

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

RELAZIONE

ADEGUAMENTO SVINCOLO AUTOSTRADALE AL km 5+050

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'OPERA (CON FASI REALIZZATIVE)

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore		-
Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N 0 D	0 0	D	I 2	R H	I N 1 1 0 X	0 0 1	B

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data
	Ing. F.P. Bocchetto	

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	L.Lacopo	Mag 2015	L.Lacopo	Mag 2015	P.Polidori	Mag 2015	Alberto Checchi iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 12414 – Sez. A settore Civile ed Ambientale
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA	L.Lacopo	Lug 2015	L.Lacopo	Lug 2015	P.Polidori	Lug 2015	

File: IN0D00DI2RHIN1100001B_00A.DOCX	CUP: J41E9100000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E LINEE GUIDA	7
4	GEOMETRIA DELL'ASSE.....	8
4.1	ANDAMENTO PLANIMETRICO.....	8
4.2	RETTIFILI	9
4.3	CURVE CIRCOLARI.....	10
4.3.1	PENDENZE TRASVERSALI NEI RETTIFILI E NELLE CURVE CIRCOLARI	11
4.3.2	COMPATIBILITÀ TRA CURVE CIRCOLARI E RETTIFILI.....	12
4.4	CURVE A RAGGIO VARIABILE.....	13
4.4.1	PENDENZE TRASVERSALI NELLE CURVE A RAGGIO VARIABILE.....	15
4.5	DISTANZE DI VISIBILITÀ.....	17
4.6	ANDAMENTO ALTIMETRICO.....	19
4.7	DIAGRAMMA DI VELOCITÀ	21
4.8	COORDINAMENTO PLANO-ALTIMETRICO.....	22
4.9	VERIFICA PARAMETRI ROTATORIA	23
5	SEZIONE TIPO	25
5.1	STRADA TIPO F2 DA DECRETO MINISTERIALE 5/11/2001.....	25
6	PAVIMENTAZIONE.....	26
7	BARRIERE DI SICUREZZA	27
7.1	SCELTA DELLE TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI DI RITENUTA	28
7.2	INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DA PROTEGGERE.....	29
7.3	TERMINALI.....	31
7.4	TRANSIZIONI TRA DISPOSITIVI DIVERSI	31

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 3 di 31

Indice delle figure

Figura 1: Stralcio planimetrico – ubicazione	4
Figura 2: Planimetria di progetto	5
Figura 3: Dettaglio intersezione a “T” e Rotatoria	6
Figura 4: Rotazione sagoma stradale	8
Figura 5: Abaco curve circolari	10
Figura 6: Abaco distanza visibilità	19
Figura 7: Schema rotatoria	23
Figura 7: Valori minimi rotatorie e rami	23
Figura 7: Controllo velocità ingresso	24
Figura 7: Sezione tipo strada F2	25
Figura 8: Particolare pavimentazione strada F2	26
Figura 9: Particolare legenda barriere stradali	29

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
Titolo:		
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 4 di 31

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto definitivo della linea AC Verona-Padova, è previsto il riassetto del reticolo viario limitrofo alla ferrovia attraverso la realizzazione di nuove viabilità o l'adeguamento di quelle esistenti.

Le opere previste, sottovia e cavalcaferrovia, si configurano o come prolungamento di opere esistenti, nei tratti in cui la nuova linea AC si sviluppa in affiancamento alla linea storica, o come opere di nuova realizzazione secondo le categorie previste dalle norme cogenti per la progettazione di nuove strade ed adeguamento di quelle esistenti.

L'intervento in oggetto riguarda un adeguamento della viabilità esistente.

A tal riguardo si evidenzia che per tali tipologie di intervento è cogente il D.M.22/04/2004 per cui il D.M.5/11/2001 viene preso a riferimento solamente come linea guida per la scelta degli standard progettuali da adottare.

La presente relazione riporta l'analisi dettagliata della progettazione della rotatoria adiacente allo svincolo autostradale dell' A4, nell'ambito della progettazione definitiva della linea AC Verona-Padova.

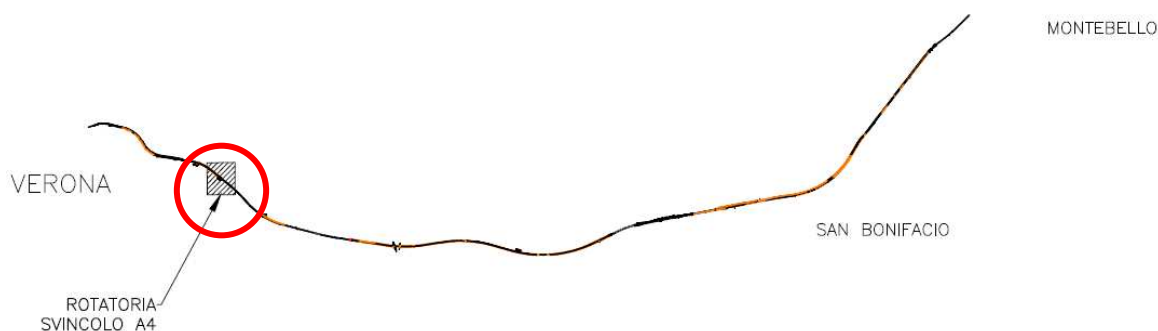


Figura 1: Stralcio planimetrico – ubicazione

La strada interferente è una strada di categoria "F2" Ambito Extraurbano, parallela alla nuova linea AV, con velocità di progetto compresa tra 40 e 100 km/h.

2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'asse planimetrico della viabilità principale risulta parallelo a quello della ferrovia , che nel tratto in esame risulta in galleria. A circa metà della variante è posizionato un innesto che permette di collegarsi alla rotatoria esistente, adiacente lo svincolo autostradale dell'A4.

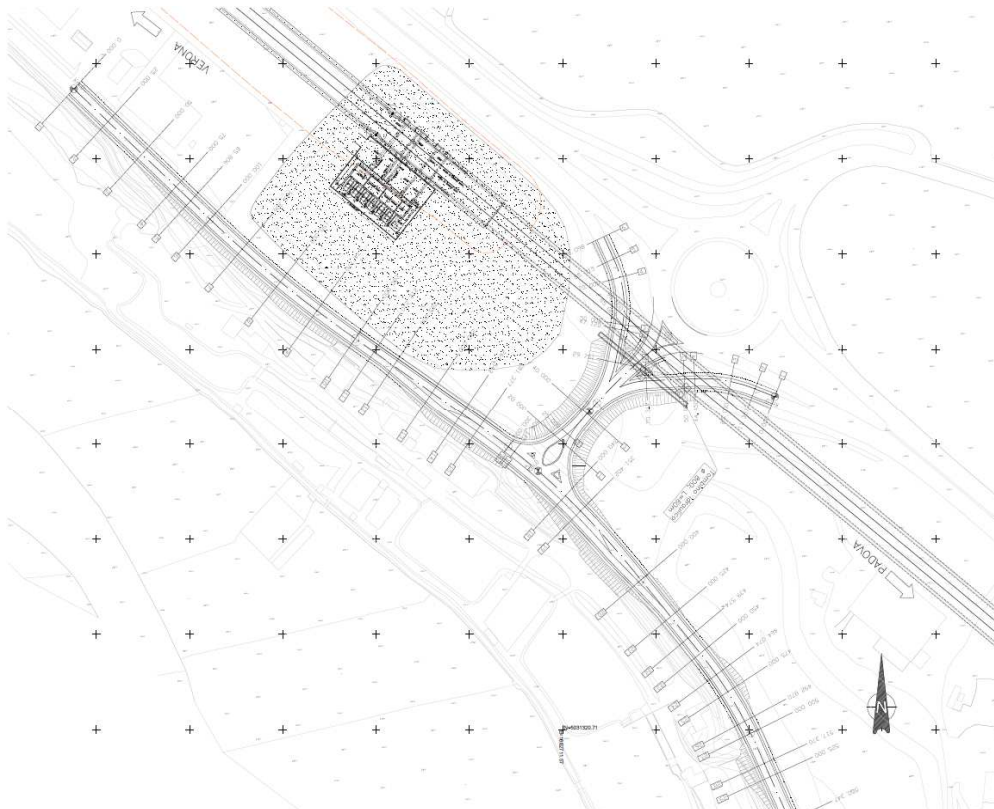


Figura 2: Planimetria di progetto

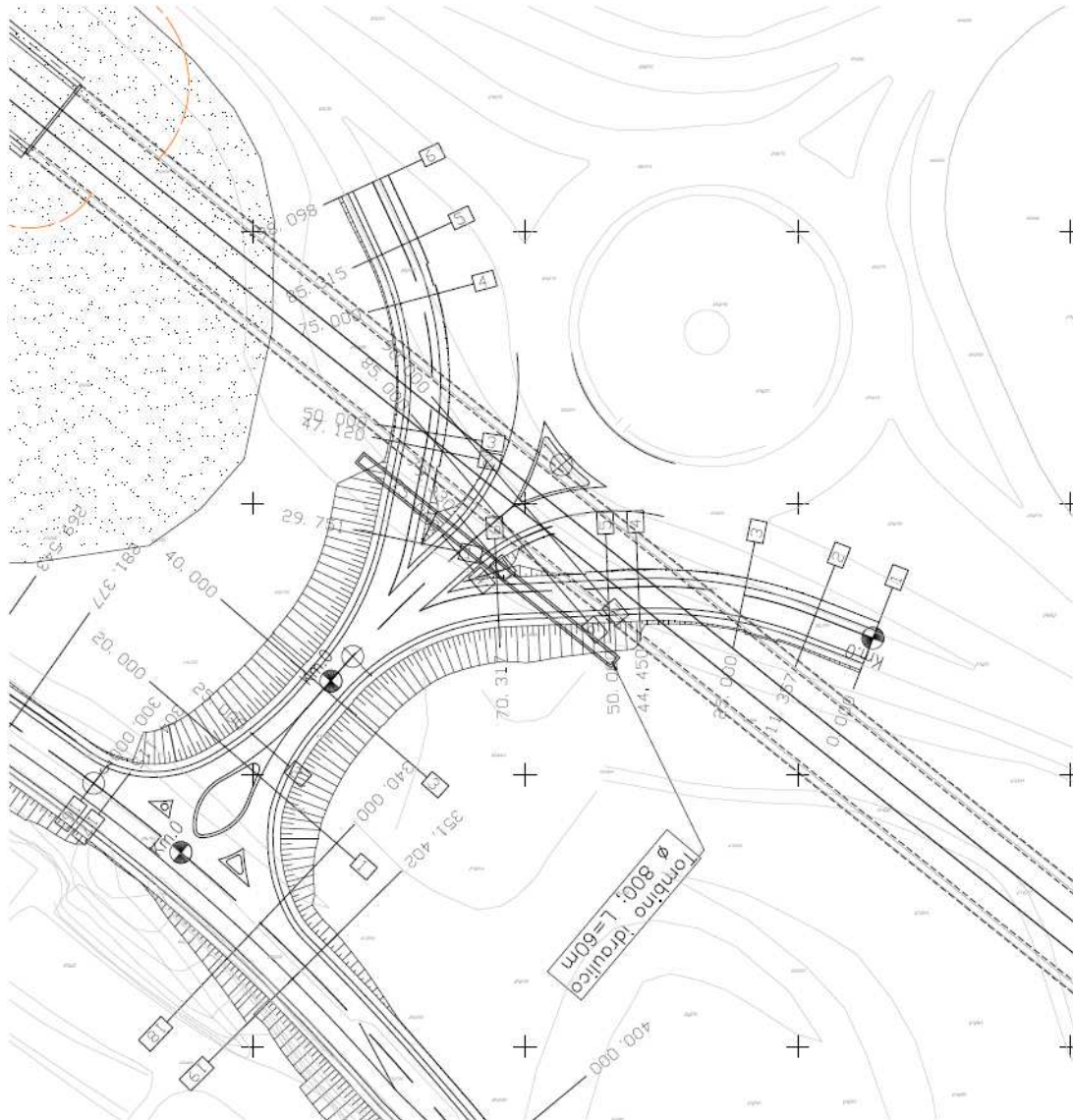


Figura 3: Dettaglio intersezione a "T" e Rotatoria

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 7 di 31

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO E LINEE GUIDA**

Si riporta nel seguito l'elenco delle normative di riferimento.

La progettazione dell'infrastruttura è avvenuta nel rispetto delle seguenti Normative:

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

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

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

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

4 GEOMETRIA DELL'ASSE

Trattandosi della viabilità di ricucitura di un tracciato esistente, si è cercato di garantire, ove possibile, gli standard normativi, garantendo comunque una continuità e una coerenza progettuale con quanto previsto nel Progetto Preliminare.

Risulta essere quindi sufficiente garantire che ogni elemento planimetrico sia percepito come tale dall'utente e che dunque abbia uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di esercizio prevista.

4.1 ANDAMENTO PLANIMETRICO

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici, quali i rettili, le curve circolari e le curve a raggio variabile. Trattandosi di una Strada Locale lo studio dell'asse planimetrico prevede un unico asse posizionato sulla mezzzeria della carreggiata, secondo la tipologia "a" prevista nella seguente figura di cui al Decreto 5/11/2001.

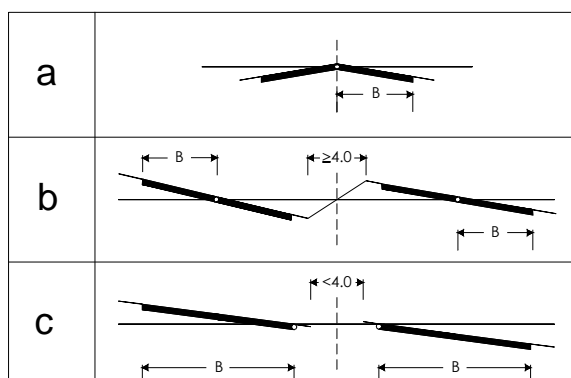


Figura 4: Rotazione sagoma stradale

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
Titolo:		
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.		Pag
IN0D 00 DI2 RH IN1100001B		9 di 31

4.2 RETTIFILI

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

Per il valore massimo tale adozione è dovuta alle esigenze di evitare il superamento delle velocità da Codice della Strada, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna; tale valore si calcola con la formula:

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

che per tipologia della viabilità in oggetto è classificata come F2 con $V_{p,max}=100$ km/h risulta pari a 2.200 m. Il valore minimo è invece fissato per poter essere correttamente percepito dall'utente, secondo i valori riportati nella tabella seguente (per Velocità si intende la velocità massima che si desume dal diagramma di velocità):

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

4.3 CURVE CIRCOLARI

Anche per le curve circolari la normativa impone dei valori minimi per permettere all'utente la percezione dell'elemento curvilineo: infatti il decreto recita che: una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva.

Inoltre tra due curve successive i rapporti tra i raggi di curvatura R_1 ed R_2 di due curve successive devono collocarsi nella zona "buona" di cui all'abaco successivo:

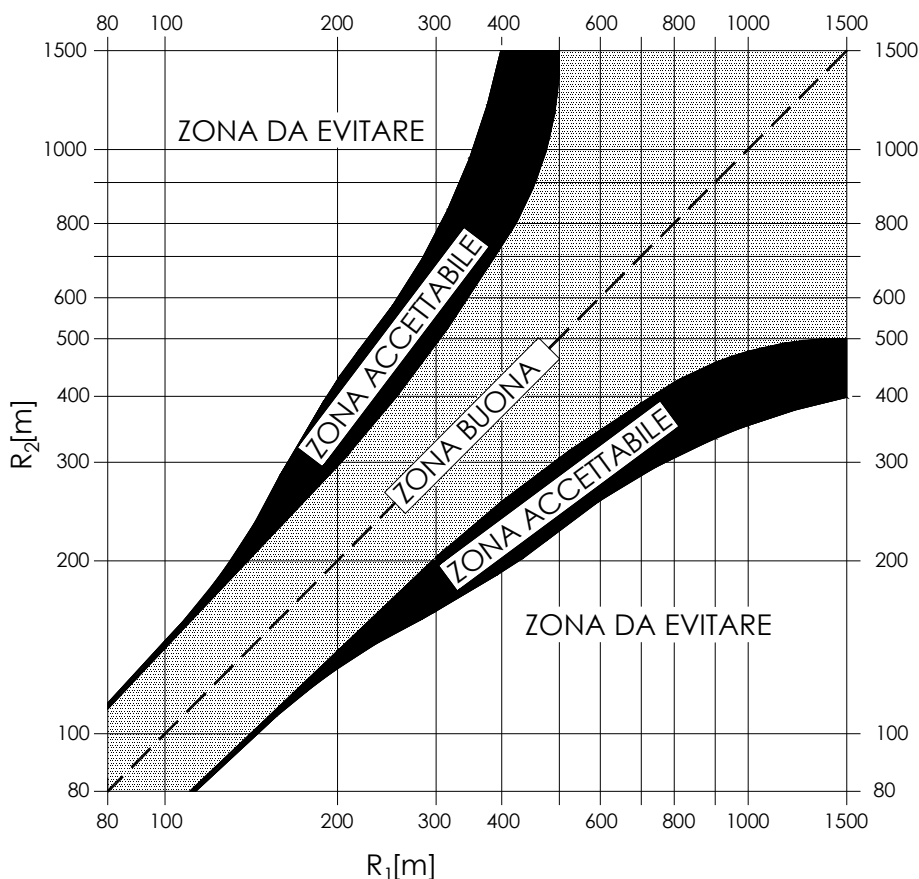


Figura 5: Abaco curve circolari

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo:	
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.		.Pag
IN0D 00 DI2 RH IN1100001B		11 di

4.3.1 PENDENZE TRASVERSALI NEI RETTIFILI E NELLE CURVE CIRCOLARI

La pendenza minima trasversale in rettifilo è pari al valore 2,5%; in curva circolare invece la carreggiata è inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuto costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio. Il valore massimo per una strada tipo F2 è pari al 7%.

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

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

dove:

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

R = raggio della curva [m];

q = pendenza trasversale/100;

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

La quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente ft max, valgono i valori della normativa di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

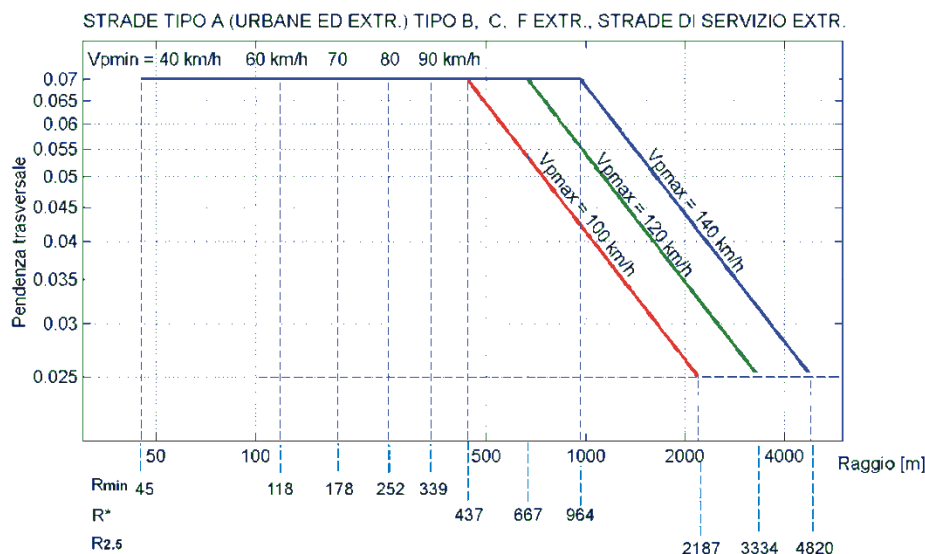
Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140
aderenza trasv. max imp. ft max per strade tipo A, B, C, F extraurbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
aderenza trasv. max imp. ft max per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

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

Assegnata la velocità di progetto esiste un valore di raggio minimo che corrisponde al valore calcolato con la formula precedente fissando la velocità al valore inferiore dell'intervallo e imponendo la pendenza trasversale massima (rispettivamente i valori 40 km/h e 0,07): per la viabilità in oggetto tale valore risulta 45 m.

Se il raggio di curvatura è maggiore del valore R_{2,5} (nella viabilità di cui sopra risulta paria a 2187m) si assume la pendenza trasversale paria al valore 2,5% come se si fosse in curva. Oltre un certo raggio di curvatura si può mantenere la pendenza trasversale in rettilineo essendo comunque garantito l'equilibrio dinamico del veicolo: tale valore per la viabilità in oggetto è pari a R'=5250 m.

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



4.3.2 COMPATIBILITÀ TRA CURVE CIRCOLARI E RETTIFILI

La successione geometrica tra rettilineo e curve circolari è stata impostata in modo tale che tra un rettilineo, di lunghezza L_r, ed il raggio R più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilineo stesso, mediante l'interposizione di una curva a raggio variabile, è rispettata la relazione:

$$R > L_r \text{ per } L_r < 300 \text{ m}$$

$$R \geq L_r \text{ per } L_r \geq 300 \text{ m}$$

4.4 CURVE A RAGGIO VARIABILE

Le curve a raggio variabile sono inserite tra due elementi a curvatura costante (tra curve circolari, ovvero tra rettilo e curva circolare) lungo le quali generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, se necessario, della larghezza trasversale della piattaforma.

Le curve impiegate a tali scopi sono denominate clotoidi e si rappresentano nella forma:

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

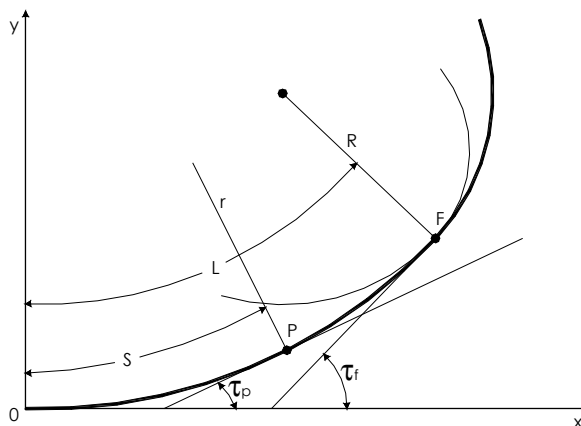
dove:

r = raggio di curvatura nel punto P generico

s = ascissa curvilinea nel punto P generico

A = parametro di scala

Graficamente i simboli necessari alla loro definizione sono i seguenti:



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

- una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccollo) contenuta entro valori accettabili;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo:	
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.		.Pag
IN0D 00 DI2 RH IN1100001B		14 di

- una limitazione della pendenza (o sovrappendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- la percezione ottica corretta dell'andamento del tracciato.

I criteri di dimensionamento del parametro A delle curve di transizione a curvatura variabile sono:

1. criterio della limitazione del contraccollo, che con le opportune semplificazioni e assunzioni assume la forma pratica pari a $A \geq 0,021 \times V^2$;
2. criterio della limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata che assume le formule:
 - nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

- nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

3. criterio ottico: $A \geq R/3$ (Ri/3 in caso di continuità)
4. Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

L'inserimento delle curve a raggio variabile deve soddisfare oltre ai criteri di dimensionamento della singola curva sopra esposti, anche le regole dettate dalla successione di più elementi vicini a formare casi particolari come la transizione (curva circolare con clotoidi con parametri diversi ai due lati), il flesso (curve circolari di verso opposto senza interposizione di un rettifilo), la continuità (successione di curve

circolari di verso uguale senza rettifici intermedi) e il raccordo tra due cerchi secanti mediante cerchio ausiliario.

Le clotoidi sono progettate secondo parametri di scala A non superiori al valore massimo necessario per garantire la percezione dell'arco di cerchio posto alla fine della clotoide stessa, ovvero:

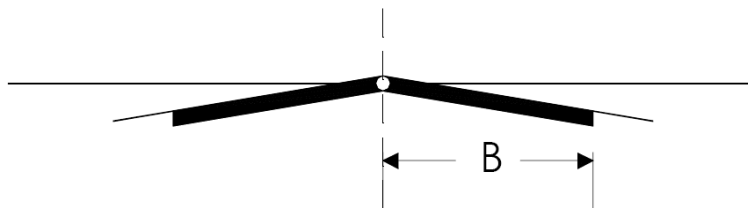
$$A \leq A_{max} = R$$

dove R [m] è il raggio della curva che si connette all'arco di clotoide di parametro A [m].

4.4.1 PENDENZE TRASVERSALI NELLE CURVE A RAGGIO VARIABILE

Lungo le clotoidi, inserite fra due elementi di tracciato a curvatura costante quali i rettilinei e le curve circolari, si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale dal valore proprio di un elemento a quello relativo al successivo.

Questo passaggio si ottiene facendo ruotare la carreggiata stradale, o parte di essa, intorno ad un asse.



Per effetto della rotazione dei cigli, si genera una sovrappendenza Δi nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione. Tale sovrappendenza è pari a:

$$\Delta i = B_i \cdot (|q_{i}| + |q_{f}|) / L \quad [\%]$$

dove:

B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale [m];

$|q_{i}|$ = valore assoluto della pendenza trasversale all'inizio [%];

$|q_{f}|$ = valore assoluto della pendenza trasversale alla fine [%];

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo:	
	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	.Pag
	IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	16 di

L = lunghezza [m].

Il valore della sovrappendenza Δi deve essere contenuto nei limiti massimi e minimi prescritti di cui di seguito:

- Valori massimi della sovrappendenza Δi

Per ragioni dinamiche (cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli – velocità di rollio) la sovrappendenza longitudinale Δi [%] delle estremità della carreggiata (esclusi gli eventuali allargamenti in curva) non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione.

$$\Delta i_{\max} = \frac{dq}{dt} \times \frac{B_i}{v} \times 100 \cong 18 \times \frac{B_i}{V} [\%]$$

dove:

dq/dt = variazione della pendenza trasversale nel tempo pari a 0,05 rad. s⁻¹;

B_i = distanza (in m) fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata all'inizio della curva a raggio variabile;

V = velocità di progetto [km/h];

v = velocità di progetto [m/s].

- Valori minimi della sovrappendenza Δi

Quando lungo una curva a raggio variabile la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, per esempio lungo un flesso e nel passaggio dal rettilineo alla curva circolare, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5% necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale Δi dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore Δi_{\min} [%] dato da:

$$\Delta i_{\min} = 0,1 \times B_i \quad [\%]$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 17 di

Se pertanto la pendenza Δi è inferiore a Δi_{min} , è necessario spezzare in due parti il profilo longitudinale di quella estremità della carreggiata che è esterna alla curva, realizzando un primo tratto con pendenza maggiore o uguale a Δi_{min} , fino a quando la pendenza trasversale della via ha raggiunto il 2,5%; la pendenza risultante per il tratto successivo potrà anche essere inferiore a Δi_{min} .

4.5 DISTANZE DI VISIBILITÀ

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

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con la distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto. La relazione di calcolo della distanza di visibilità per l'arresto si calcola con la formula integrale:

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

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ

D_2 = spazio di frenatura

V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h]

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

i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

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

- g = accelerazione di gravità [m/s²]
 Ra = resistenza aerodinamica [N]
 m = massa del veicolo [kg]
 f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
 r₀ = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica Ra si valuta con la seguente espressione :

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

dove:

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

Per f_l con riferimento alla categoria non autostradale la normativa da i seguenti valori (compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata con spessore del velo idrico di 0,5 mm):

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
f _l Altre strade	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Inserendo i corretti valori dei diversi parametri, l'integrale si riduce ad una sommatoria i quanto la funzione integrando assume la forma "a gradini" e si determinano i valori così diagrammabili:

PER LE ALTRE STRADE

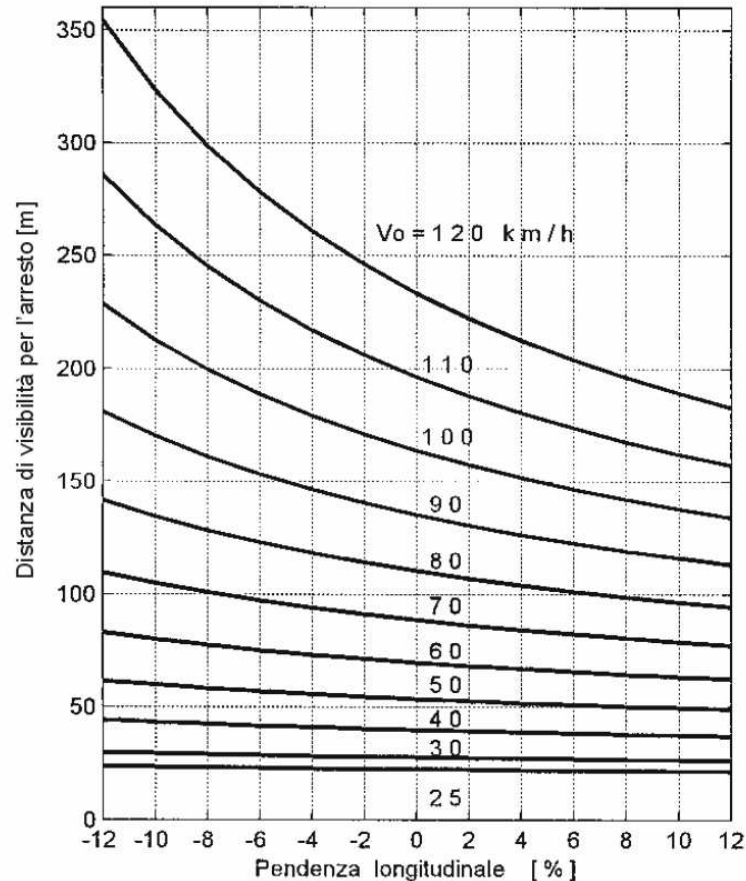


Figura 6: Abaco distanza visibilità

4.6 ANDAMENTO ALTIMETRICO

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

Per i raccordi verticali, concavi e convessi, vanno dimensionati con riferimento alle distanze di visibilità, già discusse. I valori minimi sono stabiliti, essenzialmente, allo scopo di assicurare il comfort all'utente e per assicurare le visuali libere per la sicurezza di marcia.

In base al primo criterio si pone un limite all'accelerazione verticale ovvero:

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
Titolo:		
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 20 di

$$A_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{lim} \quad [m/s^2]$$

dove:

v_p è la velocità di progetto desunta dal diagramma di velocità [m/s],

R_v è il raggio del raccordo verticale nel vertice della parabola [m],

a_{lim} è l'accelerazione verticale limite pari a 0,6 [m/s²], da cui risulta un valore minimo del raggio del raccordo verticale pari a:

$$R_v = 0,129 \cdot V_p^2 \quad [m]$$

Dove V_p è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma di velocità [km/h].

In base al secondo criterio e sapendo che i raccordi sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione:

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

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

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

- per D inferiore allo sviluppo L del raccordo

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

- per D > L

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

Si pone da norma $h_1 = 1,10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso si pone $h_2 = 0,10$ m.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
Titolo:		
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 21 di

4.7 DIAGRAMMA DI VELOCITÀ

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando, per ogni elemento di esso, l'andamento della velocità di progetto.

Il diagramma di velocità è stato redatto sulla base sulle seguenti ipotesi:

- sui rettili, sulle curve circolari con raggio non inferiore ad R^* , la velocità tende al limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto;
- su tutte le curve con raggio inferiore ad R^* la velocità è costante e si valuta attraverso l'equazione di stabilità allo slittamento del veicolo in curva;
- gli spazi di accelerazione e di decelerazione, rispettivamente, in uscita o in ingresso ad una curva circolare, ricadono sugli elementi indicati in a);
- le variazioni avvengono con moto uniformemente vario con $a = 0,8 \text{ m/s}^2$. Lo spazio necessario per passare da una velocità V_1 ad una velocità V_2 , denominata dalle Norme distanza di transizione D_T , si valuta con la relazione:

$$D_T = \frac{\Delta V \times V_m}{12,96 \times a}$$

dove: ΔV = differenza di velocità ($V_{p1} - V_{p2}$) [km/h]

V_m = velocità media tra due elementi [km/h]

a = accelerazione o decelerazione $\pm 0,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$

- la decelerazione termina all'inizio della curva circolare, mentre l'accelerazione comincia all'uscita della curva circolare, pertanto è a partire da questi punti che vanno riportate le distanze di transizione.
- Affinché il conducente possa attuare la decelerazione, è necessario che la curva sia vista e percepita come tale; la distanza ΔT deve, pertanto, essere minore della visuale libera disponibile e della distanza di riconoscimento D_r che può essere calcolata moltiplicando per 12 la velocità espressa in m/s.

Dopo aver ottenuto il diagramma di velocità, si è verificato che nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 22 di

non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h.

4.8 COORDINAMENTO PLANO-ALTIMETRICO

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

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

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

- Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale. Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

4.9 VERIFICA PARAMETRI ROTATORIA

In merito alla classificazione del D.M. 19/4/2006

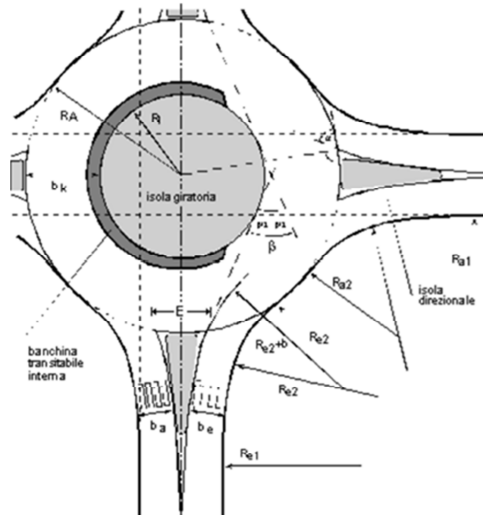


Figura 7:Schema rotatoria

ELEMENTO DI PROGETTO	CATEGORIE					
	Mini Rotatorie	Compatte	Urbane singola corsia	Urbane doppia corsia	Extraurbane singola corsia	Extraurbane doppia corsia
Velocità max. di ingresso [km/h]	25	25	35	40	40	50
Massimo numero di corsie in entrata per ciascun ramo (dimensione corsie [m])	1	1	1	2	1	2
Dimensione entrata [m]	3.50	3.50	3.50	6.00	3.50	6.00
Dimensione uscita [m]		4.00	D ≤ 25 m	4.50	D ≥ 25 m	
Diametro D tipico del cerchio inscritto [m]	13÷25	25÷30	30÷40	40÷50	25÷40	40÷50
Dimensione corona giratoria [m]	8	7	7 o 8÷9(1)	8÷9	6 o 8÷9(1)	8÷9
Raggi di ingresso Re2 [m]		10			12	
Raggi di ingresso Re1 [m]				5 x Re2		
Raggio di uscita Ra2 [m]		12			14	
Raggio di uscita Ra1 [m]				5 x Ra2		
Angolo di deviazione b [°]		si	raccomanda	almeno	45°	
Angolo di ingresso a [°]		80°÷90°	si	raccomanda	≥ 70°	
Volume di traffico tipico sui 4 rami (veic/gg)	10000	15000	20000	(*)	20000	(*)

Figura 8:Valori minimi rotatorie e rami

La rotatoria in esame risulta essere una rotatoria di Diametro esterno pari a 75 mt.

I valori risultano coerenti con il tracciamento dell'innesto progettato che risulta avere le stesse caratteristiche di quello speculare posto sul lato nord-est.

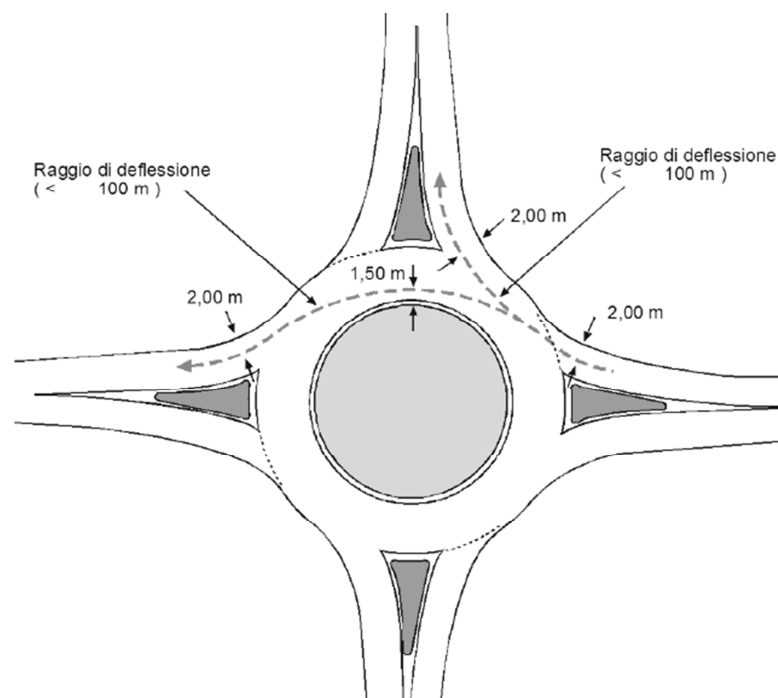


Figura 9:Controllo velocità ingresso

Per garantire la sicurezza della circolazione è stato verificato che le velocità in ingresso alla rotatoria siano < 50 km/h.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
Titolo:		
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO		
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.		.Pag
IN0D 00 DI2 RH IN1100001B		25 di

5 SEZIONE TIPO

Nel presente Progetto esistono 2 tipologie di viabilità:

- Strada tipo F2 da Decreto Ministeriale 5/11/2001
- Rami di svincolo

5.1 STRADA TIPO F2 DA DECRETO MINISTERIALE 5/11/2001

La piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza complessiva di 8.50 m, costituita da due corsie da 3.25 m e da banchine laterali di 1.00 m di larghezza. E' previsto inoltre uno strato di terreno vegetale di 30 cm sulle scarpate.

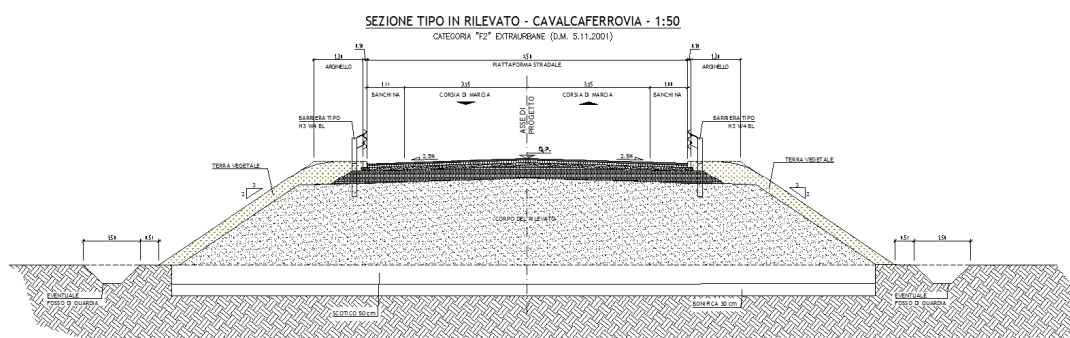


Figura 10: Sezione tipo strada F2

Relativamente alle pendenze trasversali, in rettilo la sezione è sagomata a doppia falda con una pendenza trasversale del 2.5% per agevolare lo smaltimento delle acque meteoriche. In curva la pendenza trasversale è ricavata tramite l'abaco che lega i raggi delle curve alle velocità di progetto ed alle stesse pendenze trasversali. La rotazione della sagoma avviene attorno al centro della carreggiata, facendone variare

la quota di un suo estremo, per poi, superata la pendenza del 2.5%, far ruotare l'intera carreggiata rispetto alla sua estremità interna alla curva.

6 PAVIMENTAZIONE

La pavimentazione prevista sarà:

- Asse F2

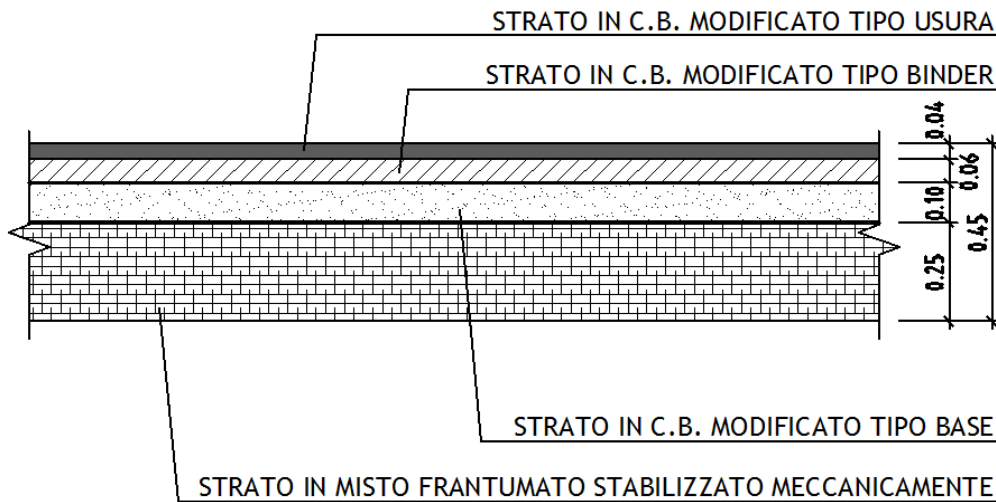


Figura 11: Particolare pavimentazione strada F2

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 27 di

7 BARRIERE DI SICUREZZA

Ai fini del posizionamento e della scelta della tipologia della barriera di sicurezza da prevedere lungo il tracciato, si è fatto riferimento a quanto dettato dalle vigenti norme, ovvero:

- Ministero dei Lavori Pubblici D.M. 18 febbraio 1992, n°223 (G.U. 16/3/1992, n°63) Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- Ministero dei Lavori Pubblici D.M. 3 giugno 1998, (G.U. 29/10/1998, n°253) Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione.
- D.M. 11.06.99 (Aggiornamento D.M. 15.10.96 e D.M. 18.02.92 n. 223) e ss.mm.ii. "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti D.M. 21 giugno 2004, (G.U. 05/08/2004, n°84) Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale.
- Circolare Prot. 62032 21/07/2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- D.M. 28/06/2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale";
- Normativa europea UNI EN 1317

Il progetto del posizionamento degli elementi di ritenuta tiene conto delle caratteristiche geometriche della sede stradale e della compatibilità dei dispositivi con gli spazi disponibili e gli altri vincoli esistenti.

Si evidenzia che la scelta delle barriere di sicurezza, effettuata dagli scriventi Progettisti, è stata comunque eseguita considerando soltanto i dispositivi che risultano essere stati sottoposti a prove di crash-test secondo le norme UNI EN 1317.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 28 di

7.1 SCELTA DELLE TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI DI RITENUTA

La scelta della tipologia della barriera deriva, secondo quanto previsto dal decreto ministeriale, in primo luogo dall'analisi dei dati di traffico.

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n ≤ 15
III	>1000	> 15

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾

Si ritiene corretto e ammissibile prevedere l'installazione di barriere tipo H3 bordo rilevato, H4 bordo ponte. La protezione con dispositivi di ritenuta è prevista anche per quei tratti di viabilità vicinale o rampe che, per geometria della strada, altezza dei rilevati, morfologia dell'esistente, vicinanza di altre infrastrutture, sono caratterizzati da zone pericolose in caso di svio dei mezzi. Si riporta sotto una sintesi dei dispositivi di sicurezza, con relative caratteristiche prestazionali:

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 29 di

LEGENDA BARRIERE









	Barriera di sicurezza metallica bordo laterale, classe H3 ed eventuali terminali/transizioni. Caratteristiche: - Classe di appartenenza:H3 - Livello di larghezza operativa normalizzata (WN): $WN \leq 2,1$ m (classe W6)
	Barriera di sicurezza metallica bordo laterale, classe H3 ed eventuali terminali/transizioni. Caratteristiche: - Classe di appartenenza:H3 - Livello di larghezza operativa normalizzata (WN): $WN \leq 1,3$ m (classe W4)
	Barriera di sicurezza metallica bordo ponte, classe H4 ed eventuali terminali/transizioni. Caratteristiche: - Classe di appartenenza:H4 - Livello di larghezza operativa normalizzata (WN): $WN \leq 1,7$ m (classe W5)
  	Pannello grigliato elettroforgiato tipo "Orsogril" Rete di protezione aggettante per attraversamenti stradali e ferroviari Parapetto marciapiede
	Transizione tra barriere di sicurezza di differente prestazione
	Terminale della barriera di sicurezza testato secondo UNI EN 1317

Figura 12:Particolare legenda barriere stradali

7.2 INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE DA PROTEGGERE

Per l'individuazione delle zone da proteggere, è stato fatto riferimento a quanto riportato nel decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, e successivi aggiornamenti e modifiche:

- i margini di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 30 di

- il margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m; la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili);
- gli ostacoli fissi (frontali o laterali) che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberature, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, ecc, ed i manufatti, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali, ecc, che in caso di fuoriuscita o urto dei veicoli potrebbero subire danni comportando quindi pericolo anche per i non utenti della strada. Occorre proteggere i suddetti ostacoli e manufatti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata, inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza; tale distanza varia, tenendo anche conto dei criteri generali indicati nell'art. 6, in funzione dei seguenti parametri: velocità di progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità dell'ostacolo.

Le protezioni in ogni caso sono state previste per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione. Nei casi in cui la presenza di opere di sostegno non consentiva il rispetto di cui sopra, e inoltre non se ne ravvedeva la necessità di prolungare la barriera di sicurezza davanti all'opera di sostegno stessa, si è provveduto ad ancorare il dispositivo di sicurezza all'opera di sostegno, in modo da creare una continuità di protezione e non esporre all'utente alcun punto o superficie verticale che possa costituire un elemento di rischio aggiuntivo.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELL'INTERVENTO	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 RH IN1100001B	.Pag 31 di

7.3 TERMINALI

Nei punti in cui cessa la necessità della protezione con dispositivi di ritenuta, si prevede l'installazione dei terminali indicati nel certificato di omologazione per ogni barriera di sicurezza scelta. Nel caso in cui la barriera costituisca un prolungamento del dispositivo di ritenuta già presente, si prevede il raccordo tra le due barriere. Nelle planimetrie di dettaglio delle barriere di sicurezza è stata riportata la tipologia di terminale da adottare in corrispondenza di ciascuna estremo di dispositivo di sicurezza previsto.

7.4 TRANSIZIONI TRA DISPOSITIVI DIVERSI

Al fine di garantire, in caso di urto, il corretto funzionamento delle barriere di sicurezza, ovvero permettere l'instaurarsi di quei meccanismi propri di ciascun dispositivo testato secondo crash-test, sono state studiate particolari accorgimenti per le zone di transizione tra dispositivi di differente classe di contenimento o tipologia di ubicazione, al fine di garantire:

- la continuità degli elementi strutturali longitudinali (nastri);
- il funzionamento "a catena cinematica" tipico delle barriere di sicurezza ovvero non costituire un punto di "debolezza" del sistema.