

autostrade // per l'italia

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA S.LAZZARO - NUOVO SVINCOLO DI PONTE RIZZOLI

NUOVA STAZIONE DI PONTE RIZZOLI
E
REALIZZAZIONE DELLA COMPLANARE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

CORPO STRADALE

PROGETTO STRADALE - COMPLANARE NORD

RELAZIONE TECNICO STRADALE

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola
Ord. Ingg. Milano N. 26796

RESPONSABILE STRADE
E ARREDI STRADALI

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Federica Ferrari
Ord. Ingg. Milano N. 21082

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:	
Codice	Commissa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA		Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	00	
1	1	1439	0001	P	D	00	0000	000000	000000	0	S	T	D	001002	SCALA:
														--	

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:		REVISIONE				
	Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. 21082				n.	data			
					0	NOVEMBRE 2016			
					1	GENNAIO 2017			
					2	MARZO 2018			
REDATTO:		-		VERIFICATO:		-		3	-
								4	-

VISTO DEL COMMITTENTE

autostrade // per l'italia

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Antonio Procopio

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

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE.....	7
3	L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO.....	9
3.1	ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO.....	9
3.1.1	<i>L'asse principale.....</i>	9
	<i>Sezione tipo.....</i>	10
3.1.2	<i>Gli svincoli.....</i>	11
	<i>Svincolo Borgatella.....</i>	11
	<i>Svincolo "Idice".....</i>	12
	<i>Svincolo "Ponte Rizzoli".....</i>	13
	<i>Sezioni tipo.....</i>	14
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	17
5	CRITERI PROGETTUALI.....	18
5.1	ASSE PRINCIPALE.....	18
5.1.1	<i>Caratteristiche planimetriche.....</i>	19
5.1.2	<i>Caratteristiche altimetriche.....</i>	23
5.1.3	<i>Analisi di visibilità.....</i>	25
5.2	SVINCOLI.....	27
5.2.1	<i>Geometria degli elementi modulari delle rampe.....</i>	28
5.2.2	<i>Sezioni tipo delle rampe e delle corsie specializzate.....</i>	29
5.2.3	<i>Analisi di visibilità.....</i>	30
5.2.4	<i>Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate.....</i>	30
5.3	INTERSEZIONI A ROTATORIA.....	33
5.3.1	<i>Tipologie.....</i>	33
5.3.2	<i>Larghezza delle corsie.....</i>	33
5.3.3	<i>Geometria delle rotatorie.....</i>	34
6	VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	35
6.1	Asse principale - complanare nord.....	36
6.1.1	<i>Diagramma di velocità e delle curvature.....</i>	37

6.1.2	<i>Verifiche planimetriche</i>	37
6.1.3	<i>Verifiche altimetriche</i>	38
6.2	SVINCOLO BORGATELLA	39
6.2.1	<i>Asse A - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	41
6.2.2	<i>Asse A - Verifiche planimetriche</i>	41
6.2.3	<i>Asse A - Verifiche altimetriche</i>	41
6.2.4	<i>Asse B - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	42
6.2.5	<i>Asse B - Verifiche planimetriche</i>	42
6.2.6	<i>Asse B - Verifiche altimetriche</i>	42
6.2.7	<i>Asse C - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	43
6.2.8	<i>Asse C - Verifiche planimetriche</i>	43
6.2.9	<i>Asse C - Verifiche altimetriche</i>	44
6.2.10	<i>Asse D - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	44
6.2.11	<i>Asse D - Verifiche planimetriche</i>	45
6.2.12	<i>Asse D - Verifiche altimetriche</i>	45
6.2.13	<i>Asse E - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	45
6.2.14	<i>Asse E - Verifiche planimetriche</i>	46
6.2.15	<i>Asse E - Verifiche altimetriche</i>	46
6.2.16	<i>Asse F - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	46
6.2.17	<i>Asse F - Verifiche planimetriche</i>	47
6.2.18	<i>Asse F - Verifiche altimetriche</i>	47
6.2.19	<i>Deviazione complanare sud - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	47
6.2.20	<i>Deviazione complanare sud - Verifiche planimetriche</i>	48
6.2.21	<i>Deviazione complanare sud - Verifiche altimetriche</i>	48
6.3	SVINCOLO IDICE	48
6.3.1	<i>Asse G - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	49
6.3.2	<i>Asse G - Verifiche planimetriche</i>	49
6.3.3	<i>Asse G - Verifiche altimetriche</i>	49
6.3.4	<i>Asse H - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	50
6.3.5	<i>Asse H - Verifiche planimetriche</i>	50
6.3.6	<i>Asse H - Verifiche altimetriche</i>	50
6.4	Svincolo PONTE RIZZOLI	51
6.4.1	<i>Asse PR01 - Diagramma di velocità e delle curvature</i>	52

6.4.2	Asse PR01 - Verifiche planimetriche	52
6.4.3	Asse PR01 - Verifiche altimetriche	53
6.4.4	Asse PR02 - Diagramma di velocità e delle curvature.....	53
6.4.5	Asse PR02 - Verifiche planimetriche	53
6.4.6	Asse PR02 - Verifiche altimetriche	54
6.4.7	Asse PR03 - Diagramma di velocità e delle curvature.....	54
6.4.8	Asse PR03 - Verifiche planimetriche	54
6.4.9	Asse PR03 - Verifiche altimetriche.....	55
6.4.10	Asse PR04 - Diagramma di velocità e delle curvature.....	55
6.4.11	Asse PR04 - Verifiche planimetriche	55
6.4.12	Asse PR04 - Verifiche altimetriche	56
6.4.13	Asse PR05 - Diagramma di velocità e delle curvature.....	56
6.4.14	Asse PR05 - Verifiche planimetriche	56
6.4.15	Asse PR05 - Verifiche altimetriche	57
6.4.16	Asse PR06 - Diagramma di velocità e delle curvature.....	57
6.4.17	Asse PR06 - Verifiche planimetriche	57
6.4.18	Asse PR06 - Verifiche altimetriche.....	58
6.5	ANALISI DI VISIBILITA'	58
6.6	DIMENSIONAMENTO DELLE CORSIE SPECIALIZZATE.....	59
	Svincolo Borgatella	59
	Svincolo Idice.....	60
	Svincolo Ponte Rizzoli	61
6.7	Verifiche funzionali	61
6.7.1	Premessa.....	61
6.7.2	Criteri di verifica funzionale	62
6.7.3	Risultanze.....	63
6.8	INTERSEZIONE A ROTATORIA	63
6.8.1	Caratteristiche geometriche dell'intersezione.....	63
6.8.2	Distanze di visibilità'	64

1 PREMESSA

L'area di Bologna rappresenta la cerniera del sistema dei trasporti nazionali per i collegamenti nord-sud, sia per quanto riguarda la rete ferroviaria che quella autostradale. Il semianello tangenziale-autostradale di Bologna interconnette le principali direttrici di traffico nazionale e regionale ed ha la funzione di raccogliere e smistare i flussi provenienti dall'asse centrale del Paese (attraverso le autostrade A1 e A13), dal confine con l'Austria (attraverso l'autostrada A22 del Brennero) e dalla costa adriatica (mediante l'autostrada A14), nonché di servire il traffico locale proveniente dalle zone limitrofe all'area metropolitana bolognese.

Tale sistema viario è formato dalla sede dell'autostrada A14 e dalle due carreggiate della "tangenziale" che si sviluppano in complanare su ambo i lati della stessa autostrada nel tratto compreso fra Bologna Casalecchio e Bologna S. Lazzaro e per proseguire fino a Ponte Rizzoli con la sola complanare sud.

Nel corso degli anni il sistema è stato potenziato ed attualmente la sezione trasversale dell'Autostrada presenta 3 corsie per senso di marcia più emergenza fra l'allacciamento A1/A14 Nord - Bologna Borgo Panigale ed l'allacciamento A14/raccordo di Casalecchio, 2 corsie per senso di marcia con terza corsia dinamica (aperta nel 2008) fra l'allacciamento A14/raccordo di Casalecchio e Bologna San Lazzaro, 2 corsie per senso di marcia più emergenza sul Raccordo Autostradale di Casalecchio. La sezione trasversale delle complanari presenta 2 corsie per senso di marcia più emergenza.

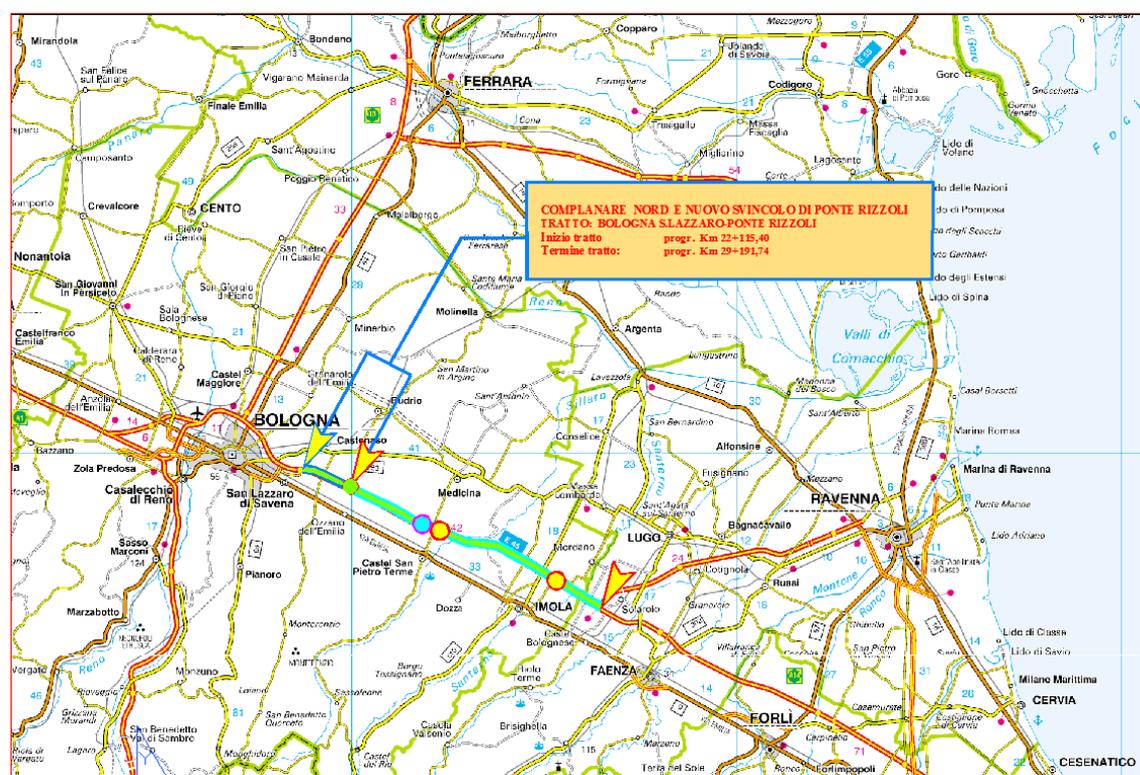
I livelli di servizio, valutati nelle ore di punta di un giorno feriale medio, mostrano l'adeguatezza del sistema autostradale nella sua configurazione attuale, mentre evidenziano lo stato di criticità in cui si trovano le complanari.

Al fine di risolvere queste criticità e stante la sua importanza e strategicità di carattere internazionale, nazionale e metropolitano, è stato sottoscritto in data 15 Aprile 2016 l'Accordo tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Emilia Romagna, la Città Metropolitana di Bologna, il Comune di Bologna e Autostrade per l'Italia per il potenziamento in sede del sistema autostradale/tangenziale nodo di Bologna, che prevede la realizzazione del cosiddetto "Passante di mezzo".

Il progetto di potenziamento consiste nel portare a tre corsie più emergenza il tratto delle complanari che va dallo svincolo 3 allo svincolo 6 e dallo svincolo 8 allo svincolo 13 e a quattro corsie più emergenza il tratto che collega lo svincolo 6 allo svincolo 8, nel potenziare le rampe degli svincoli della complanare che mostrano problematiche trasportistiche. Per l'A14 il progetto

porta a tre corsie di marcia più emergenza il tratto su cui oggi è funzionante la terza corsia dinamica così da permetterne l'eliminazione.

Inoltre, in tale accordo, al fine di migliorare l'accessibilità al sistema tangenziale ed autostradale, si sono individuati alcuni importanti interventi di completamento della rete viaria a scala urbana – metropolitana che vanno a fluidificare il sistema infrastrutturale stradale nel suo complesso, portando benefici in termini trasportistici e conseguentemente di sicurezza e di tipo ambientale. Nell'ambito del citato Accordo, è inoltre previsto all'art. 3 che “...*Pur non rientrando nell'oggetto del presente Accordo, considerato il nuovo assetto infrastrutturale che si verrà a definire, il Ministero, in accordo con ASPI, si impegna a rivedere l'intervento di ampliamento alla IV^a corsia dell'autostrada A14 nel tratto Bologna S. Lazzaro - diramazione di Ravenna, prevedendo, come alternativa al solo tratto di ampliamento in sede della IV^a corsia (dinamica), la realizzazione della complanare Nord all'A14 da Bologna San Lazzaro a Ponte Rizzoli, con introduzione di una stazione satellite a Ponte Rizzoli che controllerà sia la complanare nord, di nuova realizzazione, sia la complanare sud esistente, assicurando una condizione di isopedaggio rispetto alla barriera di San Lazzaro*”.



Il presente progetto contempla la progettazione della complanare nord all'A14 da Bologna San Lazzaro alla località di Ponte Rizzoli in Comune di Ozzano dell'Emilia, compreso l'innesto a San Lazzaro, il completamento dello svincolo di Borgatella, lo svincolo Idice e il nuovo svincolo di Ponte Rizzoli.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Come si evince dalla Fig.1 qui sotto riportata il tracciato della Complanare Nord dell'attuale A14 insiste nel territorio della Regione Emilia Romagna, nella provincia di Bologna.

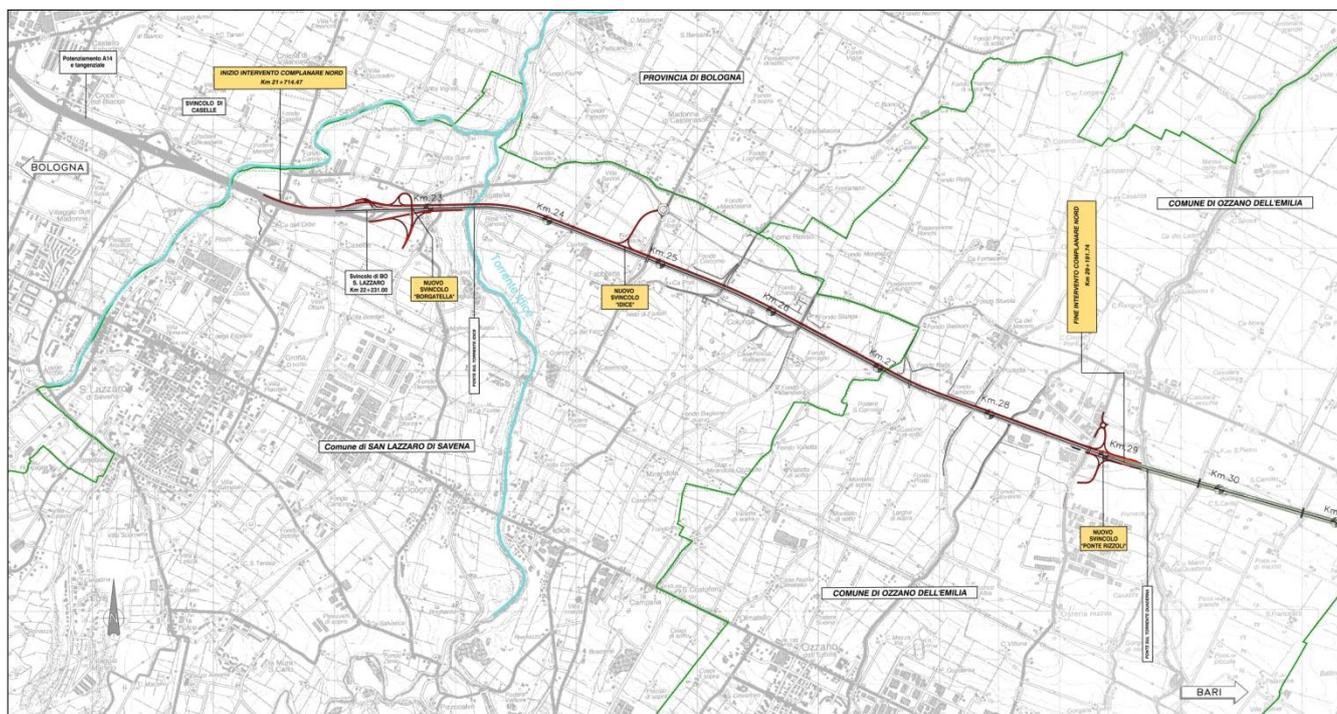


Figura 1 - Corografia generale

Le opere ricadono interamente nella Provincia di Bologna e più precisamente nei Comuni di S. Lazzaro di Savena e Ozzano dell'Emilia.

La realizzazione della complanare Nord alla A14 Bologna – Bari – Taranto, è prevista nel tratto compreso tra lo svincolo di Bologna S. Lazzaro (al Km 22+115.40) e la località Ponte Rizzoli (al Km 29+000) nella quale è previsto una nuova barriera di esazione che permette il collegamento del sistema delle tangenziali sia con l'autostrada A14 che con la viabilità ordinaria.

L'andamento altimetrico della complanare nord coincide con quello della piattaforma autostradale della A14, dal momento che le opere di sottopasso e di sovrappasso sono state realizzate a metà degli anni '80 in occasione dell'ampliamento alla 3° corsia dell'autostrada di lunghezza idonea per la realizzazione delle future complanari.

Fa eccezione il tratto iniziale in corrispondenza della barriera di San Lazzaro dove la livelletta di progetto si discosta rispetto a quella del piazzale per permettere alla complanare di progetto di sovrappassare le due rampe esistenti dell'autostrada A14 (Rampe "A" e "B").

In località ponte Rizzoli al km 29+000 della A14 è previsto l'inserimento della nuova barriera di esazione costituita da un nuovo svincolo autostradale e da due barriere di esazione ad elevata automazione/Telepass, una a sud e l'altra a nord dell'autostrada A14 che consentono il collegamento con il sistema tangenziale di Bologna.

3 L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

3.1 ASPETTI GEOMETRICI DELL'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

3.1.1 L'asse principale

La realizzazione della complanare Nord alla A14 Bologna – Bari – Taranto, è prevista nel tratto compreso tra lo svincolo di Bologna S. Lazzaro (al Km 22+115.40) e la località Ponte Rizzoli (al Km 29+000) nella quale è previsto una nuova barriera di esazione che permette il collegamento del sistema delle tangenziali sia con l'autostrada A14 che con la viabilità ordinaria.

Lo sviluppo complessivo dell'infrastruttura di progetto risulta di circa 7.00 km. L'andamento altimetrico della complanare nord coincide con quello della piattaforma autostradale della A14, dal momento che le opere di sottopasso e di sovrappasso sono state realizzate a metà degli anni '80 in occasione dell'ampliamento alla 3° corsia dell'autostrada di lunghezza idonea per la realizzazione delle future complanari.

Fa eccezione il tratto iniziale in corrispondenza della barriera di San Lazzaro dove la livelletta di progetto si discosta rispetto a quella del piazzale per permettere alla complanare di progetto di sovrappassare le due rampe esistenti dell'autostrada A14 (Rampe "A" e "B").

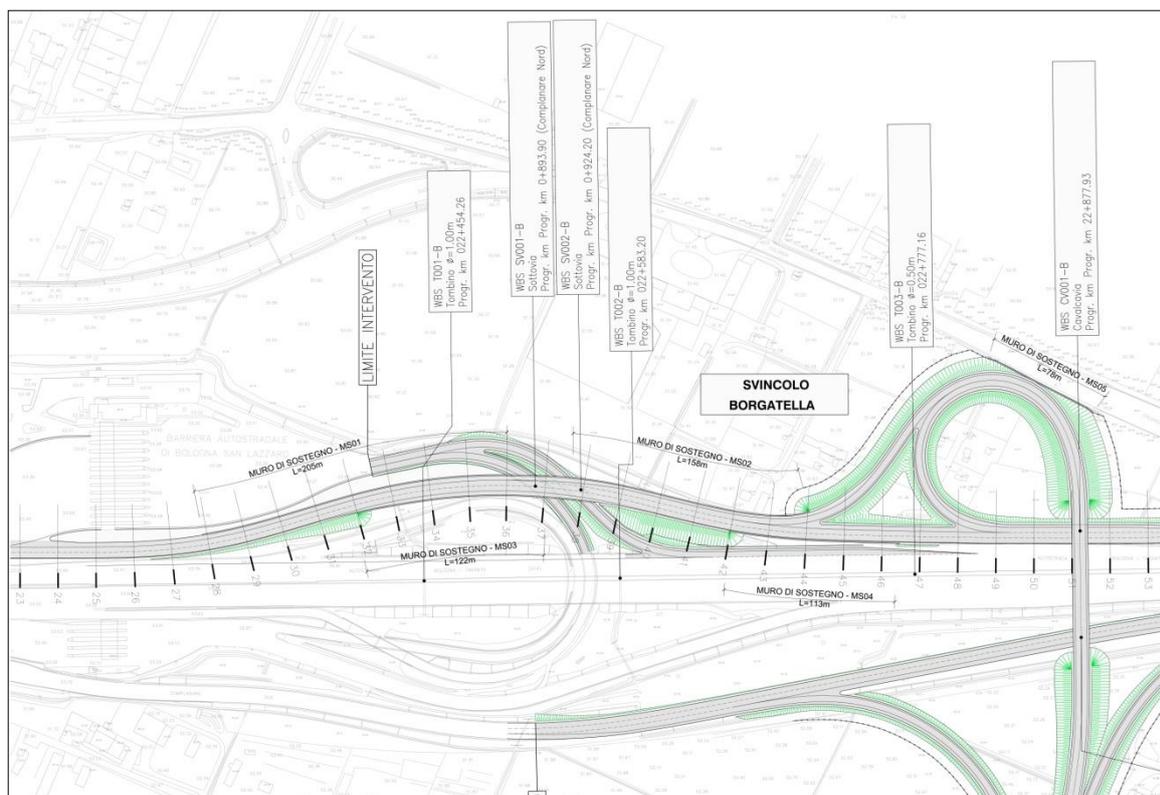


Figura 2 - Stralcio planimetrico - Svincolo Borgatella

Come illustrato in Fig.2 superate le suddette rampe autostradali (che subiranno una lieve modifica plano-altimetrica rispetto alla configurazione esistente) il tracciato della complanare si affianca al sedime dell'autostrada A14 conservando il suo andamento planoaltimetrico fino alla fine dell'intervento posizionato in corrispondenza della stazione di esazione autostradale di Ponte Rizzoli.

Tale andamento planoaltimetrico della complanare è stato definito sulla base della posizione del cunettone di margine in cls deputato al deflusso longitudinale delle acque di piattaforma e realizzato nell'ambito dei lavori di ampliamento della terza corsia dell'autostrada A14. Il presente progetto prevede la demolizione di tale cunettone e la realizzazione di un sistema di griglie di recapito delle acque finalizzato al corretto smaltimento delle acque di piattaforma sia dell'autostrada che della complanare.

Sezione tipo

La sezione tipologica adottata prevede una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10.70 m costituita da due corsie di marcia normale da 3,50 m, dalla sosta di emergenza da 3,00 m e da una banchina di 0.70 m.(0.50 m nel tratto non adiacente all'A14). Le dimensioni della sezione tipologica adottata risultano analoghe sia a quelle della Complanare Sud che a quelle della tangenziale di Bologna di cui la Complanare Nord risulta essere la prosecuzione.

La piattaforma pavimentata presenta, in rilevato, un arginello di 1,30 m mentre nei tratti in trincea una cunetta triangolare. Nel tratto in affiancamento all'autostrada A14 è sempre garantito uno spazio di almeno 0.90 m per il posizionamento dello spartitraffico tra la piattaforma autostradale e la piattaforma della complanare.

Il tracciato è per la maggior parte dello sviluppo a raso o con rilevati di altezza di circa 1 m tranne nel tratto iniziale prossimo al ponte sul torrente Idice, dove i rilevati raggiungono altezze di circa 5 m.

Nel tratto compreso tra la progr. Km 2+225 e la progr. Km 2+525, il tracciato è invece previsto in trincea. Le pendenze dei rilevati e delle scarpate in trincea sono previste sempre pari al 7/4.

In corrispondenza delle barriere di sicurezza inoltre è stato previsto, il potenziamento del corpo autostradale/stradale. In particolare al di sotto degli arginelli il progetto contempla l'estensione degli strati di fondazione e sottofondazione, rispettivamente in misto cementato ed in misto granulare stabilizzato, fino alla scarpata.

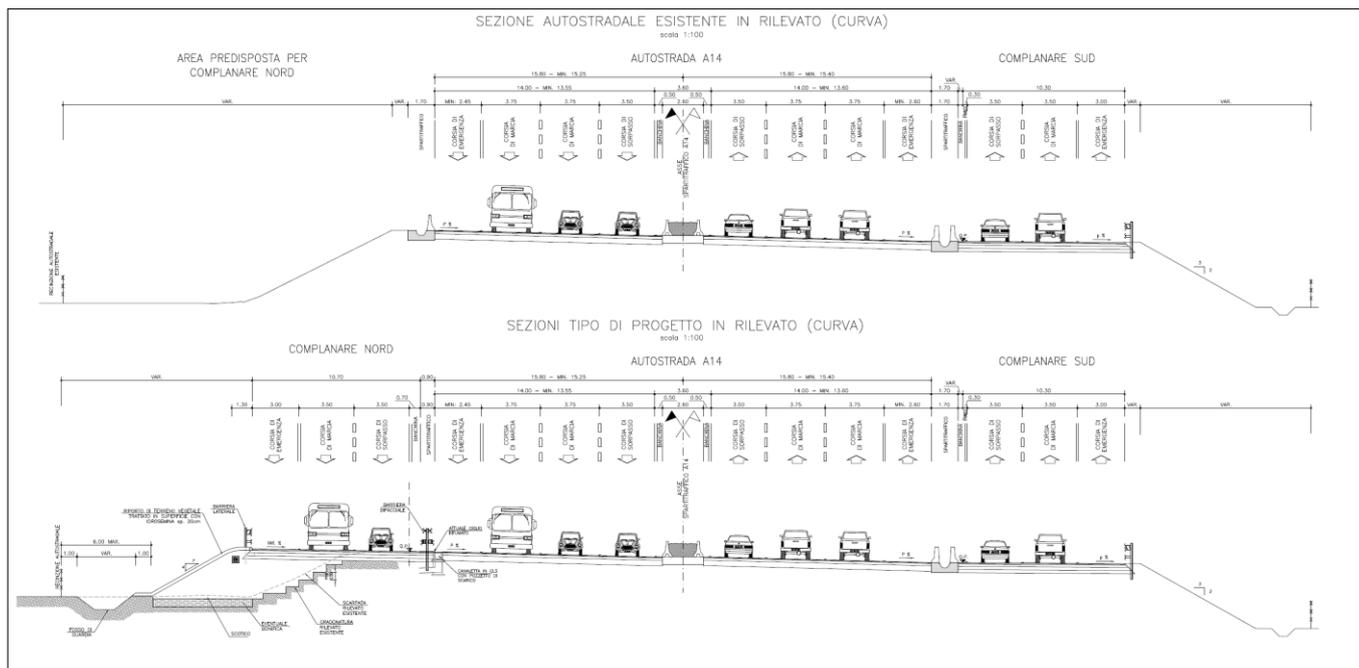


Figura 3 - Sezione tipologica

3.1.2 Gli svincoli

Il collegamento con la viabilità locale è garantito mediante 3 svincoli articolati in modo da garantire le manovre di ingresso/uscita dalla Complanare Nord e l'innesto con la viabilità locale.

In Figg.4-5-6 sono raffigurati i tre svincoli: "Borgatella", "Idice" e "Ponte Rizzoli".

Svincolo Borgatella

Al Km 1+050 il collegamento con la viabilità locale è garantito mediante lo svincolo "Borgatella" che permette le manovre di ingresso/uscita dalla Complanare Nord da Via del Lavoro.

Il ramo di svincolo (Asse C di progetto) bidirezionale è caratterizzato da un cavalcavia a via di corsa inferiore che permette di sovrappassare la Complanare Nord e l'Autostrada A14 e da un sottopasso scatolare che permette di scavalcare la Complanare Sud prima di raccordarsi su Via del Lavoro.

Lo svincolo Borgatella presenta inoltre due rami (assi di progetto E e F) che permettono le manovre di ingresso/uscita dalla Complanare Sud sempre da Via del Lavoro. Il sedime stradale della Complanare Sud a ridosso dei rami di diversione e immissione è stato lievemente deviato verso l'Autostrada A14 per ottimizzare la geometria dei suddetti rami di svincolo e limitare gli interventi sulle opere esistenti interferenti.

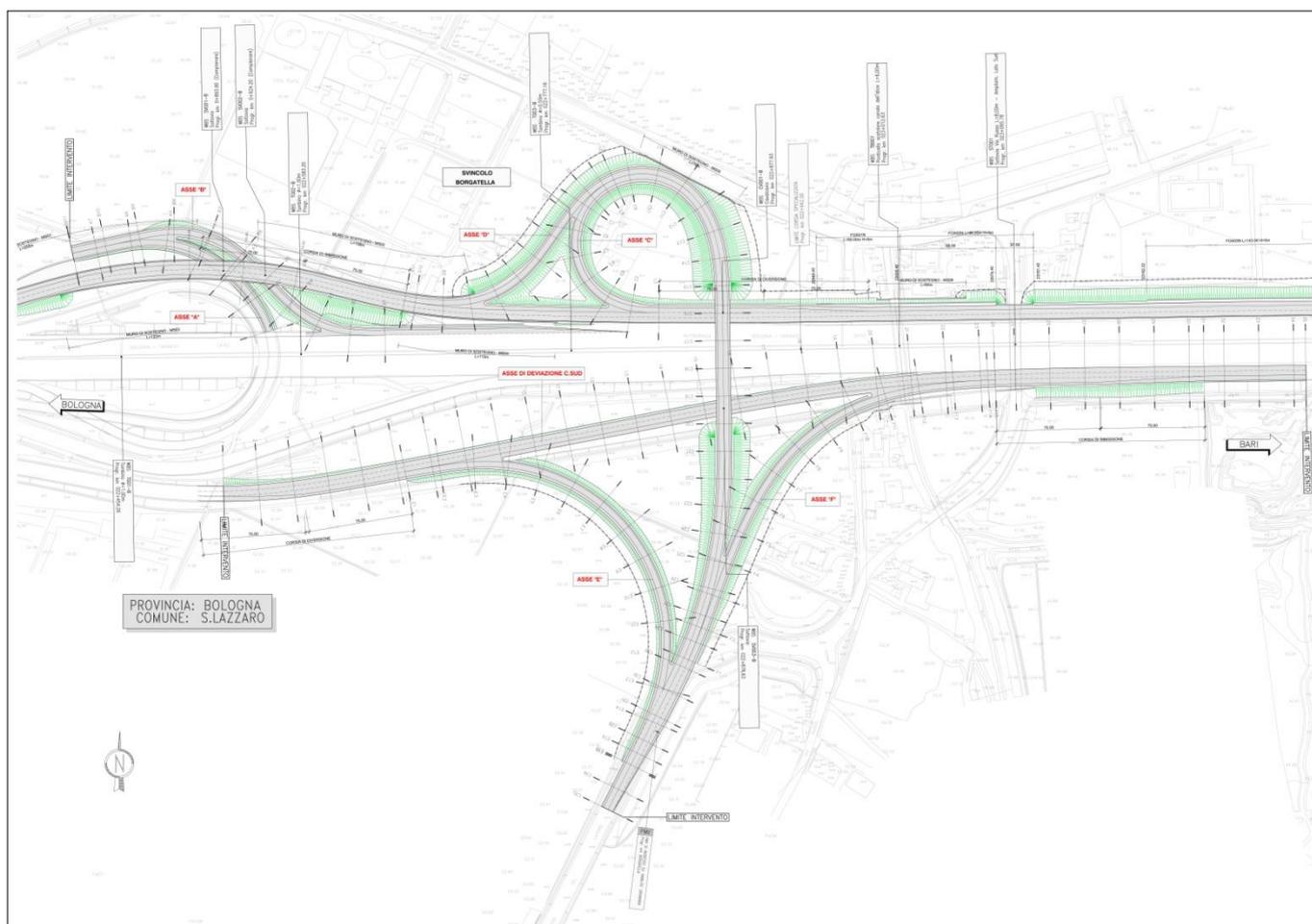


Figura 4 - Svincolo "Borgatella"

Svincolo "Idice"

Al Km 3+050 il collegamento con la viabilità locale è garantito mediante lo svincolo "Idice" che permette le manovre di ingresso/uscita dalla Complanare Nord dalla rotonda di Via degli Stradelli Guelfi.(Assi di progetto G e H)



Figura 5 - "Svincolo Idice"

Svincolo "Ponte Rizzoli"

Al Km 7+375 della complanare il collegamento con la viabilità locale e con l'autostrada è garantito mediante lo svincolo "Ponte Rizzoli" che permette le manovre di ingresso/uscita dalla Complanare Nord e l'immissione sulla S.P. Castelli attraverso un'intersezione a rotatoria di nuova realizzazione. Oltre al completamento dell'attuale svincolo. La soluzione progettuale prevede inoltre la realizzazione di un nuovo svincolo autostradale e di due barriere di esazione ad elevata automazione/Telepass, una a sud e l'altra a nord dell'autostrada A14 che consentono il collegamento con il sistema tangenziale di Bologna.

Il progetto comprende dunque:

- realizzazione alla progressiva 29+000 dell'autostrada A14 Bologna – Bari - Taranto del completamento del nuovo svincolo autostradale di Ponte Rizzoli.
- realizzazione delle due nuove barriere di esazione di Ponte Rizzoli (Nord e Sud).

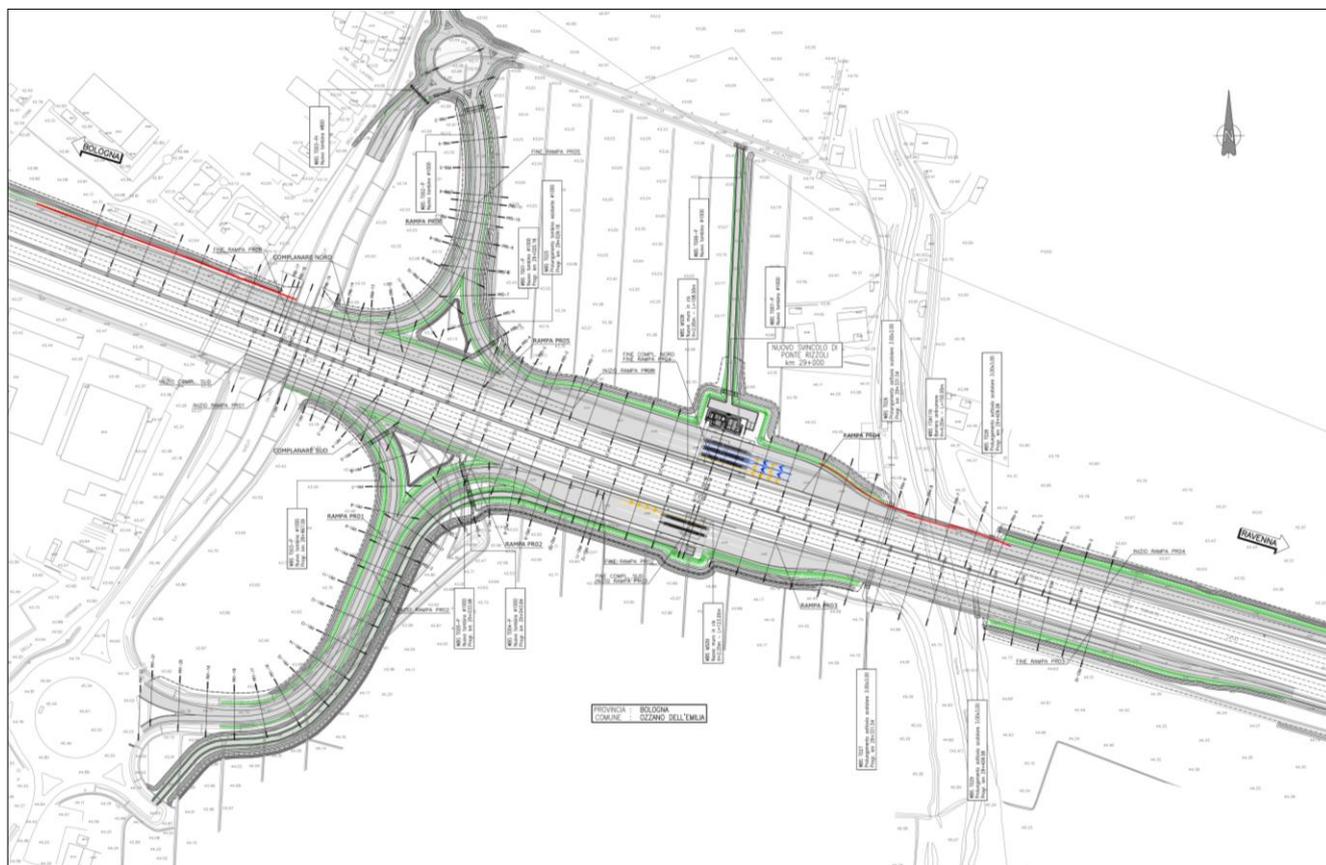


Figura 6 - Svincolo "Ponte Rizzoli"

Sezioni tipo

Per i rami di svincolo bidirezionali si prevede una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10,50 m costituita da due corsie da 3,75 m e due banchine da 1,50 m.(Cfr.Fig.8)

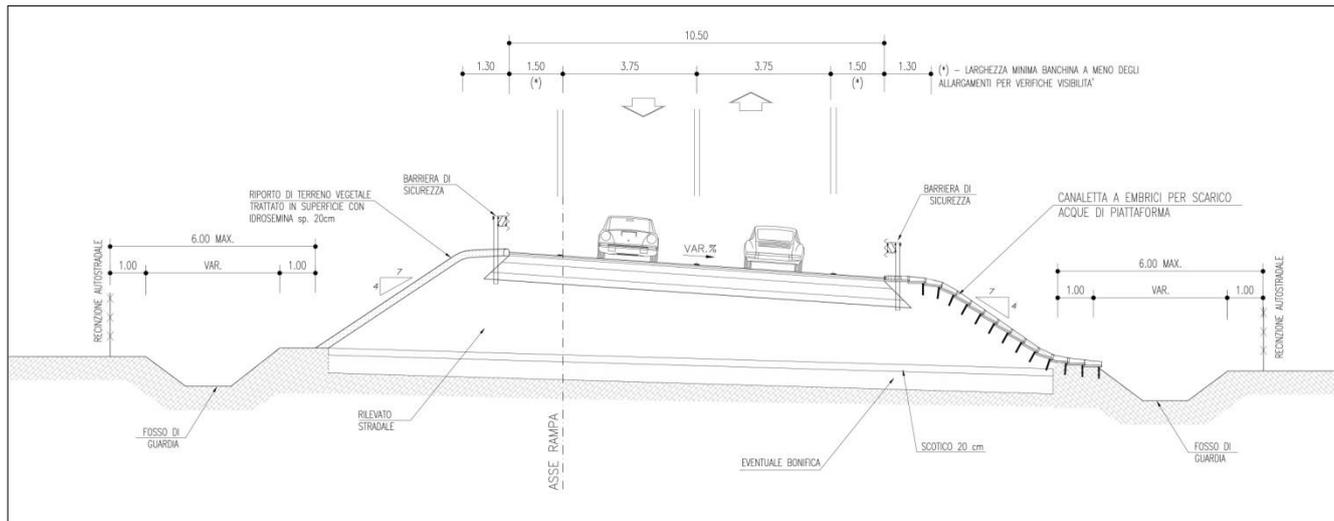


Figura 7 - Sezione tipologica rampa bidirezionale

Per i rami di svincolo monodirezionali si prevede invece una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 6,50 m costituita da una corsia da 4,00 m, da una banchina esterna rispetto l'asse principale in cui si innesta da 1,50 m e una interna da 1,00 m. (Cfr.Fig.9)

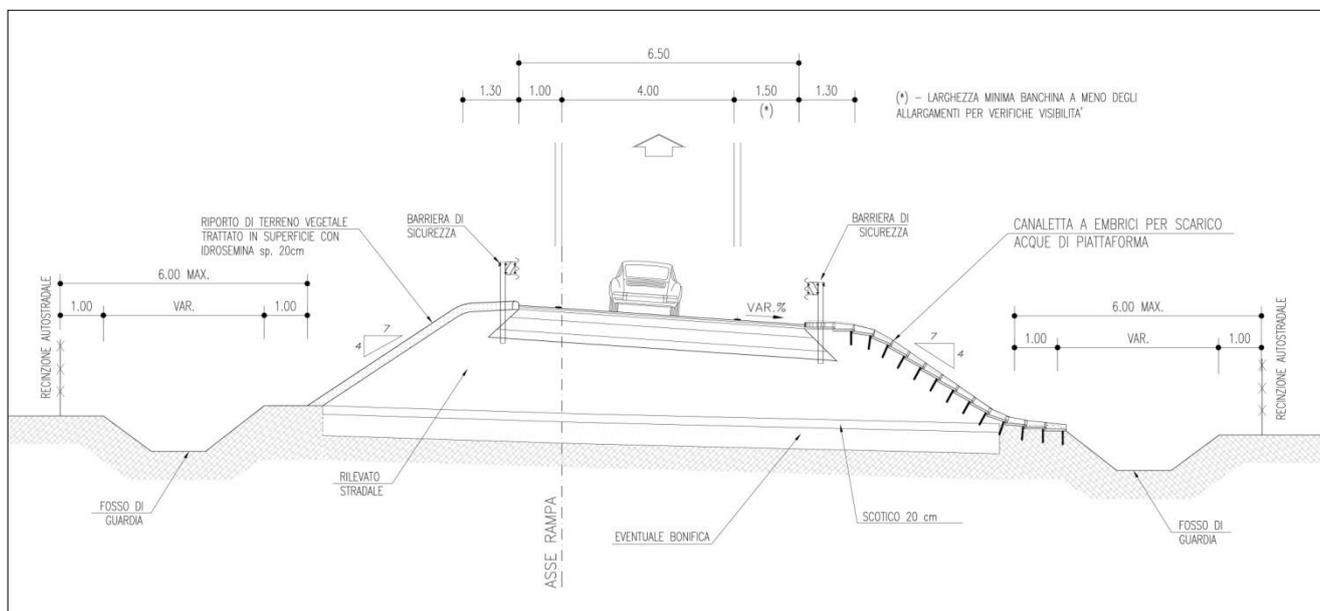


Figura 8 - Sezione tipologica rampa monodirezionale

Il completamento dello svincolo di Ponte Rizzoli prevede inoltre una rotonda convenzionale con una sezione tipologica caratterizzata da un anello di diametro esterno pari a 50 m, una corsia da 6,00m, una banchina interna da 1,00 m e una banchina esterna di 1,50 m.(Cfr.Fig.7)

4 INQUADRAMENTO NORMATIVO

I principali riferimenti normativi considerati relativamente agli aspetti della progettazione stradale dell'infrastruttura sono:

- D.Lgs. 30/04/1992, n. 285 e s.m.i.: “Nuovo Codice della Strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e s.m.i.: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada”;
- D.M. 05/11/2001, n. 6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” (di solo riferimento nel caso di adeguamento di strade esistenti secondo il D.M. 22/04/2004).
- D.M. 19/04/2006: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” (di solo riferimento nel caso di adeguamento di intersezioni esistenti).
- D.M. 18/02/1992, n. 223: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”, così come recentemente aggiornato dal D.M. 21/06/2004: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;

5 CRITERI PROGETTUALI

5.1 ASSE PRINCIPALE

Il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792. Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della Norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (recependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento.

Nel progetto di realizzazione della Complanare Nord, sono stati adottati i seguenti ulteriori criteri:

1. minimizzare l'impatto del nuovo asse con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;
2. mantenimento della complanarità alla sede autostradale esistente minimizzando le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale;
3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi, dal momento che si tratta di un progetto di realizzazione adiacente ad una infrastruttura esistente;

Per l'asse principale sono state assunte come riferimento le caratteristiche della categoria "B, *Extraurbane principali*", di cui alle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", assegnando un intervallo di velocità di progetto di 70÷120 km/h; tale intervallo sarà quindi quello considerato per la verifica plano altimetrica dell'opera in oggetto

Nei paragrafi successivi si riporta una descrizione dei criteri progettuali presi a riferimento per la verifica della progettazione.

5.1.1 Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento (DM2001) richiede il rispetto delle seguenti condizioni principali:

(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 178 m nel caso di strade di categoria "B"

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

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

(c) Compatibilità tra i raggi di due curve successive

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

(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.* La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella ; 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 1 – Lunghezza minima dei rettili in relazione alla velocità

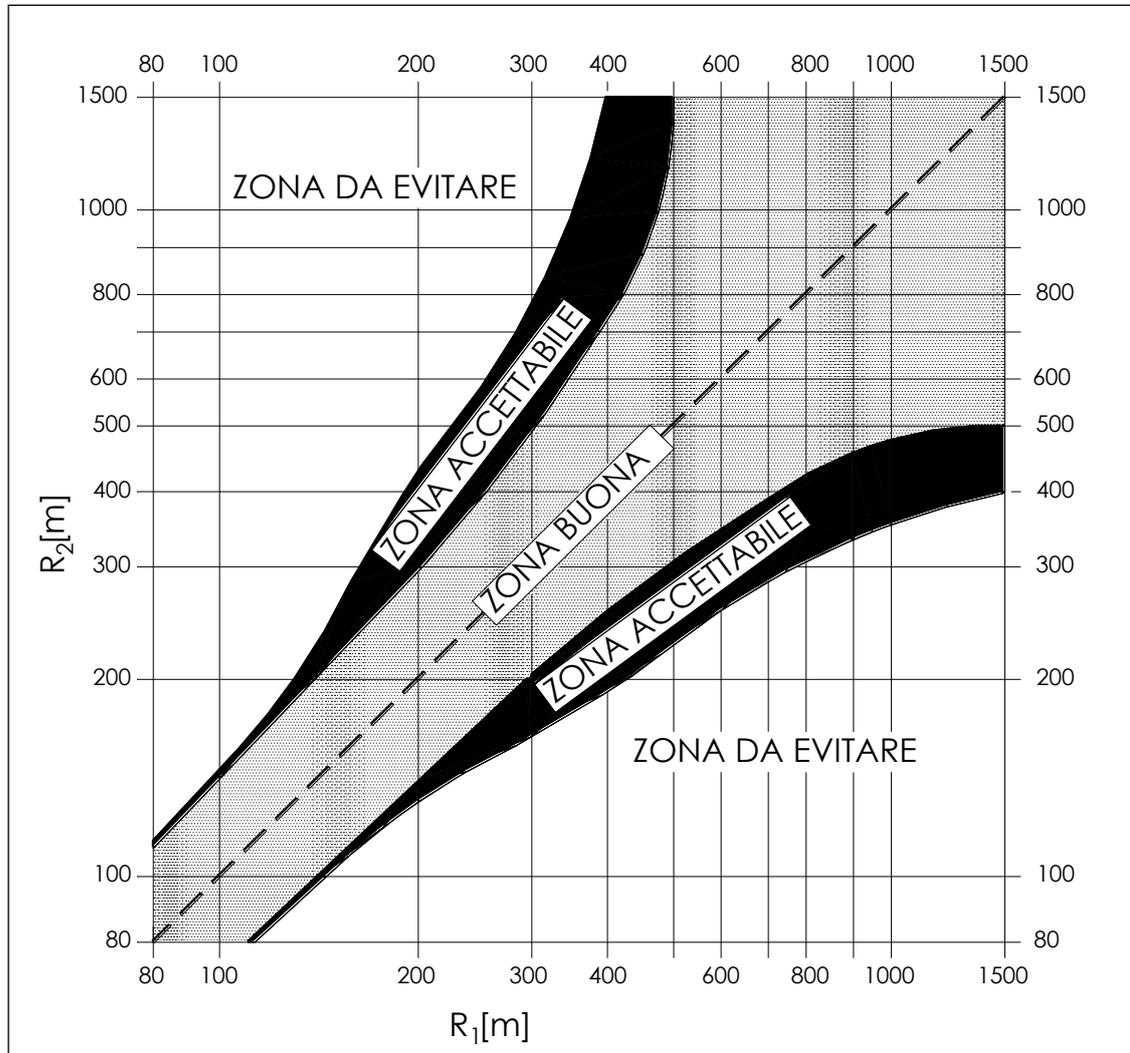


Figura 10 – Abaco di Koppel

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

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

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

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

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

criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

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

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

dove:

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

Ponendo

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

si ottiene:

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

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

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti pendenze trasversali, che vanno raccordate longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di

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

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

dove:

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

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio la norma prevede che sia soddisfatta 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 dei rapporti tra i parametri delle clotoidi in ingresso e in uscita da una curva nonché dei rapporti tra tra curve circolari secondo quanto riportato di seguito:

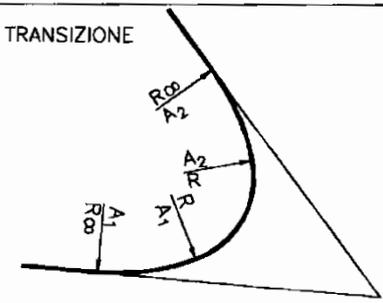
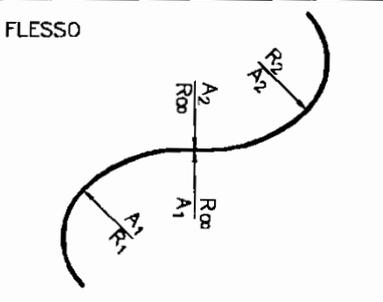
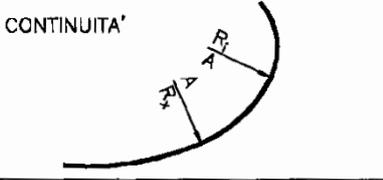
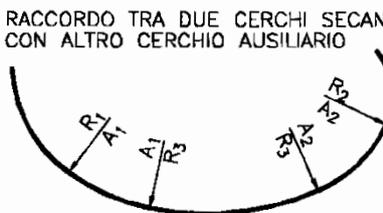
TIPOLOGIA	LIMITI
	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R}{3} \leq A_1 \leq R$ $\frac{R}{3} \leq A_2 \leq R$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$
	$R_2 \leq R_1 \quad A_1 \geq A_{min} \quad A_2 \geq A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1 \quad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

Tabella 2 – Verifiche rapporti tra curve e clotoidi

5.1.2 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 B è pari al 6%

(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.

(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 $\vartheta = 1^\circ$.

5.1.3 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" (D.M. 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, con le seguenti distanze:

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

Per il **calcolo della distanza di visibilità per l'arresto** è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del D.M. 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo

5 metri) in funzione della velocità di progetto e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ

D_2 = spazio di frenatura

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

V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]

i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g = accelerazione di gravità [m/s²]

Ra = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [kg]

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

r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

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

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

Per fi possono adottarsi le due serie di valori di seguito riportate, una relativa e l'altra valida per tutti gli altri tipi di strade. Tali valori sono compatibili anche con una superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0.5mm)

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
FI Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
FI Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Tabella 3 – Coefficienti di aderenza longitudinale

Per la **verifica della distanza di visibilità per la manovra del cambiamento di corsia**, è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del D.M. 05/11/2001.

Si valuta lo spazio necessario con la seguente espressione; nella quale i 9,5 secondi comprendono i tempi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per la decisione ed effettuazione della manovra di cambiamento di una sola corsia (4 secondi).

$$D_c = 9,5 \times v = 2,6V \quad [m]$$

dove:

v = velocità del veicolo in [m/s], op. V in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (cfr. par. 5.4)

5.2 SVINCOLI

Il D.M. 19/04/2006 assume valore di cogenza così come i richiami dello stesso D.M. 05/11/2001 per le nuove intersezioni mentre risultano di solo riferimento per l'adeguamento delle intersezioni esistenti.

Gli standard di progettazione descritti nel seguito riprendono pertanto i criteri di norma e sono stati applicati salvo evidenti motivazioni tecniche.

Le caratteristiche stradali delle rampe sono state definite a partire dagli intervalli di velocità indicati nella tabella 7 del paragrafo 4.7.1 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 4 – Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

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

La progettazione dell'intersezione è stata condotta con particolare riferimento ai seguenti aspetti della progettazione stradale:

- geometria degli elementi modulari delle rampe;
- larghezza degli elementi modulari delle rampe e delle corsie specializzate (sezione tipo);
- dimensionamento delle corsie specializzate;
- analisi di visibilità.

5.2.1 Geometria degli elementi modulari delle rampe

Con riferimento alla geometria degli elementi modulari delle rampe, secondo quanto previsto esplicitamente nel D.M. 19/04/2006 e facendo anche riferimento ai rimandi che questa fa al D.M. 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", la progettazione ha garantito il rispetto dei parametri minimi dei seguenti elementi piano altimetrici:

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

(a) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari garantiscono raggi coincidenti o superiori al raggio minimo previsto dal D.M. 19/04/2006 che risulta in funzione della velocità minima dell'intervallo di progetto.

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

Tabella 5 – Raggi minimi delle rampe in funzione della velocità di progetto minima

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

Per la verifica del parametro A delle curve a raggio variabile, si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 05/11/2001 indicati nel paragrafo precedente.

(b) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette, consentita dal D.M. 19/04/2006, è funzione della velocità di progetto come riportato in tabella 9.

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

Tabella 6 – Pendenze massime delle rampe

(c) Raccordi verticali concavi e convessi minimi

Per la verifica del raccordi verticali concavi e convessi minimi si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 05/11/2001 indicati nel paragrafo precedente.

5.2.2 Sezioni tipo delle rampe e delle corsie specializzate

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

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

extraurbane, fornisce le indicazioni sulle larghezze minime da adottarsi come riportato nella seguente tabella:

STRADE EXTRAURBANE				
elemento modulare	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Larghezza banchina in destra (m)	Larghezza banchina in sinistra (m)
Corsie specializzate di 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 7 – Larghezze degli elementi modulari

5.2.3 Analisi di visibilità

Per la verifica delle visuali libere si è fatto riferimento ai criteri contenuti nel D.M. 05/11/2001 indicati nel paragrafo precedente.

5.2.4 Criteri per il dimensionamento delle corsie specializzate

Il dimensionamento delle corsie specializzate di immissione e diversione è stato effettuato con riferimento ai criteri contenuti nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (D.M. 19/04/2006).

Corsie di immissione (o di entrata)

Con riferimento allo schema di (Figura) 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/s^2) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a $1 m/s^2$.

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

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

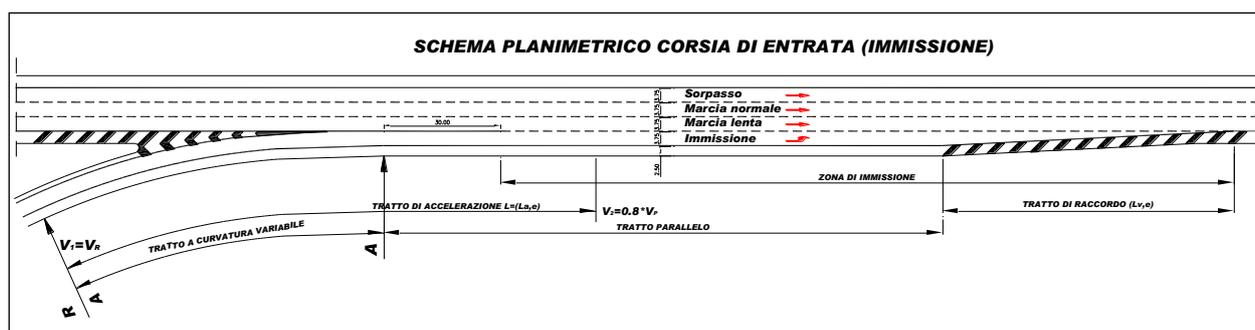


Figura 11 – Schema planimetrico corsia di immissione

Corsie di diversione (o di uscita)

Con riferimento al caso di configurazione parallela (Figura), 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/s²) è la decelerazione assunta per la manovra pari a 3 m/s² per le strade tipo A, B e 2,0 m/s² per le altre strade.

Il tratto di manovra $L_{m,u}$ ha una lunghezza pari a 90 m per velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia superiori ai 120 km/h, 75 m per velocità pari a 100 km/h, 60 m per velocità pari a 80 km/h, 40 m per velocità pari a 60 km/h e 20 m per velocità pari a 40 km/h

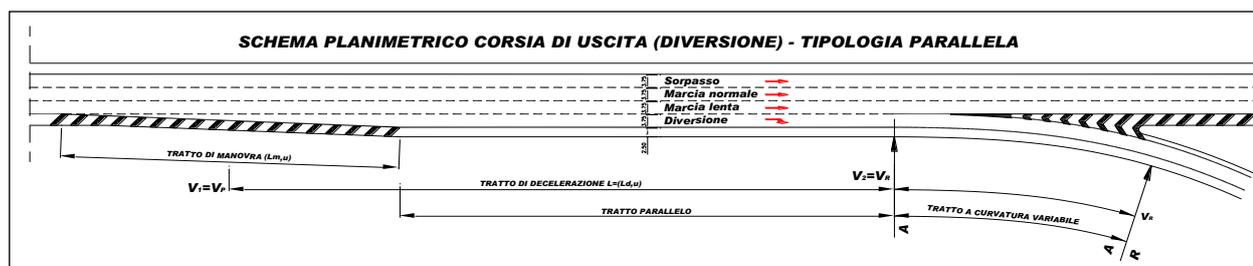


Figura 12 - schema planimetrico corsia di uscita (diversione) - tipologia parallela

Per le corsie di diversione e per le corsie di immissione un tratto parallelo non inferiore a 150m, in entrambi i casi il tronco di manovra è previsto di lunghezza pari a 75m.

I tratti in parallelo presentano una larghezza pari 3.50 m e una banchina di 1.75 m

5.3 INTERSEZIONI A ROTATORIA

5.3.1 Tipologie

Si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna (limite della corona rotatoria):

- rotatorie convenzionali con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m;
- rotatorie compatte con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m;
- mini rotatorie con diametro esterno compreso tra 14 e 25 m.

Per sistemazioni con “circolazione rotatoria”, che non rientrano nelle tipologie su esposte, il dimensionamento e la composizione geometrica debbono essere definiti con il principio dei tronchi di scambio tra due bracci contigui. In questi casi le immissioni devono essere organizzate con appositi dispositivi.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso fra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordure non sormontabili dell'isola centrale.

5.3.2 Larghezza delle corsie

Relativamente alla corsia nella corona giratoria e ai bracci di ingresso e uscita, si è considerato quanto riportato nella Tabella 6 contenuta nel D.M. 19/04/2006 e qui di seguito riportata:

ELEMENTO MODULARE	DIAMETRO ESTERNO ROTATORIA	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.

Tabella 8 – Dimensionamento degli elementi modulari delle rotatorie

5.3.3 Geometria delle rotonde

Il criterio principale per definire la geometria delle rotonde riguarda il controllo della deviazione delle traiettorie in attraversamento del nodo. Infatti, per impedire l'attraversamento di un'intersezione a rotatoria ad una velocità non adeguata, è necessario che i veicoli siano deviati per mezzo dell'isola centrale.

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β (vedi Figura 11 del D.M. 19/04/2006) Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata $Re,2$ un incremento b pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione β di almeno 45° .

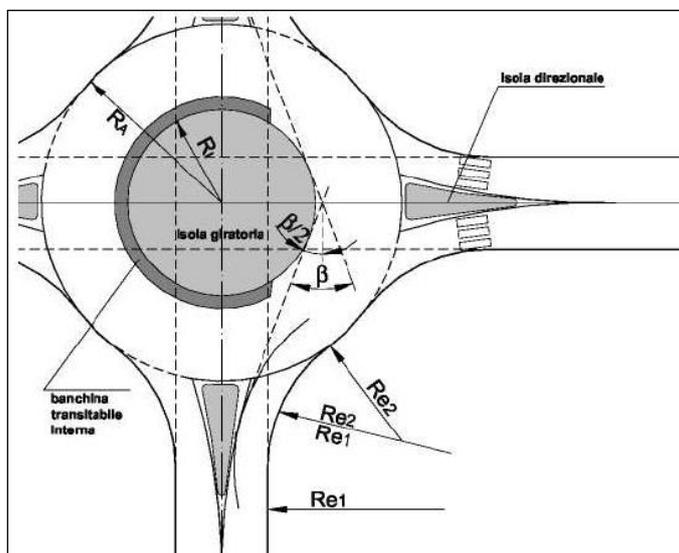


Figura 13 – Elementi di progetto e tipizzazione delle rotonde

6 VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono svolte sulla base di quanto specificato dal D.M. 05/11/2001 a seconda delle caratteristiche di categorie stradali precedentemente trattate.

Sono stati inoltre redatti i diagrammi di verifica della rispondenza a norma dei tracciati e le relative verifiche di visibilità eseguite considerando i margini interni delle carreggiate esistenti. I risultati sono riportati in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto.

Nelle seguenti tabelle vengono sintetizzati gli elementi planimetrici ed altimetrici che compongono gli assi di progetto.

In particolare per le verifiche planimetriche in colonna (5) è riportato il tipo di elemento planimetrico considerato utilizzando le seguenti abbreviazioni:

- R = Rettifilo
- C= Curva Circolare
- AT=Curva a raggio variabile di transizione
- AF=Curva a raggio variabile di flesso
- AC=Curva a raggio variabile 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).

Per completezza, nelle stesse tabelle sono stati inseriti i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001, presa a riferimento per la realizzazione del progetto. Le verifiche eseguite sono le seguenti:

- (a)** - Raggio minimo delle curve planimetriche
- (b)** - Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede
- (c)** - Compatibilità tra i raggi di due curve successive
- (d)** - Lunghezza massima dei rettifili
- (e)** - Lunghezza minima dei rettifili
- (f1)** - Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio da tratti con $V_{p,max}$ a curve a V_p , $<V_{p,max}$
- (f2)** - Congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio fra due curve successive ($V_{p1} > V_{p2}$)

(g) - Lunghezza minima delle curve circolari

(h1) - Verifica del parametro A delle Clotoidi: Limitazione del contraccolpo

(h2) - Verifica del parametro A delle Clotoidi Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità

(h3) - Verifica del parametro A delle Clotoidi : Criterio Ottico

Per gli andamenti altimetrici sono riportati i risultati delle verifiche dei raccordi verticali concavi e convessi rispetto alla distanza di visibilità per l'arresto dei singoli 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) la pendenza di ogni livelletta. Infine, in colonna (9) il valore del raggio esistente, in colonna (12) il valore minimo per garantire la distanza di arresto calcolata con riferimento alla velocità desunta dal diagramma delle velocità, in colonna (14) il valore di velocità ammissibile (velocità di progetto a cui corrisponde una distanza di arresto pari alla distanza di visuale libera effettivamente disponibile).

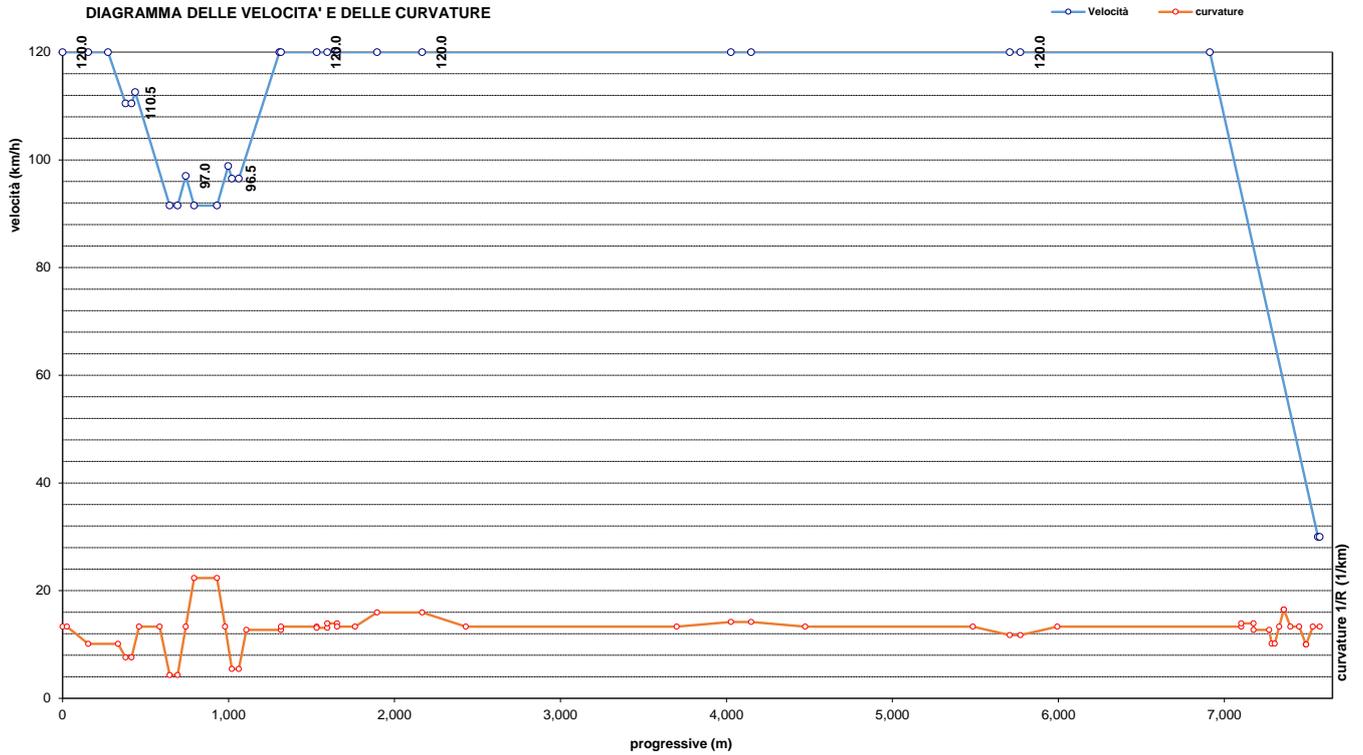
6.1 ASSE PRINCIPALE - COMPLANARE NORD

Nel seguito vengono riportate le tabelle riassuntive degli elementi planimetrici ed altimetrici con le rispettive analisi di congruenza alla normativa della complanare nord, nel tratto compreso tra la barriera di Bologna San Lazzaro e la barriera di Ponte Rizzoli.

L'asse rientra nella categoria di strada di tipo "B1" con V_p compresa tra 70÷120 km/h.

In analogia alla complanare sud esistente la velocità di progetto risulta pari a 100 km/h. In prossimità dello svincolo di Borgatella, quando il tracciato stradale non è più complanare all'autostrada A14, la velocità di progetto, come previsto nel lotto precedente, è pari a 90 km/h.

6.1.1 Diagramma di velocità e delle curvature



6.1.2 Verifiche planimetriche

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	25.294	25.294	R				90.0				
2	25.294	154.283	128.988	AT	356.65			90.0				
3	154.283	333.775	179.492	C	986.13	SX	5.45	90.0				
4	333.775	379.323	45.548	AC	238.00			90.0		328.71	NO	
5	379.323	415.067	35.743	C	550.00	SX	7.00	90.0	62.50		NO	(g)
6	415.067	461.032	45.966	AT	159.00			90.0		183.33	NO	(h3)
7	461.032	585.182	124.150	R				90.0				
8	585.182	645.253	60.071	AT	145.00			90.0				
9	645.253	692.854	47.601	C	350.00	SX	7.00	90.0	62.50		NO	(g)
10	692.854	742.637	49.783	AF	132.00			90.0				
11	742.637	792.420	49.783	AF	132.00			90.0				
12	792.420	930.072	137.652	C	350.00	DX	7.00	90.0				
13	930.072	979.855	49.783	AF	132.00			90.0				
14	979.855	1,019.545	39.690	AF	126.00			90.0		148.25	NO	(h3)
15	1,019.545	1,061.687	42.142	C	400.00	SX	7.00	90.0	62.50		NO	(g)
16	1,061.687	1,106.954	45.267	AC	140.00			90.0		1750.00	NO	Err. R1/R2 (h3)
17	1,106.954	1,316.220	209.266	C	5250.00	SX	2.50	90.0				
18	1,316.220	1,531.788	215.568	R				100.0				
19	1,531.788	1,595.740	63.951	C	12500.00	SX	2.50	100.0	69.44		NO	(g)
20	1,595.740	1,663.851	58.111	C	5250.00	DX	2.50	100.0	69.44		NO	(g)
21	1,663.851	1,761.938	108.088	R				100.0				
22	1,761.938	1,895.272	133.333	AT	400.00			100.0		400.00	NO	(h3)
23	1,895.272	2,166.649	271.377	C	1200.00	DX	4.81	100.0				
24	2,166.649	2,430.069	263.420	AT	562.23			100.0				
25	2,430.069	3,700.975	1270.906	R				100.0				
26	3,700.975	4,027.578	326.603	AT	1097.80			100.0		1230.00	NO	(h3)
27	4,027.578	4,148.570	120.993	C	3690.00	DX	2.50	100.0				
28	4,148.570	4,475.173	326.603	AT	1097.80			100.0		1230.00	NO	(h3)
29	4,475.173	5,485.105	1009.932	R				100.0				
30	5,485.105	5,707.550	222.445	AT	667.00			100.0				
31	5,707.550	5,771.495	63.946	C	2000.00	SX	3.47	100.0	69.44		NO	(g)
32	5,771.495	5,993.940	222.445	AT	667.00			100.0				
33	5,993.940	7,101.571	1107.631	R				100.0				
34	7,101.571	7,175.482	73.912	C	5250.00	DX	2.50	100.0				

48	S	5,477	5,472	5,481	8.44	-0.44	-0.29	0.14	6000	100.0	129.8	0.5	1	-		
49	S	5,562	5,552	5,573	20.92	-0.29	0.05	0.35	6000	100.0	130.2	0.5	1	-		
50	S	5,692	5,674	5,709	34.41	0.05	0.63	0.57	6000	100.0	130.9	0.5	1	-		
51	D	5,799	5,790	5,808	17.53	0.63	0.34	0.29	6000	100.0	131.2	1.1	0.1	-		
52	S	5,883	5,877	5,889	11.89	0.34	0.53	0.20	6000	100.0	131.1	0.5	1	-		
53	S	5,976	5,969	5,984	14.78	0.53	0.78	0.25	6000	100.0	131.5	0.5	1	-		
54	D	6,108	6,107	6,108	0.86	0.78	0.77	0.01	6000	100.0	131.7	1.1	0.1	-		
55	S	6,196	6,194	6,198	4.07	0.77	0.83	0.07	6000	100.0	131.7	0.5	1	-		
56	D	6,261	6,241	6,280	38.90	0.83	0.18	0.65	6000	100.0	131.2	1.1	0.1	-		
57	D	6,338	6,331	6,345	14.32	0.18	-0.05	0.24	6000	100.0	130.5	1.1	0.1	-		
58	D	6,436	6,419	6,453	34.03	-0.05	-0.62	0.57	6000	100.0	129.8	1.1	0.1	-		
59	D	6,568	6,541	6,595	54.04	-0.62	-1.52	0.90	6000	100.0	128.6	1.1	0.1	-		
60	S	6,720	6,709	6,731	22.74	-1.52	-1.14	0.38	6000	100.0	128.2	0.5	1	-		
61	S	6,804	6,790	6,818	28.54	-1.14	-0.67	0.48	6000	100.0	128.9	0.5	1	-		
62	S	6,894	6,880	6,909	29.72	-0.67	-0.17	0.50	6000	100.0	129.7	0.5	1	-		
63	S	6,975	6,962	6,988	25.94	-0.17	0.26	0.43	6000	100.0	130.4	0.5	1	-		
64	S	7,285	7,278	7,292	13.72	0.26	0.33	0.07	20000	75.6	85.5	0.5	1	-		
65	S	7,397	7,349	7,446	97.11	0.33	1.30	0.97	10000	64.4	68.5	0.5	1	1383		

Con riferimento alle tabelle sopra riportate si evidenzia che dalle verifiche effettuate, il tracciato di progetto presenta caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05/11/2001 ad eccezione di alcuni parametri che riguardano non conformità minori, di carattere ottico e non dinamico. Tali difformità dipendono dalla necessità di mantenere il più possibile aderente la nuova infrastruttura all'autostrada A14, ritenendo quindi trascurabile le non conformità riscontrate.

6.2 SVINCOLO BORGATELLA

Nel seguito vengono riportate le tabelle riassuntive degli elementi planimetrici ed altimetrici con le rispettive analisi di congruenza alla normativa del nuovo svincolo di Borgatella, ubicato alla progressiva 1+050.

Lo svincolo è costituito da più assi stradali in particolare risulta così suddiviso:

- Assi A e B che rientrano nella categoria rampe autostradali con Vp compresa tra 40÷60 km/h. Trattandosi di adeguamento delle due attuali rampe autostradali la velocità di progetto risulta pari a 50 km/h.
- Assi C,D,E ed F che rientrano nella categoria rampe autostradali con Vp compresa tra 40÷60 km/h. In particolare l'asse C risulta di tipologia indiretta, l'asse D di tipologia semidiretta ed infine gli asse E ed F risultano di tipologia diretta.
- Deviazione complanare sud che rientra nella categoria di strada di tipo "B1" con Vp compresa tra 70÷120 km/h.

In analogia alle tratte esistenti la velocità di progetto risulta pari a 90 km/h.

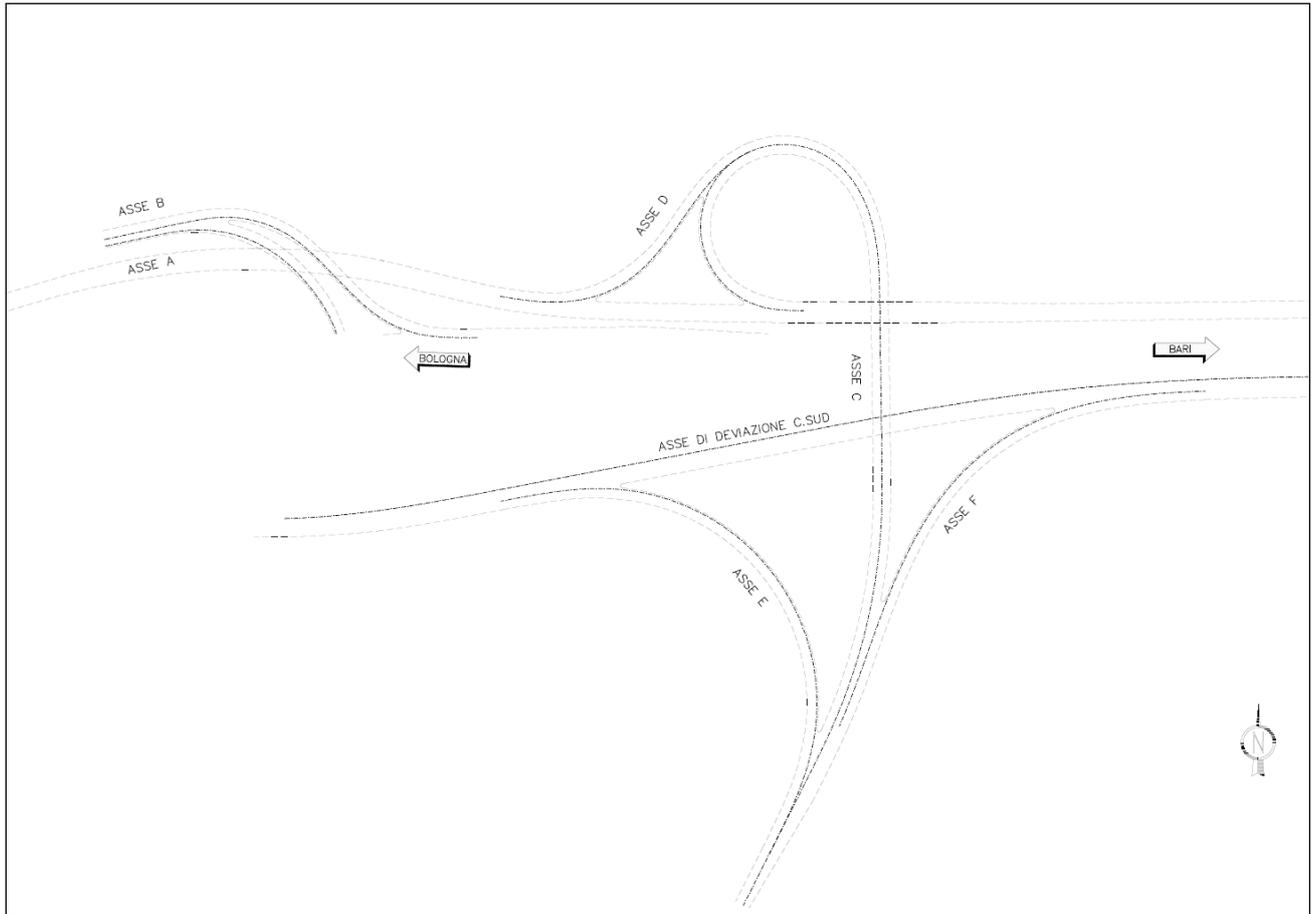
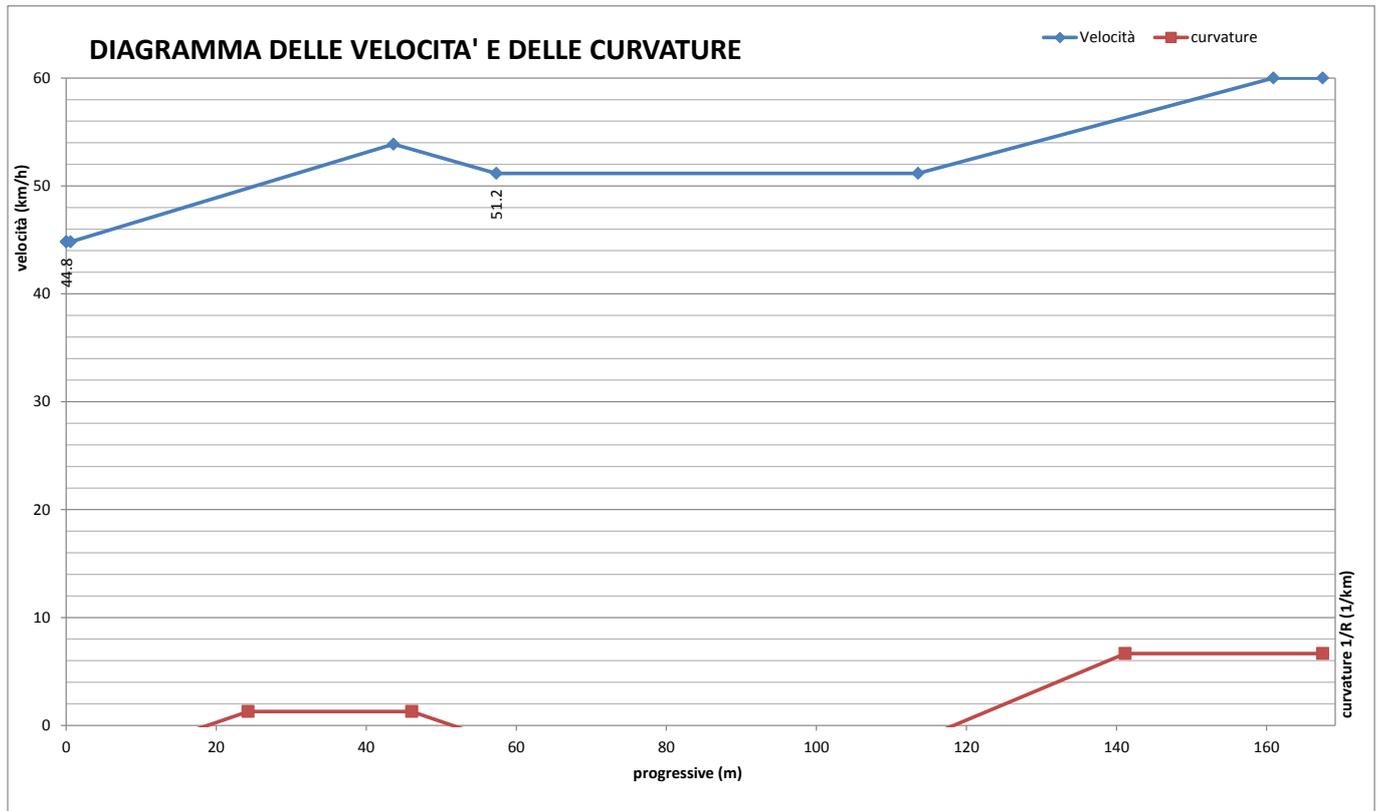


Figura 14 – Key plan svincolo Borgatella

6.2.1 Asse A - Diagramma di velocità e delle curvature



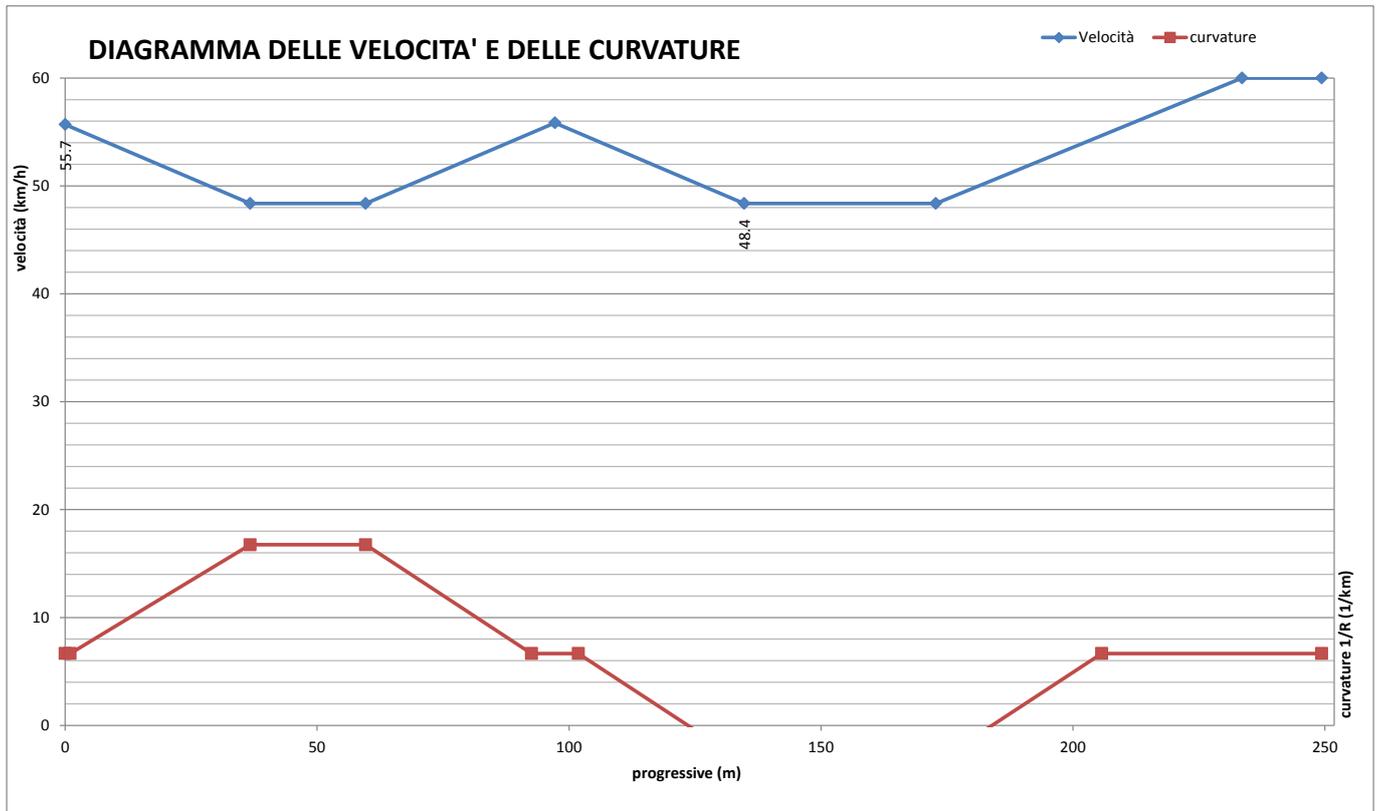
6.2.2 Asse A - Verifiche planimetriche

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	0.564	0.564	C	58.50	SX	7.00	44.8				
2	0.564	24.253	23.689	AC	52.00			49.7				
3	24.253	46.060	21.807	C	120.00	SX	6.93	50.0				
4	46.060	57.326	11.267	AC	52.00			50.0				
5	57.326	113.545	56.218	C	80.00	SX	7.00	50.0				
6	113.545	141.157	27.613	AT	47.00			50.0				
7	141.157	167.478	26.322	R				50.0				

6.2.3 Asse A - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	14	2	27	25.25	0.75	2.43	1.68	1500	50.0	48.3	0.5	1	-		
2	S	41	33	48	15.29	2.43	2.74	0.31	5000	50.0	48.0	0.5	1	-		
3	D	121	85	157	72.55	2.74	-0.05	2.79	2600	50.0	48.4	1.1	0.1	628		

6.2.4 Asse B - Diagramma di velocità e delle curvature



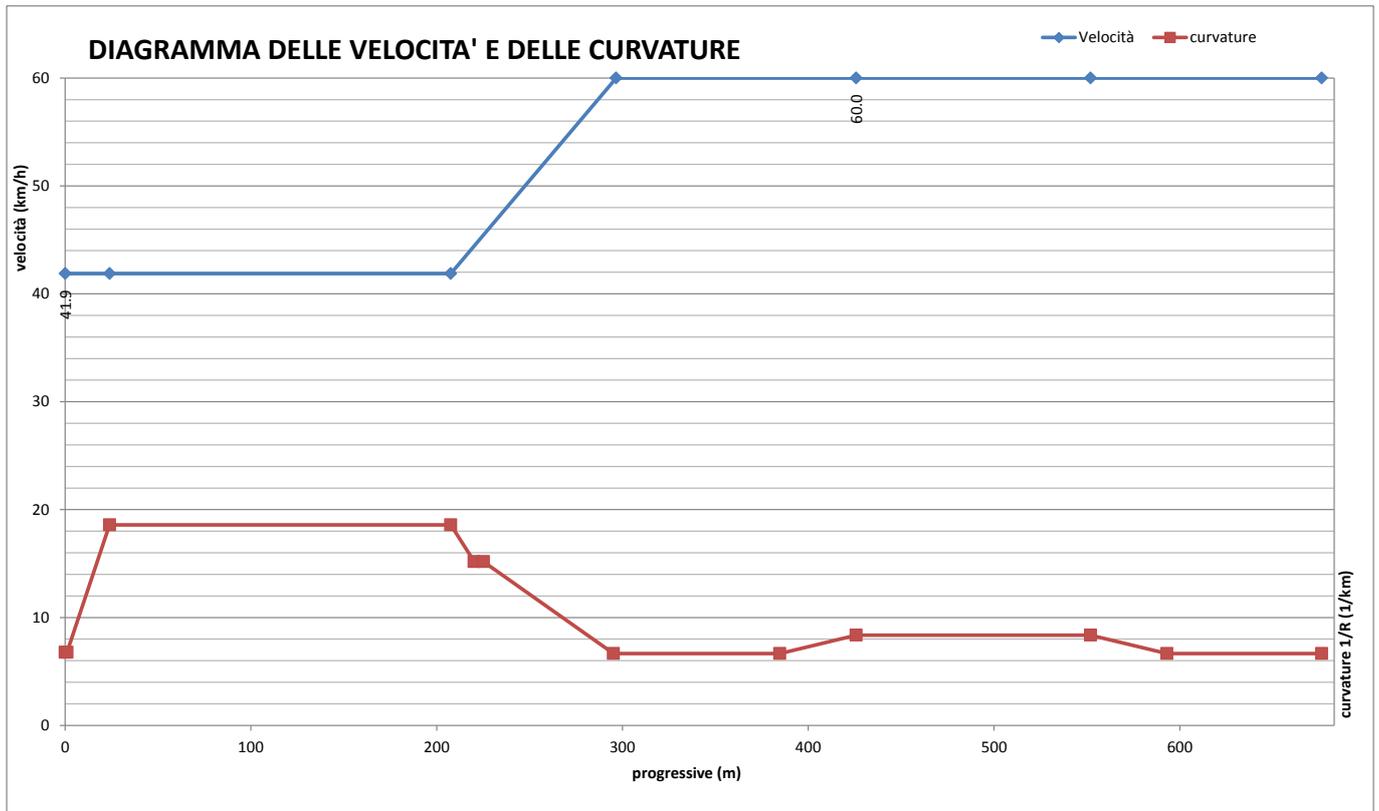
6.2.5 Asse B - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	R				50.0				
2	1.000	36.714	35.714	AT	50.00			50.0				
3	36.714	59.642	22.928	C	70.00	DX	7.00	48.4				
4	59.642	92.556	32.914	AT	48.00			50.0				
5	92.556	101.841	9.285	R				50.0				
6	101.841	134.755	32.914	AT	48.00			50.0				
7	134.755	172.806	38.051	C	70.00	SX	7.00	48.4				
8	172.806	205.720	32.914	AT	48.00			50.0				
9	205.720	249.363	43.642	R				50.0				

6.2.6 Asse B - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	65	48	82	33.55	0.59	-5.00	5.59	600	50.0	49.4	1.1	0.1	575		
2	S	116	96	136	40.62	-5.00	-0.49	4.51	900	50.0	49.6	0.5	1	856		
3	S	199	190	208	18.19	-0.49	0.73	1.21	1500	50.0	48.7	0.5	1	-		
4	D	226	219	232	13.18	0.73	-0.15	0.88	1500	50.0	48.7	1.1	0.1	-		

6.2.7 Asse C - Diagramma di velocità e delle curvature



6.2.8 Asse C - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	C	5243.00	DX	2.50	41.9				
2	1.000	23.900	22.900	AC	34.00			41.9		1747.67	NO	Err. R1/R2 (h3)
3	23.900	207.563	183.663	C	50.00	DX	7.00	41.9				
4	207.563	220.186	12.623	AC	47.00			44.3				
5	220.186	225.154	4.968	C	70.00	DX	7.00	45.3				
6	225.154	295.154	70.000	AT	70.00			59.7				
7	295.154	384.697	89.543	R				60.0				
8	384.697	425.840	41.143	AT	120.00			60.0				
9	425.840	551.956	126.117	C	350.00	DX	3.49	60.0				
10	551.956	593.099	41.143	AT	120.00			60.0				
11	593.099	676.358	83.259	R				60.0				

(Progressive crescenti)

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)
3	23.900	207.563	183.663	C	50.00	DX	7.00	41.9				
4	207.563	220.186	12.623	AC	47.00			44.3				
5	220.186	225.154	4.968	C	70.00	DX	7.00	45.3				
6	225.154	295.154	70.000	AT	70.00			59.7				
7	295.154	384.697	89.543	R				60.0				
8	384.697	425.840	41.143	AT	120.00			60.0				
9	425.840	551.956	126.117	C	350.00	DX	3.49	60.0				
10	551.956	593.099	41.143	AT	120.00			60.0				
11	593.099	676.358	83.259	R				60.0				

(Progressive decrescenti)

6.2.9 Asse C - Verifiche altimetriche

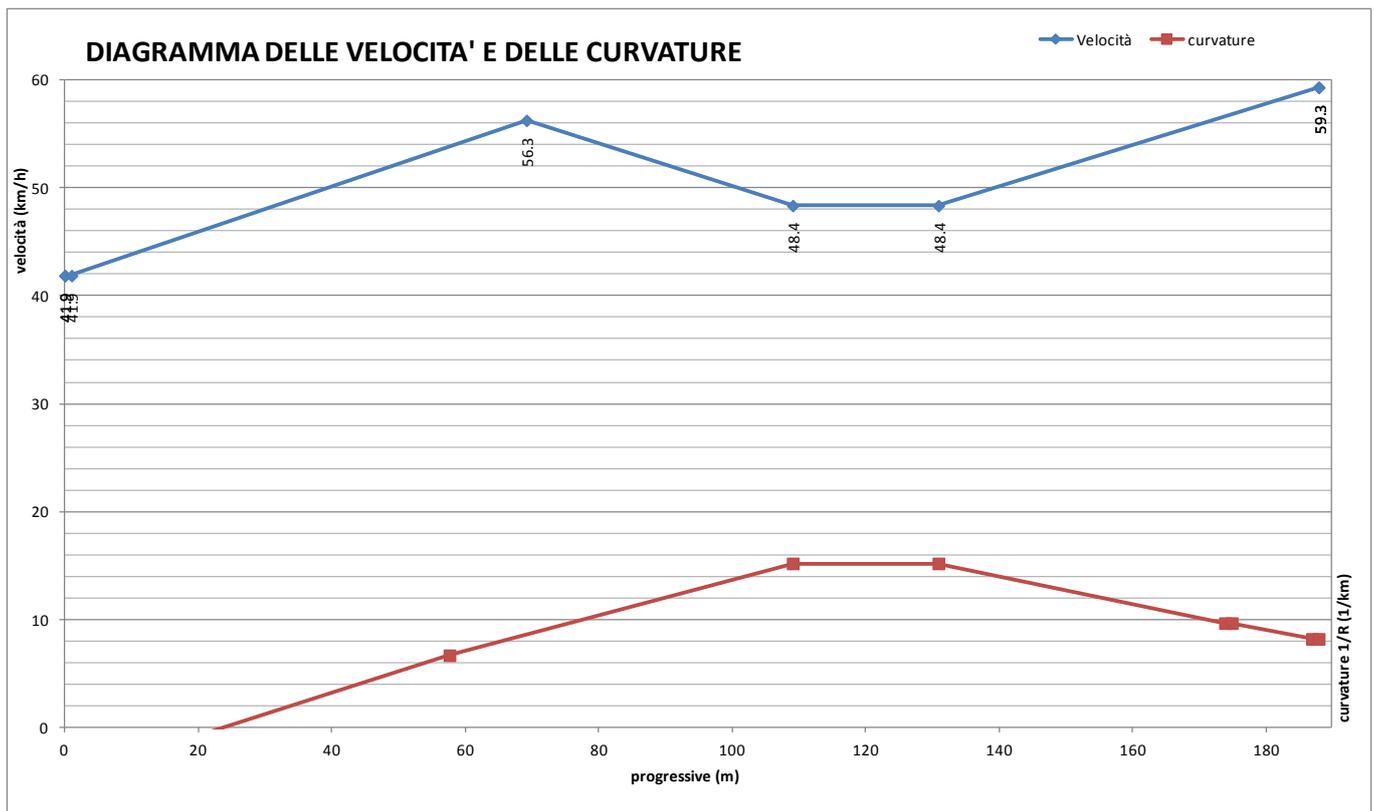
N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	93	83	103	20.04	2.28	0.94	1.34	1500	41.9	38.8	1.1	0.1	-		
2	S	175	159	190	30.56	0.94	4.00	3.06	1000	41.9	38.7	0.5	1	15		
3	D	322	222	422	200.00	4.00	-4.00	8.00	2500	60.0	61.8	1.1	0.1	1025		
4	S	528	483	573	89.69	-4.00	0.08	4.08	2200	60.0	62.7	0.5	1	1234		

(Progressive crescenti)

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	93	83	103	20.04	2.28	0.94	1.34	1500	41.9	39.4	1.1	0.1	-		
2	S	175	159	190	30.56	0.94	4.00	3.06	1000	41.9	39.6	0.5	1	41		
3	D	322	222	422	200.00	4.00	-4.00	8.00	2500	60.0	61.8	1.1	0.1	1025		
4	S	528	483	573	89.69	-4.00	0.08	4.08	2200	60.0	61.0	0.5	1	1188		

(Progressive decrescenti)

6.2.10 Asse D - Diagramma di velocità e delle curvature



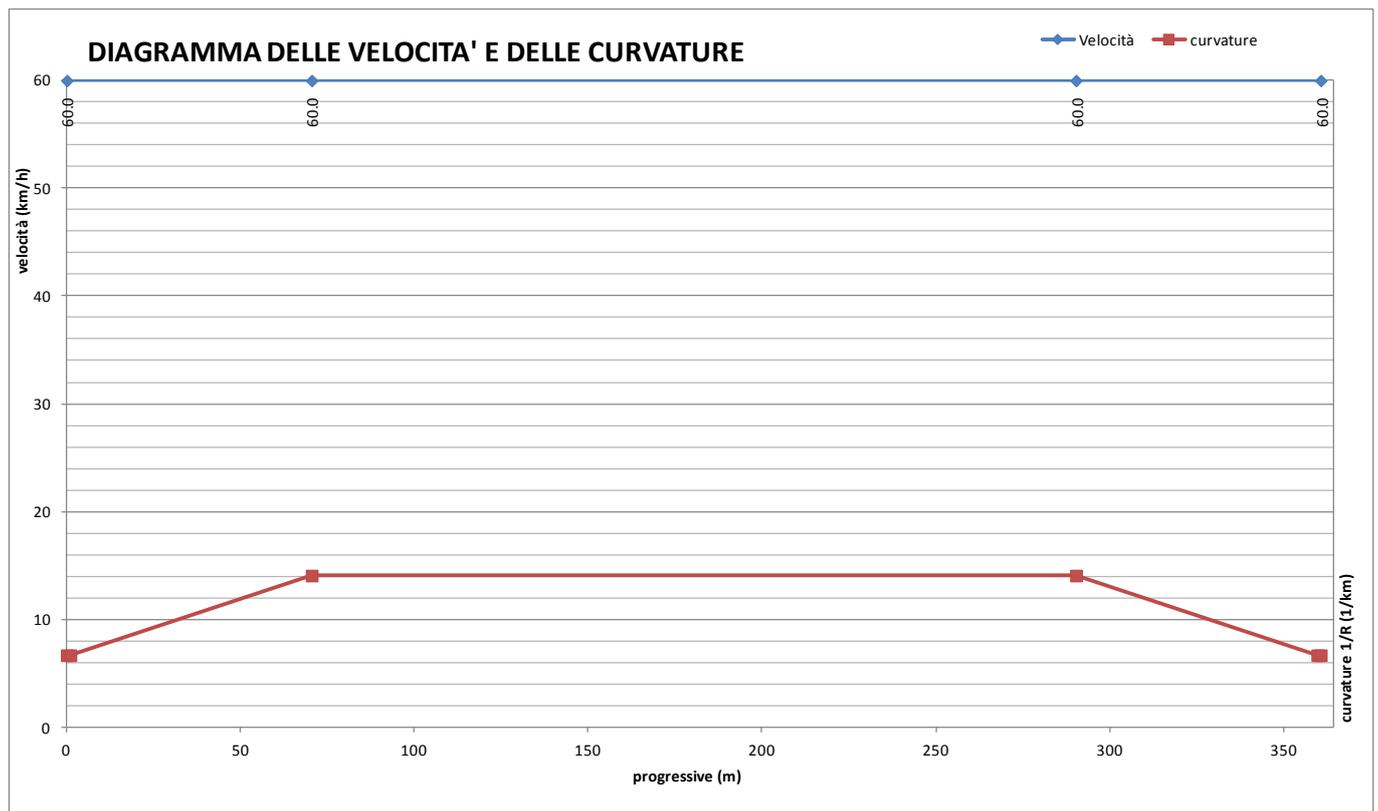
6.2.11 Asse D - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	C	50.00	SX	7.00	41.9				
2	1.000	6.070	5.070	AC	39.00			42.9				
3	6.070	7.192	1.122	C	60.00	SX	7.00	43.2				
4	7.192	57.609	50.417	AF	55.00			53.8				
5	57.609	109.038	51.429	AF	60.00			56.2				
6	109.038	130.866	21.829	C	70.00	DX	7.00	48.4				
7	130.866	173.803	42.937	AC	68.00			56.5				
8	173.803	174.803	1.000	C	200.00	DX	5.00	56.8				
9	174.803	186.835	12.032	AC	70.00			59.1		131.00	NO	(h3)
10	186.835	187.835	1.000	C	393.00	DX	3.24	59.2				

6.2.12 Asse D - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	22	11	33	22.14	-0.91	0.56	1.48	1500	48.6	47.1	0.5	1	-		
2	S	103	82	124	42.40	0.56	3.39	2.83	1500	53.8	52.9	0.5	1	180		

6.2.13 Asse E - Diagramma di velocità e delle curvature



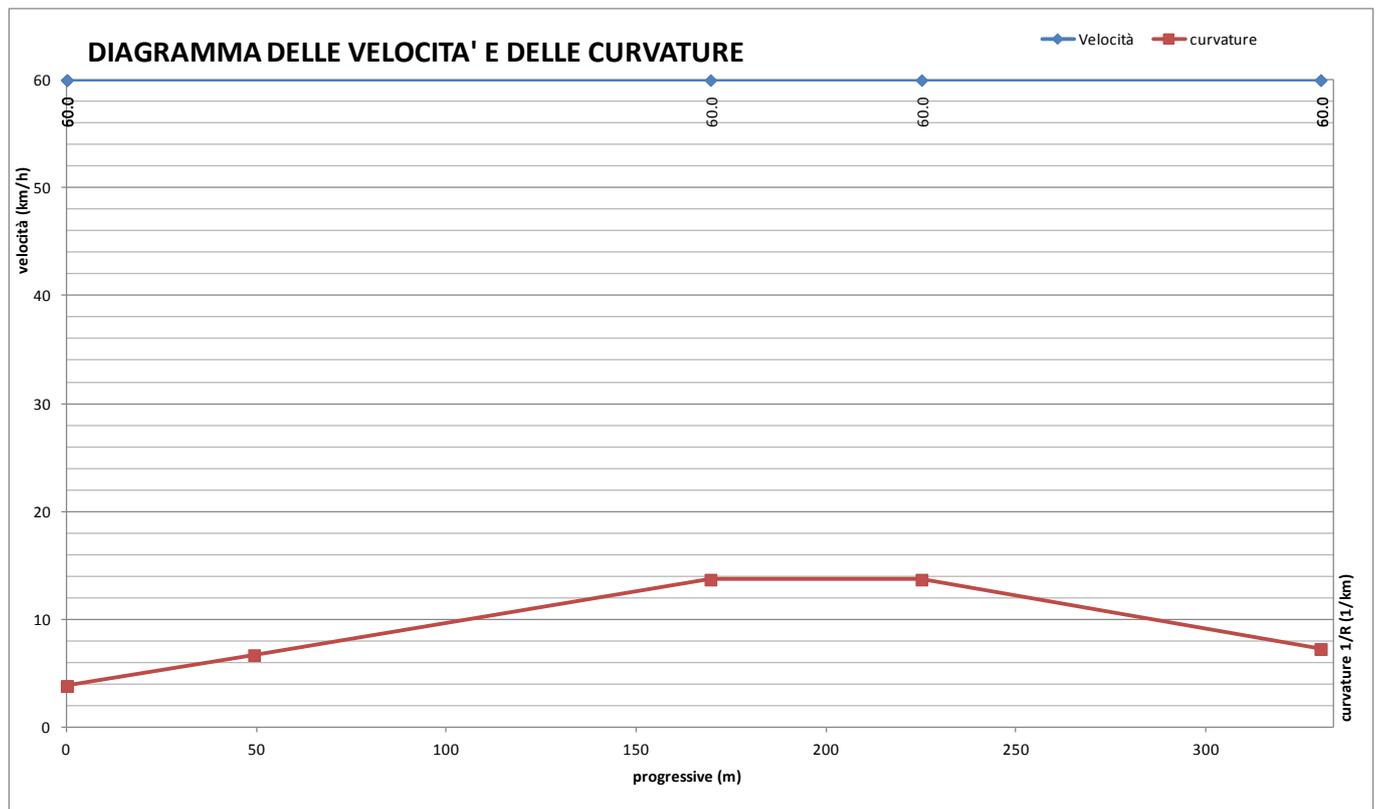
6.2.14 Asse E - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	R				60.0				
2	1.000	70.423	69.423	AT	95.00			60.0				
3	70.423	290.312	219.889	C	130.00	DX	6.58	60.0				
4	290.312	359.735	69.423	AT	95.00			60.0				
5	359.735	360.735	1.000	R				60.0				

6.2.15 Asse E - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	176	174	178	4.28	0.11	-0.11	0.21	2000	60.0	61.8	1.1	0.1	-		

6.2.16 Asse F - Diagramma di velocità e delle curvature



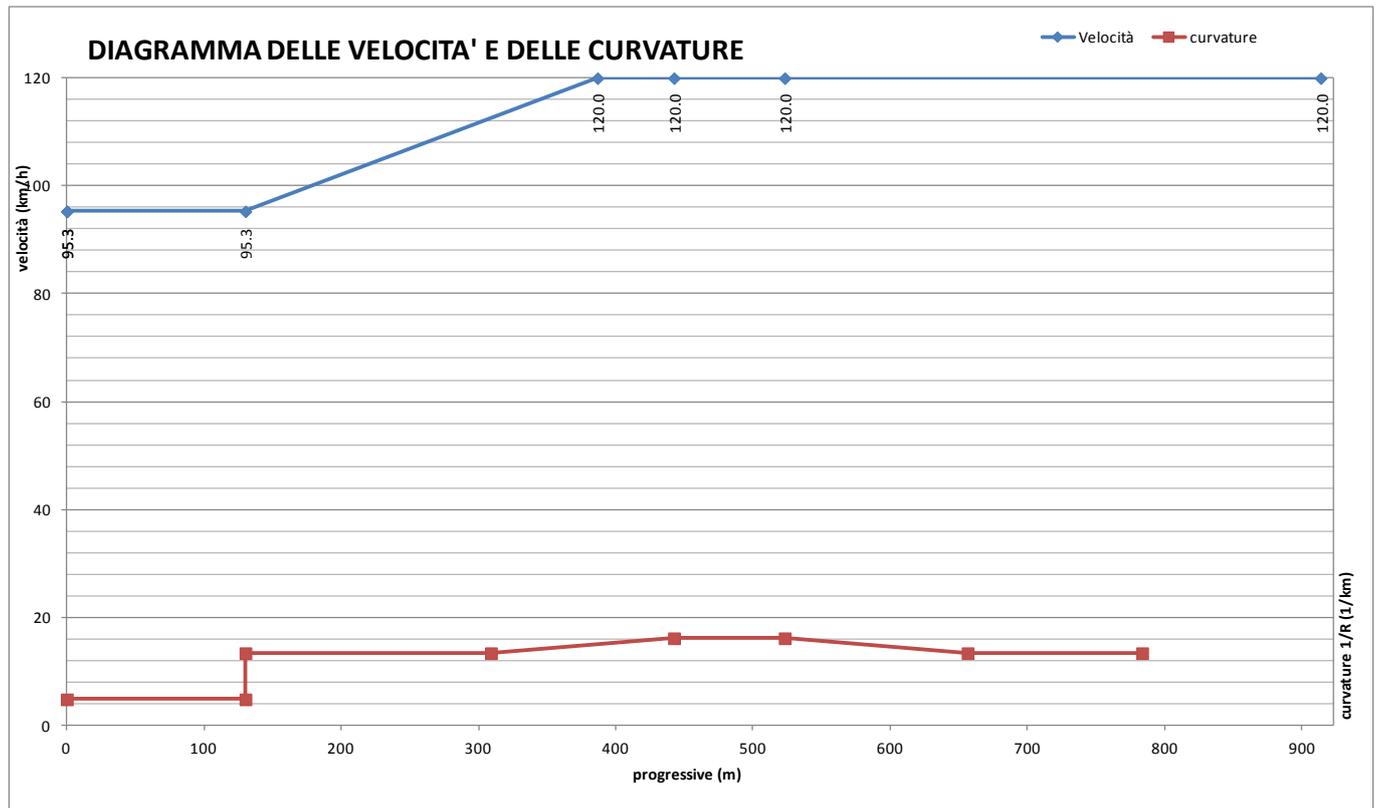
6.2.17 Asse F - Verifiche planimetriche

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	0.020	0.020	C	353.75	SX	3.47	60.0				
2	0.020	49.298	49.278	AF	132.03			60.0				
3	49.298	169.515	120.217	AF	132.03			60.0				
4	169.515	225.102	55.587	C	145.01	DX	6.14	60.0				
5	225.102	330.221	105.119	AC	128.71			60.0		604.68	NO	Err. R1/R2
6	330.221	330.241	0.020	C	1814.03	DX	2.50	60.0				(h3)

6.2.18 Asse F - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	24	7	40	32.90	0.93	3.12	2.19	1500	60.0	60.9	0.5	1	-		
2	D	106	51	161	110.33	3.12	-4.23	7.36	1500	60.0	62.1	1.1	0.1	1034		
3	S	212	184	240	56.28	-4.23	-0.48	3.75	1500	60.0	62.9	0.5	1	1083		

6.2.19 Deviazione complanare sud - Diagramma di velocità e delle curvature



6.2.20 Deviazione complanare sud - Verifiche planimetriche

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	130.115	130.115	C	387.07	SX	7.00	90.0				
2	0.000	130.115	130.115	AT	224.42			90.0				
3	130.115	309.092	178.977	R				90.0				
4	309.092	442.425	133.333	AT	400.00			90.0				
5	442.425	523.117	80.692	C	1200.00	DX	4.81	90.0				
6	523.117	656.450	133.333	AT	400.00			90.0				
7	656.450	783.647	127.197	R				90.0				

6.2.21 Deviazione complanare sud - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	97	87	107	20.16	0.61	-0.40	1.01	2000	90.0	110.4	1.1	0.1	-		
2	D	276	275	278	2.68	-0.40	-0.53	0.13	2000	90.0	111.1	1.1	0.1	-		
3	S	677	675	679	4.40	-0.53	-0.31	0.22	2000	90.0	111.1	0.5	1	-		
4	S	748	744	751	6.93	-0.31	0.04	0.35	2000	90.0	110.7	0.5	1	-		

Con riferimento alle tabelle sopra riportate si evidenzia che dalle verifiche effettuate, i tracciati di progetto presentano caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05/11/2001 ad eccezione di alcuni parametri che riguardano non conformità minori, di carattere ottico e non dinamico. Tali parametri appartengono ad elementi di collegamento con la strada di gerarchia superiore si è ritenuto quindi trascurabili le non conformità riscontrate.

6.3 SVINCOLO IDICE

Nel seguito vengono riportate le tabelle riassuntive degli elementi planimetrici ed altimetrici con le rispettive analisi di congruenza alla normativa del nuovo svincolo Idice, ubicato alla progressiva 3+050.

Lo svincolo è costituito da due assi (G ed H) che rientrano nella categoria rampe autostradali con Vp compresa tra 40÷60 km/h. di tipo diretto.

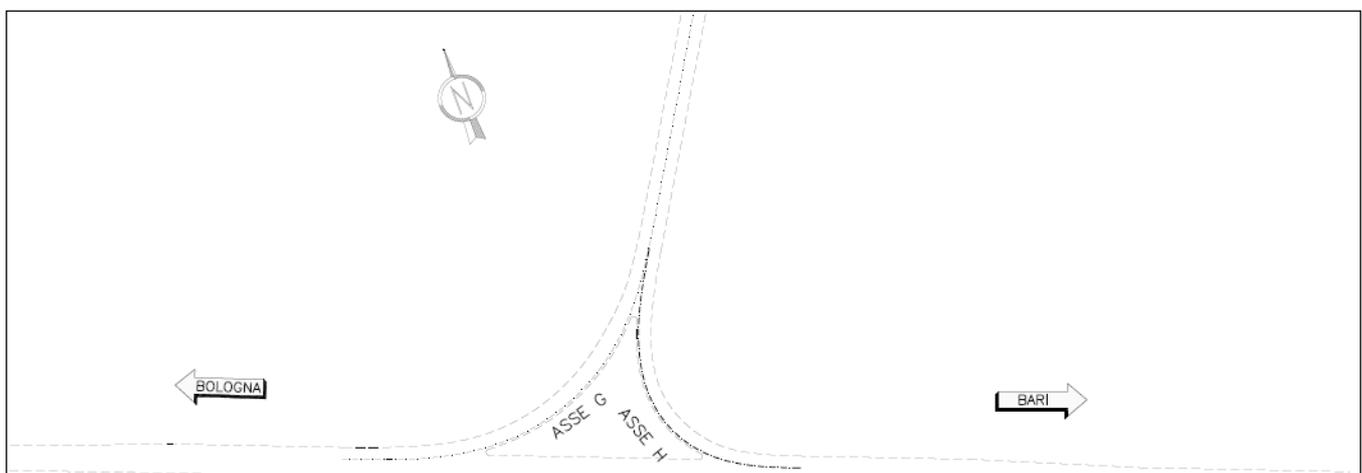
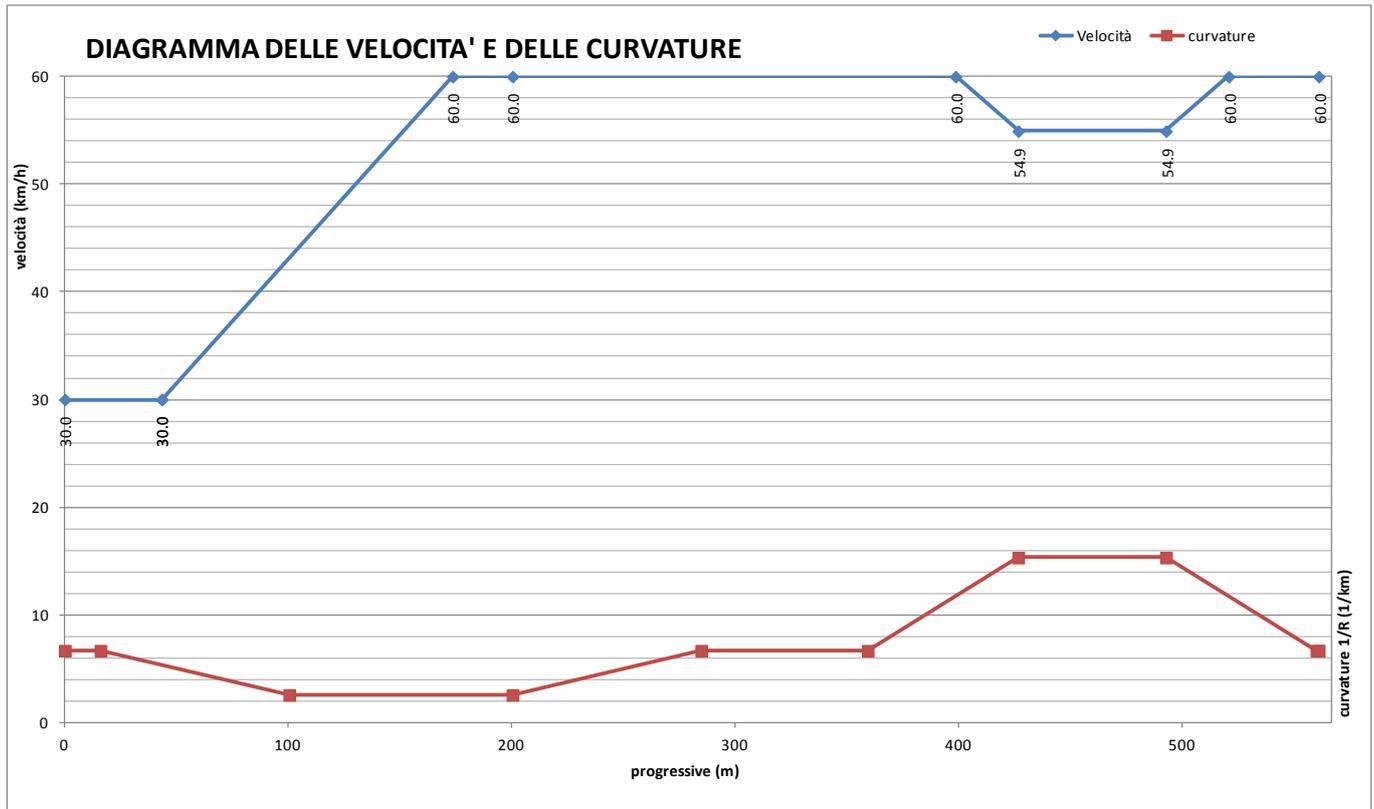


Figura 15 – Key plan svincolo Idice

6.3.1 Asse G - Diagramma di velocità e delle curvature



6.3.2 Asse G - Verifiche planimetriche

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	15.961	15.961	R				30.0				
2	15.961	100.461	84.500	AT	130.00			43.0				
3	100.461	200.407	99.947	C	200.00	SX	5.00	60.0				
4	200.407	284.907	84.500	AT	130.00			60.0				
5	284.907	359.416	74.509	R				60.0				
6	359.416	426.784	67.369	AT	80.00			60.0				
7	426.784	492.946	66.162	C	95.00	DX	7.00	54.9				
8	492.946	560.315	67.369	AT	80.00			60.0				
9	560.315	561.315	1.000	R				60.0				

(Progressive crescenti)

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	15.961	15.961	R				30.0				
2	15.961	100.461	84.500	AT	130.00			43.0				
3	100.461	200.407	99.947	C	200.00	SX	5.00	60.0				
4	200.407	284.907	84.500	AT	130.00			60.0				
5	284.907	359.416	74.509	R				60.0				
6	359.416	426.784	67.369	AT	80.00			60.0				

(Progressive decrescenti)

6.3.3 Asse G - Verifiche altimetriche

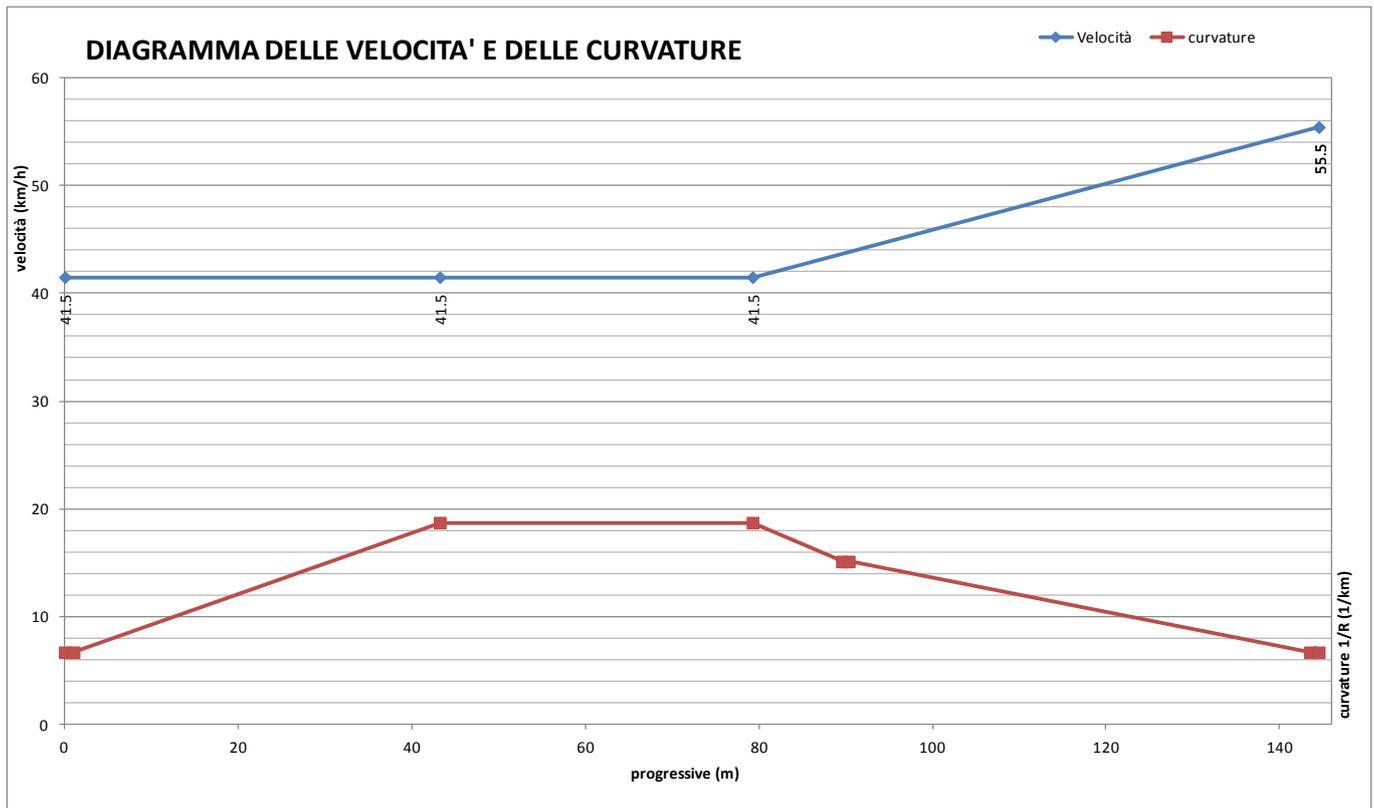
N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	24	2	47	44.68	-2.79	0.64	3.44	1300	30.6	27.1	0.5	1	378		
2	D	458	453	463	10.15	0.64	-0.03	0.68	1500	54.9	54.9	1.1	0.1	-		

(Progressive crescenti)

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	24	2	47	44.68	-2.79	0.64	3.44	1300	30.6	26.9	0.5	1	374		
2	D	458	453	463	10.15	0.64	-0.03	0.68	1500	54.9	55.1	1.1	0.1	-		

(Progressive decrescenti)

6.3.4 Asse H - Diagramma di velocità e delle curvature



6.3.5 Asse H - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	R				41.5				
2	1.000	43.198	42.198	AT	45.47			41.5				
3	43.198	79.249	36.051	C	49.00	DX	7.00	41.5				
4	79.249	89.547	10.298	AC	41.01			43.7				
5	89.547	90.338	0.791	C	70.00	DX	7.00	43.7				
6	90.338	143.502	53.163	AT	61.00			55.2				
7	143.502	144.502	1.000	R				55.3				

6.3.6 Asse H - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	101	93	109	16.13	0.37	-0.70	1.08	1500	47.9	46.2	1.1	0.1	-		

Con riferimento alle tabelle sopra riportate si evidenzia che dalle verifiche effettuate, i tracciati di progetto presentano caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05/11/2001.

6.4 SVINCOLO PONTE RIZZOLI

Nel seguito vengono riportate le tabelle riassuntive degli elementi planimetrici ed altimetrici con le rispettive analisi di congruenza alla normativa del nuovo svincolo di Ponte Rizzoli, ubicato alla progressiva 7+375.

Lo svincolo è costituito da più assi stradali in particolare risulta così suddiviso:

- Assi PR01, PR02, PR03, PR04, PR05 E PR06 che rientrano nella categoria rampe autostradali con V_p compresa tra 40÷60 km/h. di tipologia diretta.
- Deviazione complanare sud che rientra nella categoria di strada di tipo "B1" con V_p compresa tra 70÷120 km/h.

In analogia alle tratte esistenti la velocità di progetto risulta pari a 90 km/h.

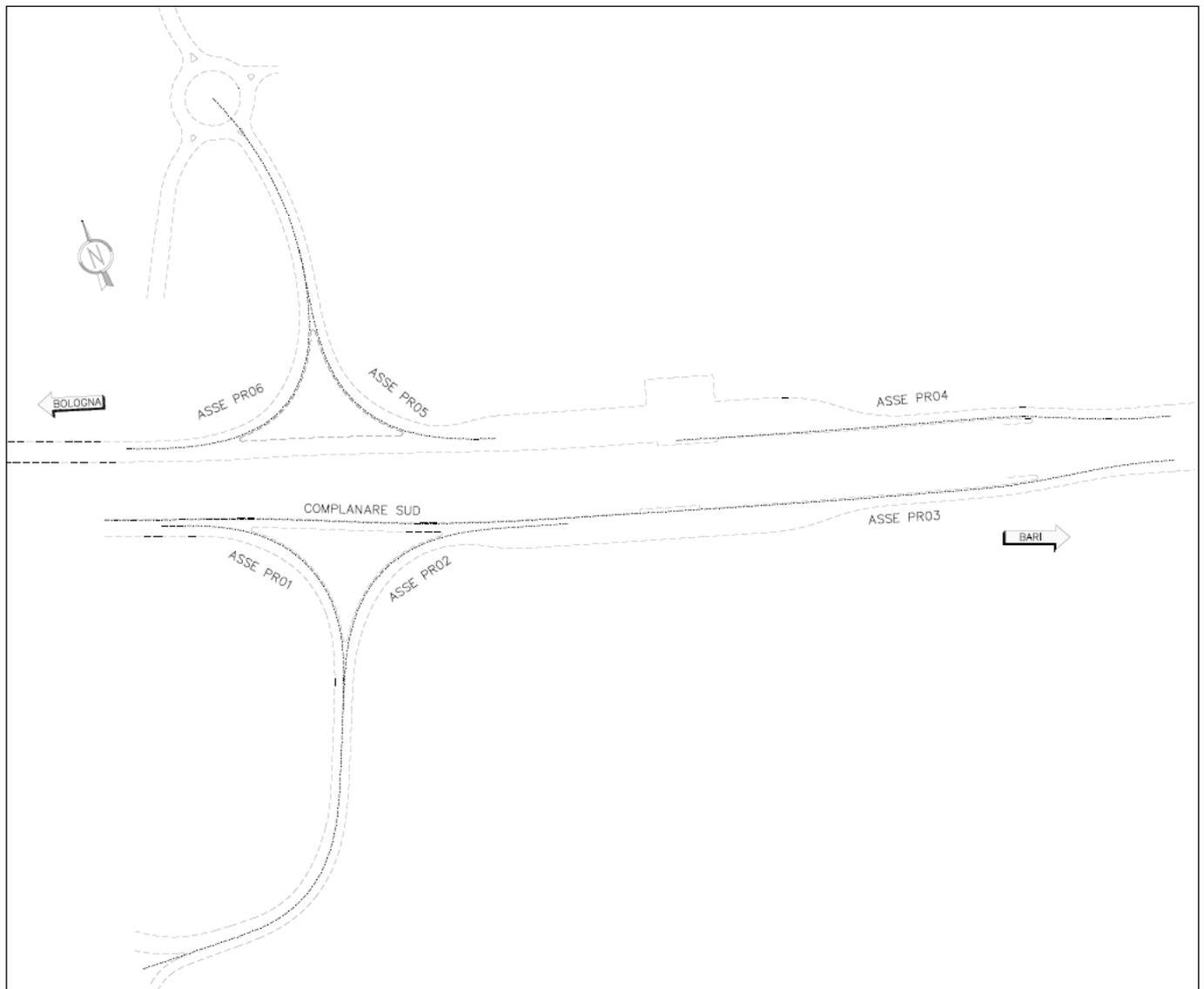
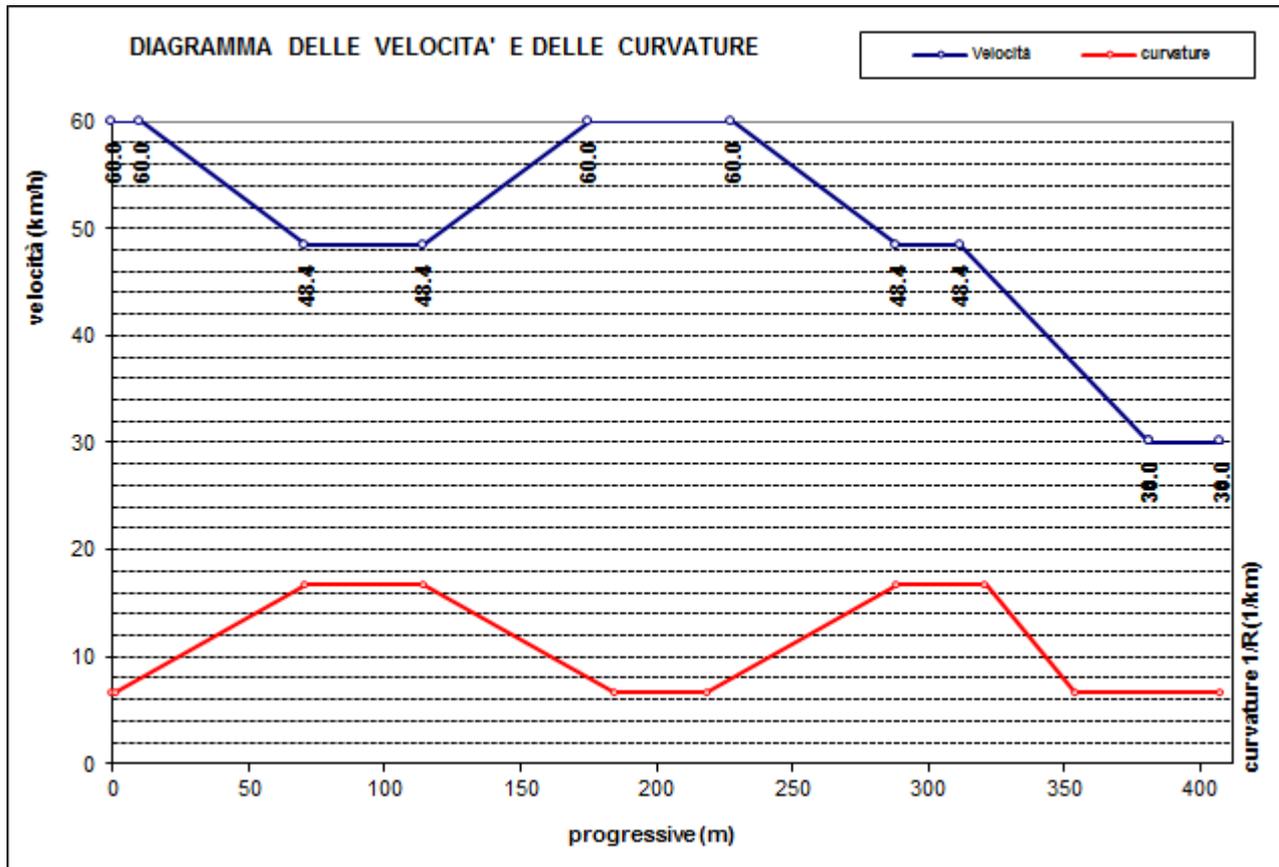


Figura 16 – Key plan svincolo Ponte Rizzoli

6.4.1 Asse PR01 - Diagramma di velocità e delle curvature



6.4.2 Asse PR01 - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	R	0.00			60.0				
2	1.000	71.000	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
3	71.000	114.472	43.472	C	70.00	DX	7.00	48.4				
4	114.472	184.472	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
5	184.472	218.754	34.282	R	0.00			60.0				
6	218.754	288.754	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
7	288.754	321.415	32.662	C	70.00	DX	7.00	48.4				
8	321.415	354.329	32.914	AT	48.00	DX		45.9				
9	354.329	408.030	53.701	R	0.00			37.2				

(Progressive crescenti)

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	1.000	1.000	R	0.00			60.0				
2	1.000	71.000	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
3	71.000	114.472	43.472	C	70.00	DX	7.00	48.4				
4	114.472	184.472	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
5	184.472	218.754	34.282	R	0.00			60.0				
6	218.754	288.754	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
7	288.754	321.415	32.662	C	70.00	DX	7.00	48.4				
8	321.415	354.329	32.914	AT	48.00	DX		45.9				
9	354.329	408.030	53.701	R	0.00			37.8				

(Progressive decrescenti)

6.4.3 Asse PR01 - Verifiche altimetriche

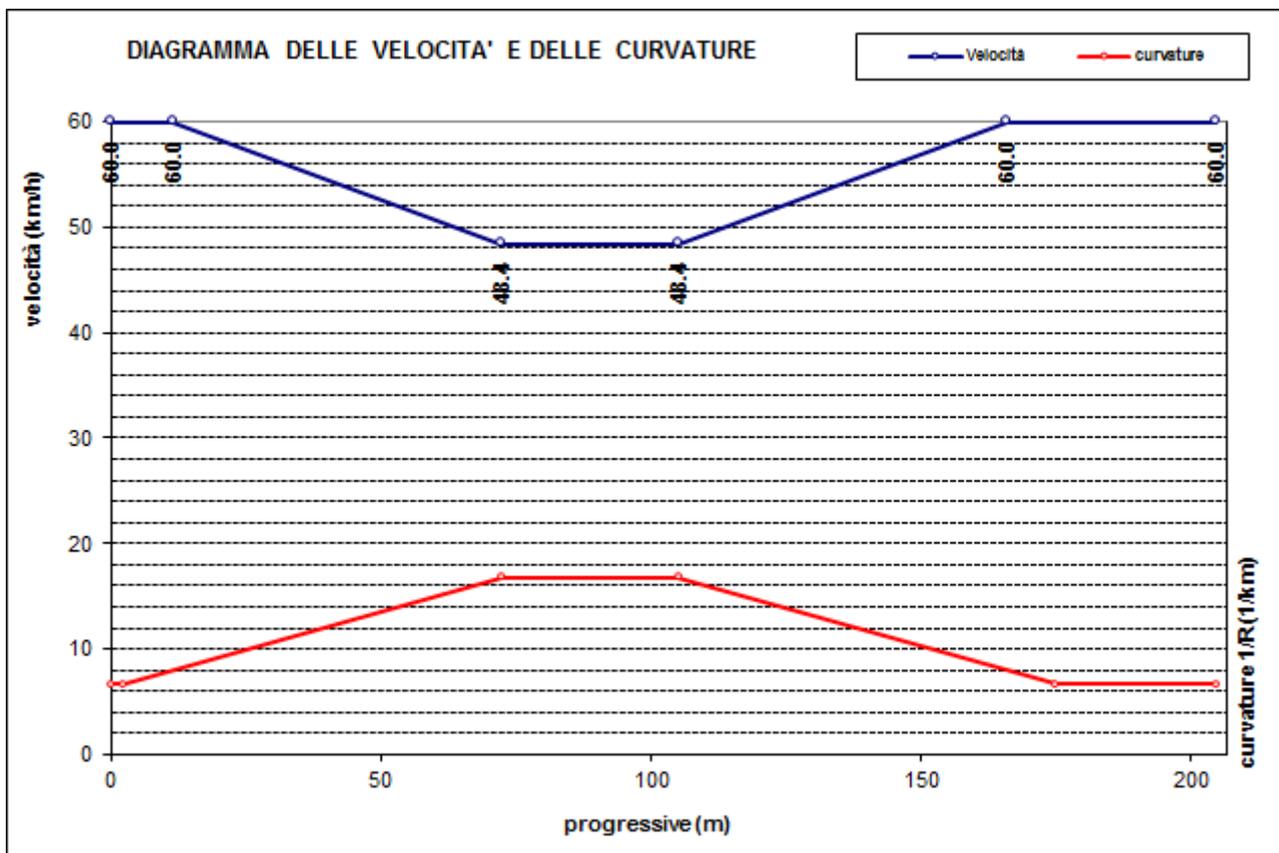
N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	10	4	17	13.08	0.58	1.24	0.65	2000	60.0	61.4	0.5	1	-		
2	D	21	17	25	8.07	1.24	0.83	0.40	2000	58.7	59.7	1.1	0.1	-		
3	D	180	92	268	176.19	0.83	-0.93	1.76	10000	60.0	61.8	1.1	0.1	1026		
4	S	332	294	369	74.71	-0.93	0.32	1.25	6000	48.4	46.8	0.5	1	833		

(Progressive crescenti)

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	10	4	17	13.08	0.58	1.24	0.65	2000	60.0	62.2	0.5	1	-		
2	D	21	17	25	8.07	1.24	0.83	0.40	2000	58.7	60.5	1.1	0.1	-		
3	D	180	92	268	176.19	0.83	-0.93	1.76	10000	60.0	61.8	1.1	0.1	1025		
4	S	332	294	369	74.71	-0.93	0.32	1.25	6000	48.4	46.7	0.5	1	829		

(Progressive decrescenti)

6.4.4 Asse PR02 - Diagramma di velocità e delle curvature



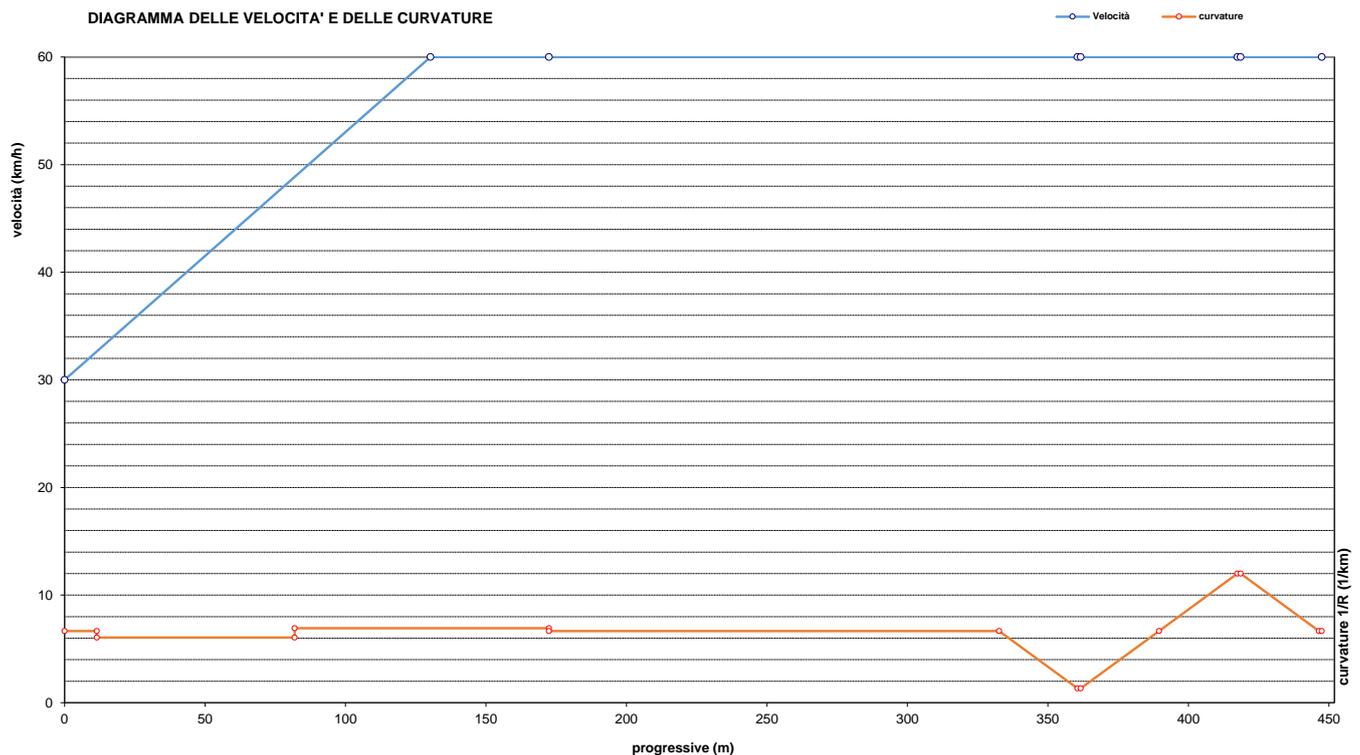
6.4.5 Asse PR02 - Verifiche planimetriche

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	2.386	2.386	R	0.00			60.0				
2	2.386	72.386	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
3	72.386	105.115	32.729	C	70.00	DX	7.00	48.4				
4	105.115	175.115	70.000	AT	70.00	DX		60.0				
5	175.115	204.700	29.585	R	0.00			60.0				

6.4.6 Asse PR02 - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	6	0	12	12.16	0.08	-0.04	0.12	10000	60.0	61.8	1.1	0.1	-		
2	S	34	23	46	23.25	-0.04	1.12	1.16	2000	57.9	58.8	0.5	1	-		
3	D	67	48	87	39.77	1.12	-0.87	1.99	2000	53.1	52.6	1.1	0.1	-		
4	S	126	103	150	47.30	-0.87	1.50	2.36	2000	56.9	57.5	0.5	1	-		
5	D	164	154	174	19.87	1.50	1.30	0.20	10000	60.0	61.2	1.1	0.1	-		

6.4.7 Asse PR03 - Diagramma di velocità e delle curvature



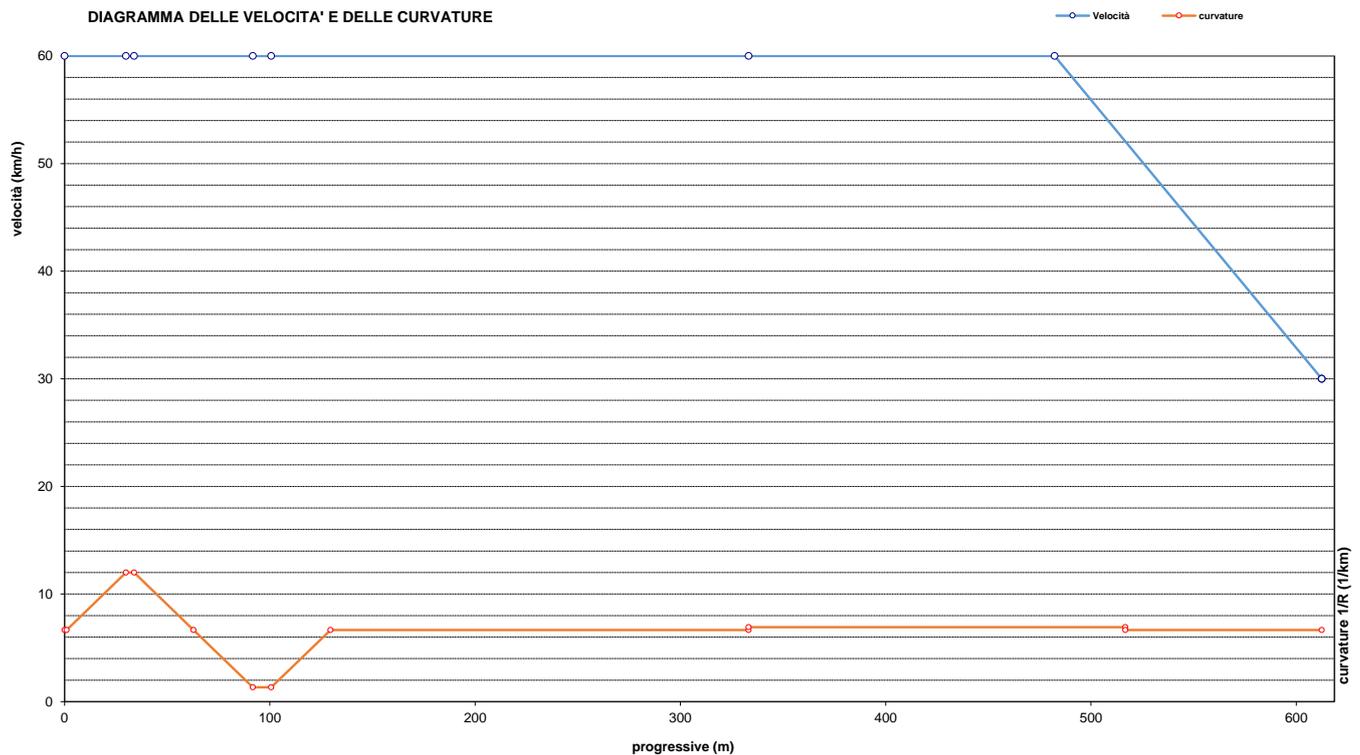
6.4.8 Asse PR03 - Verifiche planimetriche

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	11.485	11.485	R	0.00			32.5				
2	11.485	81.885	70.400	C	2187.00	SX	2.50	48.8				
3	81.885	172.441	90.556	C	5250.00	DX	2.50	60.0				
4	172.441	332.655	160.214	R	0.00			60.0				
5	332.655	360.544	27.889	AT	83.50	SX		60.0				
6	360.544	361.692	1.149	C	250.00	SX	4.33	60.0				
7	361.692	389.581	27.889	AF	83.50	SX		60.0				
8	389.581	417.470	27.889	AF	83.50	DX		60.0				
9	417.470	418.619	1.149	C	250.00	DX	4.33	60.0				
10	418.619	446.508	27.889	AT	83.50	DX		60.0				
11	446.508	447.508	1.000	R	0.00			60.0				

6.4.9 Asse PR03 - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	43	28	59	31.13	-1.30	0.26	1.56	2000	43.5	45.4	0.5	1	-		
2	S	146	135	158	22.87	0.26	1.40	1.14	2000	60.0	70.0	0.5	1	-		
3	D	186	158	214	56.00	1.40	-1.40	2.80	2000	60.0	70.7	1.1	0.1	298		
4	S	286	280	293	13.42	-1.40	-0.73	0.67	2000	60.0	71.6	0.5	1	-		
5	S	363	361	365	3.72	-0.73	-0.54	0.19	2000	60.0	71.2	0.5	1	-		
6	D	417	413	421	7.73	-0.54	-0.93	0.39	2000	60.0	71.3	1.1	0.1	-		
7	S	439	436	441	4.43	-0.93	-0.71	0.22	2000	60.0	71.4	0.5	1	-		

6.4.10 Asse PR04 - Diagramma di velocità e delle curvature



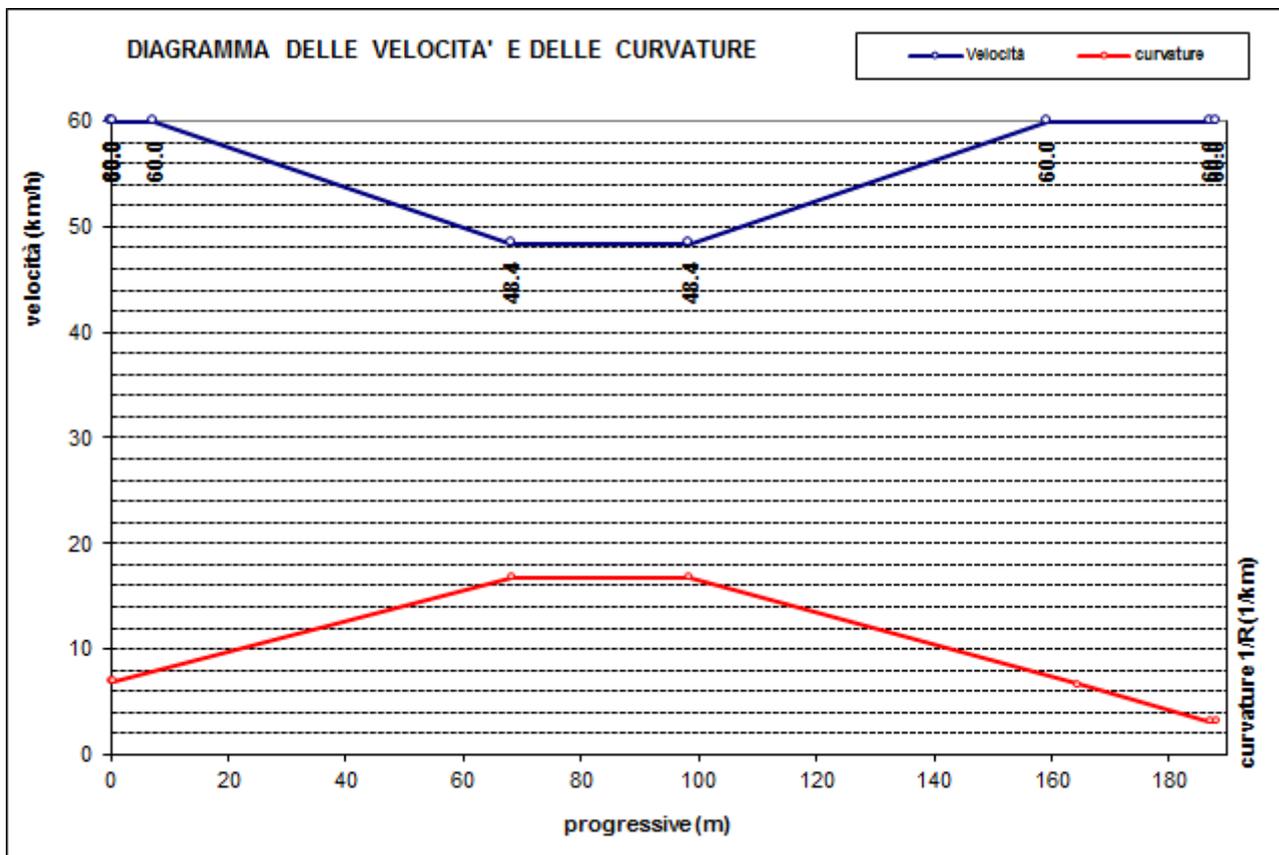
6.4.11 Asse PR04 - Verifiche planimetriche

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	1.000	1.000	R	0.00			60.0				
2	1.000	29.900	28.900	AT	85.00	DX		60.0				
3	29.900	33.866	3.966	C	250.00	DX	4.33	60.0				
4	33.866	62.766	28.900	AF	85.00	DX		60.0				
5	62.766	91.666	28.900	AF	85.00	SX		60.0				
6	91.666	100.632	8.966	C	250.00	SX	4.33	60.0				
7	100.632	129.532	28.900	AT	85.00	SX		60.0				
8	129.532	333.289	203.757	R	0.00			60.0				
9	333.289	516.723	183.434	C	5250.00	DX	2.50	60.0				
10	516.723	612.471	95.748	R	0.00			52.1				

6.4.12 Asse PR04 - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	5	3	8	5.08	0.19	-0.06	0.25	2000	60.0	61.8	1.1	0.1	-		
2	S	33	30	37	6.82	-0.06	0.28	0.34	2000	60.0	61.8	0.5	1	-		
3	S	57	53	62	8.20	0.28	0.69	0.41	2000	60.0	61.6	0.5	1	-		
4	D	84	79	88	8.69	0.69	0.25	0.43	2000	60.0	61.6	1.1	0.1	-		
5	S	116	112	121	8.15	0.25	0.66	0.41	2000	60.0	61.6	0.5	1	-		
6	S	186	184	189	5.42	0.66	0.93	0.27	2000	60.0	61.5	0.5	1	-		
7	D	225	222	229	6.66	0.93	0.60	0.33	2000	60.0	61.5	1.1	0.1	-		
8	D	294	292	295	2.97	0.60	0.45	0.15	2000	60.0	61.6	1.1	0.1	-		
9	S	356	348	363	15.00	0.45	1.20	0.75	2000	60.0	61.4	0.5	1	-		
10	D	448	424	472	48.00	1.20	-1.20	2.40	2000	60.0	61.8	1.1	0.1	-		
11	S	544	540	547	7.00	-1.20	-0.85	0.35	2000	46.6	44.9	0.5	1	-		

6.4.13 Asse PR05 - Diagramma di velocità e delle curvature



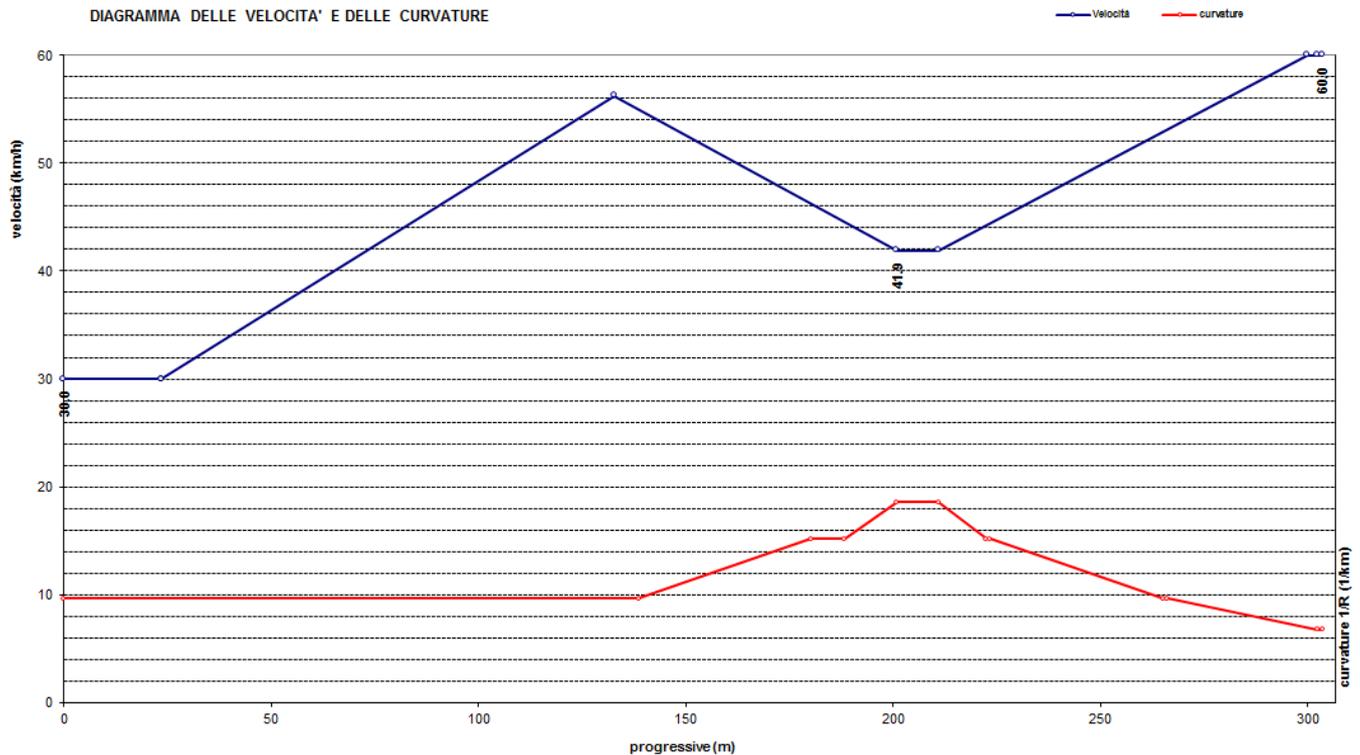
6.4.14 Asse PR05 - Verifiche planimetriche

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	0.331	0.331	C	2264.21	DX	2.50	60.0				
2	0.331	68.166	67.835	AC	70.00	DX		60.0		754.74	NO	Err. R1/R2 (h3)
3	68.166	98.445	30.279	C	70.00	DX	7.00	48.4				
4	98.445	164.502	66.057	AF	68.00	DX		60.0				
5	164.502	186.947	22.445	AF	67.00	SX		60.0				
6	186.947	188.012	1.065	C	200.00	SX	5.00	60.0				

6.4.15 Asse PR05 - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	D	20	11	28	16.98	-1.00	-1.34	0.34	5000	59.3	61.4	1.1	0.1	-		
2	S	37	31	44	12.61	-1.34	-1.09	0.25	5000	55.5	56.2	0.5	1	-		
3	S	104	97	112	14.26	-1.09	-0.80	0.29	5000	50.8	50.1	0.5	1	-		
4	D	142	132	152	20.02	-0.80	-1.60	0.80	2500	58.7	60.6	1.1	0.1	-		
5	S	167	154	180	25.32	-1.60	-1.09	0.51	5000	60.0	62.4	0.5	1	-		

6.4.16 Asse PR06 - Diagramma di velocità e delle curvature



6.4.17 Asse PR06 - Verifiche planimetriche

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	138.510	138.510	C	200.00	DX	5.00	56.2				
2	138.510	180.193	41.684	AC	67.00			55.1				
3	180.193	188.247	8.053	C	70.00	DX	7.00	46.3				
4	188.247	200.870	12.623	AC	47.00			44.5				
5	200.870	210.861	9.992	C	50.00	DX	7.00	41.9				
6	210.861	222.433	11.571	AC	45.00			44.1				
7	222.433	223.433	1.000	C	70.00	DX	7.00	44.4				
8	223.433	265.116	41.684	AC	67.00			52.8				
9	265.116	266.116	1.000	C	200.00	DX	5.00	53.1				
10	266.116	302.518	36.401	AC	87.00			60.0		1747.67	NO	(h3)
11	302.518	303.518	1.000	C	5243.00	DX	2.50	60.0				

(Progressive crescenti)

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	138.510	138.510	C	200.00	DX	5.00	56.2				

(Progressive decrescenti)

6.4.18 Asse PR06 - Verifiche altimetriche

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	22	20	25	5.23	-2.00	-0.26	1.74	300	30.3	26.8	0.5	1	-		
2	S	73	62	83	20.34	-0.26	1.10	1.36	1500	44.2	41.7	0.5	1	-		
3	D	230	219	241	21.98	1.10	-0.37	1.47	1500	47.9	46.1	1.1	0.1	-		

(Progressive crescenti)

N	D/S	Pr.Vert	da	a	L	i1	i2	Δi	Rv	Vp	D	h1	h2	Rv,min	VERIFICA	Vamm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(6)	(7)	(1)	(1)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	S	22	20	25	5.23	-2.00	-0.26	1.74	300	30.3	26.6	0.5	1	-		
2	S	73	62	83	20.34	-0.26	1.10	1.36	1500	44.2	41.9	0.5	1	-		

(Progressive decrescenti)

Con riferimento alle tabelle sopra riportate si evidenzia che dalle verifiche effettuate, i tracciati di progetto presentano caratteristiche congruenti alle indicazioni contenute nel DM 05/11/2001 ad eccezione di alcuni parametri che riguardano non conformità minori, di carattere ottico e non dinamico. Tali parametri appartengono ad elementi di collegamento con la strada di gerarchia superiore si è ritenuto quindi trascurabili le non conformità riscontrate.

6.5 ANALISI DI VISIBILITA'

La verifica di rispondenza alla norma DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare è stata analizzata la visibilità per l'arresto connessa all'andamento plano-altimetrico del tracciato stradale e agli allargamenti progettuali previsti.

Le tabelle seguenti sono la sintesi delle degli allargamenti previsti per il presente progetto.

TRACCIATO	Progr Inizio (m)	Progr Fine (m)	Allargamento. Max (m)	Note
COMPLANARE NORD	0+741.145	0+980.595	2.20	Banchina destra
SVINCOLO BORGATELLA				
ASSE A	0+030.000	0+132.964	1.30	Banchina sinistra
ASSE B	0+022.270	0+072.000	0.90	Banchina destra
	0+115.470	0+195.980	1.40	Banchina sinistra
ASSE C	0+014.280	0+238.080	1.60	Banchina destra
ASSE D	0+075.000	0+160.000	1.60	Banchina destra
ASSE E	0+051.571	0+316.571	0.50	Banchina destra
SVINCOLO IDICE				

ASSE F	0+170.535	0+228.617	0.30	Banchina destra
ASSE G	0+391.720	0+525.000	1.60	Banchina destra
SVINCOLO PONTE RIZZOLI				
ASSE PR01	0+039.340	0+123.905	1.40	Banchina destra
	0+248.960	0+326.631	1.65	Banchina destra
ASSE PR02	0+034.274	0+114.331	1.45	Banchina destra
ASSE PR03	0+018.269	0+108.455	1.55	Banchina destra
ASSE PR06	0+130.000	0+233.260	1.90	Banchina destra

6.6 DIMENSIONAMENTO DELLE CORSIE SPECIALIZZATE

Nelle tabelle sotto riportate si riportano i valori utilizzati per il calcolo delle lunghezze minime cinematiche delle corsie di accelerazione e decelerazione nonché i valori di progetto utilizzati.

Svincolo Borgatella

Velocità di progetto autostradale	V1	(km/h)	110.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	70.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	48.4
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	88.0
Lunghezza di calcolo tratto decelerazione	Ld,u (c)	(m)	125.5
Lunghezza tratto manovra di progetto	Lm,u (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	163.0
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	175.0

Corsia di diversione Rampa B

Velocità di progetto autostradale	V1	(km/h)	90.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	50.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	41.9
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	44.1
Lunghezza di calcolo tratto decelerazione	Ld,u (c)	(m)	81.6
Lunghezza tratto manovra di progetto	Lm,u (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	119.1
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	150.0

Corsia di diversione Rampa C

Raggio curva circolare	Rf	(m)	200.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	57.0

Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	90.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	72.0
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	12.0
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	62.7
Lunghezza di calcolo tratto accelerazione	La,e (c)	(m)	74.7
Lunghezza tratto di raccordo di progetto	Lv,e (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	149.7
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	162.0

Corsia di immissione Rampa D

Velocità di progetto autostradale	V1	(km/h)	90.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	130.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	20.4
Lunghezza di calcolo tratto decelerazione	Ld,u (c)	(m)	57.9
Lunghezza tratto manovra di progetto	Lm,u (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	95.4
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	150.0

Corsia di diversione Rampa E

Raggio curva circolare	Rf	(m)	145.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	60.0
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	90.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	72.0
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	105.1
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	0.0
Lunghezza di calcolo tratto accelerazione	La,e (c)	(m)	61.1
Lunghezza tratto di raccordo di progetto	Lv,e (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	136.1
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	280.1

Corsia di immissione Rampa F

Svincolo Idice

Raggio curva circolare	Rf	(m)	95.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	54.9
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	100.0
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	80.0
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	67.4
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	16.2
Lunghezza di calcolo tratto accelerazione	La,e (c)	(m)	130.6
Lunghezza tratto di raccordo di progetto	Lv,e (p)	(m)	75.0

Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	205.6
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	217.4

Corsia di immissione Rampa G

Velocità di progetto autostradale	V1	(km/h)	90.0
Raggio curva circolare	Rf	(m)	49.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	41.5
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	44.5
Lunghezza di calcolo tratto decelerazione	Ld,u (c)	(m)	82.0
Lunghezza tratto manovra di progetto	Lm,u (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	119.5
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	150.0

Corsia di diversione Rampa H

Svincolo Ponte Rizzoli

Raggio curva circolare	Rf	(m)	200.0
Velocità di progetto curva circolare	V2	(km/h)	53.9
Velocità di progetto asse autostradale	V0	(km/h)	94.8
Velocità fine tratto accelerazione	V1	(km/h)	75.8
Lunghezza curva raggio variabile	Lc	(m)	36.4
Lunghezza tratto parallelo	Lp	(m)	73.4
Lunghezza di calcolo tratto accelerazione	La,e (c)	(m)	109.8
Lunghezza tratto di raccordo di progetto	Lv,e (p)	(m)	75.0
Lunghezza minima corsia specializzata	Lt min	(m)	184.8
Lunghezza di progetto corsia specializzata	Lt (p)	(m)	186.4

Corsia di immissione Rampa PR06

6.7 VERIFICHE FUNZIONALI

6.7.1 Premessa

Per le verifiche funzionali di una tratta di una strada a **flusso ininterrotto** è prassi consolidata riferirsi al manuale USA Highway Capacity Manual (HCM2010 Vol. 2 Uninterrupted Flow, Chapter 11 Basic Freeway Segments, ed. Transportation Research Board) che definisce tale funzionalità come **Livello di Servizio** - Level of Service LOS – in base alla maggiore o minore libertà dell'utente di muoversi lungo la strada alla velocità desiderata senza subire limitazioni dalla presenza di altri veicoli.

Tale libertà è correlata dall'HCM alla densità veicolare cioè al numero medio di veicoli per corsia presenti in un chilometro di tratta stradale. I 6 Livelli di servizio (LOS) proposti, dal migliore LOS A al peggiore LOS F, sono così rapportati a degli intervalli di densità. Ad esempio LOS C presenta un intervallo di densità che va da 12 a 17 Veq/km per corsia (Veq = Veicoli equivalenti).

Per le immissioni di una tratta di una strada a flusso ininterrotto la corretta funzionalità è rappresentata dalla possibilità di trovare un minimo gap per effettuare il cambio corsia ed è nuovamente legata dall'HCM alla densità veicolare. Anche in questo caso l'HCM presenta 6 LOS correlati a 6 range di densità.

Tabella 1 Freeway range Level of Service (LOS)

LOS freeway	A	B	C	D	E	F
Tratta elementare Densità veq/km corsia	7	11	16	22	28	> 28
Immissioni Densità veq/km corsia	6	12	17	22	27	> 27

Fonte: HCM

In maniera qualitativa, i differenti livelli di servizio sono riassumibili come segue (definizione da Tommaso Esposito, Raffaele Mauro – Fondamenti di infrastrutture viarie. La progettazione funzionale delle strade):

- **LOSA** Flusso libero. Rappresenta le condizioni di flusso libero con totale assenza di condizionamento tra i veicoli;
- **LOS B** Quasi flusso libero. Rappresenta le condizioni di deflusso con qualche limitazione alla libertà di manovra, ma ancora con elevate condizioni di comfort fisico e psicologico;
- **LOS C**, Flusso stabile. Si hanno ora maggiori condizionamenti: per mantenere la velocità desiderata occorrono cambi di corsia e/o sorpassi piuttosto frequenti che richiedono notevole attenzione da parte degli utenti;
- **LOS D** In approccio al flusso instabile. In queste condizioni il flusso è ancora stabile, ma la libertà di manovra è notevolmente ridotta ed è basso il livello di comfort fisico e psicologico degli utenti;
- **LOS E** Flusso instabile. I condizionamenti sono pressoché totali ed i livelli di comfort sono scadenti; il limite inferiore di questo livello corrisponde alla capacità; le condizioni di deflusso sono al limite della instabilità;
- **LOS F** Flusso forzato. Questo livello rappresenta le condizioni di flusso forzato con frequenti ed imprevedibili arresti della corrente, ossia con marcia a singhiozzo (stop and go).

6.7.2 Criteri di verifica funzionale

Per le verifiche funzionali degli elementi infrastrutturali di **progetto** si è fatto riferimento al DM 6792 del 05/11/2001 e al DM 19/04/2006.

Per le tratte elementari lungo la Complanare Nord tale normativa risulta vigente ma non cogente.

Per le immissioni degli svincoli lungo la Complanare Nord tale normativa risulta vigente e cogente.

La verifica ha riguardato l'ora di punta mattutina 8:00 – 9:00 del giorno feriale medio del periodo neutro.

L'orizzonte temporale scelto come riferimento è stato, come prassi consolidata, l'anno di entrata in esercizio delle opere e cioè il 2025.

Per le tratte **elementari della Complanare Nord** le analisi funzionali sono state condotte verificando che, all'entrata in esercizio (scenario progettuale 2025), vi fosse un LOS migliore o uguale a **LOS D**.

Per le **immissioni dei nuovi svincoli** lungo la **Complanare Nord** le analisi funzionali sono state condotte verificando che, all'entrata in esercizio (scenario progettuale 2025), vi fosse un LOS migliore o uguale a **LOS B** oppure migliore o uguale a quello della tratta a monte dell'immissione.

6.7.3 Risultanze

Le verifiche funzionali delle infrastrutture sono state riferite all'ora di punta mattutina 8:00 – 9:00 del giorno feriale medio del periodo neutro.

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Le schede di calcolo possono essere visionate nell'Appendice Allegata

Tabella 2 Risultanze verifiche funzionali delle tratte della Complanare Nord

COMPLANARE NORD LOS TRATTE ODP			PJ25	Criterio	Verifica
DESCRIZIONE		DIR	LOS		
Tratta Borgatella - Tangenziale	↑	Nord	D	<= D	OK
Tratta Idice - Borgatella	↑	Nord	C	<= D	OK
Tratta Ponte Rizzoli - Idice	↑	Nord	B	<= D	OK

Tabella 3 Risultanze verifiche funzionali degli svincoli delle Complanari

COMPLANARI LOS SVINCOLI ODP			PJ25	Criterio	Verifica
DESCRIZIONE		DIR	LOS		
Complanare Sud - Immissione Sv Borgatella		Sud	B	<= LOS D*	OK
Complanare Sud - Immissione Sv idice		Sud	B	<= LOS C*	OK
Complanare Nord - Immissione Sv Borgatella		Nord	C	<= LOS B oppure <= LOS C*	OK
Complanare Nord - Immissione Sv Idice		Nord	B	<= LOS B oppure <= LOS B*	OK
Complanare Nord – Immissione Sv Ponte Rizzoli		Nord	B	<= LOS B	OK

* LOS tratta a monte dell'immissione

6.8 INTERSEZIONE A ROTATORIA

6.8.1 Caratteristiche geometriche dell'intersezione

Nella tabella seguente si riportano i parametri geometrici maggiormente significativi per la progettazione della nuova intersezione a rotatoria prevista sullo svincolo di Ponte Rizzoli, ovvero:

- Angoli di deviazione β per la manovra di attraversamento;

- Angoli di ingresso α ;
- Raggi Re1 ed Re2 dei rami in ingresso;
- Raggi Ra1 e Ra2 dei rami in uscita.

		Angoli di deviazione		Angoli di entrata	Raggi di entrata		Raggi di uscita	
Diametro esterno [m]	Ramo	Manovra di attraversamento	Angolo di deviazione β [°]	Angolo di entrata α [°]	Re1(m)	Re2(m)	Ra1(m)	Ra2(m)
50	1	1-3	67	52	13	205	15	195
	2	2-4	95	53	13	-	15	-
	3	3-1	77	57	13	70	15	70
	4	4-2	39	49	13	60	15	60

6.8.2 Distanze di visibilita'

L'analisi della visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali. Detta verifica è stata effettuata secondo il criterio progettuale di garantire visibilità in sinistra, per un veicolo in ingresso alla rotatoria (alla distanza di 15 m dalla linea di arresto), di una porzione di corona giratoria pari ad un quarto dell'intero sviluppo del raccordo a rotatoria. Nella corona giratoria è stato comunque previsto di lasciare libera da ostacoli una fascia di larghezza pari a 2.50 m.

Il risultato è rappresentato nella figura riportata di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1,0 m e larghezza superiore a 0.8 m. Compatibilmente con le barriere di sicurezza adottate le aree di visibilità vengono garantite su tutti i rami di innesto.

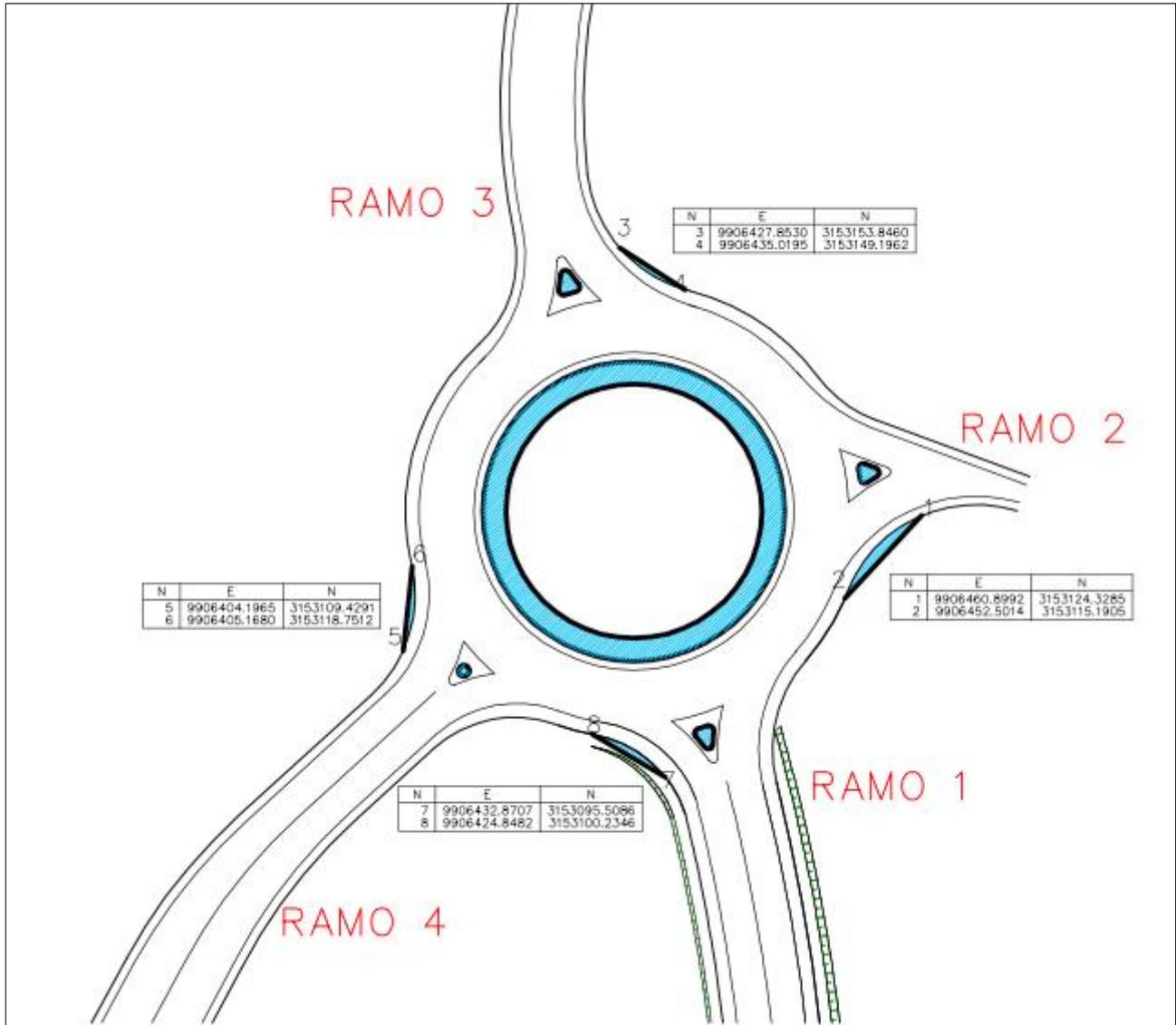


Figura 17 – aree di visibilità – rotonda