64
Concavo	-0,67	-0,03	-0,35	53060,73591	14731,325	15069,656	0,64
Concavo	-0,03	0,21	0,09	53088,37925	15811,629	15938,843	0,24

Tabella 2: riepilogo caratteristiche altimetriche

6.2 IL PROGETTO

6.2.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

Gli standard progettuali, in termini di composizione plano-altimetrica del tracciato e di dimensionamento degli elementi che compongono la sede stradale, sono stati adeguati a quanto indicato dalla norma di riferimento DM 05.11.2001 relativamente alle autostrade in ambito extraurbano (categoria A).

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della Norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (recependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

Il progetto è stato quindi sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792 e riportati nei seguenti paragrafi:

6.2.2 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta:

- pari a 339 metri nel caso di autostrade extraurbane

(b) Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede:

$$\begin{aligned} \text{per } L < 300 \text{ m} \quad R &\geq L \\ \text{per } L \geq 300 \text{ m} \quad R &\geq 400 \text{ m} \end{aligned}$$

(c) Compatibilità tra i raggi di due curve successive.

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 14;

(d) Lunghezza massima dei rettifili:

$$L_{\max} = 22 \cdot V_{p,\max}$$

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(e) *Lunghezza minima dei rettilifi.* La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella 3; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettilifo considerato.

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

Tabella 3 – Lunghezza minima dei rettilifi in relazione alla velocità

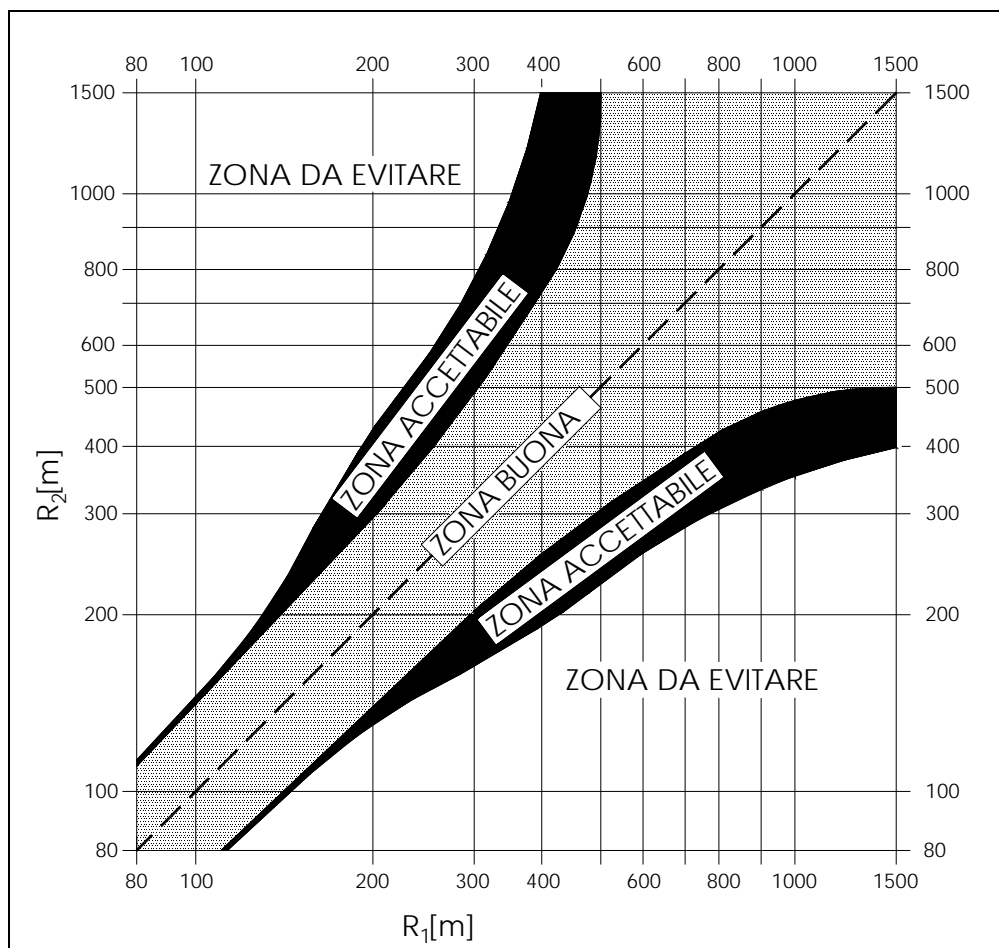


Figura 14 – Abaco di Koppel (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.* La norma prevede che per $V_{p,max} \geq 100$ km/h (e quindi per autostrade) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f_1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f_2).

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.* La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,\min} = 2.5 \cdot V_P$$

con V_P in m/s ed $L_{c,\min}$ in m.

(h) *Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)*

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo), fra il parametro A e la massima velocità V (km/h), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccolpo;
- v = **massima velocità (m/s)**, desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

Ponendo $c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$ si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{gv^2R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - gR \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0,0206125 \cdot V^2 \cong 0,021 \cdot V^2$$

Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali, che vanno raccordate longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;
- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale
- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata la relazione :

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

$$R_2/3 \leq A \leq R_1$$

dove R_1 è il raggio minore ed R_2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto A_E/A_U delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A_1/A_2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

$$2/3 \leq A_E/A_U \leq 3/2 \quad 2/3 \leq A_1/A_2 \leq 3/2$$

6.2.3 Caratteristiche altimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo A (autostrade extraurbane), è pari al 5% (in galleria 4%).

(j) Raccordi verticali convessi

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

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

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

- se invece $D > L$

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

dove:

R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]

Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di 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. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1.10$ m.

(k) Raccordi verticali concavi

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

- se invece $D > L$

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

dove:

R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].

Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale

ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

6.2.4 Analisi di visibilità

Per distanza di visuale libera (DVL) 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.

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade a carreggiate separate, con la **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. Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.

La procedura adottata per il calcolo della distanza di visibilità per l'arresto, tiene conto del nuovo quadro di riferimento rappresentato dalla disposizione del Codice della Strada, introdotta dal D.Lgs. 15 gennaio 2002 n.9, che limita a 110 km/h la velocità massima consentita in autostrada in presenza di pioggia.

Visto che il D.M. 05/11/2001 specifica che i valori di aderenza da adottare nel calcolo delle distanze di arresto sono riferiti a condizioni di pavimentazione bagnata, si è ritenuto che l'introduzione del limite di velocità di 110 km/h in presenza di pioggia consentisse di calcolare le distanze di arresto, limitando superiormente la velocità di progetto dei singoli elementi del tracciato a 120 km/h. Tale valore è stato determinato in analogia a quanto indicato nella norma, che prescrive di effettuare le verifiche adottando un valore massimo della velocità di progetto pari al limite di velocità legale previsto dal Codice della Strada incrementato di 10 km/h, al fine di mantenere il fattore di sicurezza adottato (e quindi il livello di rischio accettato) dalla norma stessa.

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f _i Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

Tabella 4 – DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

Per completezza nel calcolo delle distanze di arresto si è fatto anche riferimento alla condizione di pavimentazione asciutta; le verifiche sono state effettuate considerando che il tracciato sia percorso alla velocità di progetto, secondo il diagramma delle velocità, ed adottando valori di aderenza su pavimentazione asciutta. Per questi ultimi non essendo sono forniti dal D.M. si è fatto ricorso a valori reperibili in letteratura ed in particolare ai dati sperimentali del progetto VERT, finanziato dalla UE nel periodo 1999 – 2001, nell'ambito del progetto Brite Euram BRPR-CT97-0461.

Analizzando i dati disponibili di misure su superficie asciutta effettuate durante progetto VERT dai laboratori del CETE francese e del VTI svedese, è stato ottenuto un valore medio cautelativo di aderenza a ruota bloccata di 0,70, sostanzialmente costante al variare della velocità ed indipendente dalle caratteristiche di tessitura dei piani viabili.

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 20 metri) in funzione della velocità di progetto limitata superiormente a 120 km/h e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ

D_2 = spazio di frenatura

V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [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/s²]

Ra = 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]

Per il tempo complessivo di reazione si sono assunti valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h, in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità:

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

Negli elaborati grafici allegati al progetto è riportata anche la verifica della **distanza di visuale libera per la manovra di cambiamento di corsia**, calcolata soltanto per le diversioni in corrispondenza degli svincoli considerando il punto di vista (occhio del guidatore) collocato al centro della corsia di sorpasso e ad un'altezza pari ad 1.10 m. rispetto al piano viabile; il punto di mira (limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente) è stato trasversalmente collocato in corrispondenza del margine destro della carreggiata ed un'altezza dal piano viabile di 0.10 m.

6.2.5 ASSE AUTOSTRADALE

L'asse di tracciamento stradale è fissato in corrispondenza dell'asse centrale della piattaforma stradale. E' su questo asse che sono applicate tutte le regole imposte dalla normativa relative al tracciamento planimetrico ed altimetrico.

Fanno eccezione i tratti in cui le carreggiate risultano separate in corrispondenza degli attraversamenti in viadotto per i quali è stato previsto per la carreggiata che si discosta dal sedime esistente un tracciamento dedicato con asse coincidente con la linea bianca di separazione tra corsia di sorpasso e banchina interna.

Nei tratti a carreggiate unite (margine interno da 3.00 metri) l'asse di tracciamento definisce le quote di progetto di entrambe le carreggiate stradali. La rotazione delle sagome avviene intorno a due "fulcri" (uno per carreggiata) ubicati al bordo di ciascuna carreggiata (distanza di 0.80 metri dall'asse di tracciamento).

6.2.6 Aspetti geometrici dell'infrastruttura di progetto

6.2.6.1 Sezione tipo

L'intervento prevede l'allargamento dell'attuale sede stradale ad una sezione di tipo autostradale di tipo di "cat. A" in rispetto al DM 05/11/2001 di larghezza complessiva pari a 24.00m, composta da due carreggiate distinte suddivise da un margine interno di 3.00m con banchine in sinistra di 70 cm. Ciascuna carreggiata sarà composta da 2 corsie di marcia di larghezza $L=3.75m$ e da corsie di emergenza di larghezza $L=3.00m$, L'arginello dei rilevati sarà caratterizzato da una larghezza di 1.30m mentre nelle sezioni in trincea è prevista una cunetta di circa 1.00m di larghezza.

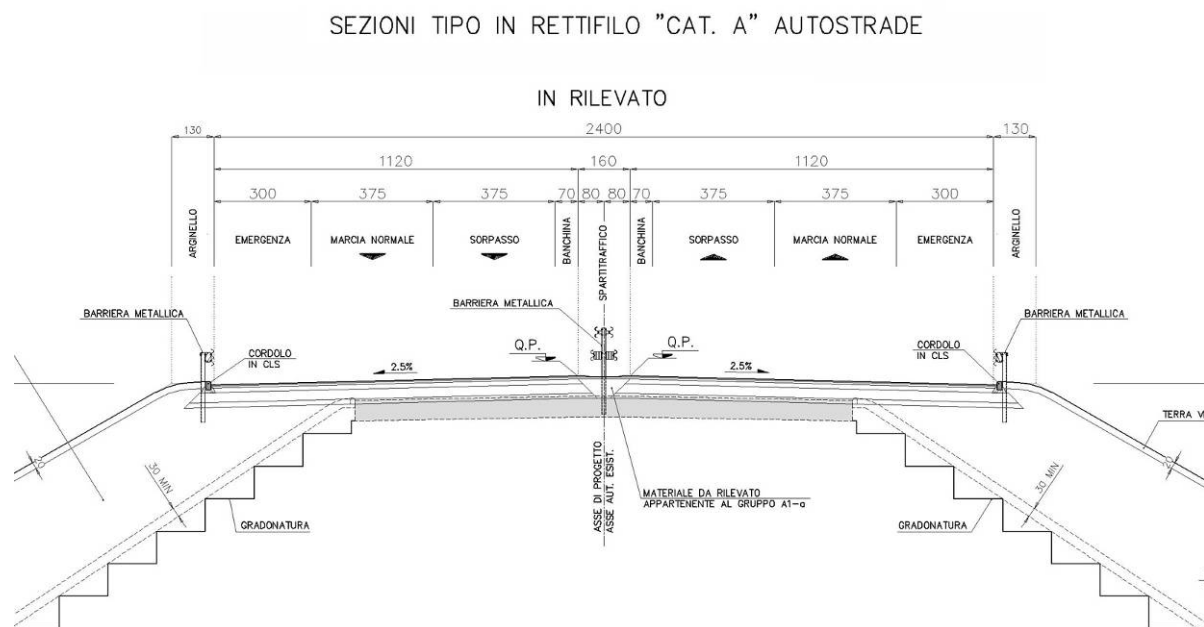


Figura 15: Sezione tipo di progetto (adeguamento simmetrico Variante SS1 Aurelia)

Le pendenze delle scarpate in rilevato è posta pari a 4:7 (altezza:base) con banca ogni 5 m di altezza, mentre in trincea sono previste scarpate con pendenza pari a 1:2 (altezza:base) con banca ogni 5 m di altezza. Per informazioni di dettaglio si rimanda agli elaborati tipologici STD 100-109.

Nello spartitraffico di larghezza 1.60 metri è prevista l'installazione di una barriera metallica monofilare di classe H4. Sui bordi laterali è prevista, laddove necessario, l'installazione di barriere di sicurezza metalliche di classe H2/H3.

La modalità di ampliamento è quasi esclusivamente asimmetrica, con uno dei cigli di progetto che ripercorre il margine esistente in modo tale da facilitare e rendere più flessibile la gestione del traffico veicolare durante le fasi di realizzazione. Solo in alcuni tratti, peraltro abbastanza localizzati, si hanno ampliamenti simmetrici dettati dalle geometrie del tracciato ovvero da vincoli territoriali.

6.2.6.2 Andamento plano-altimetrico di progetto

Nella successiva **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono riportati i dati planimetrici dell'asse autostradale di progetto. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), mentre in colonna (8) si riporta il valore di pendenza trasversale calcolato per una Vpmax di 120km/h.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	Ic
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,000	42,790	42,790	R			
2	42,790	180,123	137,333	AT	412,00		
3	180,123	372,920	192,797	C	1236,00	SX	5,97
4	372,920	510,254	137,333	AT	412,00		
5	510,254	898,792	388,538	R			
6	898,792	1.098,490	199,699	AT	412,00		
7	1.098,490	1.894,866	796,376	C	850,00	DX	7,00
8	1.894,866	2.094,565	199,699	AT	412,00		
9	2.094,565	2.233,255	138,690	R			
10	2.233,255	2.440,260	207,005	AT	412,00		
11	2.440,260	2.812,386	372,126	C	820,00	SX	7,00
12	2.812,386	3.019,391	207,005	AT	412,00		
13	3.019,391	3.362,613	343,222	R			
14	3.362,613	3.362,613	0,000	AT	0,00		
15	5.371,616	5.371,616	0,000	AT	0,00		
16	5.371,616	6.234,235	862,619	R			
17	6.234,235	6.412,913	178,678	AT	412,00		
18	6.412,913	6.551,829	138,916	C	950,00	DX	7,00
19	6.551,829	6.730,507	178,678	AT	412,00		
20	8.272,968	8.272,968	0,000	AT	0,00		
21	8.730,683	8.730,683	0,000	AT	0,00		
22	8.730,683	9.686,534	955,851	R			
23	9.686,534	9.856,278	169,744	AT	412,00		
24	9.856,278	10.170,587	314,309	C	1000,00	SX	6,84
25	10.170,587	10.340,331	169,744	AT	412,00		
26	10.340,331	11.469,136	1128,805	R			
27	11.469,136	12.026,916	557,780	AT	1670,00		
28	12.026,916	12.138,124	111,208	C	5000,00	SX	2,50

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
29	12.138,124	12.695,904	557,780	AT	1670,00		
30	12.695,904	12.960,942	265,038	R			
31	12.960,942	14.396,191	1435,249	C	15000,00	DX	2,50
32	14.396,191	15.722,625	1326,434	R			
33	15.722,625	15.944,847	222,222	AT	666,67		
34	15.944,847	16.062,602	117,755	C	2000,00	DX	4,39
35	16.062,602	16.284,825	222,222	AT	666,67		
36	16.284,825	16.417,648	132,823	R			

Tabella 5: Caratteristiche planimetriche di progetto

Nelle seguenti Figura 16 si riporta il diagramma delle velocità determinato come previsto al punto 5.4 del D.M. n. 6792/2001. Nella medesime figure è riportato, per comodità di lettura, anche l'andamento delle curvature planimetriche.

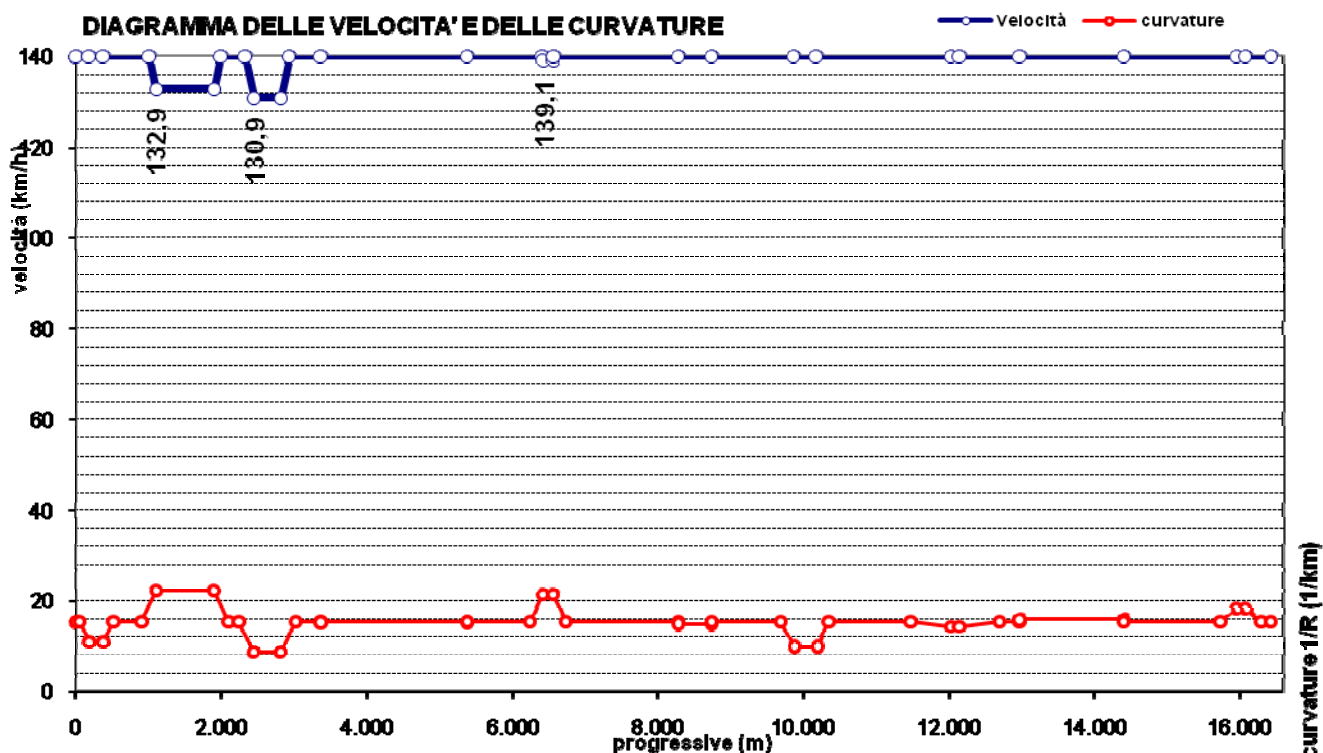


Figura 16: Diagramma delle velocità

Nella successiva **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse stradale. In colonna (2) è riportato il tipo di raccordo altimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- S = Raccordo verticale convesso (Sacca)
- D = Raccordo verticale concavo (Dosso)

In colonna (3) è indicata la progressiva del vertice, nelle colonne (7) e (8) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (9) il valore del raggio verticale.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	D	154	141	166	25,60	-0,17	-0,30	0,13	20000
2	D	219	212	225	13,13	-0,30	-0,35	0,04	30000
3	D	382	356	408	52,02	-0,35	-0,52	0,17	30000
4	S	487	439	535	95,29	-0,52	0,12	0,64	15000
5	S	727	549	905	356,45	0,12	0,26	0,14	250000
6	D	1.117	1.056	1.179	123,07	0,26	-0,56	0,82	15000
7	S	1.279	1.184	1.373	188,91	-0,56	1,01	1,57	12000
8	D	1.659	1.545	1.772	226,98	1,01	-1,66	2,67	8500
9	S	1.953	1.823	2.084	260,18	-1,66	0,51	2,17	12000
10	D	2.591	2.507	2.675	167,96	0,51	-1,47	1,98	8500
11	S	2.768	2.738	2.798	59,99	-1,47	-0,87	0,60	10000
12	S	3.234	3.150	3.318	167,87	-0,87	-0,71	0,16	104500
13	S	3.335	3.319	3.351	32,69	-0,71	-0,57	0,13	24611
14	S	3.446	3.419	3.473	54,18	-0,57	-0,21	0,36	15000
15	S	3.600	3.595	3.606	10,69	-0,21	-0,14	0,07	15000
16	S	3.825	3.799	3.851	51,99	-0,14	-0,04	0,10	50000
17	D	4.034	3.903	4.166	263,45	-0,04	-0,21	0,18	150000
18	S	4.212	4.166	4.258	92,13	-0,21	-0,14	0,07	127676
19	S	4.365	4.362	4.368	6,25	-0,14	-0,10	0,04	15000
20	D	4.694	4.669	4.720	50,55	-0,10	-0,20	0,10	50000
21	S	4.821	4.725	4.918	193,50	-0,20	-0,02	0,18	110000
22	D	4.950	4.924	4.976	51,73	-0,02	-0,14	0,12	44750
23	S	5.168	5.063	5.273	210,52	-0,14	0,33	0,47	45000
24	S	5.345	5.274	5.416	142,77	0,33	0,70	0,37	38687
25	S	5.856	5.687	6.025	338,00	0,70	0,77	0,07	500000
26	D	6.490	6.306	6.674	367,66	0,77	0,64	0,12	300000
27	D	6.896	6.798	6.993	195,89	0,64	-0,02	0,66	29706
28	S	7.400	7.333	7.466	132,26	-0,02	0,01	0,03	500000
29	S	7.910	7.865	7.956	90,92	0,01	0,10	0,09	100000
30	S	8.309	8.199	8.419	219,67	0,10	0,25	0,15	147100
31	S	8.468	8.445	8.492	47,12	0,25	0,41	0,16	30300
32	D	8.585	8.492	8.678	186,18	0,41	0,25	0,16	116533
33	S	8.797	8.779	8.815	36,56	0,25	0,27	0,02	150045
34	D	9.020	8.989	9.051	62,18	0,27	0,25	0,02	300000
35	S	9.360	9.278	9.443	164,97	0,25	1,07	0,82	20000
36	D	9.662	9.612	9.712	99,81	1,07	0,08	1,00	10000
37	D	9.772	9.735	9.809	73,73	0,08	-0,42	0,49	15000
38	D	9.873	9.848	9.899	51,40	-0,42	-0,67	0,26	20000
39	D	10.016	9.994	10.039	45,13	-0,67	-0,70	0,03	150000
40	S	10.326	10.207	10.444	237,03	-0,70	-0,61	0,09	250000
41	D	10.787	10.646	10.928	281,33	-0,61	-0,65	0,04	700000
42	S	11.289	11.236	11.341	105,15	-0,65	-0,63	0,02	500000
43	S	11.662	11.614	11.710	95,49	-0,63	-0,61	0,02	500000
44	D	12.185	12.128	12.242	114,18	-0,61	-0,72	0,11	100000
45	S	12.434	12.332	12.537	205,69	-0,72	-0,04	0,69	30000
46	D	13.009	12.834	13.183	348,35	-0,04	-0,09	0,06	600000
47	S	13.290	13.201	13.380	178,70	-0,09	-0,07	0,03	627500
48	S	13.420	13.380	13.460	80,14	-0,07	0,00	0,07	113567
49	D	13.805	13.752	13.858	106,63	0,00	-0,71	0,71	15000
50	S	14.001	13.903	14.100	197,65	-0,71	-0,64	0,07	300000

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
51	S	14.749	14.568	14.930	361,71	-0,64	-0,04	0,60	60000
52	S	15.733	15.670	15.795	124,30	-0,04	0,21	0,25	50000
53	S	16.116	16.049	16.183	133,84	0,21	0,42	0,21	65000

Tabella 6: Caratteristiche geometriche altimetriche di progetto

6.2.7 Analisi del progetto con riferimento al DM del 05.11.2001

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05/11/2001.

Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

Il tratto autostradale in oggetto è stato considerato strada di categoria A (autostrada in ambito extraurbano), al quale le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" assegnano un intervallo di velocità di progetto compreso tra 90 e 140 km/h. Come detto nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, considerati i numerosi vincoli e preesistenze da salvaguardare, per tale tratto il progetto è stato sviluppato facendo riferimento ad una velocità di progetto V_{pmax} limitata a 120km/h.

Nelle successive tabelle vengono sintetizzati i risultati della verifica delle caratteristiche planimetriche rispettivamente per la carreggiata Sud e per la carreggiata Nord. In colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C = Curva Circolare
- AT = Clotoide di Transizione
- AF = Clotoide di Flesso
- AC = Clotoide di Continuità

In colonna (7) è indicato il verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (DX = curva destrorsa, SX = curva sinistrorsa), in colonna (8) il valore di pendenza trasversale, mentre in colonna (9) è riportato per ogni elemento il valore massimo della velocità di progetto dedotto dal diagramma delle velocità.

Per quanto concerne gli elementi planimetrici che non rispettano le indicazioni normative vengono indicati in rosso nelle colonne 10÷13:

- i valori minimi (o massimi) dei parametri che permettono di ricondurre l'elemento a quanto indicato dalla norma;
- Il motivo della non congruenza secondo l'elenco riportato al paragrafo 6.2.1.

Nella restante porzione della tabella si riportano i valori dei parametri di verifica.

L'adeguamento prevalentemente "in sede" si è dimostrato in grado di conferire al tracciato autostradale standard in linea con il DM 05/11/2001. Dalle verifiche effettuate lungo il tracciato di progetto, gli scostamenti riscontrati, dovuti alla conformazione geometrica dell'esistente, riguardano sostanzialmente non conformità minori di carattere ottico e non dinamico, quali il mancato rispetto dei criteri di composizione geometrica per le lunghezze massime e minime dei rettili, lo sviluppo dei cerchi inferiore ai minimi, ed il criterio ottico per due clotoidi (elementi 4 e 6) che raccordano raggi per i quali il rispetto di tale criterio avrebbe comportato un impatto tecnico-economico eccessivo sul tracciato.

6.2.8 Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette nel tratto in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive per strade di categoria A – Autostrade extraurbane di non superare la pendenza del 5%.

Nella successiva sono riportati i risultati¹ della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata con riferimento al caso di pavimentazione bagnata e limitazione della velocità di progetto a 120 km/h che risulta essere la condizione maggiormente vincolante (tra le due condizioni descritte al paragrafo 6.2.4).

Dalla verifica risulta che i valori di progetto dei raggi sono sempre superiori a quelli minimi indicati dalla norma di riferimento.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Rv	Vp	D	Rv,min
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(8)	(9)	(12)
1	D	154	141	166	25,60	-0,17	-0,30	20000	120,0	176,4	-
2	D	219	212	225	13,13	-0,30	-0,35	30000	120,0	176,7	-
3	D	382	356	408	52,02	-0,35	-0,52	30000	120,0	177,0	-
4	S	487	439	535	95,29	-0,52	0,12	15000	120,0	176,3	-
5	S	727	549	905	356,45	0,12	0,26	250000	120,0	175,3	4317
6	D	1.117	1.056	1.179	123,07	0,26	-0,56	15000	120,0	176,2	-
7	S	1.279	1.184	1.373	188,91	-0,56	1,01	12000	120,0	175,2	4314
8	D	1.659	1.545	1.772	226,98	1,01	-1,66	8500	120,0	176,7	8376
9	S	1.953	1.823	2.084	260,18	-1,66	0,51	12000	120,0	177,4	4375
10	D	2.591	2.507	2.675	167,96	0,51	-1,47	8500	120,0	177,1	8381
11	S	2.768	2.738	2.798	59,99	-1,47	-0,87	10000	120,0	179,0	-
12	S	3.234	3.150	3.318	167,87	-0,87	-0,71	104500	120,0	177,9	-
13	S	3.335	3.319	3.351	32,69	-0,71	-0,57	24611	120,0	177,5	-
14	S	3.446	3.419	3.473	54,18	-0,57	-0,21	15000	120,0	176,9	-
15	S	3.600	3.595	3.606	10,69	-0,21	-0,14	15000	120,0	176,3	-
16	S	3.825	3.799	3.851	51,99	-0,14	-0,04	50000	120,0	176,0	-
17	D	4.034	3.903	4.166	263,45	-0,04	-0,21	150000	120,0	176,1	8325
18	S	4.212	4.166	4.258	92,13	-0,21	-0,14	127676	120,0	176,3	-
19	S	4.365	4.362	4.368	6,25	-0,14	-0,10	15000	120,0	176,1	-
20	D	4.694	4.669	4.720	50,55	-0,10	-0,20	50000	120,0	176,2	-
21	S	4.821	4.725	4.918	193,50	-0,20	-0,02	110000	120,0	176,1	4339
22	D	4.950	4.924	4.976	51,73	-0,02	-0,14	44750	120,0	176,0	-
23	S	5.168	5.063	5.273	210,52	-0,14	0,33	45000	120,0	175,5	4324
24	S	5.345	5.274	5.416	142,77	0,33	0,70	38687	120,0	174,4	-
25	S	5.856	5.687	6.025	338,00	0,70	0,77	500000	120,0	173,9	4276
26	D	6.490	6.306	6.674	367,66	0,77	0,64	300000	120,0	173,9	8118
27	D	6.896	6.798	6.993	195,89	0,64	-0,02	29706	120,0	175,0	8214
28	S	7.400	7.333	7.466	132,26	-0,02	0,01	500000	120,0	175,8	-
29	S	7.910	7.865	7.956	90,92	0,01	0,10	100000	120,0	175,6	-
30	S	8.309	8.199	8.419	219,67	0,10	0,25	147100	120,0	175,3	4318
31	S	8.468	8.445	8.492	47,12	0,25	0,41	30300	120,0	174,9	-
32	D	8.585	8.492	8.678	186,18	0,41	0,25	116533	120,0	174,9	8211
33	S	8.797	8.779	8.815	36,56	0,25	0,27	150045	120,0	175,1	-
34	D	9.020	8.989	9.051	62,18	0,27	0,25	300000	120,0	175,1	-
35	S	9.360	9.278	9.443	164,97	0,25	1,07	20000	120,0	174,0	-
36	D	9.662	9.612	9.712	99,81	1,07	0,08	10000	120,0	174,3	-
37	D	9.772	9.735	9.809	73,73	0,08	-0,42	15000	120,0	176,3	-
38	D	9.873	9.848	9.899	51,40	-0,42	-0,67	20000	120,0	177,3	-

¹ Nelle tabelle i raccordi convessi sono indicati con l'abbreviazione D (Dosso), mentre i raccordi concavi con la lettera S (Sacca).

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Rv	Vp	D	Rv,min
39	D	10.016	9.994	10.039	45,13	-0,67	-0,70	150000	120,0	177,7	-
40	S	10.326	10.207	10.444	237,03	-0,70	-0,61	250000	120,0	177,6	4381
41	D	10.787	10.646	10.928	281,33	-0,61	-0,65	700000	120,0	177,5	8455
42	S	11.289	11.236	11.341	105,15	-0,65	-0,63	500000	120,0	177,5	-
43	S	11.662	11.614	11.710	95,49	-0,63	-0,61	500000	120,0	177,5	-
44	D	12.185	12.128	12.242	114,18	-0,61	-0,72	100000	120,0	177,6	-
45	S	12.434	12.332	12.537	205,69	-0,72	-0,04	30000	120,0	176,8	4360
46	D	13.009	12.834	13.183	348,35	-0,04	-0,09	600000	120,0	176,0	8309
47	S	13.290	13.201	13.380	178,70	-0,09	-0,07	627500	120,0	176,0	4337
48	S	13.420	13.380	13.460	80,14	-0,07	0,00	113567	120,0	175,9	-
49	D	13.805	13.752	13.858	106,63	0,00	-0,71	15000	120,0	176,7	-
50	S	14.001	13.903	14.100	197,65	-0,71	-0,64	300000	120,0	177,6	4382
51	S	14.749	14.568	14.930	361,71	-0,64	-0,04	60000	120,0	176,7	4356
52	S	15.733	15.670	15.795	124,30	-0,04	0,21	50000	120,0	175,6	-
53	S	16.116	16.049	16.183	133,84	0,21	0,42	65000	120,0	175,0	-

Tabella 7: Verifica delle caratteristiche altimetriche di progetto

6.2.9 Verifiche di visibilità

In termini di visibilità plano-altimetrica, in virtù degli allargamenti previsti in progetto, la distanza di visibilità per l'arresto, calcolata a 120 km/h su pavimentazione bagnata, è garantita lungo tutto il tracciato di progetto.

Nella seguente tabella vengono riportati i risultati emersi dall'analisi di visibilità, in termini di allargamenti necessari, e dei quali è prevista nel progetto la realizzazione, al fine di garantire una distanza di visuale libera compatibile con la distanza necessaria per l'arresto calcolata a 120 km/h che risulta essere la condizione maggiormente vincolante (tra le due condizioni descritte al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** del DM).

Come prescritto dal DM 2001 se l'allargamento risulta di entità minore di 0.20m allora la corsia conserva la larghezza del rettilifo (cfr 5.2.7); inoltre l'allargamento complessivo della carreggiata è stato riportato tutto sul lato interno della curva mentre le banchine e le corsie di emergenza conservano la larghezza che hanno in rettilifo.

CARR. SUD					
Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Allargamento	Margine
Rettilifo	0+000.00	0+042.79			
Clotoide	0+042.79	0+180.12		var	Int
Circonferenza	0+180.12	0+372.92	-1236	0.60	Int
Clotoide	0+372.92	0+510.25		var	Int
Rettilifo	0+510.25	0+898.79			
Clotoide	0+898.79	1+098.49			
Circonferenza	1+098.49	1+894.87	850		
Clotoide	1+894.87	2+094.57			
Rettilifo	2+094.57	2+229.71			
Clotoide	2+229.71	2+436.72		var	Int
Circonferenza	2+436.72	2+808.84	-820	2.40	Int

CARR. SUD					
Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Allargamento	Margine
Clotoide	2+808.84	3+015.85		var	Int
Rettifilo	3+015.85	3+390.33			
Circonferenza	3+390.33	5+399.33	-25000		
Rettifilo	5+399.33	6+233.30			
Clotoide	6+233.30	6+411.97			
Circonferenza	6+411.97	6+550.89	950		
Clotoide	6+550.89	6+729.57			
Rettifilo	6+729.57	8+272.03			
Circonferenza	8+272.03	8+636.74	-10250		
Rettifilo	8+636.74	9+658.19			
Clotoide	9+658.19	9+827.93		var	Int
Circonferenza	9+827.93	10+151.31	-1000	1.36	Int
Clotoide	10+151.31	10+321.06		var	Int
Rettifilo	10+321.06	11+470.62			
Clotoide	11+470.62	12+028.40			
Circonferenza	12+028.40	12+139.60	-5000		
Clotoide	12+139.60	12+697.38			
Rettifilo	12+697.38	12+962.42			
Circonferenza	12+962.42	14+397.67	15000		
Rettifilo	14+397.67	15+724.10			
Clotoide	15+724.10	15+946.33			
Circonferenza	15+946.33	16+064.08	2000		
Clotoide	16+064.08	16+286.30			
Rettifilo	16+286.30	16+419.15			

Tabella 8: Allargamenti di piattaforma previsti in progetto

CARR. NORD					
Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Allargamento	Margine
Rettifilo	0+000.00	0+042.79			
Clotoide	0+042.79	0+180.12			
Circonferenza	0+180.12	0+372.92	-1236		
Clotoide	0+372.92	0+510.25			
Rettifilo	0+510.25	0+898.79			
Clotoide	0+898.79	1+098.49		var	Int
Circonferenza	1+098.49	1+894.87	850	1.95	Int
Clotoide	1+894.87	2+094.57		var	Int
Rettifilo	2+094.57	2+229.71			
Clotoide	2+229.71	2+436.72			
Circonferenza	2+436.72	2+808.84	-820		
Clotoide	2+808.84	3+015.85			
Rettifilo	3+015.85	3+390.33			

CARR. NORD					
Tipo Elemento	Prog In	Prog Fin	Raggio	Allargamento	Margine
Circonferenza	3+390.33	5+399.33	-25000		
Rettifilo	5+399.33	6+233.30			
Clotoide	6+233.30	6+411.97		var	Int
Circonferenza	6+411.97	6+550.89	950	1.62	Int
Clotoide	6+550.89	6+729.57		var	Int
Rettifilo	6+729.57	8+272.03			
Circonferenza	8+272.03	8+636.74	-10250		
Rettifilo	8+636.74	9+658.19			
Clotoide	9+658.19	9+827.93			
Circonferenza	9+827.93	10+151.31	-1000		
Clotoide	10+151.31	10+321.06			
Rettifilo	10+321.06	11+470.62			
Clotoide	11+470.62	12+028.40			
Circonferenza	12+028.40	12+139.60	-5000		
Clotoide	12+139.60	12+697.38			
Rettifilo	12+697.38	12+962.42			
Circonferenza	12+962.42	14+397.67	15000		
Rettifilo	14+397.67	15+724.10			
Clotoide	15+724.10	15+946.33			
Circonferenza	15+946.33	16+064.08	2000		
Clotoide	16+064.08	16+286.30			
Rettifilo	16+286.30	16+419.15			

Tabella 9: Allargamenti di piattaforma previsti in progetto

6.3 SVINCOLI ED AREE DI SERVIZIO

6.3.1 Criteri progettuali

La normativa utilizzata per l'adeguamento ed il dimensionamento delle intersezioni, richiamate al paragrafo precedente è rappresentata dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006), che assume valore di cogenza per le nuove intersezioni.

La progettazione delle intersezioni è stata condotta con particolare riferimento ai seguenti aspetti della progettazione stradale:

- geometria degli elementi modulari delle rampe;
- larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate (sezione tipo);
- dimensionamento delle corsie specializzate;
- distanze di visibilità per l'arresto.

Gli interventi previsti per gli svincoli inseriti in progetto consistono in adeguamenti di quelli attualmente esistenti, pertanto il D.M. 19.04.2006 assume solo valore di riferimento per la progettazione.

6.3.2 Geometria degli elementi modulari delle rampe

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, secondo quanto previsto esplicitamente nella norma in oggetto e facendo anche riferimento ai rimandi che questa fa al D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", la progettazione ha, nell'ambito in cui si è intervenuti a modificare le geometrie esistenti, garantito il rispetto dei parametri minimi dei seguenti elementi piano altimetrici :

- a) raggi minimi planimetrici;
- b) parametri minimi e massimi delle clotoidi;
- c) pendenze longitudinali massime;
- d) raggi altimetrici minimi (raccordi concavi e convessi);

(f) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari garantiscono raggi superiori al raggio minimo previsto dal DM 19/04/2006 che risulta funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto (vedi tabella 8).

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250

Tabella 10 – Raggi minimi delle rampe in funzione della velocità di progetto minima

(b) Parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi)

Per l'inserimento di curve a raggio variabile, il progetto delle rampe rispetta i seguenti criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 relativi agli assi stradali:

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Criterio 3 (Ottico)

Oltre ai criteri precedentemente descritti sono stati verificati il rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare ed il rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001.

In particolare per il dimensionamento della prima ed ultima clotoide impiegate all'interno delle corsie specializzate (rispettivamente in diversione ed immissione) la velocità di progetto dell'elemento è stata determinata sulla base del criterio cinematico imposto dalle due manovre. Pertanto in decelerazione la Vp della clotoide è pari a quella della curva circolare, mentre in accelerazione la Vp della clotoide è stata ottenuta imponendo un'accelerazione pari a 1m/s².

(c) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 19/04/2006, è funzione della velocità di progetto come riportato nella seguente Tabella.

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Pendenza massima in salita	(%)	10	7.0		8.0		
Pendenza massima in discesa	(%)	10	8.0		6.0		

Tabella 11 – Pendenze massime delle rampe

(d) Raccordi verticali concavi e convessi minimi

L'inserimento dei raccordi verticali minimi concavi e convessi garantisce i valori minimi riportati nella successiva Tabella e, in ogni caso, assicura la distanza di arresto calcolata con riferimento alla velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità utilizzando gli stessi criteri previsti dal DM 5/11/2001 per gli assi stradali.

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggi minimi verticali convessi	(m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi	(m)	250	500	750	1000	1400	2000

Tabella 12 – Valori minimi dei raccordi concavi e convessi

I valori dei raggi verticali minimi da adottati indicati dal D.M. 19.04.2006 sono quelli associati al valore minimo dell'intervallo di velocità di progetto dell'intersezione presa in esame (vedi par. 4.7.2).

6.3.3 Sezioni tipo delle rampe e delle corsie specializzate

Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari delle rampe di progetto di nuova realizzazione si rimanda alle sezioni tipo contenute nell'elaborato allegato alla presente relazione.

Tali sezioni tipologiche di progetto rappresentano la sintesi delle indicazioni contenute nella Tabella 9 del paragrafo 4.7.3 del D.M. 19/04/2006 che, relativamente al caso di strade extraurbane, fornisce le indicazioni riportate nella seguente tabella:

Strade extraurbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di	A	3.75	2.50	-

uscita e di immissione	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 13 – Larghezze degli elementi modulari

Rispetto a quanto riportato dalla tabella relativamente alle larghezze minime da impiegare per le rampe bidirezionali di nuova realizzazione (corsie da 3.50m) il progetto ha previsto in questo caso corsie da 3.75m (vedi elaborato allegato). Tale scelta progettuale scaturisce dalla necessità di limitare il più possibile la variazione di larghezza della corsia della rampa nel tratto di passaggio da monodirezionale con larghezza pari a 4.00m a bidirezionale.

Le rampe monodirezionali presentano una larghezza di piattaforma di 6,50 m, con una corsia di marcia da 4.00m e banchina in destra da 1,50m e in sinistra da 1,00.

6.3.4 Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate

Il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione e diversione è stato effettuato con riferimento ai criteri contenuti nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19.04.2006).

6.3.4.1 Corsie di immissione (o di entrata)

Con riferimento allo schema di Figura 17 la lunghezza del tratto di accelerazione $L_{a,e}$ è calcolata mediante la seguente espressione:

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

dove:

- $L_{a,e}$ (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;

- v_1 (m/s) è la velocità all'inizio del tratto di accelerazione (per v_1 si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);
- v_2 (m/s) è la velocità alla fine del tratto di accelerazione, pari a $0,80 \cdot v_p$ (velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette, desunta dal diagramma di velocità)
- a (m/s²) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a 1 m/s^2 .

Il tratto di raccordo $L_{v,e}$ ha una lunghezza pari a 75 metri per velocità di progetto, della strada su cui la corsia si immette, superiori a 80km/h ($L_{v,e} = 50$ metri per velocità di progetto minori o uguali a 80km/h).

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), da verificare con procedure basate su criteri funzionali.

In questa fase di studio non disponendo dei dati di traffico necessari al calcolo funzionale della zona di immissione, la lunghezza della complessiva della corsia specializzata è stato determinata come quella risultante dal dimensionamento geometrico – cinematico, ottenuta sommando al tratto di accelerazione $L_{a,e}$, calcolato con i parametri sopra citati, il tratto di raccordo $L_{v,e}$.

Per le successive fasi di progettazione, il progetto delle corsie di immissione dovrà prevedere, la verifica funzionale dell'intera "zona di immissione" seguendo il metodo indicato dall'Highway Capacity Manual (HCM 2000). In particolare, la verifica accerterà che la lunghezza della zona di immissione, come risultante dal predimensionamento geometrico-cinematico (e cioè pari alla lunghezza complessiva della porzione parallela del tratto di accelerazione, a meno dei primi 30 metri, e del tratto di raccordo), fornisca un livello di servizio risulti non inferiore a LOS B (come indicato al capitolo 5 del D.M. 19.04.2006). Diversamente la lunghezza dovrà essere maggiorata fino al raggiungimento di un LOS adeguato.

Per la definizione dei livelli di traffico si farà riferimento allo scenario progettuale di lungo periodo.



Figura 17: – Schema planimetrico corsia di immissione

6.3.4.2 Corsie di diversione (o di uscita)

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura 18), la lunghezza del tratto di decelerazione $L_{d,u}$ (avente inizio a metà del tratto di manovra e fine all'inizio della rampa in uscita, coincidente con il punto di inizio della clotoide) è 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 criterio cinematico utilizzando 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 (m/s) è la velocità di ingresso nel tronco di decelerazione pari alla velocità di progetto del ramo da cui provengono i veicoli in uscita (velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità);
- v_2 (m/s) 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 pari a $3 m/s^2$ per le strade tipo A, B e $2,0 m/s^2$ per le altre strade.

Il tratto di manovra $L_{m,u}$ ha una lunghezza pari a 90 m per velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia superiori ai 120 km/h.

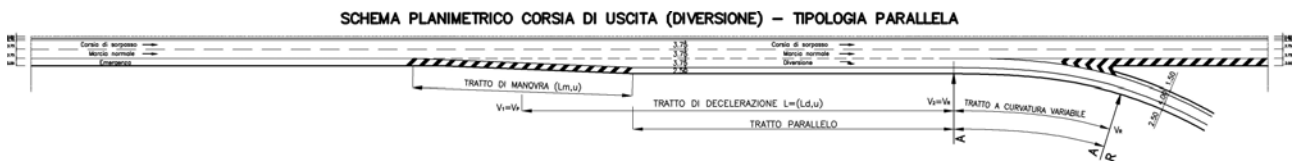


Figura 18: schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

Lungo il tracciato di progetto non sono presenti svincoli, è invece prevista la realizzazione di un' Area di Servizio al km 5+850 (in località Banditella) sulla carreggiata Nord.

6.4 VERIFICHE FUNZIONALI

6.4.1 Rotatorie

Il progetto prevede la realizzazione nel Lotto 4 di 10 opere di ricucitura della viabilità a margine del progetto dell'A12, in prossimità delle località di Grosseto e di Magliano in Toscana.

Per le rotatorie è stata condotta un'analisi funzionale che consentisse di verificare le performance trasportistiche della soluzione progettuale adottata in base alla geometria, all'entità dei flussi transitanti e alle differenti manovre di svolta.

La verifica è stata effettuata calcolando il perditempo medio di tutti i veicoli all'ingresso in rotatoria, tramite metodologia SETRA per le rotatorie con diametro esterno inferiore ai 50m o tramite microsimulazione per quelle con diametro esterno maggior di 50m, e raffrontando il risultato con la scala dei livelli di servizio proposta dall' HCM ed.2000.

I livelli di servizio minimi per le nuove intersezioni sono definiti dal DM 05.11.2001 e dal DM 19.04.2006; per la progettazione di nuove opere, gli adeguamenti o i potenziamenti la suddetta normativa è di riferimento. Nel caso in oggetto le intersezioni sulla rete di adduzione alla Livorno Civitavecchia, Lotto 4, si configurano come di nuova realizzazione o adeguamento o potenziamento e, pertanto, il LOS minimo che l'intersezione deve garantire è definito dal DM 05.11.2001.

I risultati ottenuti dalle verifiche funzionali delle opere di adduzione e delle opere di ricucitura alla viabilità, non mostrano casi con flusso totale presente nella rotatoria maggiore di 1500 Veq/h, in tali casi la rotatoria non ha problemi a smaltire la domanda anche con un assetto geometrico minimo. I risultati ottenuti sono stati sintetizzati nelle tabelle seguenti.

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP FERIALE di OTTOBRE 2016				SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP SABATO DI GIUGNO 2016			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)	Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5.26	A	Non necessaria	40	4/5.26	A	Non necessaria	38
4/5.19	A	Non necessaria	194	4/5.19	A	Non necessaria	244
4/5.20	A	Non necessaria	184	4/5.20	A	Non necessaria	233
4/5.21	A	Non necessaria	17	4/5.21	A	Non necessaria	17
4/5.22	A	Non necessaria	1	4/5.22	A	Non necessaria	15
4/5.25	A	Non necessaria	39	4/5.25	A	Non necessaria	37
4/5.24	A	Non necessaria	217	4/5.24	A	Non necessaria	281
4/5.28	A	Non necessaria	217	4/5.28	A	Non necessaria	281
4/5.29	A	Non necessaria	256	4/5.29	A	Non necessaria	318

Tabella 1 Livelli di servizio intersezioni scenario invernale ed estivo 2016

SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP FERIALE di OTTOBRE 2036				SCENARIO PROGETTUALE DI RIFERIMENTO: OdP SABATO DI GIUGNO 2036			
Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)	Rotatoria	LOS	Risultato Verifica	Flusso (Veq/h)
4/5.26	A	Non necessaria	52	4/5.26	A	Non necessaria	51
4/5.19	A	Non necessaria	275	4/5.19	A	Non necessaria	347
4/5.20	A	Non necessaria	255	4/5.20	A	Non necessaria	314
4/5.21	A	Non necessaria	22	4/5.21	A	Non necessaria	23
4/5.22	A	Non necessaria	2	4/5.22	A	Non necessaria	20
4/5.25	A	Non necessaria	50	4/5.25	A	Non necessaria	50
4/5.24	A	Non necessaria	295	4/5.24	A	Non necessaria	382
4/5.28	A	Non necessaria	295	4/5.28	A	Non necessaria	382
4/5.29	A	Non necessaria	345	4/5.29	A	Non necessaria	432

Tabella 2 Livelli di servizio intersezioni scenario invernale ed estivo 2036

6.5 PAVIMENTAZIONI

L'intervento oggetto del presente progetto prevede l'impiego di una sovrastruttura di spessore complessivo pari a 60 cm e così composta:

- usura drenante-fonoassorbente in conglomerato bituminoso (CB) con bitumi modificati tipo Hard di 4 cm;
- binder in CB con bitumi modificati tipo Hard di 6 cm;
- base in CB con bitumi modificati tipo Hard di 15 cm;
- fondazione legata in misto cementato (MC) di 20 cm;
- fondazione non legata in misto granulare (MGNL) di 15 cm.



Figura 19 – Sovrastruttura nuove pavimentazioni

La verifica strutturale della pavimentazione è stata eseguita con una procedura di tipo razionale utilizzando i criteri di progetto proposti dall'Asphalt Institute e ipotizzando per l'infrastruttura un periodo di progetto pari a 20 anni. La verifica è stata condotta facendo riferimento al tratto elementare maggiormente critico dal punto di vista dei carichi di traffico pesante a cui sarà soggetta la pavimentazione ovvero il tratto elementare Grosseto Sud – Talamone Fonteblanda, dove è stata considerata una percentuale di veicoli pesanti transitanti sulla corsia di marcia pari all'80% (trattandosi di una sezione a due corsie per senso di marcia). I volumi di traffico pesante bidirezionale transitanti nei tre scenari progettuali (breve termine al 2016, medio termine al 2026 e lungo termine al 2036) sono stati desunti dallo studio di traffico.

Il traffico pesante di progetto transitante è stato successivamente determinato attraverso la conversione in passaggi di assi equivalenti singoli da 80 kN; ai fini del calcolo strutturale, il numero di ripetizioni di carico di progetto è stato infine espresso in termini di assi equivalenti/mese.