

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA DEL TRATTO RIMINI NORD-PEDASO

TRATTO: CATTOLICA - FANO

OPERE COMPENSATIVE COMUNE DI PESARO

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE

NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD

Relazione tecnica di progetto stradale

(Analisi di rispondenza alla Norma DM 05.11.2001-DM 19.04.2006)

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola Ord. Ingg. Milano N. 26796 RESPONSABILE UFFICIO STD	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Michele Angelo Parrella Ord. Ingg. Avellino N.933 CAPO COMMESSA/PROJECT ENGINEER	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE
---	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO		FILE				MARZO 2015	n.	data
-	codice commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
-	11143101	STP	STD	0002	-	-			

 ingegneria europea	PIANIFICAZIONE COMMESSE Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
CONSULENZA A CURA DI :	-	IL RESPONSABILE UNITA' STP :	Ing. Andrea Tanzi Ord. Ingg. Parma N.1154

	VISTO DEL COMMITTENTE  Geom. Mauro MORETTI	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	--	---

AUTOSTRADA A14 : BOLOGNA – BARI – TARANTO

**TRATTO CATTOLICA - FANO
OPERE COMPENSATIVE COMUNE DI PESARO**

NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA DEL PROGETTO STRADALE
(Analisi di rispondenza alla Norma DM 05.11.2001 e DM 19.04.2006)

spea | ingegneria
autostrade | europea

Milano, Marzo 2015

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
3	DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE	6
3.1	L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	6
3.1.1	Aspetti geometrici dell'infrastruttura esistente	6
3.1.2	Andamento plano-altimetrico attuale.....	6
3.2	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO - ASSE AUTOSTRADALE	8
3.2.1	Descrizione dell'intervento	8
3.2.2	Andamento plano-altimetrico di progetto	8
3.2.3	Sezioni tipo	10
3.3	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO - NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD.....	13
3.3.1	Descrizione dell'intervento.....	13
3.3.2	Sezione tipo	14
4	CRITERI PROGETTUALI.....	16
4.1	ASSE AUTOSTRADALE.....	16
4.1.1	Caratteristiche planimetriche	16
4.1.2	Caratteristiche altimetriche	19
4.1.3	Analisi di visibilità.....	20
4.1.3.1	Rappresentazione dei risultati	22
4.2	INTERSEZIONI.....	23
4.2.1	Criteri progettuali.....	23
4.2.2	Distanze di visibilità per l'arresto.....	25
4.2.3	Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate.....	25
4.2.3.1	Corsie di immissione (o di entrata)	25
4.2.3.2	Corsie di diversione (o di uscita).....	26
4.2.4	Dimensionamento delle rotatorie.....	27
4.2.4.1	Dimensionamento degli elementi modulari	27
4.2.4.2	Geometria della rotatoria e analisi di visibilità.....	27
4.2.4.3	Verifiche di capacità delle intersezioni a rotatoria	29
5	ANALISI DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	29
5.1	ASSE AUTOSTRADALE.....	29
5.1.1	Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità.....	29
5.1.2	Andamento altimetrico	32
5.1.3	Verifiche di visibilità.....	33
5.2	Nuovo Svincolo di Pesaro Sud	34
5.2.1	Larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate.....	34
5.2.2	Geometria degli elementi modulari della rampa.....	34
5.2.3	Andamento altimetrico	37
5.2.4	Corsie specializzate	39
5.3	ANALISI DI CONGRUENZA GEOMETRICA DELLE ROTATORIE	40
5.3.1.1	Rotatoria esistente via Sandro Pertini	41
5.4	VERIFICHE FUNZIONALI DELLE INTERSEZIONI	42

1 PREMESSA

Nell'ambito degli interventi di ammodernamento e ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A14 Bologna - Bari - Taranto, comunemente denominata "Adriatica", nel tratto compreso tra gli svincoli di Rimini Nord e Pedaso, è stato realizzato l'ampliamento alla 3^a corsia della tratta Cattolica - Fano, dalla progr. km 145+537.45 alla progr. km 173+702.40, per una lunghezza complessiva di 28.165 km circa. All'interno di tale tratto ricadono lo svincolo di Pesaro (km 155+850), lo svincolo di Fano (km 173+200) e l'Area di Servizio Foglia (km 158+840).

Durante la Conferenza di Servizi gli Enti Locali hanno avanzato diverse richieste di opere infrastrutturali (di seguito "Opere compensative") mirate ad aumentare il grado di permeabilità tra sistema autostradale, rete locale e territorio attraversato, tramite nuovi collegamenti ed interconnessioni.

Il Progetto Definitivo delle Opere compensative all'interno del territorio comunale di Pesaro, oggetto della presente iniziativa, concerne quindi i seguenti "sottoprogetti":

- **BRETELLA DI ADDUZIONE OVEST DI PESARO:** l'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo collegamento tra l'attuale Svincolo di Pesaro e la strada Montelabbatese, relazionando lo svincolo autostradale con la parte Sud della città. L'intervento è ubicato a Sud/Est del casello autostradale esistente, in una zona pianeggiante, caratterizzata da colture di pregio e piccoli insediamenti industriali, attraversata dal fiume Foglia; lo scavalco di questo corso d'acqua è realizzato tramite un viadotto a più campate, per una lunghezza totale di 170 m. Sono previsti inoltre un nuovo sottopasso ciclopedonale, un nuovo sottopasso poderale e diversi tombini scatolari.
- **BRETELLA DI SANTA VENERANDA:** l'intervento consiste in parte nella realizzazione di una nuova viabilità che collega la strada Ponte della Valle alla strada Valle dei Castagni fino al sottopasso autostradale, in parte nella riqualifica dell'attuale Strada Pantano Castagni, dal sottopasso autostradale fino all'intersezione su via Sandro Pertini. Nel primo tratto sono previsti un nuovo viadotto sul Rio Genica e un sottopasso per la viabilità di accesso alle abitazioni presenti in prossimità del Genica.
- **NUOVA CIRCONVALLAZIONE DI MURAGLIA:** l'intervento consiste in parte nel potenziamento della viabilità esistente e in parte nella realizzazione di nuova viabilità. Il tracciato oggetto dell'intervento ha inizio sulla rotonda di via Pertini e percorre un primo tratto della strada Pantano Castagni, per poi staccarsi e collegarsi alla via Arnaldo Carloni (primo tratto di 350 m); il successivo tratto di viabilità di 500 m circa viene riqualificato fino al collegamento alla strada dei Condotti da cui parte un nuovo tratto di circa 650 m, fino all'intersezione con via C. Lombroso.
In corrispondenza delle intersezioni tra la nuova viabilità e quelle esistenti sono previste quattro nuove rotonde di tipo convenzionale con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m. Su tutte le rotonde è previsto esternamente un anello ciclopedonale promiscuo da 1.50 m.
Il progetto prevede anche la realizzazione di un sottopasso ciclo-pedonale e di un ponticello, entrambi nell'ultimo tratto di viabilità (su nuovo sedime), oltre a un muro di sostegno in corrispondenza dell'approccio alla rotonda di via Pantano, un muro di sottoscarpa in corrispondenza della nuova area di lottizzazione compresa tra via G. Villani e via C. Lombroso, un muro di controripa sul ramo di accesso all'ospedale.
- **POTENZIAMENTO INTERQUARTIERI:** si tratta del raddoppio da due a quattro corsie della Via S. Pertini, per una lunghezza di circa 1.5 km, a Nord della A14, tra Via Solferino ed il Rio Genica. In progetto è previsto l'adeguamento delle rotonde esistenti.
Non sono previste nuove opere d'arte, ma sarà predisposto il prolungamento o la ricostruzione dei tombini interferiti, oltre all'inserimento di nuove barriere foniche ed il ripristino di esistenti che si rende necessario demolire per la realizzazione delle opere.
- **POTENZIAMENTO URBINATE:** l'intervento consiste nel raddoppio da due a quattro corsie della S.P. 423 Urbinate per una lunghezza di circa 0.7 km a Sud della A14. E' previsto l'adeguamento

delle tre rotoatorie esistenti e la realizzazione di un nuovo tratto di viabilità di collegamento tra la rotoatoria Nord e la Strada Selva Grossa, di estesa pari a 210 m circa. E' previsto il prolungamento o la ricostruzione dei tombini interferiti.

- NUOVA ROTATORIA DI BORGO SANTA MARIA: si tratta di una nuova rotoatoria tra la S.P. 423 Urbinate e la strada Selva Grossa, in luogo dell'esistente intersezione a T. Quest'ultima viene delocalizzata poiché in corrispondenza dell'incrocio esistente non vi sono spazi sufficienti per una corretta diposizione dei rami di accesso, vista la presenza di diverse abitazioni. Il progetto prevede la realizzazione di una rotoatoria di diametro pari a 40 m, centrata sulla S.P. 423 Urbinate e una nuova viabilità di collegamento alla Strada Selva Grossa, con uno sviluppo pari a 130 m circa.
- NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD: il progetto prevede la realizzazione di un nuovo svincolo a schema parziale con stazione di esazione a servizio del tratto Sud dell'Autostrada A14, con collegamenti esclusivamente "da" e "per" Ancona. Il layout di svincolo così configurato prevede quindi una rampa monodirezionale di entrata in direzione Sud e una di uscita in direzione Nord. Le restanti direttrici rimangono invece servite dallo svincolo esistente di "Pesaro-Urbino". Il casello, posto a Nord dell'Autostrada, si connette direttamente alla rotoatoria Sud della "Strada Interquartieri" di Pesaro (via Sandro Pertini), di recente realizzazione e di cui è previsto il potenziamento nell'ambito del presente progetto.

La finalità delle opere sopra descritte è quella di spostare sul sistema autostradale una quota della domanda di traffico che attualmente impegna la S.S.16 "Adriatica" nel tratto compreso tra le città di Pesaro e Fano, con evidenti benefici relativi alle condizioni ambientali, di circolazione e di sicurezza della rete, realizzando nel contempo nuove connessioni a carattere locale, conformemente a quanto previsto nel PRG e negli strumenti di pianificazione territoriale del comune di Pesaro (PU).

Le infrastrutture in progetto si inseriscono pertanto in un più vasto piano di razionalizzazione della rete viaria sia locale che a lunga percorrenza.

La presenza del nuovo svincolo realizza un collegamento più funzionale tra le città di Pesaro e Fano, che rappresentano la seconda e la terza entità demografica e produttiva della Regione Marche: attualmente tale collegamento strategico è realizzato, con notevole complessità, dalla SS 16 "Adriatica", che, posta sulla fascia litoranea e compressa tra la falesia del Monte Ardizio, la ferrovia Adriatica ed il mare, non può essere adeguata funzionalmente per soddisfare agli elevati flussi di traffico che vi si riversano nelle 24 ore, con picchi ancora più intensi durante la stagione estiva e conseguenti criticità in termini di sicurezza stradale e di salvaguardia delle persone.

Da un punto di vista prettamente organizzativo, poiché il progetto comprende sia interventi sulla viabilità ordinaria che interventi sulla rete autostradale, si è ritenuto opportuno suddividere in due stralci il Progetto Definitivo delle Opere Compensative di Pesaro: il primo stralcio comprende tutti gli interventi di potenziamento delle viabilità urbane esistenti e le nuove viabilità urbane ed extraurbane di tipo non autostradale; il secondo stralcio, di cui fa parte la presente relazione, comprende invece solo il Nuovo svincolo di Pesaro Sud.

Nel corso della seguente trattazione si farà comunque riferimento al complesso delle "Opere compensative di Pesaro" per indicare tutti i sette interventi elencati sopra, ma per il dettaglio delle Bretelle si dovrà far riferimento agli elaborati tecnici specifici raccolti all'interno dello stralcio progettuale "Bretelle".

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture sono:

- D.Lgs. 30.04.92, n. 285 e s.m.i.: "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. 16.12.1992 n. 495 e s.m.i.: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada";
- DM 05.11.2001, n. 6792 e s.m.i.: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".
- DM 19.04.2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali"
- DM n. 67/S del 22.04.2004 di Modifica del decreto 5.11.2001, n.6792, recante "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade"

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), relativamente ai tracciati stradali, e nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 19/04/2006) per quanto riguarda le intersezioni.

Le norme sopra indicate assumono carattere cogente per le nuove opere mentre risultano solo di riferimento per le opere esistenti.

In particolare, per il Nuovo Svincolo di Pesaro Sud le prescrizioni contenute nel DM 19.04.2006 assumono valore di normativa cogente, trattandosi a tutti gli effetti di nuova infrastruttura.

Mentre gli interventi sulla piattaforma autostradale sono configurabili come "adeguamento di viabilità esistenti", trattandosi di una variante di un tratto di autostrada esistente; 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", prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nel DM del 5.11.2001, prot. 6792 (in questo caso non cogente), in assenza di una norma specifica che regoli i progetti di adeguamento di strade esistenti.

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE

3.1 L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il nuovo svincolo di Pesaro Sud si inserisce nel lotto 2 del tratto Cattolica Fano al km 161+300 circa. Il tratto autostradale interessato dall'intervento ha giacitura da Nord-Ovest a Sud-Est e si sviluppa alternativamente in rilevato, in trincea e su viadotto. La sezione tipo è caratterizzata da tre corsie per senso di marcia. In alcuni tratti in cui l'andamento planimetrico vede curve di raggio modesto è presente lo sfalsamento delle due carreggiate, con spartitraffico bifilare su opera di sostegno, in altri tratti a piattaforma unica lo spartitraffico da bifilare diventa monofilare per aumentare la visibilità in curva.

3.1.1 Aspetti geometrici dell'infrastruttura esistente

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche salienti dell'infrastruttura esistente con la finalità di mettere in risalto le caratteristiche plano altimetriche del tracciato ed una descrizione delle sezioni trasversali presenti lungo il tracciato.

3.1.2 Andamento plano-altimetrico attuale

L'andamento planimetrico è caratterizzato dalla successione di tre curve: a destra, a sinistra e poi nuovamente a destra, di raggi rispettivamente 898.00 m, 652.25 m e 547.55 m.

Nelle tabelle seguenti vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi dell'attuale tracciato, rispettivamente per la carreggiata Sud e 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.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	Ic
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	160 461.701	160 615.420	153.719	R			
2	160 615.420	160 819.440	204.020	AT	428.03		
3	160 819.440	161 084.696	265.257	C	898.00	DX	7.00
4	161 084.696	161 213.374	128.678	AF	339.93		
5	161 213.374	161 390.534	177.160	AF	339.93		
6	161 390.534	161 644.318	253.784	C	652.25	SX	7.00
7	161 644.318	161 741.493	97.174	AF	251.76		
8	161 741.493	161 857.248	115.755	AF	251.76		
9	161 857.248	162 112.638	255.390	C	547.55	DX	7.00
10	162 112.638	162 265.265	152.626	AT	289.09		
11	162 265.265	162 319.241	53.977	R			

Tabella 1 – Andamento planimetrico – Carr. Sud esistente

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	Ic
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	160 459.796	160 613.394	153.598	R			
2	160 613.394	160 818.743	205.350	AT	430.38		
3	160 818.743	161 076.038	257.295	C	902.00	DX	7.00
4	161 076.038	161 219.719	143.681	AF	360.00		
5	161 219.719	161 387.774	168.056	AF	330.00		
6	161 387.774	161 643.443	255.669	C	648.00	SX	7.00
7	161 643.443	161 740.004	96.561	AF	250.14		
8	161 740.004	161 853.358	113.354	AF	250.14		
9	161 853.358	162 123.943	270.586	C	552.00	DX	7.00
10	162 123.943	162 256.289	132.345	AT	270.29		
11	162 256.289	162 320.643	64.355	R			

Tabella 2 – Andamento planimetrico – Carr. Nord esistente

Nelle tabelle sotto riportate vengono invece sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono i due assi. 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), (8) e (9) rispettivamente la pendenza di ogni livelletta e la differenza di pendenza tra le due. Infine, in colonna (10) il valore del raggio esistente.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	D	160 528	160 333	160 723	390.56	2.02	-1.50	3.52	11100
2	S	160 946	160 854	161 038	183.97	-1.50	0.03	1.53	12000
3	S	161 179	161 054	161 303	248.92	0.03	3.22	3.19	7800
4	S	161 331	161 305	161 357	52.08	3.22	3.80	0.58	9000
5	D	161 747	161 660	161 834	174.09	3.80	2.46	1.34	13000
6	S	162 002	161 903	162 101	198.46	2.46	3.81	1.35	14750
7	D	162 316	162 238	162 394	155.93	3.81	3.77	0.04	400000

Tabella 3 – Andamento altimetrico – Carr. Sud esistente

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	D	160 529	160 331	160 727	396.07	2.01	-1.59	3.60	11000
2	S	160 949	160 848	161 049	201.54	-1.59	0.09	1.68	12000
3	S	161 168	161 050	161 286	236.54	0.09	3.12	3.03	7800
4	S	161 330	161 295	161 365	70.18	3.12	3.83	0.70	10000
5	D	161 743	161 656	161 831	174.36	3.83	2.48	1.34	13000
6	S	162 005	161 908	162 103	194.28	2.48	3.78	1.30	15000

Tabella 4 – Andamento altimetrico – Carr. Nord esistente

3.2 L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO - ASSE AUTOSTRADALE

3.2.1 Descrizione dell'intervento

Per la realizzazione del Nuovo svincolo di Pesaro Sud si è resa necessaria la progettazione di una variante di tracciato dell'asse autostradale esistente su cui lo svincolo andrà ad insistere: i vincoli orografici particolarmente stringenti lungo il tratto in esame, con la presenza di opere di sostegno di dimensioni rilevanti, non consentono infatti un semplice allargamento della piattaforma per l'inserimento delle corsie specializzate, rendendo quindi necessaria una ricollocazione planimetrica delle carreggiate autostradali. Sono infatti attualmente presenti in carreggiata Nord delle paratie che fungono da muri di controripa a sostegno del versante Nord: per ricavare la corsia di decelerazione senza impattare su tali opere è quindi necessario traslare verso Sud la piattaforma autostradale, in modo da mantenere inalterato il margine attuale della carreggiata Nord per tutto il tratto in cui sono presenti le paratie, dal km 161+330 al km 161+775 circa.

Lo sviluppo planimetrico del tratto entro cui poter collocare la variante sopra descritta è a sua volta strettamente vincolato dalla presenza di due viadotti ad esso adiacenti, ovvero il Viadotto di Santa Veneranda e il Viadotto Colombaraccia. Per tale ragione il tracciato dell'asse autostradale in variante si sviluppa dal km 160+610 al km 162+260 circa, con uno scostamento sensibile dalle carreggiate esistenti nel tratto che va dal km 161+080 al km 162+148, mentre a monte e a valle di queste progressive (proprio a causa della presenza dei viadotti sopra citati) lo scostamento rimane estremamente contenuto, esaurendosi progressivamente per realizzare il raccordo al tracciato autostradale esistente.

3.2.2 Andamento plano-altimetrico di progetto

L'andamento planimetrico, come sopra evidenziato, ripercorre fondamentalmente il tracciato esistente. Con riferimento all'asse di tracciamento della carreggiata Sud l'intervento inizia in corrispondenza di un rettilineo al km 160+460, segue una curva a destra di raggio pari a 898.00 m e subito dopo una curva a sinistra di raggio più piccolo, pari a 649.30 m. Infine sono presenti un'ulteriore curva a destra di raggio 549.15 m e un rettilineo in corrispondenza del Viadotto Colombaraccia, in corrispondenza del quale termina l'intervento.

Come previsto dalla normativa, tra gli elementi planimetrici sopra descritti sono state interposte curve a raggio variabile (clotoidi di transizione e di flesso) opportunamente dimensionate.

L'asse di tracciamento della Carreggiata Nord presenta una analoga sequenza di elementi planimetrici, dove i parametri delle tre curve planimetriche sono rispettivamente pari a 902.00 m, 647.50 m, 552.00m.

Nelle tabelle seguenti vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi di progetto delle due carreggiate. 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.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	160 460.000	160 612.591	152.591	R			
2	160 612.591	160 818.854	206.263	AT	430.38		
3	160 818.854	161 121.295	302.441	C	898.00	DX	7.00
4	161 121.295	161 222.879	101.583	AF	302.03		
5	161 222.879	161 336.845	113.967	AF	272.03		
6	161 336.845	161 643.490	306.645	C	649.30	SX	7.00
7	161 643.490	161 740.133	96.643	AF	250.50		
8	161 740.133	161 854.401	114.268	AF	250.50		
9	161 854.401	162 121.226	266.825	C	549.15	DX	7.00
10	162 121.226	162 262.974	141.748	AT	279.00		
11	162 262.974	162 319.301	56.327	R			

Tabella 5 – Andamento planimetrico – Carr. Sud

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	lc
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	160 460.000	160 612.921	152.921	R			
2	160 612.921	160 819.643	206.722	AT	431.81		
3	160 819.643	161 123.232	303.590	C	902.00	DX	7.00
4	161 123.232	161 223.677	100.445	AF	301.00		
5	161 223.677	161 337.518	113.841	AF	271.50		
6	161 337.518	161 646.412	308.894	C	647.50	SX	7.00
7	161 646.412	161 740.025	93.613	AF	246.20		
8	161 740.025	161 846.102	106.077	AF	241.98		
9	161 846.102	162 126.069	279.967	C	552.00	DX	7.00
10	162 126.069	162 258.414	132.345	AT	270.29		
11	162 258.414	162 322.769	64.355	R			

Tabella 6 – Andamento planimetrico – Carr. Nord

Anche con l'obiettivo di minimizzare l'impatto dei lavori sul traffico, l'andamento altimetrico di progetto ripercorre il più possibile quello esistente e si scosta da quest'ultimo solo nelle zone di ampliamento asimmetrico della piattaforma autostradale, come conseguenza della variante planimetrica descritta in precedenza. Inoltre i profili di progetto delle due carreggiate sono stati studiati in modo da consentire l'inserimento di pendenze trasversali a norma, ottimizzando l'entità delle ricariche necessarie sulla pavimentazione stradale esistente.

L'intervento comincia in corrispondenza di un dosso di raggio pari a 11,000 m, continua con una sacca ampia (composta da più raccordi concavi posti in successione) all'interno della quale si sviluppa il Viadotto Santa Veneranda, raggiungendo il punto di minimo del tracciato. Il profilo prosegue quindi con andamento sempre ascendente fino a fine intervento tramite una sequenza di livellette di pendenza variabile dal 2.3 % al 4.0%, intervallate da raccordi con parametri variabili da 2,000 a 15,000 m.

Il nuovo sottopasso di svincolo si posiziona in corrispondenza del tratto finale dell'ampia sacca, mentre nel primo tratto della successiva livelletta si trova il prolungamento del sottopasso autostradale esistente di via Pantano Castagni, in corrispondenza del quale si è cercato di ridurre al minimo le ricariche della piattaforma esistente.

Nella tabella sotto riportata vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse autostradale. 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), (8) e (9) rispettivamente la pendenza di ogni livelletta e la differenza di pendenza tra le due. Infine, in colonna (10) il valore del raggio esistente.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	D	160 597	160 470	160 725	255.49	0.79	-1.53	2.32	11000
2	S	160 761	160 752	160 769	16.57	-1.53	-1.41	0.13	13000
3	D	160 800	160 792	160 808	16.98	-1.41	-1.53	0.12	14000
4	S	160 972	160 852	161 092	239.59	-1.53	0.56	2.08	11500
5	S	161 143	161 095	161 191	96.13	0.56	2.30	1.75	5500
6	S	161 294	161 277	161 311	34.04	2.30	4.01	1.70	2000
7	D	161 342	161 336	161 349	12.63	4.01	3.37	0.63	2000
8	S	161 389	161 385	161 392	7.16	3.37	3.73	0.36	2000
9	D	161 711	161 649	161 774	125.23	3.73	2.69	1.04	12000
10	D	161 835	161 824	161 846	21.33	2.69	2.45	0.24	9000
11	S	161 997	161 896	162 098	201.97	2.45	3.80	1.35	15000

Tabella 7 – Andamento altimetrico – Carr. Sud

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	D	160 594	160 462	160 727	265.56	0.83	-1.59	2.41	11000
2	S	160 875	160 855	160 894	39.50	-1.59	-0.80	0.79	5000
3	S	161 062	160 971	161 152	180.36	-0.80	1.25	2.05	8800
4	S	161 201	161 152	161 250	97.66	1.25	3.00	1.74	5600
5	S	161 299	161 283	161 316	33.20	3.00	4.44	1.44	2300
6	D	161 338	161 324	161 352	28.11	4.44	3.36	1.08	2600
7	S	161 394	161 370	161 417	47.62	3.36	3.76	0.40	12000
8	D	161 742	161 630	161 855	224.89	3.76	2.46	1.30	17300
9	S	162 009	161 916	162 101	185.05	2.46	3.78	1.32	14000

Tabella 8 – Andamento altimetrico – Carr. Nord

3.2.3 Sezioni tipo

La sezione tipo di progetto rientra nella categoria A, ambito extraurbano, della classificazione introdotta dalla nuove "norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", D.M. 5/11/2001.

La velocità di progetto della strada varia fra un minimo di 90 km/h ad un massimo di 140 km/h; conseguentemente gli elementi plano-altimetrici del tracciato sono stati progettati in base a tale intervallo di velocità. La pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2.5% in rettilineo, mentre in curva si raggiunge la pendenza massima consentita dalla normativa del 7.0 % lungo tutte le curve dell'asse autostradale.

Come anticipato nella descrizione del tracciato, la sezione tipo adottata è a tre corsie per senso di marcia, con organizzazione delle carreggiate come seguente:

- corsie da 3.75 m ciascuna, per sorpasso e marcia normale;
- margine laterale con corsia di emergenza da 3.00 m
- arginello da 1.30 m munito di dispositivo di ritenuta tipo guard-rail laterale in rilevato e in trincea dove la presenza di pali di illuminazione obbliga l'installazione di dispositivi di sicurezza.
- margine interno da 4.00 m composto da spartitraffico da 2.60 e banchine pavimentate da 0.70 per i tratti in rettilineo mentre nei tratti in curva, le banchine saranno variabili al fine di garantire le corrette visuali libere e la corretta percezione visiva del tracciato; il margine interno viene quindi aumentato garantendo sempre e comunque uno spartitraffico minimo di 2.60 m funzionale alla corretta installazione delle barriere di tipo continuo in cls (monofilare o bifilare).

Il progetto di ampliamento alla terza corsia della A14, al fine di limitare l'occupazione di suolo, prevedeva ove possibile lo sfalsamento altimetrico delle carreggiate, diminuendo di fatto la quota di progetto del ciglio interno della carreggiata in esterno curva. Tale sfalsamento era stato realizzato tramite l'inserimento di un'opera di sostegno tra le due carreggiate sulla quale impostare anche le barriere di sicurezza in spartitraffico. Un criterio analogo è stato quindi utilizzato anche per il presente progetto del tratto in variante.

Nel primo tratto le due carreggiate, separate da spartitraffico bifilare di tipo New Jersey, si sviluppano su una piattaforma complanare; nel tratto successivo dalla pk 161+625 alla pk 161+280 circa le carreggiate sono sfalsate altimetricamente tramite opera di sostegno in spartitraffico; nel tratto finale dalla pk 161+280 alla pk 162+148 non è più necessario lo sfalsamento e, per aumentare la visibilità in curva, si adotta uno spartitraffico monofilare. Alla progressiva di fine intervento (corrispondente alla pk iniziale del viadotto Colombaraccia) lo spartitraffico torna quindi ad essere di tipo bifilare.

Dove si affiancano le corsie di immissione e diversione, sempre in destra a ciascuna carreggiata è prevista, l'aggiunta di una corsia da 3.75 m con eliminazione della corsia di emergenza e realizzazione di una banchina pavimentata da 2.50 m.

In presenza di piazzola di servizio si prevede l'allargamento della piattaforma di ulteriori 5.00 m oltre la corsia di emergenza. Le piazzole presentano uno sviluppo pari a 65 m di cui 30 m a larghezza costante e due tratti a larghezza variabile di raccordo alla piattaforma tipo, da 15 e 20 metri.

Le scarpate in rilevato ed in trincea sono previste con pendenza 4/7, inerbite superficialmente stendendo una coltre superficiale spessa 20 cm e successivo inerbimento.

A partire da altezze di rilevato o di scavo superiori ai 5.00 metri si prevede la realizzazioni di una banca intermedia di 2.00 m per garantire la stabilità del corpo stradale.

Ne conseguono le seguenti situazioni tipologiche per i tracciato principale.

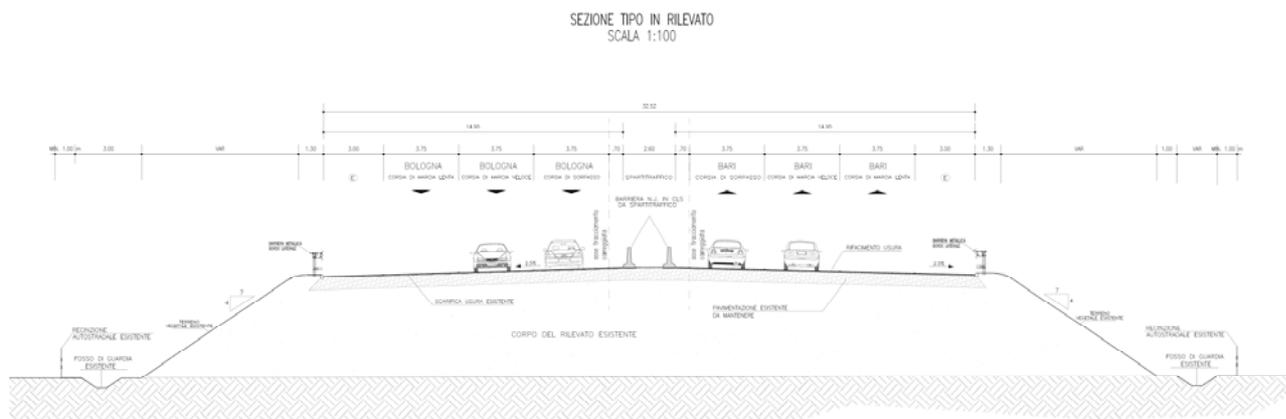


Figura 1 – Sezione tipo in rilevato – tratto iniziale

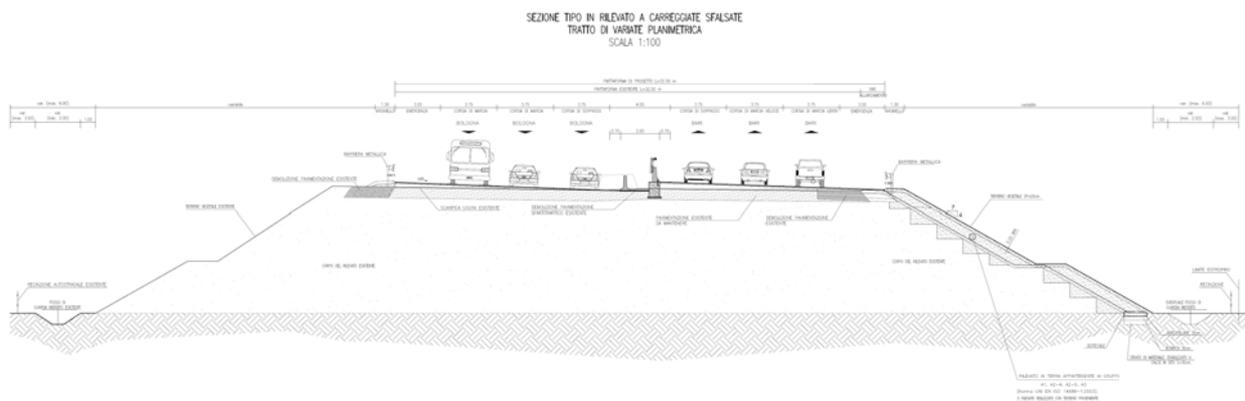


Figura 2 – Sezione tipo in rilevato a carreggiate sfalsate – tratto intermedio

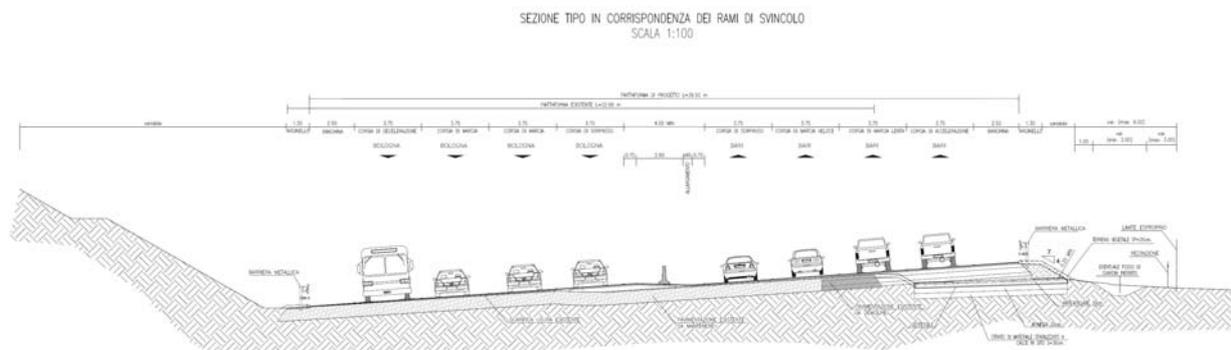


Figura 3 – Sezione tipo in trincea con corsie specializzate di svincolo – tratto finale

3.3 L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO - NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD

3.3.1 Descrizione dell'intervento

Il Nuovo Svincolo di Pesaro Sud consente assieme allo svincolo esistente di Pesaro di relazionare la viabilità locale alla Autostrada A14.

Rispetto ai collegamenti con la viabilità principale lo svincolo risulta essere parziale, in quanto sono servite solo le relazioni da e per Bari, mentre quelle da e per Bologna rimangono servite esclusivamente dallo svincolo di Pesaro esistente.

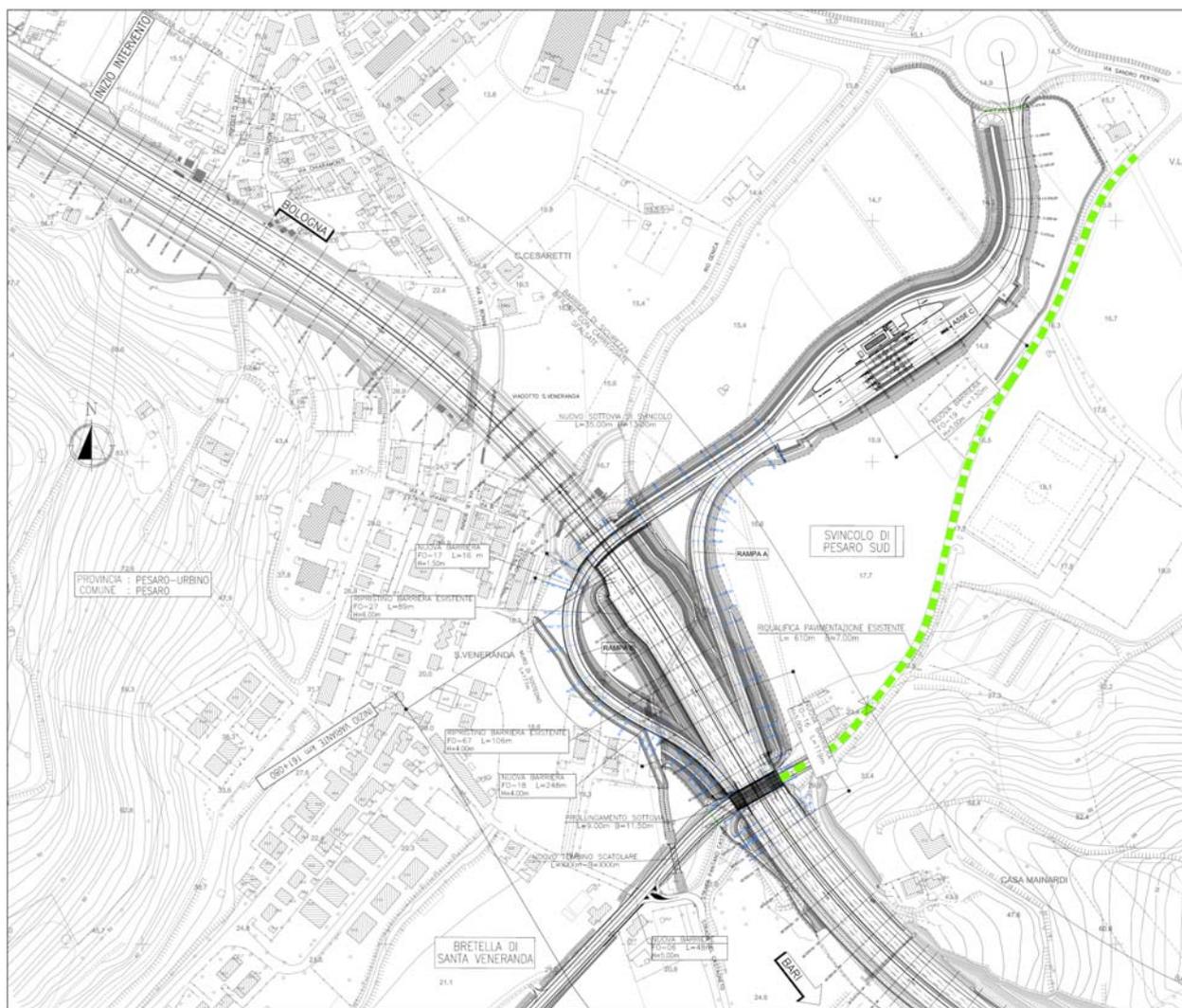


Figura 4 – Stralcio planimetrico

Il layout di progetto vede il piazzale di esazione collocato a Nord dell'asse Autostradale; l'uscita dalla carreggiata Nord è realizzata con una rampa monodirezionale diretta (rampa A) che si stacca dalla carreggiata Nord e si collega al piazzale di esazione; l'ingresso in carreggiata Sud avviene tramite una rampa semi-diretta (rampa B), che, lasciato il piazzale di stazione attraversa la piattaforma autostradale tramite un nuovo sottopasso (immediatamente a sud della spalla del viadotto di santa Veneranda), curva a sinistra e si affianca al corpo autostradale per immettersi in carreggiata Sud.

La rampa A si stacca dalla A14 in un tratto in cui l'autostrada è in rilevato alto; la sezione rimane in rilevato per tutta l'estensione della rampa seppur le quote si riducano progressivamente fino a raggiungere la quota del piazzale che si sviluppa tutto in rilevato medio-basso.

La rampa B, una volta abbandonato il piazzale, si abbassa fino alla quota necessaria per sottopassare la piattaforma autostradale, poi si rialza velocemente per collegarsi alla piattaforma della A14 in corrispondenza del sottopasso di via Pantano Castagni.

Il piazzale infine è collegato alla viabilità locale tramite una rampa bidirezionale (rampa C) che si innesta alla rotonda esistente di via Sandro Pertini. Anche la rampa C si sviluppa tutta in rilevato medio-basso.

3.3.2 Sezione tipo

Rampa monodirezionale a una corsia: La piattaforma pavimentata ha una larghezza complessiva pari a 6.50 m costituita da banchina in sinistra pari a 1.00 m, corsia di 4.00 m e banchina in destra pari a 1.50 m. Nei tratti in rilevato e trincea la piattaforma pavimentata è completata da arginelli in terra di larghezza pari a 1.30 m su cui trova alloggio la barriera di sicurezza laterale di tipo metallico.

Le scarpate in rilevato sono previste con pendenza al 4/7 e inerbite superficialmente stendendo una coltre superficiale spessa 20 cm e successivo inerbimento. La sezione in trincea, come per il tracciato principale, avrà le scarpate profilate con pendenza del 4/7 ed inerbite con strato di materiale vegetale di 20 cm. La protezione del piede del rilevato o del testa scarpa in trincea viene garantita costruendo fossi di guardia in terra o rivestiti.

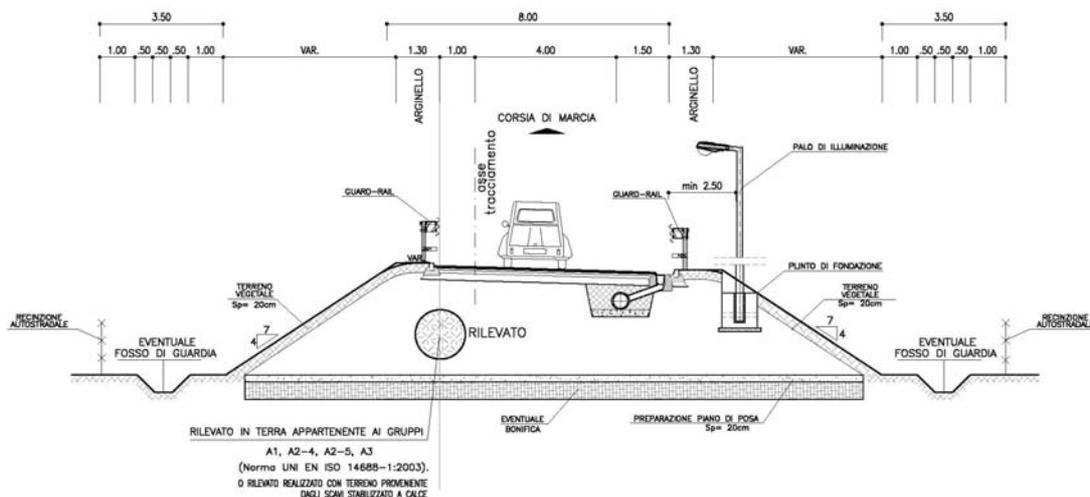


Figura 5 – Sezione tipo rampa monodirezionale in rilevato

Rampa bidirezionale a una corsia per senso di marcia: la piattaforma pavimentata ha una larghezza complessiva pari a 10.50 m, costituita da banchine in destra e in sinistra di larghezza pari a 1.50 m e corsie di 3.75 m. Nei tratti in rilevato e trincea la piattaforma pavimentata è completata da arginelli in terra di larghezza pari a 1.30 m su cui trova alloggio la barriera di sicurezza laterale di tipo metallico.

Le scarpate in rilevato sono previste con pendenza al 4/7 e inerbite superficialmente stendendo una coltre superficiale spessa 20 cm e successivo inerbimento. La sezione in trincea, come per il tracciato principale, avrà le scarpate profilate con pendenza del 4/7 ed inerbite con strato di materiale vegetale di 20 cm.

La protezione del piede del rilevato o del testa scarpa in trincea viene garantita costruendo fossi di guardia in terra o rivestiti.

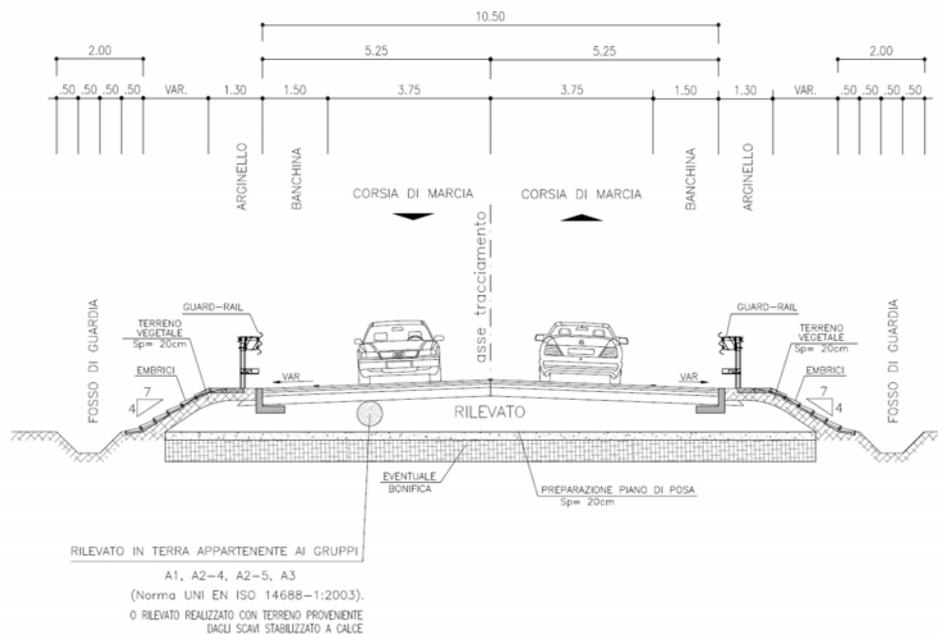


Figura 6 – Sezione tipo rampa bidirezionale in rilevato

4 CRITERI PROGETTUALI

4.1 ASSE AUTOSTRADALE

4.1.1 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*

per $L < 300 \text{ m}$ $R \geq L$

per $L \geq 300 \text{ m}$ $R \geq 400 \text{ m}$

c) *Compatibilità tra i raggi di due curve successive*

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in Figura 7;

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 rettifili*

per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo 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 9 - Lunghezza minima dei rettifili in relazione alla velocità

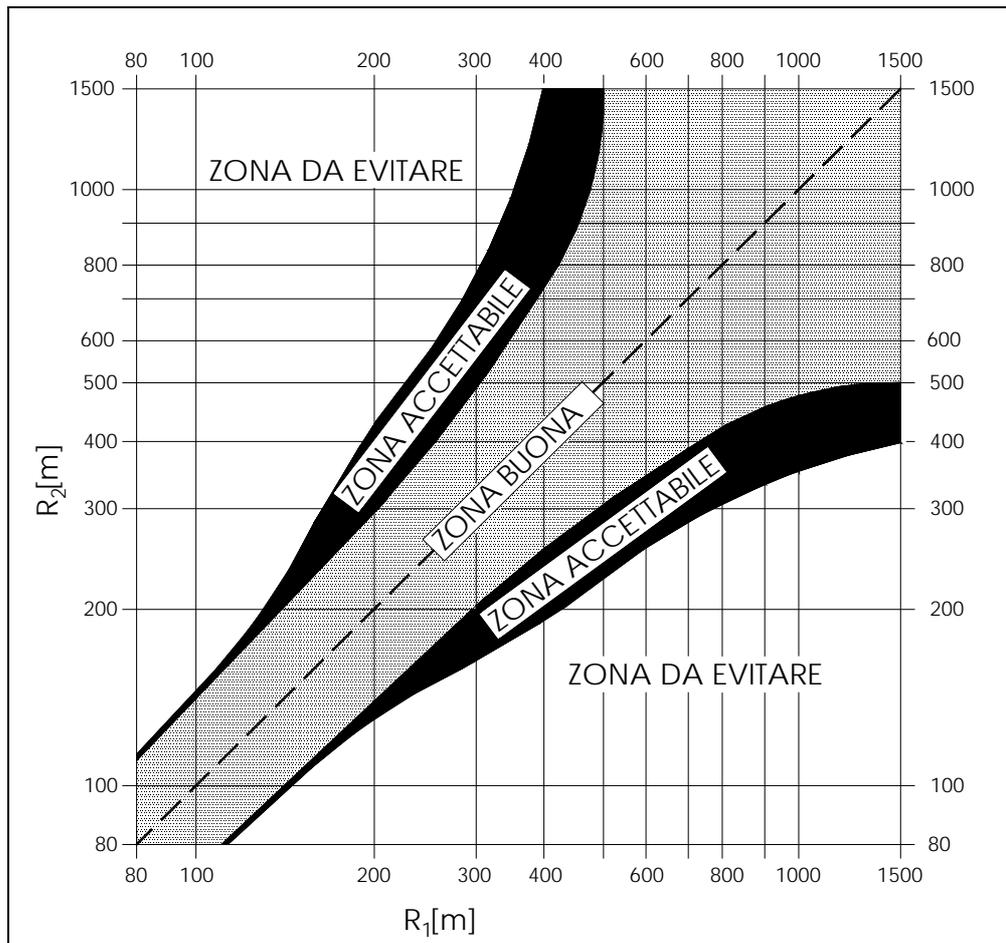


Figura 7 - Abaco di Koppel (DM 05/11/01)

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 contraccollo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccollo), 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 = contraccollo;

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:

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

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;

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100} \quad \text{dove } i_{ci} = \text{pendenza trasversale iniziale}$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100} \quad \text{con } i_{cf} = \text{pendenza trasversale finale}$$

$|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criteria 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:

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

4.1.2 Caratteristiche almetriche

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% .

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 $\vartheta = 1^\circ$.

La distanza di visibilità per il sorpasso è stata calcolata analogamente a quanto descritto per la verifica dei raccordi verticali convessi.

4.1.3 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, 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.

Le **verifiche di visibilità per l'arresto** consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto (determinate lungo l'intero sviluppo del tracciato sia in corsia di sorpasso che in corsia di marcia lenta adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di 0.10 m e collocando trasversalmente i punti di vista e di mira al centro della corsia) con le distanze di visuale libera per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale).

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal D.M. 5/11/2001 (e precisati nello stesso testo della norma stessa, vedi anche Tabella 10), riferito a condizioni di strada bagnata.

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

Tabella 10 - DM 6792/2001, coefficienti di aderenza impegnabile longitudinalmente

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 10 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

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_i = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

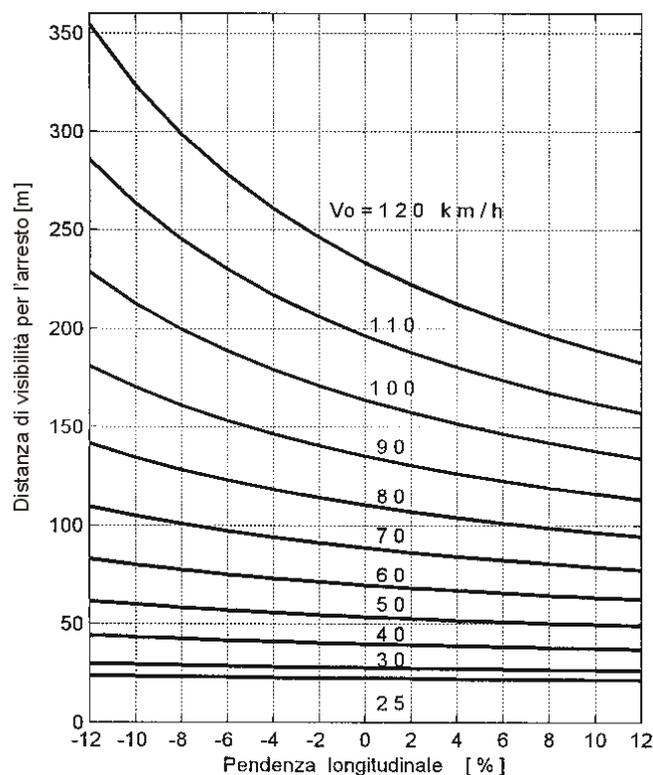
r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile

[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:

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

Il D.M. 5.11/2001 definisce un abaco di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.



4.1.3.1 Rappresentazione dei risultati

I risultati delle analisi sono riportati in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto definitivo, nei quali sono riassunti, in funzione dello sviluppo longitudinale dell'autostrada e per ciascuna carreggiata, le seguenti informazioni:

- andamento planimetrico del tracciato;
- il diagramma delle velocità lungo tutto lo sviluppo dell'asse;
- progressive;
- ettometriche;
- il diagramma di visibilità, tracciato sulla base degli elementi geometrici e cinematici dell'asse, considerando gli allargamenti previsti nello studio della piattaforma stradale per garantire le visuali libere;
- velocità ammissibili;
- allargamenti previsti in progetto;
- grafico complessivo dei risultati delle verifiche.

4.2 INTERSEZIONI

Le caratteristiche stradali delle rampe sono state definite a partire dagli intervalli di velocità indicati nella tabella 7 del paragrafo 4.7.1 del D.M. 19/04/2006 e riportati per completezza nella tabella seguente:

tipi di rampe	Intersezione Tipo 1, escluse B/B, D/D, B/D, D/B		Intersezione Tipo 2, e B/B, D/D, B/D, D/B	
Diretta	50-80 km/h		40-60 km/h	
Semidiretta	40-70 km/h		40-60 km/h	
Indiretta	in uscita da A	40 km/h	in uscita dalla strada di livello gerarchico superiore	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata sulla strada di livello gerarchico superiore	30 km/h

Tabella 11– Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

Per le rampe indirette il valore indicato in Tabella 11 rappresenta la velocità minima di progetto mentre la velocità di progetto massima è assunta pari a quella della corrispondente rampa semidiretta.

4.2.1 Criteri progettuali

La normativa, di riferimento per l'adeguamento delle intersezioni esistenti e cogente per interventi di nuova realizzazione, richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

- 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.

Per quanto riguarda l'analisi delle distanze di visibilità e il dimensionamento delle corsie specializzate si rimanda ai relativi paragrafi nel seguito della presente relazione.

Per quanto riguarda le larghezze degli elementi modulari si è fatto riferimento alle indicazioni contenute alla tabella 9 del paragrafo 4.7.3 del D.M. 19/04/2006 che relativamente al caso di strade extraurbane fornisce le indicazioni riportate in Tabella 12.

Strade extraurbane				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di uscita e di immissione	A	3.75	2.50	-
	B	3.75	1.75	-
Rampe monodirezionali	A	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50		
	B	1 corsia: 4.00	1.00	1.00
		2 corsie: 2 x 3.50		
Rampe bidirezionali	A	1 corsia: 3.50	1.00	-
	B	1 corsia: 3.50	1.00	-

Tabella 12 – Larghezze degli elementi modulari

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", di seguito sono riportate le verifiche prese in considerazione:

1. raggi minimi planimetrici;
2. parametri minimi e massimi delle clotoidi;
3. pendenze longitudinali massime;
4. raggi altimetrici minimi (raccordi concavi);
5. raggi altimetrici minimi (raccordi convessi).

a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 19/04/2006 che risulta funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto (vedi Tabella 13).

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

Tabella 13 – 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, si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al 4.1.1 h)

c) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 19/04/2006, è funzione della velocità di progetto come riportato in Tabella 14.

Velocità di progetto minima	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Pendenza massima in salita	(%)	10	7.0		5.0		
Pendenza massima in discesa	(%)	10	8.0		6.0		

Tabella 14 – Pendenze massime delle rampe

d) *Raccordi verticali convessi*

Per l'inserimento di raccordi verticali convessi si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al 4.1.2 j)

e) *Raccordi verticali concavi*

Per l'inserimento di raccordi verticali concavi si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 5/11/2001 e si rimanda al 4.1.2 k)

4.2.2 Distanze di visibilità per l'arresto

Secondo quanto indicato dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (DM 19/04/2006), deve essere verificata rispetto alla velocità di progetto l'esistenza, lungo le rampe, di visuali libere commisurate alla distanza di visibilità per l'arresto ai sensi del D.M. 05/11/2001 e ciò comporta che lungo il tracciato stradale della rampa la distanza di visuale libera deve essere confrontata 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 dell'intero tracciato della rampa.

Il progetto ha verificato:

- la sussistenza delle opportune distanze di visibilità altimetriche in corrispondenza dei raccordi convessi.
- L'esistenza delle corrette visibilità planimetriche per l'arresto, condotte adottando la procedura prevista dal D.M. 05/11/2001, procedendo in caso di verifica negativa al ripristino delle condizioni mediante l'arretramento dell'ostacolo limitante la visibilità

4.2.3 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).

4.2.3.1 Corsie di immissione (o di entrata)

Con riferimento allo schema di Figura 7 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 m per velocità di progetto, della strada su cui la corsia si immette, superiori a 80km/h ($L_{v,e} = 50$ m 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.

Il progetto delle corsie di immissione è stato condotto sviluppando anche le verifiche funzionali 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 non inferiore a quanto indicato dal capitolo 5 del D.M. 19.04.2006); per gli adeguamenti o i potenziamenti la suddetta normativa è solamente di riferimento pertanto si dovrà verificare che il livello di servizio non sia peggiore al LOS del tratto di base a valle dell'immissione considerata.

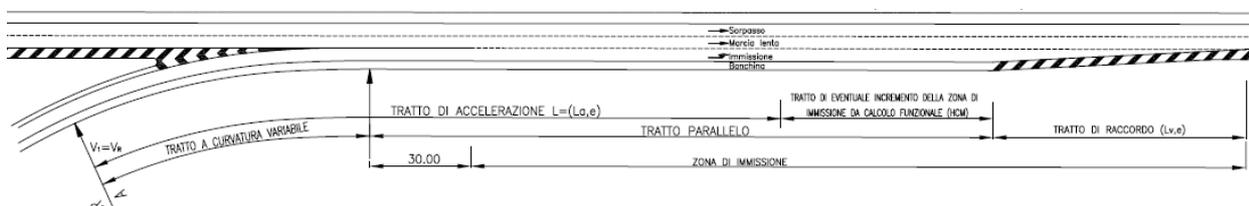


Figura 8 – Schema planimetrico corsia di immissione

4.2.3.2 Corsie di diversione (o di uscita)

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura 9) 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 dipendente dalla velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia: 90 metri per velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia superiore ai 120 km/h e di 75 m per velocità pari a 100 km/h.

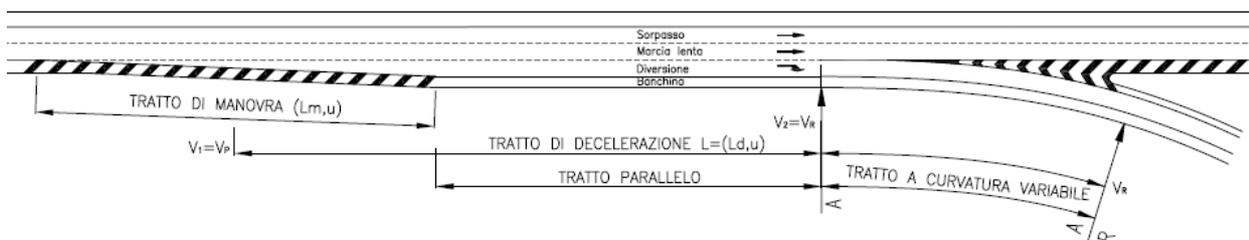


Figura 9 - schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

4.2.4 Dimensionamento delle rotatorie

La progettazione ha dato seguito all'impostazione adottata nel progetto preliminare approvato da ANAS, nel quale tutte le rotatorie sono state previste con regime di precedenza all'anello, anche nel caso in cui il diametro esterno eccede il valore di limite di 50 metri.

Detta impostazione trova conferma anche in quanto previsto dal regolamento tecnico della regione Lombardia (*"linee guida per la progettazione delle intersezioni"* emanante con DGR VII/20829 del 16 febbraio 2005).

Pertanto la progettazione e dimensionamento geometrico delle rotatorie saranno uniformate ai seguenti criteri:

Rotatorie organizzate secondo il criterio della "precedenza all'anello";

Dimensionamento della larghezza dell'anello di circolazione e dei rami di ingresso ed uscita secondo i criteri contenuti nel D.M. 19.04.2006.

4.2.4.1 Dimensionamento degli elementi modulari

In tabella si riportano le larghezze degli elementi modulari, come definite dal D.M. 19.04.2006:

ELEMENTO MODULARE	DIAMETRO ESTERNO DELLA ROTATORIA (m)	LARGHEZZA CORSIE (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6.00
	Compreso tra 25 e 40	7.00
	Compreso tra 14 e 25	7.00 – 8.00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9.00
	< 40	8.50 – 9.00
Bracci di ingresso (**)		3.50 per una corsia 6.00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4.00
	≥ 25	4.50

(*) : deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(**) : organizzati al massimo con due corsie.

4.2.4.2 Geometria della rotatoria e analisi di visibilità

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale.

Lo scopo primario delle rotatorie è un assoluto controllo delle velocità all'interno dell'incrocio ed è essenziale che la geometria complessiva impedisca valori cinematici superiori ai limiti usualmente assunti a base di progetto.

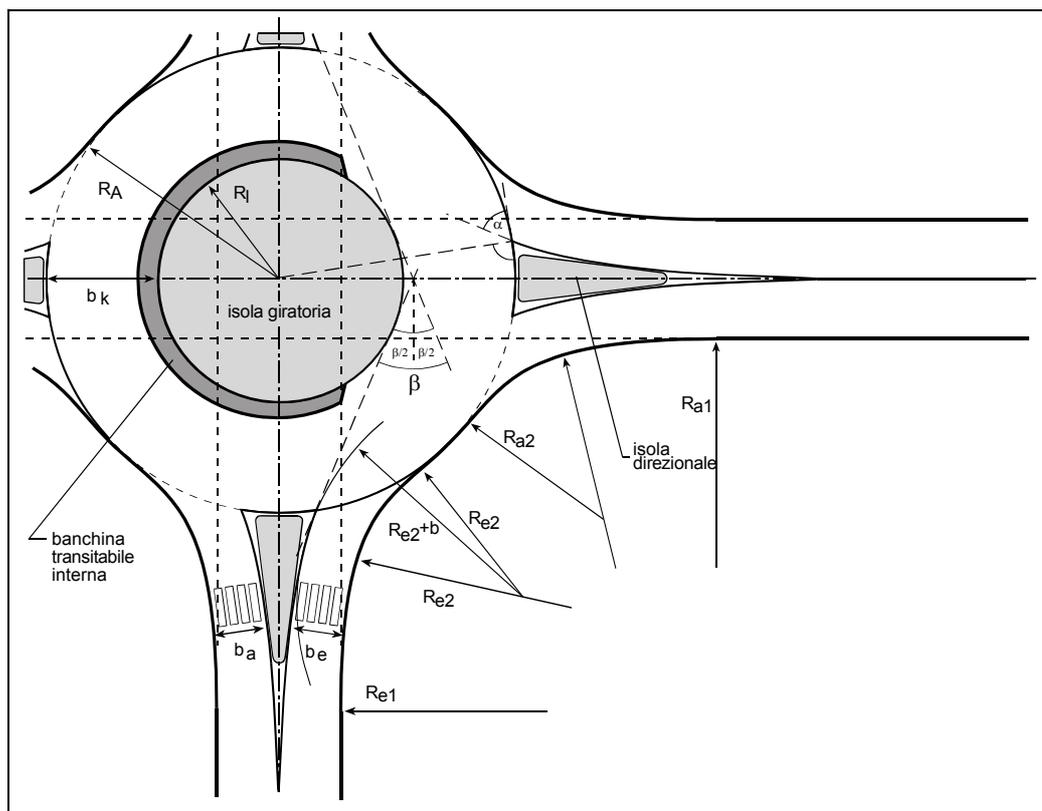


Figura 10 - Elementi di progetto delle rotonde

in cui:

- b_e : larghezza della corsia in entrata;
- b_a : larghezza della corsia in uscita;
- b_k : larghezza dell'anello di circolazione;
- $R_{e1,2}$: raggio di entrata;
- $R_{a1,2}$: raggio di uscita;
- R_A : raggio esterno;
- R_i : raggio interno;
- α : angolo d'entrata;
- β : angolo di deviazione;
- b : arretramento di R_{e2} .

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β (vedi Figura 10). La costruzione geometrica per la determinazione dell'angolo di deviazione consiste nel costruire le tangenti tra la segnaletica sinistra delle corsie lungo la traiettoria di attraversamento la rotonda ed il ciglio dell'isola centrale. Per ciascun braccio di immissione che può essere interessato da una traiettoria di attraversamento è raccomandato un angolo β di deviazione di almeno 45° .

Per gli altri elementi geometrici i valori di riferimento, indicati dalle Normative o da criteri di buona progettazione, sono:

- Valori Minimi Raggi di ingresso dei rami: 10 m in ambito urbano e 12 m in ambito extraurbano;
- Valori minimi Raggi di uscita dei rami: 12 m in ambito urbano e 14 m in ambito extraurbano

- angolo di entrata α : almeno 70° (se inferiore è importante garantire un angolo β sufficientemente grande) (D.M. 19.04.2006)
- angolo di deviazione β : maggiore di 45° .

Particolare attenzione è stata portata alle condizioni di visibilità degli utenti confluenti nella rotatoria, i conducenti che si approssimano all'intersezione devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; a tal fine sarà necessario quindi garantire una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, posizionando l'osservatore a quindici metri dalla segnaletica che delimita la banchina esterna della rotatoria.

Si rimanda al paragrafo 5.3. per i risultati di tali verifiche.

4.2.4.3 Verifiche di capacità delle intersezioni a rotatoria

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 50 m e tramite microsimulazione per quelle con diametro esterno maggior di 50 m, 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 gli adeguamenti o i potenziamenti la suddetta normativa è di riferimento.

Per un maggiore dettaglio in merito all'analisi funzionale si rimanda al paragrafo 9.7.

5 ANALISI DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

5.1 ASSE AUTOSTRADALE

Nel seguito si riportano le caratteristiche plano-altimetriche dell'asse autostradale e i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05.11.2001.

5.1.1 Andamento planimetrico e verifica diagrammi di velocità

Il tratto autostradale in oggetto è stato classificato come strada di Tipo 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.

Nelle tabelle seguenti 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:

- i valori minimi (o massimi) dei parametri indicati dalla normativa di riferimento;
- Il motivo della non congruenza secondo l'elenco riportato al paragrafo 4.1.1.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	160 460.000	160 612.591	152.591	R				140.0			
2	160 612.591	160 818.854	206.263	AT	430.38			140.0			
3	160 818.854	161 121.295	302.441	C	898.00	DX	7.00	135.9			
4	161 121.295	161 222.879	101.583	AF	302.03			135.9			
5	161 222.879	161 336.845	113.967	AF	272.03			127.9			
6	161 336.845	161 643.490	306.645	C	649.30	SX	7.00	118.6			
7	161 643.490	161 740.133	96.643	AF	250.50			123.8			
8	161 740.133	161 854.401	114.268	AF	250.50			120.5			
9	161 854.401	162 121.226	266.825	C	549.15	DX	7.00	110.4			
10	162 121.226	162 262.974	141.748	AT	279.00			122.6			
11	162 262.974	162 319.301	56.327	R				127.1			

Tabella 15 - Verifica delle caratteristiche planimetriche - Carr.Sud

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	160 460.000	160 612.921	152.921	R				140.0			
2	160 612.921	160 819.643	206.722	AT	431.81			140.0			
3	160 819.643	161 123.232	303.590	C	902.00	DX	7.00	136.2			
4	161 123.232	161 223.677	100.445	AF	301.00			135.9			
5	161 223.677	161 337.518	113.841	AF	271.50			127.8			
6	161 337.518	161 646.412	308.894	C	647.50	SX	7.00	118.5			
7	161 646.412	161 740.025	93.613	AF	246.20			123.0			
8	161 740.025	161 846.102	106.077	AF	241.98			120.1			
9	161 846.102	162 126.069	279.967	C	552.00	DX	7.00	110.7			
10	162 126.069	162 258.414	132.345	AT	270.29			122.0			
11	162 258.414	162 322.769	64.355	R				127.4			

Tabella 16 - Verifica delle caratteristiche planimetriche - Carr.Nord

Nelle figure successive si riportano i diagrammi delle velocità determinati come previsto al punto 5.4 del D.M. n. 6792/2001.

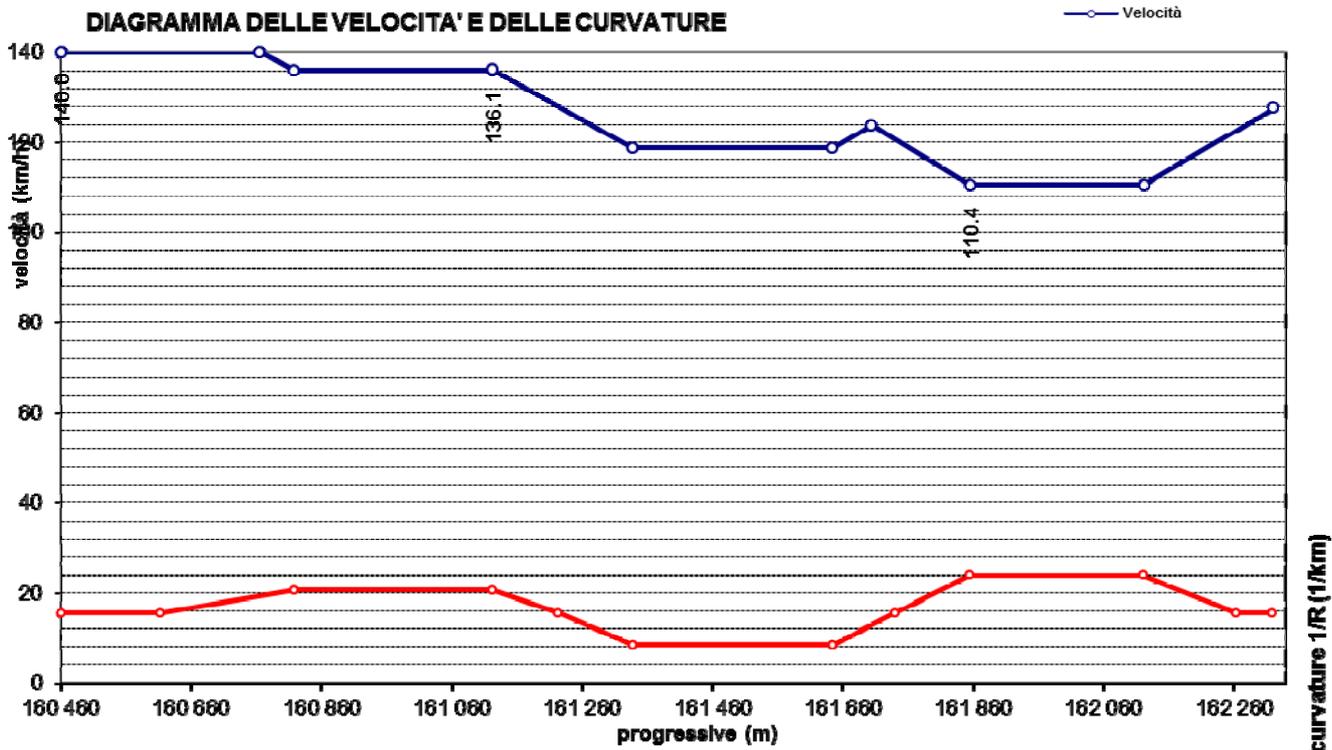


Tabella 17 - Diagramma delle velocità – Carr. Sud

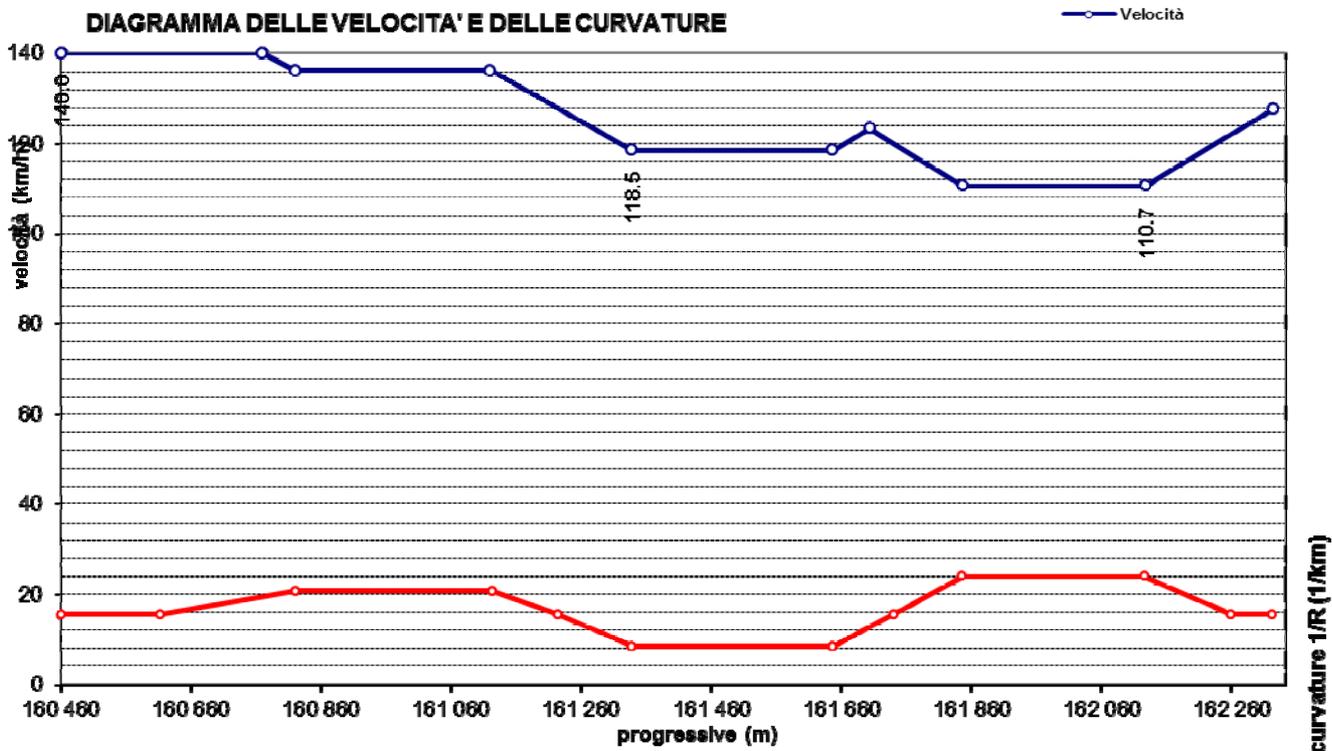


Tabella 18 - Diagramma delle velocità – Carr. Nord

I tracciamento delle due carreggiate autostradali consente di definire assi stradali conformi agli standard prestazionali contenuti nel DM 05.11.2001.

5.1.2 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%.

Nelle tabelle successive sono riportati i risultati della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata utilizzando per il calcolo i coefficienti di aderenza indicati dalla norma, riferibili a condizioni di pavimentazione debolmente bagnata e velocità desunta dal diagramma di velocità dell'asse autostradale.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	D	160 597	160 470	160 725	255.49	0.79	-1.53	2.32	11000	140.0	230.2	14215	NO	129.8
2	S	160 761	160 752	160 769	16.57	-1.53	-1.41	0.13	13000	140.0	234.7	-		
3	D	160 800	160 792	160 808	16.98	-1.41	-1.53	0.12	14000	138.0	228.9	-		
4	S	160 972	160 852	161 092	239.59	-1.53	0.56	2.08	11500	135.9	219.2	5554		
5	S	161 143	161 095	161 191	96.13	0.56	2.30	1.75	5500	135.9	212.3	-		
6	S	161 294	161 277	161 311	34.04	2.30	4.01	1.70	2000	123.5	176.1	-		
7	D	161 342	161 336	161 349	12.63	4.01	3.37	0.63	2000	118.7	163.7	-		
8	S	161 389	161 385	161 392	7.16	3.37	3.73	0.36	2000	118.6	163.9	-		
9	D	161 711	161 649	161 774	125.23	3.73	2.69	1.04	12000	123.3	175.5	-		
10	D	161 835	161 824	161 846	21.33	2.69	2.45	0.24	9000	113.1	153.6	-		
11	S	161 997	161 896	162 098	201.97	2.45	3.80	1.35	15000	110.4	146.8	3519		

Tabella 19 - Verifica delle caratteristiche altimetriche – Carr. Sud

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	D	160 594	160 462	160 727	265.56	0.83	-1.59	2.41	11000	140.0	227.2	13847	NO	129.9
2	S	160 875	160 855	160 894	39.50	-1.59	-0.80	0.79	5000	136.2	213.8	-		
3	S	161 062	160 971	161 152	180.36	-0.80	1.25	2.05	8800	136.2	218.9	792		
4	S	161 201	161 152	161 250	97.66	1.25	3.00	1.74	5600	133.6	218.9	-		
5	S	161 299	161 283	161 316	33.20	3.00	4.44	1.44	2300	122.9	194.8	-		
6	D	161 338	161 324	161 352	28.11	4.44	3.36	1.08	2600	119.6	186.2	2565		
7	S	161 394	161 370	161 417	47.62	3.36	3.76	0.40	12000	118.5	182.2	-		
8	D	161 742	161 630	161 855	224.89	3.76	2.46	1.30	17300	123.1	193.1	10008		
9	S	162 009	161 916	162 101	185.05	2.46	3.78	1.32	14000	110.7	160.9	3912		

Tabella 20 - Verifica delle caratteristiche altimetriche – Carr. Nord

Osservando i risultati riportati nelle tabelle si evidenzia che, in relazione ai bassi valori della differenza di pendenza fra le due livellette (Δi), la formula di calcolo non sempre fornisce risultati per il calcolo di Rv. min. I valori in progetto adottati per i raccordi verticali sono pertanto da ritenersi adeguati.

L'unica anomalia riscontrata è relativa al raccordo n.1, raccordo altimetrico esistente, per il quale tuttavia la velocità ammissibile calcolata è praticamente pari al limite di velocità massimo per la categoria di

strada esaminata. La velocità ammissibile inoltre risulta notevolmente superiore al limite di velocità esistente sul tratto in esame.

5.1.3 Verifiche di visibilità

Le verifiche di visibilità sono state condotte tenendo conto dei criteri adottati nel progetto esecutivo di ampliamento alla terza corsia dell'autostrada A14 nel tratto Cattolica-Fano. Per maggiore chiarezza si riporta quanto dichiarato sull'elaborato STP002-Relazione generale (PE di Maggio 2008): *“Per quanto riguarda le distanze di visibilità, il progetto ha realizzato complessivamente un sensibile miglioramento delle visuali libere grazie anche all'adozione nei tratti critici in curva di un margine interno da m 4,00 associato spesso all'utilizzo in curva di una barriera monofilare (che ha consentito, nei tratti non a carreggiate sfalsate, di acquistare un extra franco laterale di 99 cm), ed alla realizzazione di allargamenti localizzati, riportati nelle tabelle seguenti (cfr. Tab. 18, Tab. 19), eliminando la presenza di tratti in cui la distanza di visuale libera risultava inferiore alla distanza di arresto calcolata a 100 km/h sul bagnato.”*

In particolare la velocità ammissibile associata al tratto oggetto della presente trattazione (pk 160+460 – pk 162+322) era pari a 110 km/h in carreggiata Sud e a 100 km/h in carreggiata Nord, in entrambi i casi valutata su pavimentazione bagnata.

La definizione dell'asse autostradale del tratto “in variante” è stata volta a mantenere gli stessi standard prestazionali garantiti con il progetto di ampliamento alla terza corsia, confermando le velocità ammissibili rispettivamente per le due carreggiate.

La definizione dell'asse autostradale è frutto di un percorso iterativo di successivi affinamenti finalizzati all'ottimizzazione del progetto in relazione:

- alla congruenza geometrica degli elementi componenti il tracciato, sia per quanto riguarda la loro successione, sia per gli aspetti cinematici che regolano le velocità di percorrenza dell'asse;
- alla verifica delle visuali libere, attraverso la definizione degli opportuni allargamenti in curva.

In pratica, si è proceduto prima ad uno studio per l'ottimizzazione della composizione degli elementi del tracciato in modo tale che fossero coordinati e compatibili con le velocità di progetto, successivamente si è proceduto all'analisi delle visuali libere, sono state identificate le criticità di ostacolo e quindi definiti gli opportuni allargamenti: sulla base dei nuovi fattori correttivi è stato ricalibrato l'asse. Questo processo è stato sviluppato per ogni curva del tracciato, su entrambe le direttrici di marcia.

La verifica delle visuali libere è stata sviluppata mediante l'utilizzo di un applicativo Autocad che, partendo da un modello 3D della strada, comprensivo degli ostacoli fissi limitanti la visibilità (Barriere di sicurezza, laterali e di spartitraffico, opere di sostegno) è in grado di stimare le distanze di visuali disponibili, valutando di fatto gli effetti combinati dell'andamento planimetrico e dell'altimetria del tracciato ai fini della percezione che l'utente ha della strada.

Il programma traccia tutti i raggi di visione a partire dall'asse della singola corsia, arrestandole in corrispondenza del primo ostacolo incontrato, sia esso il pavimentato od un ostacolo posizionato marginalmente alla carreggiata.

Di seguito, in base al diagramma velocità ed all'andamento altimetrico, il programma calcola le relative distanze minime da garantire lungo il tracciato, che saranno confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate secondo il procedimento grafico esposto prima.

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche di congruenza al DM. 5/11/2001, sviluppati separatamente per le due carreggiate, vengono riportate le analisi di visuale libera svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva.

5.2 Nuovo Svincolo di Pesaro Sud

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di rispondenza del progetto stradale con le indicazioni della normativa DM 19/04/2006. Le verifiche sono state condotte considerando per le 3 rampe autostradali un intervallo di velocità di progetto 40-60 km/h (Intersezione di Tipo 2 da normativa).

5.2.1 Larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate

La sezione trasversale delle rampe prevede una corsia da 4.00 metri, banchina in sinistra da 1.00 m e banchina in destra da 1.50 m. L'immissione sulla autostrada A14 (rampa semidiretta) avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri. La diversione dalla autostrada A14 (rampa diretta) avviene con una corsia specializzata da 3.75 metri e banchina in destra da 2.50 metri. Pertanto le geometrie adottate sono quelle indicate nel paragrafo 4.7.3. del DM 19/04/2006.

5.2.2 Geometria degli elementi modulari della rampa

Nelle tabelle seguenti vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono l'asse delle due rampe autostradali.

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.

Nelle colonne successive vengono riportate le verifiche normative sviluppate.

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	0.000	0.082	0.082	C	636.25	DX	2.50	60.0				Elemento tracc. princ.
2	0.082	17.698	17.616	AC	100.00			60.0				
3	17.698	39.189	21.491	C	300.00	DX	3.86	60.0				
4	39.189	55.855	16.667	AC	100.00			60.0				
5	55.855	61.588	5.733	C	200.00	DX	5.00	60.0				
6	61.588	84.703	23.115	AT	67.99			60.0				
7	84.703	187.182	102.479	R				60.0				
8	187.182	262.182	74.999	AT	75.00			60.0				
9	262.182	285.529	23.347	C	75.00	DX	7.00	49.8				
10	285.529	360.528	74.999	AT	75.00			60.0				
11	360.528	360.628	0.100	R				60.0				

Tabella 21 - Verifica delle caratteristiche planimetriche – Rampa A

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	0.000	124.761	124.761	R				60.0			
2	124.761	190.094	65.333	AT	70.00			60.0			
3	190.094	278.392	88.298	C	75.00	SX	7.00	49.8			
4	278.392	343.725	65.333	AF	70.00			60.0			
5	343.725	376.392	32.667	AF	70.00			60.0			
6	376.392	399.557	23.165	C	150.00	DX	6.01	60.0			
7	399.557	464.895	65.338	AF	99.00			60.0			
8	464.895	487.509	22.614	AF	124.10			60.0			
9	487.509	489.003	1.493	C	660.55	SX	7.00	60.0			Elemento tracc. princ.

Tabella 22 - Verifica delle caratteristiche planimetriche – Rampa B

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	0.000	175.831	175.831	R				60.0			
2	175.831	223.154	47.323	AT	68.10			58.3			
3	223.154	285.937	62.783	C	98.00	SX	7.00	55.6			
4	285.937	333.817	47.880	AT	68.50			60.0			
5	333.817	423.411	89.594	R				60.0			

Tabella 23 - Verifica delle caratteristiche planimetriche - Rampa C – progressive crescenti

Elem	ProgrInizio (m)	ProgrFine (m)	Lungh. (m)	TipoElem	Parametro	Vs	ic	Vp	Lmin/max	Pmin/max	Verifica
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	0.000	175.831	175.831	R				60.0			
2	175.831	223.154	47.323	AT	68.10			58.3			
3	223.154	285.937	62.783	C	98.00	SX	7.00	55.6			
4	285.937	333.817	47.880	AT	68.50			60.0			
5	333.817	423.411	89.594	R				60.0			

Tabella 24 - Verifica delle caratteristiche planimetriche - Rampa C – progressive decrescenti

Nelle figure successive si riportano i diagrammi delle velocità determinati come previsto al punto 5.4 del D.M. n. 6792/2001.

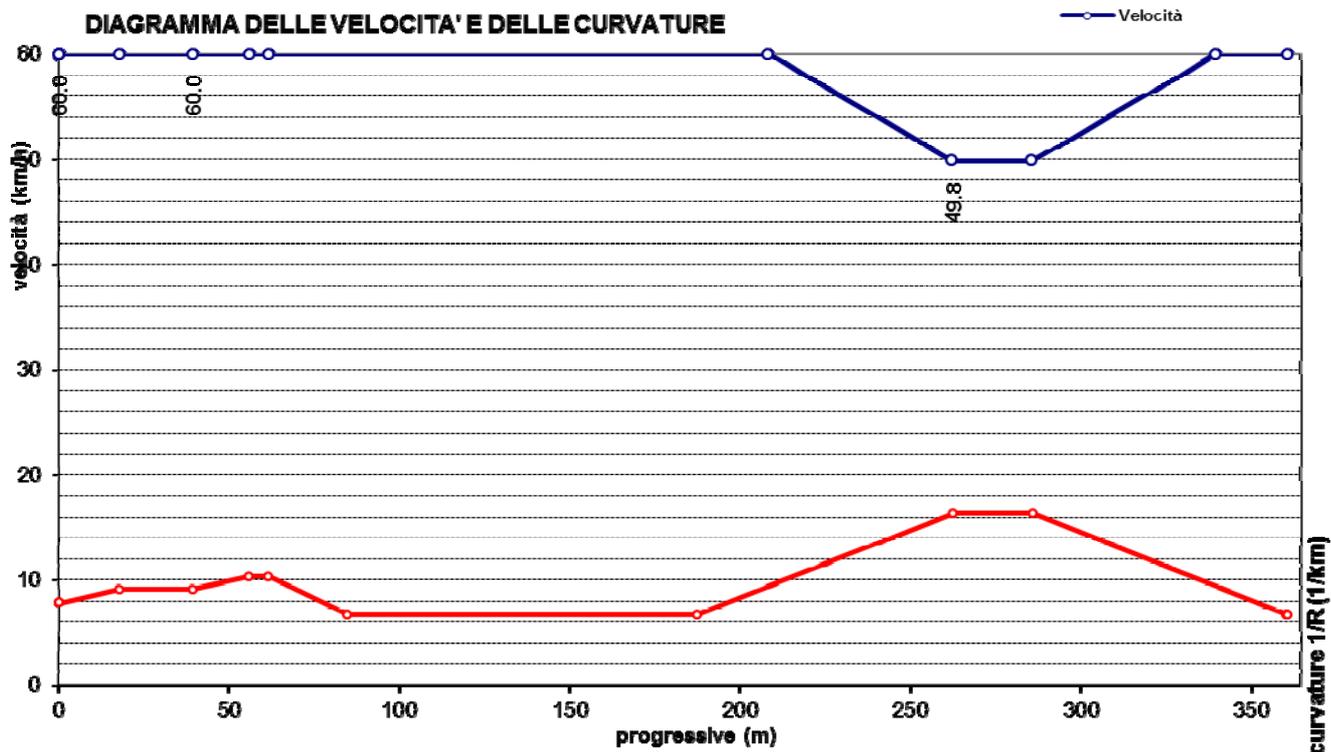


Tabella 25 - Diagramma delle velocità – Rampa A

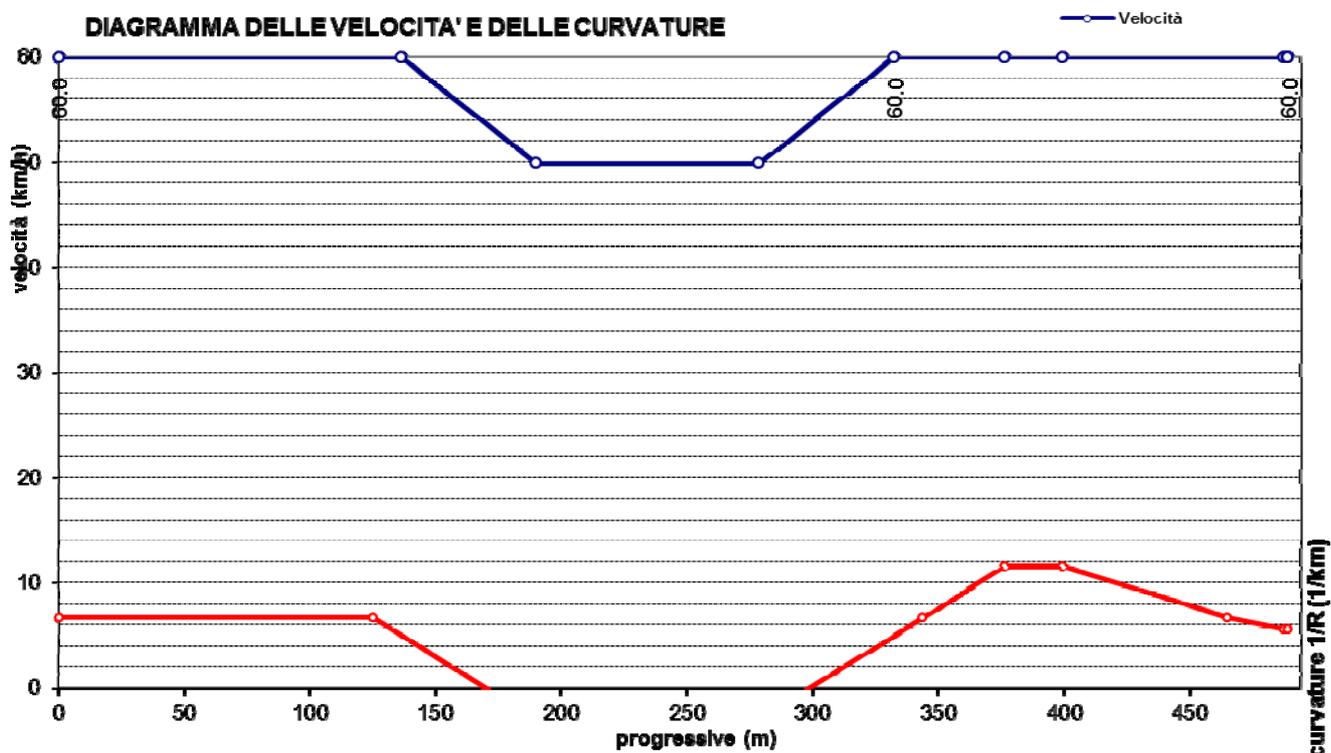


Tabella 26 - Diagramma delle velocità – Rampa B

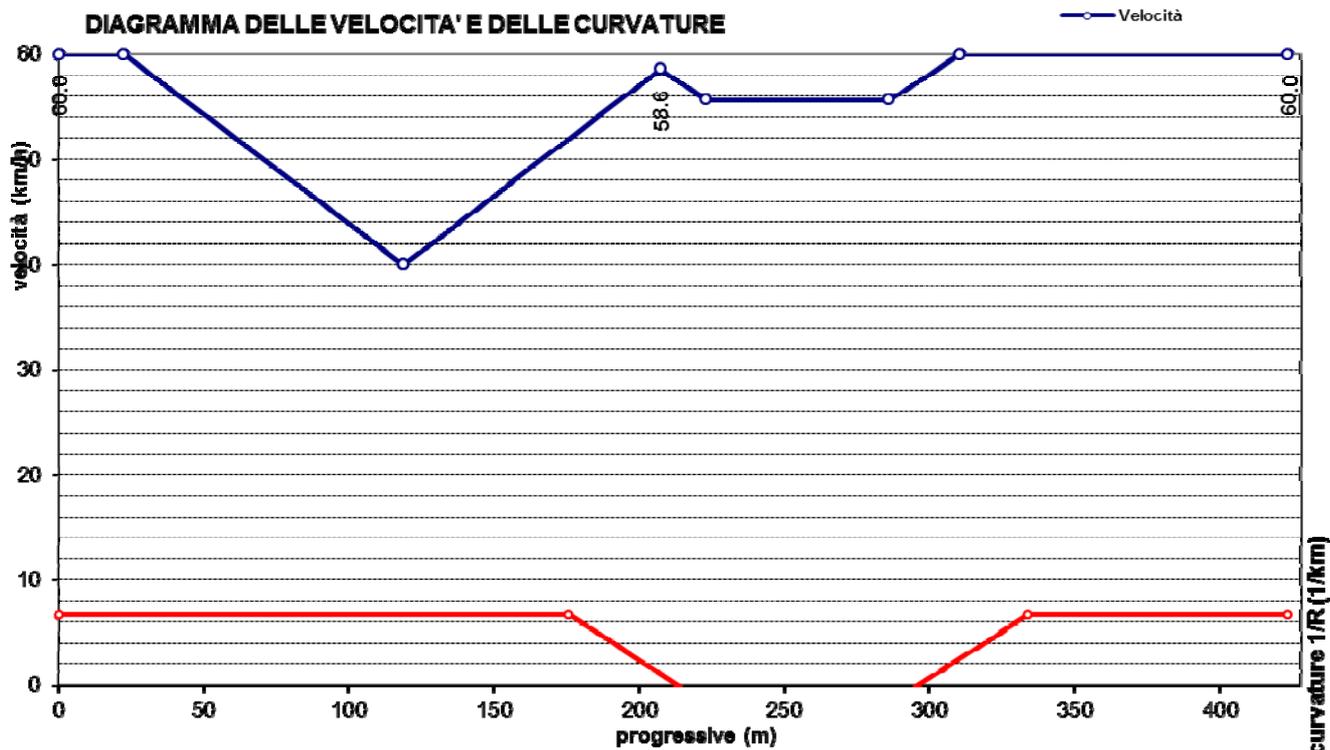


Tabella 27 - Diagramma delle velocità – Rampa C

Dalle verifiche effettuate, il tracciato di progetto presenta caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05.11.2001 e nel DM 19.04.2006.

5.2.3 Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette nel tratto in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive di non superare la pendenza del 5% in salita e 6% in discesa.

Nelle tabelle successive sono riportati i risultati¹ della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata utilizzando per il calcolo i coefficienti di aderenza indicati dalla norma, riferibili a condizioni di pavimentazione debolmente bagnata e velocità desunta dal diagramma di velocità dell'asse stradale.

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	S	36	28	43	14.18	-3.41	-2.47	0.95	1500	60.0	63.2	-		
2	D	87	64	110	45.89	-2.47	-6.00	3.53	1300	60.0	63.9	628		
3	S	263	218	308	90.05	-6.00	0.01	6.00	1500	58.1	60.6	1179		

Tabella 28 - Verifica delle caratteristiche altimetriche – Rampa A

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	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	D	42	38	47	8.86	-0.50	-1.09	0.59	1500	60.0	62.2	-		
2	S	118	102	135	32.67	-1.09	1.09	2.18	1500	60.0	61.8	-		
3	S	174	151	198	46.96	1.09	5.00	3.91	1200	57.2	56.9	958		
4	D	421	412	429	17.15	5.00	4.05	0.95	1800	60.0	59.9	-		
5	S	454	450	459	9.12	4.05	4.65	0.61	1500	60.0	60.0	-		

Tabella 29 - Verifica delle caratteristiche altimetriche – Rampa B

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	S	7	1	13	12.94	0.01	1.30	1.29	1000	60.0	61.5	-		
2	D	119	119	119	0.00	1.30	-1.30	2.60	0	40.0	37.0	-		
3	D	215	198	232	34.23	-1.30	-3.01	1.71	2000	58.5	60.7	-		
4	S	358	327	389	62.05	-3.01	1.95	4.96	1250	60.0	62.1	1215		

Tabella 30 - Verifica delle caratteristiche altimetriche – Rampa C - progressive crescenti

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	S	7	1	13	12.94	0.01	1.30	1.29	1000	60.0	62.1	-		
2	D	119	119	119	0.00	1.30	-1.30	2.60	0	40.0	37.0	-		
3	D	215	198	232	34.23	-1.30	-3.01	1.71	2000	58.5	58.9	-		
4	S	358	327	389	62.05	-3.01	1.95	4.96	1250	60.0	61.6	1204		

Tabella 31 - Verifica delle caratteristiche altimetriche – Rampa C - progressive decrescenti

Osservando i risultati riportati nelle tabelle si evidenzia che, in relazione ai bassi valori della differenza di pendenza fra le due livellette (Δi), la formula di calcolo non sempre fornisce risultati per il calcolo di Rv. min. I valori in progetto adottati per i raccordi verticali sono pertanto da ritenersi adeguati.

5.2.4 Corsie specializzate

Di seguito si riportano le tabelle in cui vengono specificate le caratteristiche principali per il dimensionamento delle corsie specializzate.

Rampa A - Deviazione direzione Bologna

CARATTERISTICHE PRINCIPALI CORSIA DI USCITA (Deviazione parallela):

Intervallo di velocità di progetto 40-60km/h

Velocità di progetto asse autostradale	V1	(km/h)	118.5
Raggio curva circolare	Rf	(m)	300.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	6.93
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	134.3
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	89.3
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia deviazione	Lt	(m)	179.3

Riepilogo dati di progetto:

Lunghezza tratto decelerazione	Ld,u	(m)	134.3
Lunghezza tratto manovra	Lm,u	(m)	90.0
Lunghezza totale corsia deviazione	Lt	(m)	179.3

CARATTERISTICHE PRINCIPALI CORSIA DI ENTRATA (Immissione):

Intervallo di velocità di progetto 40-60km/h

Dimensionamento geometrico e cinematico:

Raggio curva circolare	Rf	(m)	150.0
Pendenza trasversale curva circolare	ic	(%)	6.01
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	118.6
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	94.9
Lunghezza tratto accelerazione	La,e	(m)	208.4

Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	87.9
Lunghezza tratto parallelo in accelerazione	Lp,a	(m)	120.5
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	120.5
Lunghezza tratto raccordo	Lv,e	(m)	75.0
Lunghezza zona di Immissione	L _A	(m)	165.5
Lunghezza totale corsia immissione	Lt	(m)	283.4

5.3 ANALISI DI CONGRUENZA GEOMETRICA DELLE ROTATORIE

Nel presente paragrafo vengono illustrati i risultati riguardanti le verifiche condotte sulla geometria e visuali libere della rotatoria previste dal progetto.

Gli elementi analizzati riguardano:

- La determinazione dell'angolo d'entrata α ;
- La determinazione dell'angolo di deviazione β ;
- La determinazione dei raggi di entrata e uscita e la larghezza degli elementi modulari (corsie di entrata e uscita e anello di circolazione).
- Determinazione dei triangoli di visibilità.

I criteri adottati per le costruzioni geometriche sono quelli esposti nel paragrafo 4.2.4 "Dimensionamento delle rotatorie". Nel dettaglio i risultati sono i seguenti:

- Determinazione Angolo d'entrata: questo parametro non risulta vincolante ai termini dell'ottemperanza normativa, ma rappresenta un elemento di verifica sulle geometrie complessive dei rami di ingresso.

Il valore di α per il ramo in progetto è pari a 59° , valore inferiore rispetto ai criteri esposti nel paragrafo 4.2.4.2: il fatto che comunque l'angolo di deflessione è superiore al minimo normativo garantisce comunque un contenimento della velocità veicolare in approccio alla rotatoria.

- Determinazione Angolo di deflessione: I due valori di β calcolati risultano pari a 65° e 74° , valori superiori al minimo normativo di 45° , pertanto la deflessione risulta verificata per le due manovre che coinvolgono il ramo in progetto.

- Determinazione dei raggi di entrata ed uscita: tutte le curve di ingresso ed uscita presentano i valori indicati nel paragrafo 4.2.4.2.

L'immissione è a 2 corsie quindi la dimensione della corsia di ingresso risulta pari a 6.00m.

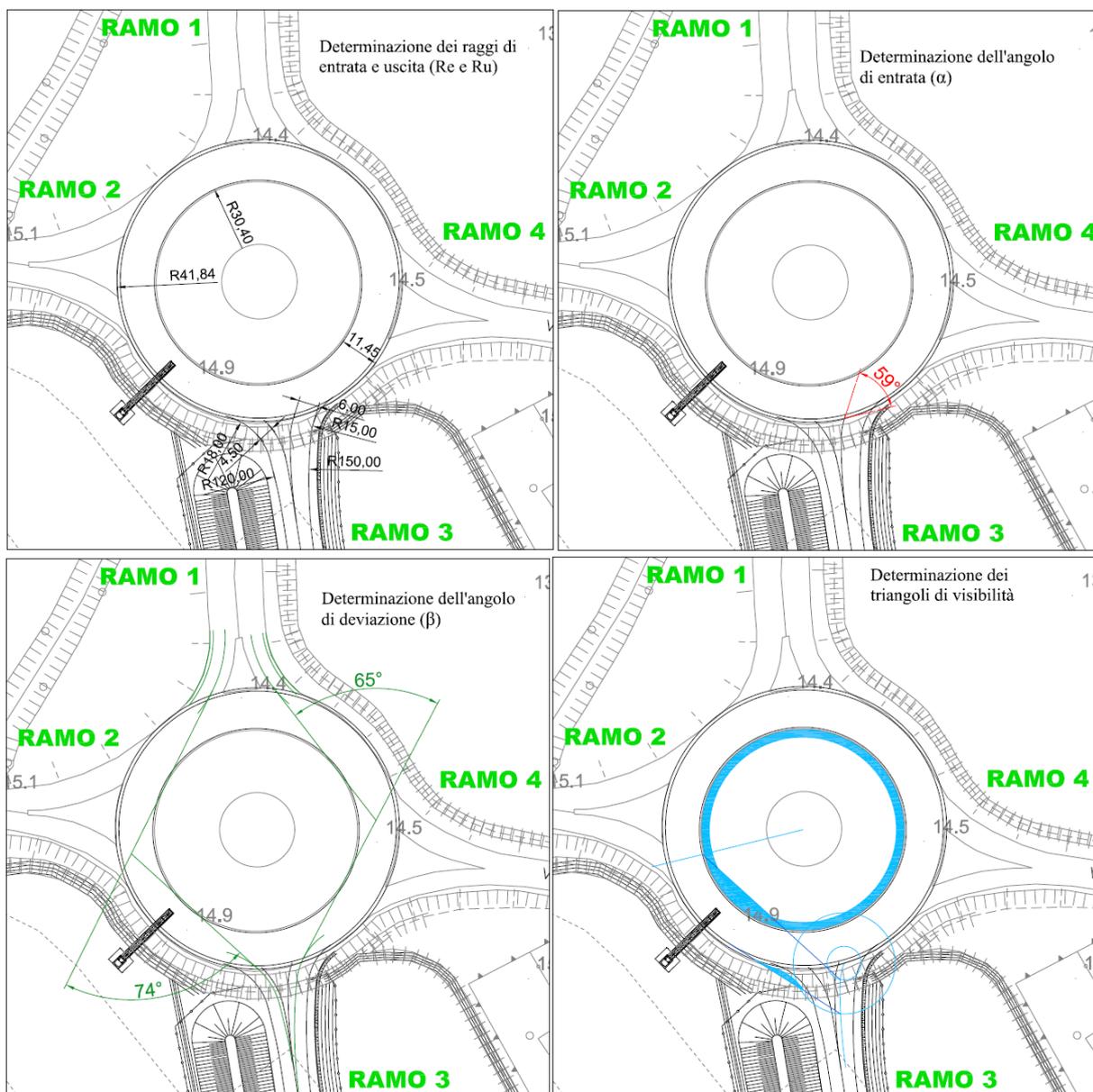
La dimensione della corsia di uscita risulta pari a 4.50m.

- Determinazione dei triangoli di visibilità: la costruzione geometrica ha messo in evidenza una serie di aree sensibili all'interno della fascia costruita con i raggi di visuale determinati secondi i criteri esposti al 4.2.4.

Relativamente a dette aree, il progetto non prevede l'installazione di alcun dispositivo o la realizzazione di alcun manufatto che non consenta all'utente in approccio alla rotatoria di non avere una corretta percezione del quarto di anello alla sua sinistra. Pertanto si ritengono verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.

Di seguito si riportano le schede di sintesi delle verifiche condotte per la rotatoria in esame. Poiché l'intersezione è esistente e viene aggiunto un nuovo ramo, le verifiche riguardano solo il ramo di progetto.

5.3.1.1 Rotatoria esistente via Sandro Pertini



5.4 VERIFICHE FUNZIONALI DELLE INTERSEZIONI

La metodologia seguita per il calcolo del LOS delle intersezioni è:

- quella proposta dal Setra (Service d'études technique des routes et autoroutes "The design of interurban intersections on major roads" Dicembre 1998) per le rotonde in ambito extraurbano e dal CERTU (Centre d'Etudes sur les Reseaux des Transport, l'Urbanisme et les construction publiques) per le rotonde in ambito urbano. Il primo metodo fornisce l'indicazione del LOS mentre, il secondo, fornisce solo indicazione circa il superamento o meno della capacità;
- quella proposta dall'Highway Capacity Manual per le intersezioni canalizzate a precedenza o STOP.

Ritardo medio per veicolo	LOS Extraurbane	LOS Urbane
$D \leq 10$	A	\leq Capacità
$10 > D \leq 15$	B	$>$ Capacità
$15 > D \leq 25$	C	
$25 > D \leq 35$	D	
$35 > D \leq 50$	E	
$D > 50$	F	

Il LOS delle intersezioni è stato calcolato per lo scenario attuale (2013) e, come prassi, per quelli programmatico e progettuale dell'anno di entrata in esercizio delle nuove opere (2018) ed è poi stato messo a confronto con i **livelli richiesti dalla normativa** vigente (DM 6792 del 05/11/2011 e DM 19/04/2006). Tale normativa risulta cogente per le nuove opere mentre, per quelle esistenti, risulta solo di riferimento. Si rimanda all'elaborato ATA003, paragrafo 9.4, per i dettagli inerenti la cogenza o meno della normativa vigente.

Scenario attuale 2013: LOS intersezioni

INTERSEZIONI	ODP FN	
	Verificata come Urbana (U) Extraurbana (E)	LOS
VIA PERTINI: Pertini – Genica	U	< Capacità

Programmatico e progettuale 2018: LOS intersezioni

INTERSEZIONI	PROGRAM. PROG.	ODP FN				
		Verificata nel PROG. come Urbana (U) Extraurbana (E)	Normativa Cogente? (SI – NO)	LOS MINIMO RICHIESTO DA NORMATIVA	LOS PROGRAM.	LOS PROG.
PERTINI: Pertini – Genica – (sv. Pesaro Sud)		E	SI	LOS B	< Capacità	A
NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD: Immissione verso SUD		E	SI	LOS B	-	A

Le seguenti tabelle riportano i fogli di calcolo per le verifiche funzionali delle suddette intersezioni.

SCENARIO ATTUALE 2013

Rotatoria Pertini - Genica - sv. Pesaro Sud
Scenario attuale

Verifica con metodo francese SETRA + americano HCM

Veicoli leggeri - ora di punta

O/D	A	B	C	
A	0	240	392	632
B	395	0	6	402
C	566	11	0	577
	961	251	398	1611

Veicoli pesanti - ora di punta

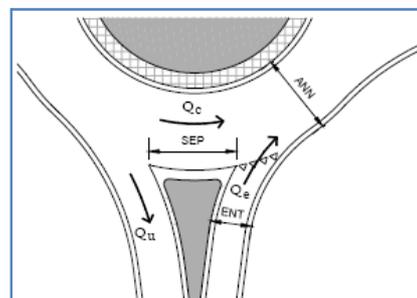
O/D	A	B	C	
A	0	5	67	72
B	8	0	0	9
C	40	1	0	40
	48	6	67	121

Veicoli equivalenti - ora di punta

O/D	A	B	C	
A	0	247	492	740
B	408	0	7	415
C	625	13	0	638
	1033	260	499	1793

Matrice di Distribuzione N - ora di punta

O/D	A	B	C	
A	0%	33%	67%	100%
B	98%	0%	2%	100%
C	98%	2%	0%	100%



Raggio isola rotazionale 29.5

	A	B	C
Qe	740	415	638
Qu	1033	260	499
Qc	7	625	247
SEP	18	14.3	18.4
ANN	11	11	11
ENT	7.3	7.6	7.4
Qu'	0	12	0
Qd	5	440	173
Capacità	2244	1700	2034
ΔC	1504	1285	1395
Qe/C	0.33	0.24	0.31
N° corsie in ingresso	2	2	2

SCENARIO PROGRAMMATICO 2018

Rotatoria Pertini - Genica - sv. Pesaro Sud
Scenario programmatico 2018

Verifica con metodo francese SETRA + americano HCM

Veicoli leggeri - ora di punta

O/D	A	B	C	
A	0	272	387	659
B	385	0	7	393
C	602	13	0	615
	987	286	394	1667

Veicoli pesanti - ora di punta

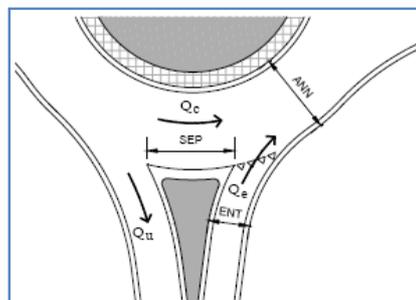
O/D	A	B	C	
A	0	6	71	77
B	9	0	1	10
C	39	1	0	39
	48	7	72	127

Veicoli equivalenti - ora di punta

O/D	A	B	C	
A	0	282	493	775
B	399	0	8	408
C	659	15	0	674
	1059	296	501	1857

Matrice di Distribuzione N - ora di punta

O/D	A	B	C	
A	0%	36%	64%	100%
B	98%	0%	2%	100%
C	98%	2%	0%	100%



	A	B	C
Qe	775	408	674
Qu	1059	296	501
Qc	8	659	282
SEP	18	14.3	18.4
ANN	11	11	11
ENT	7.3	7.6	7.4
Qu'	0	14	0
Qd	6	464	197
Capacità	2243	1670	2003
ΔC	1468	1262	1329
Qe/C	0.35	0.24	0.34
N° corsie in ingresso	2	2	2

Raggio isola rotazionale 29.5

SCENARIO PROGETTUALE 2018

Rotatoria Pertini - Genica - sv. Pesaro Sud
Scenario progettuale 2018

Verifica con metodo francese SETRA + americano HCM

Veicoli leggeri - ora di punta

O/D	A	B	C	D	
A	0	23	530	163	716
B	352	0	34	37	423
C	750	160	0	78	988
D	283	184	88	0	555
	1386	367	651	278	2682

Veicoli pesanti - ora di punta

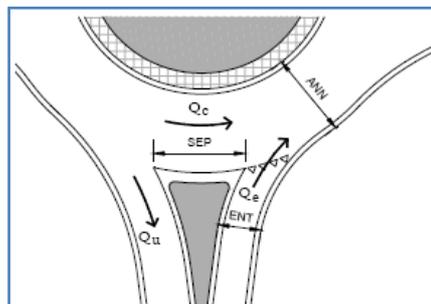
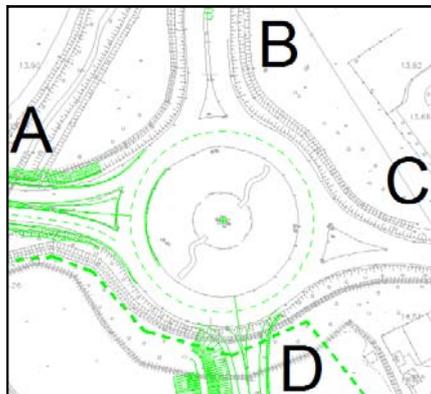
O/D	A	B	C	D	
A	0	0	83	67	150
B	5	0	2	11	18
C	38	13	0	15	66
D	78	31	9	0	119
	121	44	94	94	353

Veicoli equivalenti - ora di punta

O/D	A	B	C	D	
A	0	23	654	264	941
B	361	0	37	54	451
C	806	179	0	101	1086
D	401	231	101	0	733
	1568	432	792	419	3211

Matrice di Distribuzione N - ora di punta

O/D	A	B	C	D	
A	0%	2%	69%	28%	100%
B	80%	0%	8%	12%	100%
C	74%	16%	0%	9%	100%
D	55%	31%	14%	0%	100%



	A	B	C	D
Qe	941	451	1086	733
Qu	1568	432	792	419
Qc	191	1308	654	713
SEP	18.1	12.7	17.8	8.4
ANN	12.0	12.0	12.0	12.0
ENT	7.5	7.5	7.8	7.6
Qu'	0	65	0	186
Qd	126	892	432	552
Capacità	1732	988	1464	1330
ΔC	791	537	378	597
Qe/C	0.54	0.46	0.74	0.55

HCM

C	1732	988	1464	1330
T	1	1	1	1
d	5	7	9	6

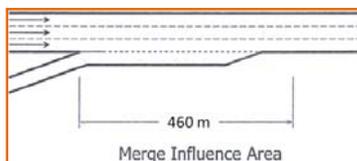
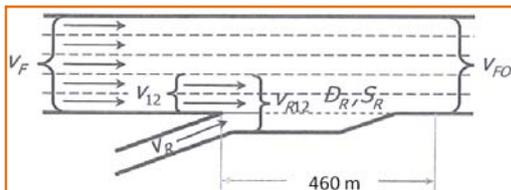
LOS	A	A	A	A
LOS rotatoria	A			

HCM 2010 CALCOLO LEVEL OF SERVICE
FREEWAY - MULTILANE HIGHWAY - COLLECTOR/DISTRIBUTION ROAD
ON-RAMP

Oggetto Immissione sud nuovo svincolo di Pesaro Sud

GENERAL INFO

AUTOSTRADA A14 Bologna - Taranto
DIREZIONE Taranto
NOTE Scenario di progetto 2018
0



BASE CONDITIONS AND LIMITATIONS OF METHODOLOGY

Good Weather Good Visibility No Incidents No Accidents No Work Zone
No Pavement Deterioration FFS of mainline freeway = 90/120 km/h Min number of mainline freeway lanes = 2
Min Lanes width = 3 m No Extended bridge segment No Extended tunnel segment
No upstream queuing on a segment No ITS No oversaturated condition $V \geq C$

FREEWAY INPUT DATA

Total hourly Volume	V_F	1039	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{F \text{ TRUCKS}}$	36%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{F \text{ RVs}}$	0%	
Numbers Lanes	N_F	3	
Width Lanes	L_{lanes}	3.75	m
Right-side Lateral Clearance	L_r	3	m
Series of grade succession (yes/no)		no	text
Grade Methodology (Average Grade Technique/General Terrain/Specific Grade)		General T.	text
If General Terrain: Level, Rolling, Mountainous		Level	
Grade	i	0.00%	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	

FREEWAY FLOW RATE

Total Flow Rate	V_F	1226	Veig/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.85	
Adjustment for Population Factor	f_P	1.00	

RAMP INPUT DATA

Total hourly Volume	V_R	369	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{R \text{ TRUCKS}}$	25%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{R \text{ RVs}}$	0%	
Numbers Lanes	N_R	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	
FFS of the ramp at the junction point	S_{FR}	70	km/h
Lenght acceleration lane (continuous and dash lane)	L_A	284	m

RAMP FLOW RATE

Total Flow Rate	V_R	416	Veig/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.89	
Adjustment for Population Factor	f_P	1.00	

BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT UPSTREAM RAMP JUNCTION

There's an adjacent upstream ramp junction in a 2450 m segment?		on	none/on/off
Distance between the subject ramp junction and the adjacent upstream ramp junctions	L_{UP}	2450	m
Total hourly Volume	V_{UP}	87	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{UP TRUCKS}$	22%	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{UP RVs}$	1%	
Numbers Lanes	N_{UP}	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	= freeway
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	= freeway
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	= freeway
Total Flow Rate	v_{UP}	97	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	0.90	
Adjustment for Population Factor	f_P	1.00	

BOUNDARY CONDITIONS: ADJACENT DOWNSTREAM RAMP JUNCTION

There's an adjacent downstream ramp junction in a 2450 m segment?		none	none/on/off
Distance between the subject ramp junction and the adjacent apstream ramp junctions	L_{DOWN}	0	m
Total hourly Volume	V_{DOWN}	0	veicoli/h
% Heavy Vehicles Trucks	$P_{DOWN TRUCKS}$	#DIV/0!	
% Heavy Vehicles RVs	$P_{DOWN RVs}$	#DIV/0!	
Numbers Lanes	N_{DOWN}	1	
Passenger Car Equivalents for Trucks	E_T	1.5	= freeway
Passenger Car Equivalents for RVs	E_R	1.2	= freeway
PHF (0,88-0,98)	PHF	1.0	= freeway
Total Flow Rate	v_{DOWN}	0	Veq/h
Adjustment for Heavy Vehicles	f_{HV}	#DIV/0!	
Adjustment for Population Factor	f_P	1.00	

CAPACITY CHECKPOINT OF FREEWAY

Flow rate upstream	v_F	1226	Veq/h
Capacity of upstream segment	c_F	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_F < c_F$		OK	
Flow rate downstream	v_{FO}	1642	Veq/h
Capacity of downstream segment	c_{FO}	7200	Veq/h
Necessary condition: $v_{FO} < c_{FO}$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP

Ramp flow rate	v_R	416	Veq/h
Capacity ramp	c_R	2100	Veq/h
Necessary condition: $v_R < c_R$		OK	

CAPACITY CHECKPOINT OF RAMP JUNCTION INFLUENCE AREA

Flow rate entering the ramp influence area	v_{R12}	1156	Veq/h
Max desirable flow rate entering merge influence area	d_{R12}	4600	Veq/h
Desiderable condition: $v_{R12} < d_{R12}$		OK	

ESTIMATE DENSITY

Ramp Influence Area Density	D_R	5.3	Veq/km/ln
-----------------------------	-------	-----	-----------

DETERMINE LEVEL OF SERVICE

Checkpoint conditions		OK
LOS		LOS A