



INTERVENTO FINANZIATO NELL'AMBITO DEL PATTO PER BOLOGNA

VARIANTE ALLA S.P. 65 "DELLA FUTA"

NODO DI RASTIGNANO - 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO
TRATTO COMPRESO TRA SVINCOLO DI RASTIGNANO E PONTE DELLE OCHE
NEI COMUNI DI SAN LAZZARO DI SAVENA, BOLOGNA E PIANORO

PROGETTO DEFINITIVO

CORPO STRADALE

PARTE STRADALE

PARTE STRADALE GENERALE

RELAZIONE TECNICA STRADALE

<p>VISTO DEL PROPRIETARIO DELLE OPERE</p> <p> CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA</p> <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Pietro Luminasi</p>		<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p> <p> Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE ISTRUTTORIALE DI INDIRIZZO E AMMINISTRAZIONE</p>
---	--	--

SPEA Engineering

VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA”

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO

TRATTO COMPRESO TRA SVINCOLO DI RASTIGNANO E PONTE DELLE
OCHE NEI COMUNI DI SAN LAZZARO DI SAVENA, BOLOGNA E PIANORO

RELAZIONE TECNICA STRADALE



INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI	7
2.1	Criteri per le verifiche di rispondenza al D.M. 05/11/2001	7
2.1.1	Verifica delle caratteristiche planimetriche.....	7
2.1.1.1	Verifica delle caratteristiche altimetriche.....	11
2.1.2	Verifiche di visibilità	13
2.2	Criteri per le verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 – intersezioni a rotatoria	15
3	IL PROGETTO STRADALE	17
3.1	Descrizione dell'intervento	17
3.2	Sezioni tipo	19
3.2.1	Asta principale	19
3.2.2	Rotatorie Oche e Paleotto	20
3.2.3	Viabilità secondarie	20
3.3	Andamento plano-altimetrico di progetto e verifiche di rispondenza ad DM 6792 del 05.11.2001 ed al D.M. 19/04/2006	21
3.3.1	Tratto da rotatoria Oche a rotatoria Paleotto	23
3.3.2	Tratto da rotatoria Paleotto a rotatoria Rastignano	26
3.3.3	Collegamento con Via del Paleotto.....	27
3.3.4	Collegamento a Via Torriane.....	29
3.3.5	Collegamento al campo sportivo.....	30
3.3.6	Deviazione di via Buozzi	31
3.3.7	Distanze di visibilità per l'arresto	32
3.3.8	Caratteristiche geometriche delle intersezioni a rotatoria	32
3.3.9	Analisi di visibilità delle intersezioni a rotatoria	36
3.3.10	Analisi di visibilità delle intersezioni a T	39

1 PREMESSA

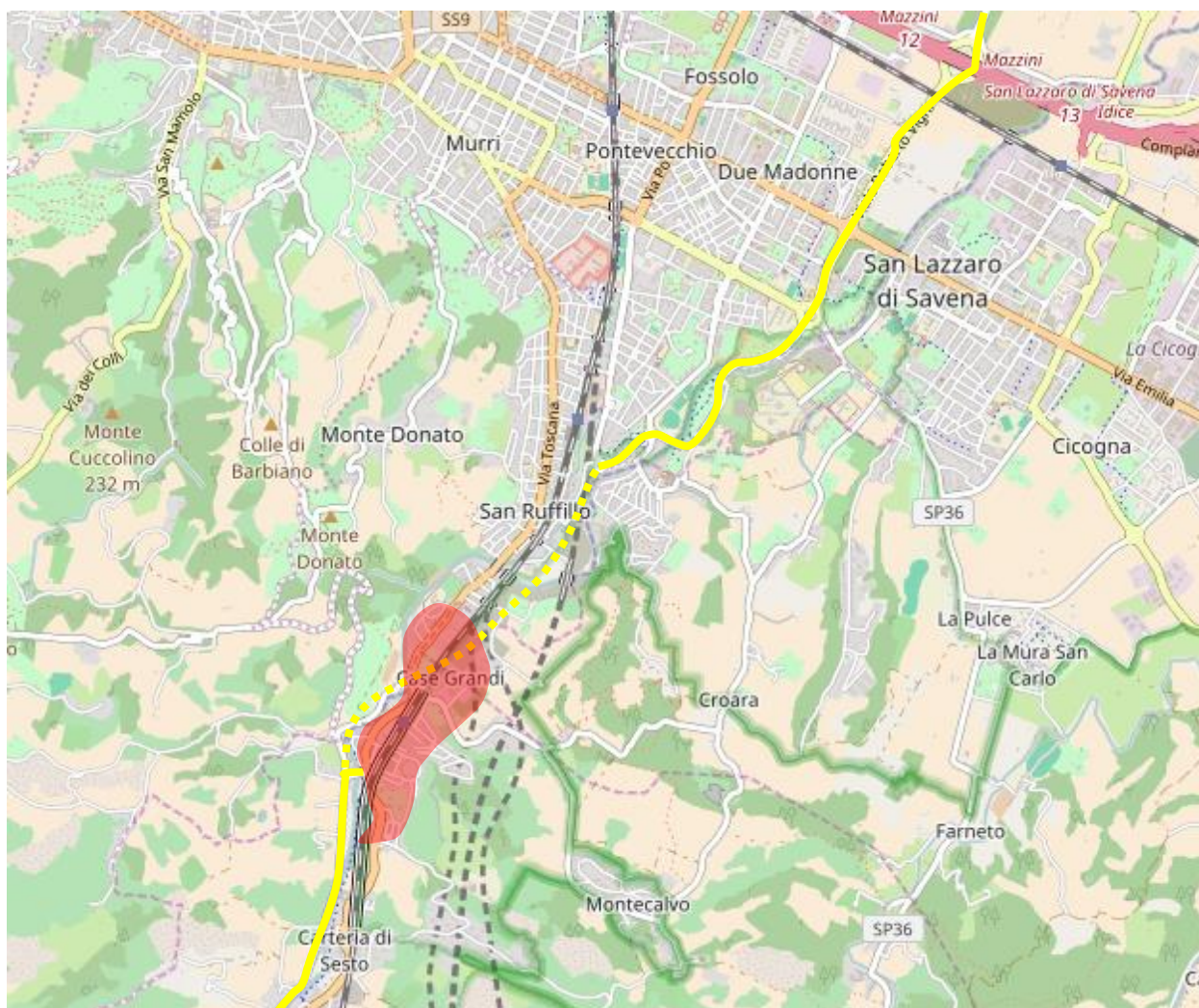
La strada provinciale 65 "della Futa" (ex S.S. n° 65) è la principale via di collegamento fra l'area urbana di Bologna e i comuni della valle del Savena (Monghidoro, Loiano, Pianoro e le sue frazioni di Carteria di Sesto e Rastignano).

Procedendo in uscita da Bologna, la SP65 ha inizio da Via Toscana in prossimità del ponte sul Savena, attraversa l'abitato di Rastignano, sorto a cavallo dei confini amministrativi dei comuni di Bologna, Pianoro e San Lazzaro e percorre la vallata in direzione di Pianoro, Loiano, Monghidoro fino a raggiungere i passi della Raticosa e della Futa e quindi scendere in Mugello, e infine a Vaglia e Firenze. Rappresentava la storica direttrice di collegamento transappennica tra Bologna e Firenze fino all'apertura dell'autostrada A1. Nel tempo, nel tratto emiliano sono nati e si sono sviluppati i maggiori insediamenti residenziali, commerciali e industriali della vallata. Alle storiche funzioni di transito e distribuzione si sono quindi affiancate quelle di penetrazione e accesso con conseguente congestione ed inadeguatezza dell'infrastruttura.

Da qui nasce la necessità di creare una viabilità alternativa alla SP 65 che risponda alle necessità di collegamento a medio-lungo raggio che si è concretizzata, all'interno dell'area urbana di Bologna, nella costruzione della strada Lungo Savena (o IN870 secondo la denominazione del consorzio CAVET costruttore dell'opera) e della strada di Fondovalle Savena nel tratto interno ai comuni di Pianoro e Loiano. Queste strade, caratterizzate da tracciati e sezioni idonee alla loro funzione, non sono attualmente direttamente collegate ma si arrestano rispettivamente all'altezza di Via Corelli e del Ponte delle Oche, ovvero a valle e a monte dell'abitato di Rastignano che è attraversabile unicamente per mezzo della viabilità storica, così come mostrato nella planimetria seguente.

In questa località, oltre alle particolari condizioni orografiche che vedono l'abitato strettamente raccolto attorno alla Strada Provinciale ed al Torrente Savena ai piedi delle due pendici di Monte Calvo e del Parco del Paleotto, si trovano anche i confini amministrativi di tre Comuni (Bologna, S. Lazzaro e Pianoro). Data, quindi, la particolare situazione di "località di confine", Rastignano ha avuto una urbanizzazione disordinata e caotica tutta gravitante sulla Strada Provinciale e affacciata sull'argine del Torrente Savena. Sulla stessa direttrice, a pochi metri dalla strada Provinciale, insiste inoltre la linea ferroviaria "Direttissima" Bologna - Firenze, che provoca un'ulteriore frattura longitudinale del territorio secando il centro abitato in due parti collegate tra loro da due soli passaggi, uno in sottovia ed uno in sopravvia, per tutto lo sviluppo longitudinale della frazione. A questa si sono recentemente aggiunte anche la nuova linea ad alta velocità e le linee di interconnessione con i relativi manufatti tecnologici.

La presenza inoltre del Torrente Savena, che lambisce tutte le abitazioni in destra idraulica passando praticamente alla quota degli scantinati delle abitazioni che si sviluppano lungo la Futa, costituisce un ulteriore ostacolo allo sviluppo razionale della mobilità della zona in esame. In sinistra idraulica si sviluppa il Parco del Paleotto, zona di particolare pregio ambientale, ma di difficile accesso e di scarsa fruibilità a causa anche dello stato di degrado ambientale e idrogeologico con cui si presenta il torrente Savena, confine naturale di inizio del Parco stesso.



*Figura 1-1: Quadrante Sud-Ovest di Bologna. La SP65 è evidenziata in arancione, la strada fondovalle Savena (a Sud) e la strada Lungo Savena (a Nord) in linea continua gialla, la direttrice della variante di Rastignano in linea puntinata gialla. L'abitato di Rastignano è evidenziato dalla campitura rossa.
Cartografia OpenStreetMap*

Non essendo più sostenibile tale situazione, dati i notevoli volumi di traffico, locale e non, che attraversano l'abitato quotidianamente e che provocano un inquinamento insopportabile per i residenti, è iniziato un lungo e complesso iter progettuale per la definizione di un nuovo tracciato stradale di collegamento fra il ponte delle Oche e Via Corelli in Comune di Bologna.

Procedendo da Sud verso Nord, il nuovo collegamento si compone in tre tratti:

- 1) Variante di Rastignano – Tratto Sud (indicato in rosso in figura);
- 2) Variante di Rastignano – Tratto Nord (indicato in azzurro in figura);
- 3) Completamento Strada IN870 (anch'esso indicato in azzurro in figura);

con diversi collegamenti/svincoli con la viabilità esistente (da Sud a Nord, Ponte delle Oche, Via Torriane, bretella e rotonda di Rastignano, bretella e rotonda del Dazio).

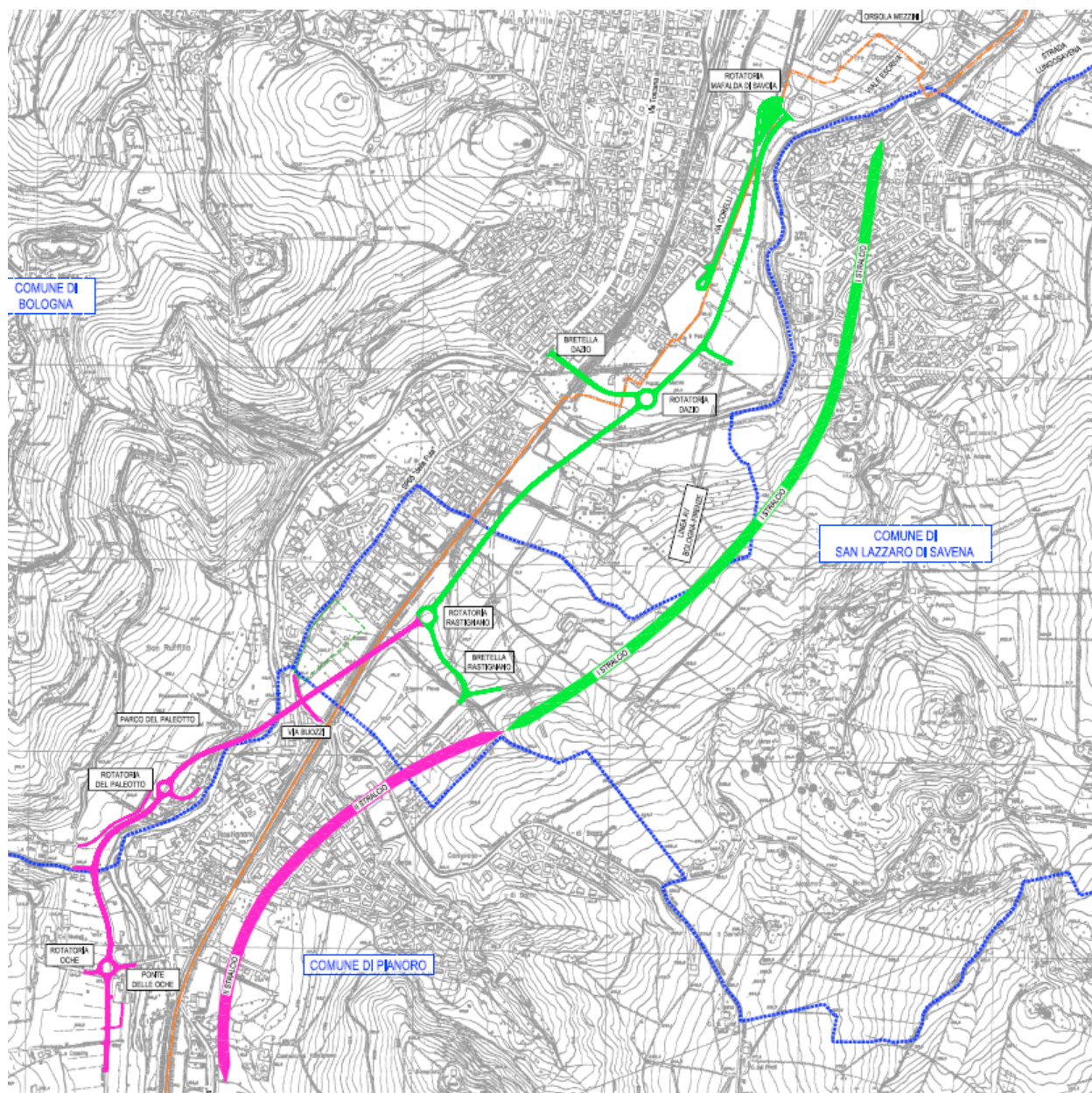


Figura 1-2: direttrice della variante SP65: I stralcio in verde, II stralcio in lilla.

I due tratti settentrionali, indicati con i numeri 2 e 3 nell'elenco precedente, sono stati appaltati nel 2014 da RFI e sono attualmente in costruzione. Il tratto di completamento – ovvero il tratto meridionale della variante di Rastignano – è l'oggetto del presente progetto definitivo di cui il presente documento costituisce la relazione tecnica stradale e descrive le caratteristiche plano-altimetriche, le piattaforme, le caratteristiche di sicurezza e visibilità e la rispondenza normativa degli assi stradali e delle intersezioni alla luce delle modifiche introdotte nella presente versione progettuale.

I diversi tratti del progetto stradale sono identificati dalle seguenti WBS:

- ❖ Asse principale della variante di Rastignano:
 - WBS CS.00 - tratto da Via De Gasperi (FVS) a rotatoria Oche;
 - WBS RT.01 - Rotatoria ponte delle Oche, costituita da:
 - rotatoria ponte delle Oche;
 - collegamento a Via Malpasso;
 - collegamento a Via De Gasperi;
 - collegamento al ponte delle Oche.
 - WBS CS.01 - tratto da rotatoria Oche a rotatoria Paleotto, che include
 - collegamento a Via Torriane.
 - WBS RT.02 – Rotatoria parco Paleotto, costituita da:
 - rotatoria parco Paleotto;
 - collegamento con Via del Paleotto.
 - WBS CS.02 – tratto da rotatoria Paleotto a viadotto Rastignano.
 - WBS VI.01 – viadotto Rastignano.
 - WBS CS.03 – tratto da viadotto Rastignano a rotatoria Rastignano.
- ❖ Viabilità secondaria:
 - WBS CS.05 – collegamento al campo sportivo.
 - WBS CS.06 – deviazione di via Buozzi.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E CRITERI PROGETTUALI

Nel seguito sono descritte le caratteristiche stradali del progetto e illustrate le verifiche condotte per valutare la congruenza del tracciato con le indicazioni contenute nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 05/11/2001, prot. 6792) e nelle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (Decreto Ministero del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 19/04/2006) per quanto riguarda le intersezioni stradali. Tali normative sono cogenti per tutte le opere di nuova realizzazione.

Con l'emanazione del DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" (DM del 5.11.2001, prot. 6792), in attesa dell'emanazione di uno specifico decreto, i progetti di adeguamento delle strade esistenti assumono come riferimento normativo non cogente il DM 5.11.2001.

Il tracciato della variante di Rastignano è stato inquadrato ai fini della classificazione prevista dal codice della strada come "strada extraurbana secondaria - categoria C1", mentre la deviazione di via Buozzi come strada urbana di tipo F. Gli altri interventi si configurano come adeguamenti di viabilità esistenti come meglio specificato in seguito.

2.1 Criteri per le verifiche di rispondenza al D.M. 05/11/2001

2.1.1 Verifica delle caratteristiche planimetriche

La verifica delle caratteristiche planimetriche è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche:*

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM2001 che risulta:

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO C
- pari a 19 metri nel caso di strade urbane locali TIPO F

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

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

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

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

La verifica è stata eseguita solo nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo facendo riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato nella figura seguente, trattandosi di strade di tipo C e F è possibile utilizzare per detto rapporto la "zona buona" e la "zona accettabile" ;

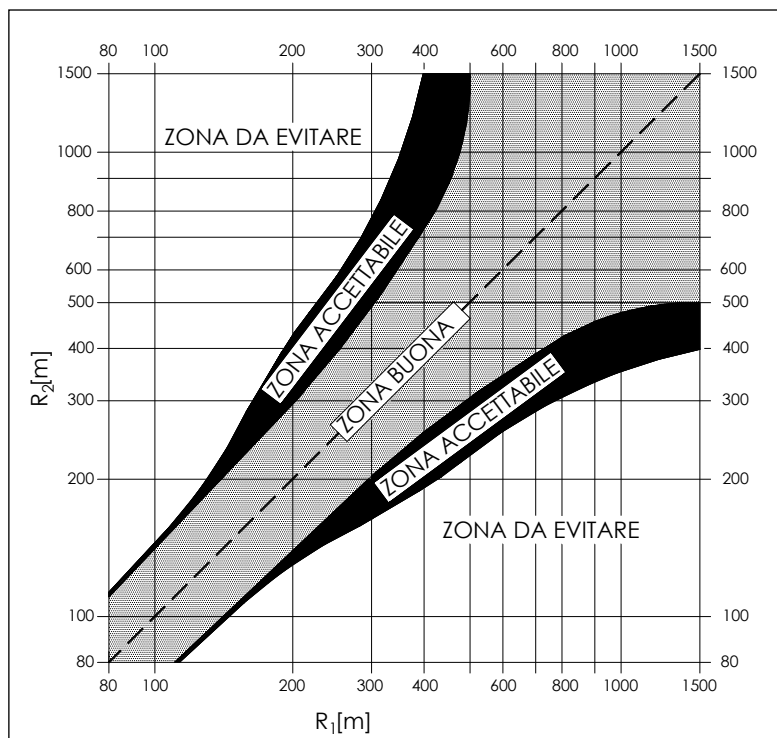


Figura 2-1: abaco di Koppel (DM 05/11/01).

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

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

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

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla seguente tabella estratta dalla norma; 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 2-1: sviluppo minimo dei rettifili.

(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. 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.

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM2001 e di seguito riportato.

- La velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2.5}$;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettili, le clotoidi e gli archi con raggio non inferiore a $R_{2.5}$;
- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a $0,8 \text{ m/s}^2$. Tale valore è stato mantenuto invariato anche per i tratti in approccio alle intersezioni con schema a rotatoria.
- In corrispondenza delle rotatorie si è assunta una velocità di percorrenza pari a 30 km/h ;
- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.*

La norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

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

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

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

- Criterio 1 (Limitazione del contraccollo)

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

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

dove:

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

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

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

Il DM2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di A_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0.0206125 \cdot V^2 \cong 0.021 \cdot V^2$$

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

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

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

dove:


▪ B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;

▪ Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;

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

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

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

 gruppo Atlantia	VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE
--	--

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

- Criterio 3 (Ottico)

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

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

dove R1 è il raggio minore ed R2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal DM2001:

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

2.1.1.1 Verifica delle caratteristiche altimetriche

La verifica delle caratteristiche altimetriche è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

(i) Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle livellette consentita dal DM2001 per strade di tipo C (strade extraurbane secondarie) è pari al 7% mentre le strade di tipo F (strade extraurbane locali) è pari al 10%.

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

(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 $\vartheta = 1^\circ$.

2.1.2 Verifiche di visibilità

La verifica di rispondenza al DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare è stata analizzata la visibilità per l'arresto. La verifica della distanza di visibilità per il sorpasso è stata considerata trascurabile dato il limitato sviluppo degli assi stradali oggetto del presente progetto.

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 prescritto dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, con la distanza di visibilità per l'arresto.

Quest'ultima è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto, viene calcolata in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale). Questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato.

Nelle verifiche la posizione del conducente e dell'ostacolo è posta al centro della corsia con altezza rispettivamente di 1.10m e 0.10 m dal piano viabile.

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal DM2001 per tutti i tipi di strade escluse le autostrade e riportato nella tabelle seguente.

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f _i Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Tabella 2-2: coefficienti di aderenza longitudinale.

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 5 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

dove:

D1 = spazio percorso nel tempo τ

D2 = spazio di frenatura

V0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]

V1 = velocità finale del veicolo, in cui V1 = 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]

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

r0 = 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:

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

Il DM2001 definisce degli abachi di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.

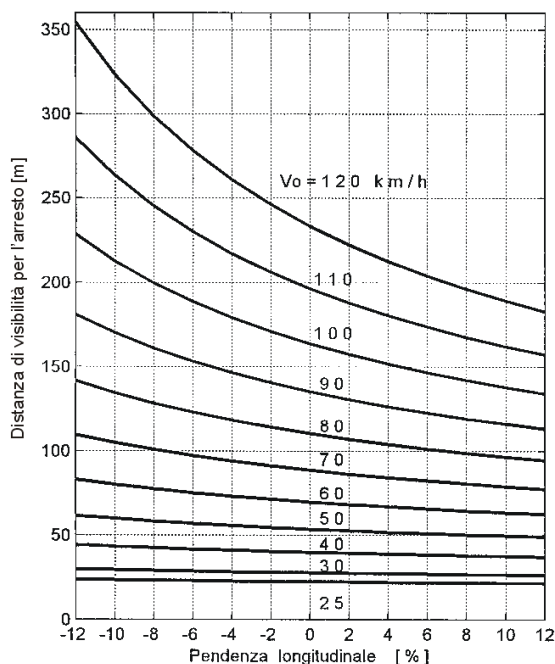


Figura 2-2: Abaco per il calcolo delle distanze di arresto

2.2 Criteri per le verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 – intersezioni a rotatoria

La progettazione delle intersezioni è stata condotta con particolare riferimento alla geometria degli elementi modulari nelle intersezioni a rotatoria.

Le rotatorie vengono distinte normativamente in funzione del diametro della circonferenza esterna in:

- 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 24 m.

Le sezioni tipologiche adottate in progetto rappresentano la sintesi delle indicazioni contenute nella Tabella 6 del paragrafo 4.5.2 del D.M. 19/04/2006 che fornisce le indicazioni riportate nella seguente tabella:

Larghezza elementi modulari rotatorie		
elemento modulare	Diametro esterno rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6.00
	Compreso tra 25 e 40	7.00
	Compreso tra 14 e 25	7.00-8.00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9.00
	< 40	8.50-9.00

Bracci di ingresso (**)		3.50 per una corsia 6.00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4.00
	≥ 25	4.50

(*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia

(**) organizzatati al massimo su due corsie

Tabella 2-3: Larghezze degli elementi modulari delle rotatorie.

La geometria delle rotatorie è stata definita prestando particolare attenzione alla deviazione delle traiettorie in attraversamento al nodo. Tale valutazione è stata condotta valutando il valore dell'angolo di deviazione β (vedi figura seguente), per il quale la norma raccomanda un valore di almeno 45° .

Per ogni rotatoria sono riportate in forma tabellare i seguenti elementi geometrici significativi:

- Raggi $Re1$ ed $Re2$ dei rami in ingresso;
- Raggi $Ra1$ e $Ra2$ dei rami in uscita;
- Angoli di ingresso α ;
- Angoli di deviazione β per la manovra di attraversamento.

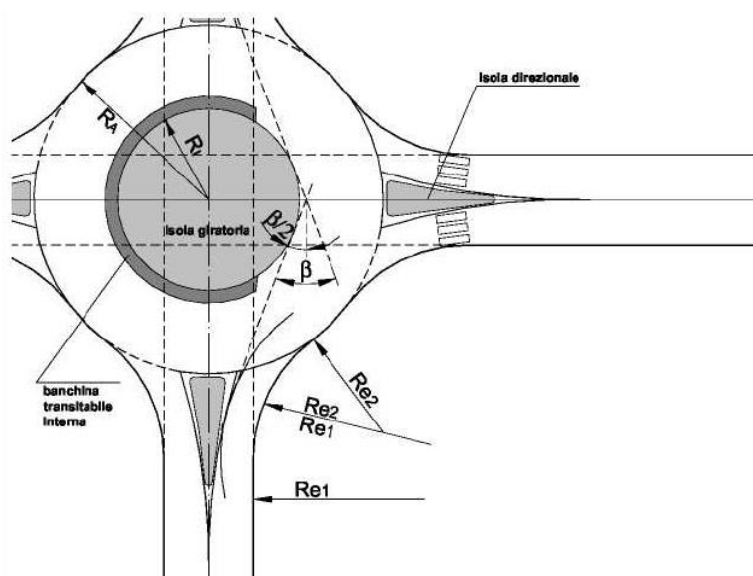


Figura 2-3: elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie.

3 IL PROGETTO STRADALE

3.1 Descrizione dell'intervento

Il presente progetto è relativo al lotto di completamento della Variante di Rastignano che si estende dalla strada fondo valle Savena al I stralcio attualmente in costruzione completando una nuova direttrice di scorrimento nel quadrante Sud-Ovest della viabilità dell'hinterland bolognese che mette in diretto e veloce collegamento la vallata del Savena con la rete principale urbana di Bologna e con il sistema tangenziale – autostrada.

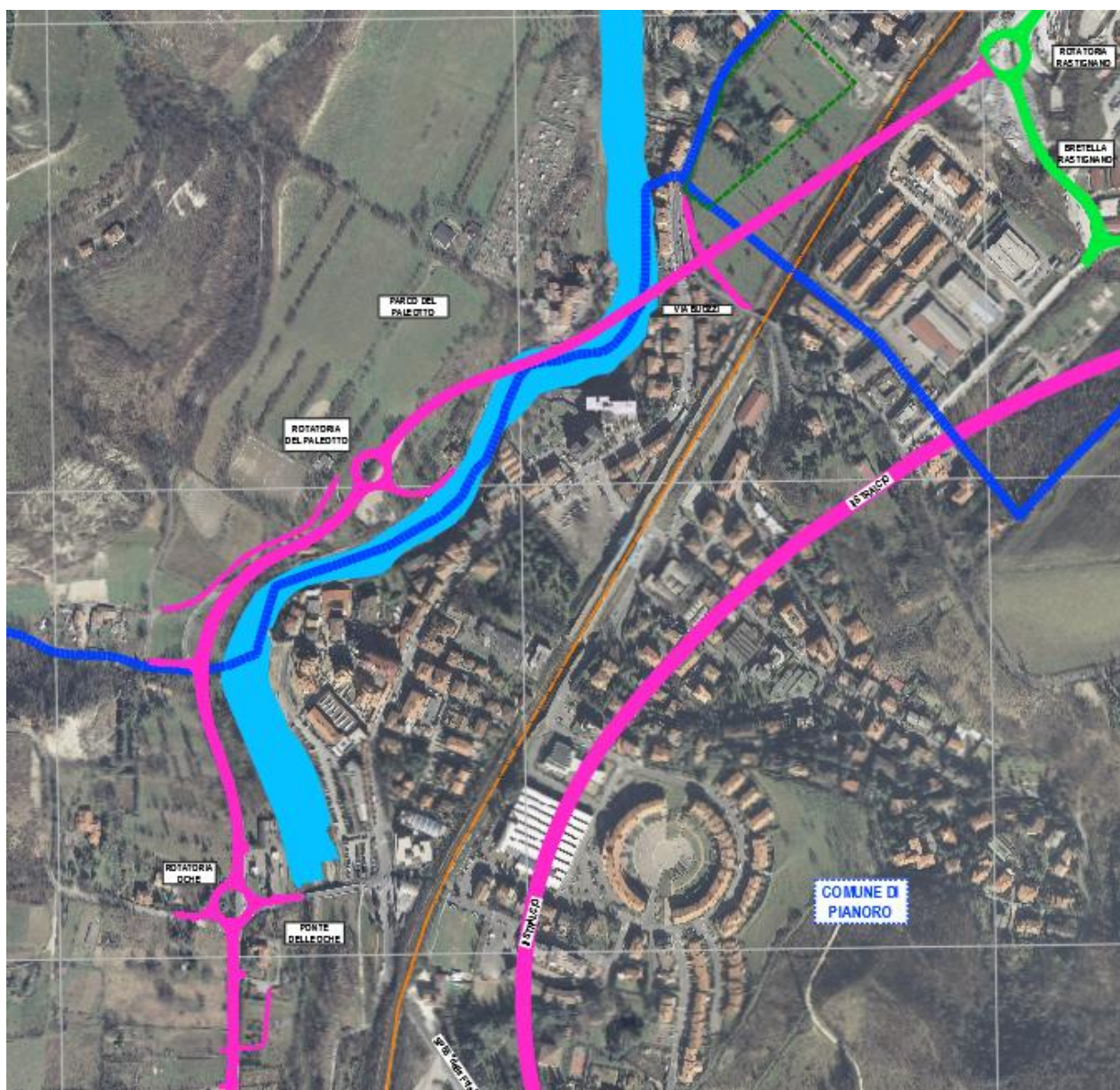


Figura 3-1: progetto su ortofotopiano.

Procedendo da sud verso nord (v. immagine precedente), l'infrastruttura può considerarsi composta dai seguenti corpi d'opera:

- ✚ TRATTO DA VIA DE GASPERI A ROTATORIA OCHE: questo tratto permette il collegamento fra la strada di tipo C1 Fondo Valle Savena e la rotatoria Oche. Costituisce l'adeguamento di un tratto di strada esistente che attualmente presenta una larghezza minore (6m).
- ✚ ROTATORIA PONTE DELLE OCHE: costituisce il raccordo tra la viabilità in progetto e quella esistente. Si tratta di una rotatoria "convenzionale" ai sensi del DM 19/04/2006 di diametro 45 m. La WBE include anche i raccordi con le esistenti Via De Gasperi (nome localmente assunto dalla strada fondovalle Savena), Via Malpasso e ponte delle Oche.
- ✚ TRATTO DA ROTATORIA OCHE A ROTATORIA PALEOTTO: tratto che connette la rotatoria ponte delle Oche alla rotatoria parco Paleotto. Si sviluppa nel primo tratto sul sedime dell'esistente Via del Paleotto, rispetto alla quale si configura come adeguamento. In prossimità del Rio Torriane, la strada guadagna quota e si discosta sia planimetricamente, sia altimetricamente, dall'esistente, raggiungendo la rotatoria Paleotto.
- ✚ COLLEGAMENTO CON VIA TORRIANE: il collegamento con Via Torriane, rappresentato da un incrocio a T con sole svolte a destra, permette il collegamento della nuova strada extraurbana secondaria con le strade comunali Via Torriane e Via del Paleotto (tratto superiore).
- ✚ COLLEGAMENTO AL CAMPO SPORTIVO: ad ovest della viabilità principale, nel tratto compreso tra via Torriane e la rotatoria Paleotto, è prevista una viabilità ad uso prevalentemente pedonale per l'accesso al campo sportivo adiacente il parco del Paleotto, attualmente accessibile da via del Paleotto. La nuova viabilità di accesso sarà collegata a quella principale per mezzo dell'intersezione con via Torriane.
- ✚ ROTATORIA PARCO PALEOTTO: la rotatoria del Paleotto, di tipo "convenzionale" ai sensi del DM 19/04/2006 con diametro 40 m, rappresenta lo snodo che consente il collegamento con il parco del Paleotto ed include anche un ramo di collegamento con Via del Paleotto (tratto inferiore), interrotta dalla nuova viabilità in progetto.
- ✚ TRATTO DA ROTATORIA PALEOTTO A ROTATORIA RASTIGNANO: il tratto che collega la rotatoria del Paleotto con il tratto Nord della Variante di Rastignano consente un rapido attraversamento dell'area di Rastignano, fino ad arrivare nel comune di San Lazzaro di Savena, dove si ricollega con il I stralcio della Variante.
- ✚ DEVIAZIONE DI VIA BUOZZI: sul lato nord-est dell'abitato di Rastignano si trova via Bruno BuoZZi, che dalla SP65 sale in direzione Monte Calvo. L'attuale tracciato di via BuoZZi interferisce con la spalla nord del viadotto Rastignano, per cui per essa è prevista, localmente, una deviazione piano-altimetrica.

Le opere d'arte principali del progetto sono le seguenti:

- ✚ SCATOLARE IDRAULICO RIO TORRIANE: l'opera permette lo scavalco del rio Torriane da parte del tratto Oche-Paleotto della viabilità in progetto.
- ✚ VIADOTTO RASTIGNANO: questo elemento rappresenta l'opera d'arte di maggiore entità del lotto sia per complessità tecnica sia per impatto sul ambiente circostante. Consente lo scavalco del torrente Savena e della SP65 della Futa, localmente denominata Via A. Costa. E' un viadotto in acciaio-calcestruzzo a travata continua composto da 5 campate di lunghezza rispettivamente di 39m, 60m, 65m, 60m, 39m per totali 263m.
- ✚ SCATOLARE DI VIA BUOZZI: permettono il sottopasso della viabilità principale da parte di Via BuoZZi.
- ✚ GALLERIA ARTIFICIALE SULLA FERROVIA BOLOGNA-FIRENZE: galleria artificiale che consente lo scavalco della linea ferroviaria Bologna-Firenze anche con una elevata obliquità.

A queste si aggiungono alcuni muri di sostegno nei pressi dei rilevati di approccio alle opere di scavalco, nonché altre opere minori quali manufatti idraulici, tombini idraulici e così via.

La lunghezza complessiva dell'asta principale è di circa 1560 m. Nel suo sviluppo, la viabilità percorre 3 comuni (partendo da sud verso nord):

- ✚ Comune di Pianoro, attraversato in due tratti: a Sud dove si ritrova la rotatoria del Ponte delle Oche e, subito dopo il torrente Savena, in corrispondenza dell'abitato di Rastignano.
- ✚ Comune di Bologna. All'interno di questo ambito si sviluppano parte del tratto Oche-Paleotto, la rotatoria del Paleotto ed una parte del viadotto Rastignano.
- ✚ Comune di San Lazzaro di Savena. All'interno di questa area comunale si sviluppa la parte conclusiva del tratto Paleotto-Rastignano dove ricade l'attraversamento ferroviario.

3.2 Sezioni tipo

3.2.1 Asta principale

La sezione tipica dell'asta principale è conforme a quanto previsto dal DM 5/11/2001 per le strade di categoria C1 (v. figura seguente).

La pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2,5% in rettilineo e inferiore al 6,0% in curva (strade soggette a frequente innevamento). La piattaforma risulta costituita da una carreggiata con una corsia da 3,75 m per senso di marcia e banchine pavimentate da 1,50 m, per una larghezza totale, esclusi gli elementi marginali, pari a 10,50 m. Le corsie e le banchine, sono rispettivamente caratterizzate da locali allargamenti per iscrizione dei veicoli e visibilità.

Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,80 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m per complessivi 1,30m.

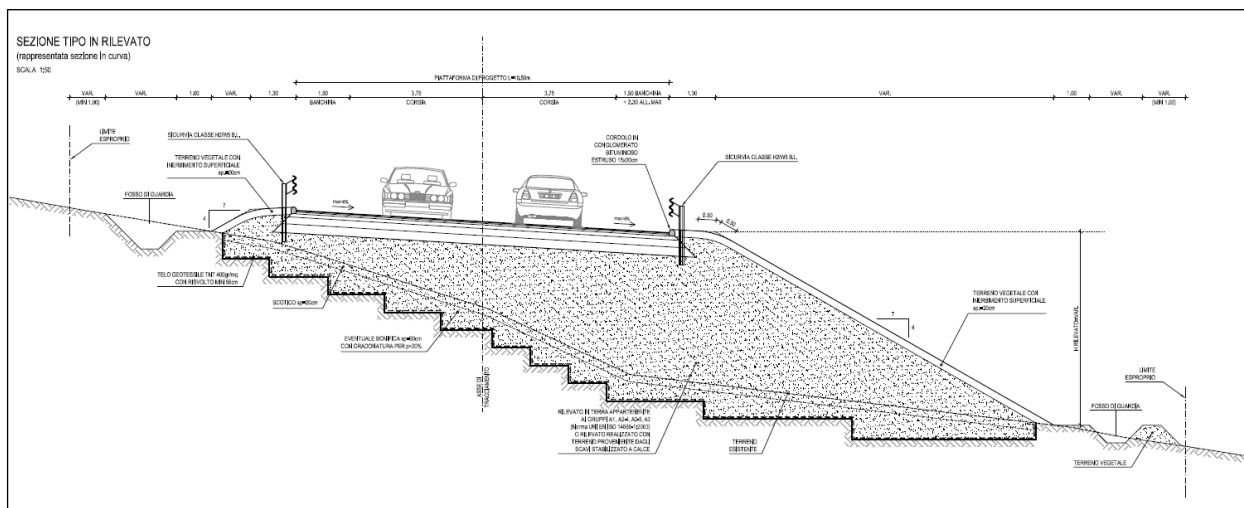


Figura 3-2: esempio di sezione trasversale tipica dell'asta principale.

Le scarpate dei rilevati stradali sono correntemente previste con pendenza 4/7 e rivestite con una coltre superficiale di terreno vegetale inerbito.

Per ulteriori dettagli circa le sezioni tipiche dell'asta principale si rimanda agli elaborati specifici.

3.2.2 Rotatorie Oche e Paleotto

Le rotatorie delle Oche e del Paleotto presentano rispettivamente un diametro esterno di 45m e di 40m, in accordo con il DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", le rotatorie prevedono nella corona rotatoria una corsia di 6 m. Sono inoltre previste una banchina interna da 0,50 m ed una esterna da 1,50 m (pari alla banchina prevista per l'asta principale, di categoria C1), come rappresentato in Figura 3-3.

Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,80 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m per complessivi 1,3m

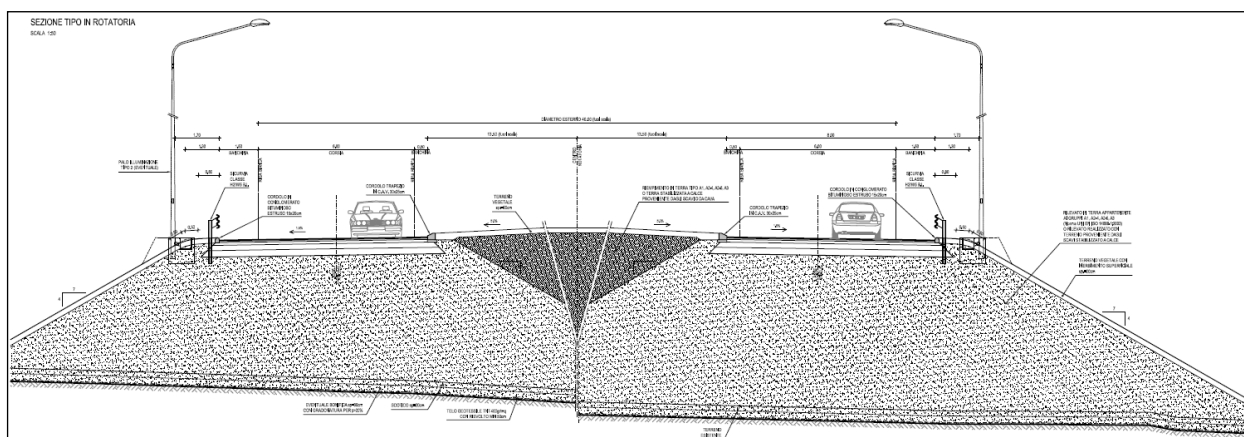


Figura 3-3: esempio di sezione trasversale tipica di rotatoria.

3.2.3 Viabilità secondarie

Le sezioni tipiche degli assi secondari afferenti al progetto sono molteplici e variegata, in quanto per lo più legate alla sezione attuale delle infrastrutture esistenti cui il progetto si deve raccordare.

Per i collegamenti a Via Malpasso, ponte delle Oche e Via Torriane è prevista una sezione variabile che raccorda corsie e banchine proprie della zona di intersezione con la sezione esistente.

Per il collegamento Via del Paleotto sono previste corsie da 2 m senza banchina, in continuità con la viabilità esistente, che in zona di curva prevedono un allargamento di 1 m ciascuna per permettere l'iscrizione dei veicoli. Il margine esterno è costituito da un arginello di larghezza pari a 0,50 m, raccordato alla scarpata con un arco di cerchio di tangente 0,50 m. Una sezione analoga, ma priva di allargamenti, è prevista per il collegamento al campo sportivo.

Per la deviazione di via Buoizzi è previsto l'adeguamento della sezione esistente alla tipologia F urbana, con corsie da 2,75m, banchine da 0,5 m e marciapiede da 1,5 m previsto solo lato valle.

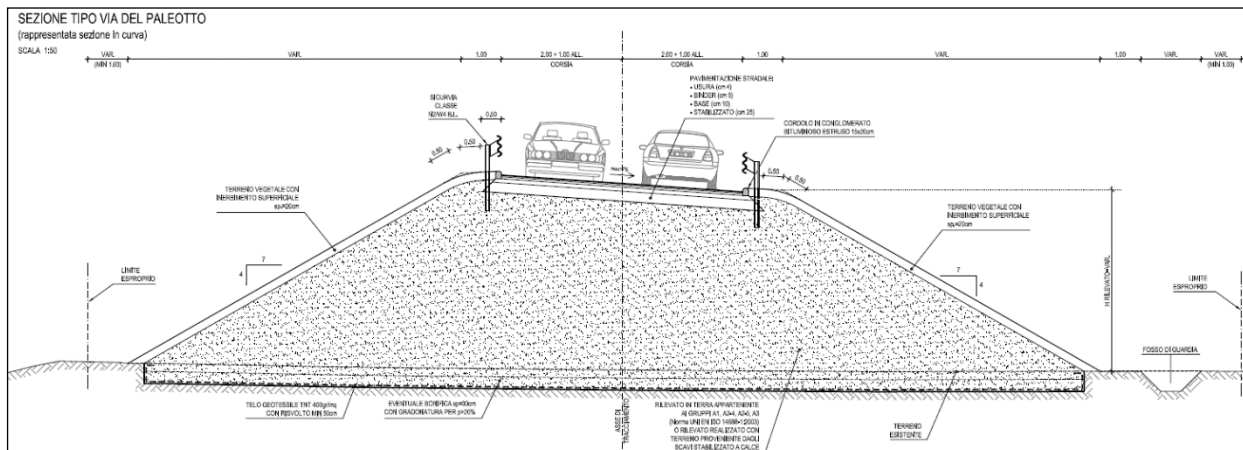


Figura 3-4: sezione trasversale tipica del collegamento a via del Paleotto.

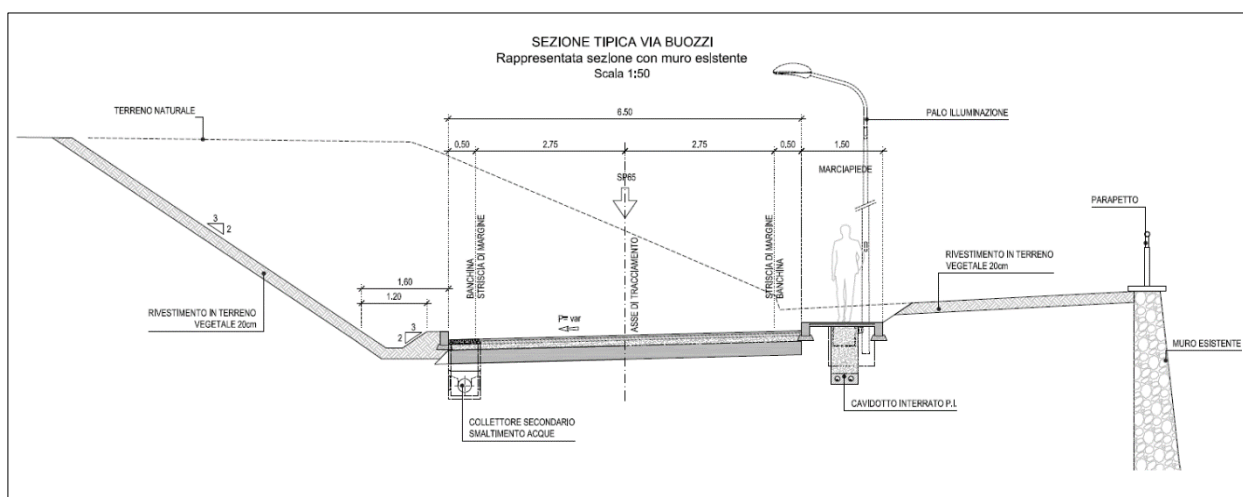


Figura 3-5: sezione trasversale tipica deviazione via Buozzi.

Per ulteriori dettagli circa le sezioni tipiche delle viabilità secondarie si rimanda agli elaborati specifici.

3.3 Andamento plano-altimetrico di progetto e verifiche di rispondenza ad DM 6792 del 05.11.2001 ed al D.M. 19/04/2006

Nei seguenti paragrafi sono riportate tabelle in cui sono sintetizzate le caratteristiche geometriche dei tracciati di progetto in termini di elementi planimetrici, vertici altimetrici e livellette e raccordi altimetrici. Per essi sono anche riportati gli esiti delle relative analisi di congruenza rispetto ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001. Ogni colonna delle tabelle è identificata da un numero che ne identifica il contenuto in riferimento all'elenco seguente:

- (1) numerazione progressiva elemento planimetrico;
- (2) progressiva iniziale dell'elemento;
- (3) progressiva finale dell'elemento;
- (4) lunghezza dell'elemento in asse;

- (5) tipo di elemento, RETTIFILO, ARCO di curva o arco di CLOTOIDE;
- (6) parametro di scala, per gli archi di clotoide;
- (7) raggio iniziale degli elementi curvilinei;
- (8) raggio finale degli elementi curvilinei;
- (9) verso di percorrenza delle curve circolari nella direzione delle progressive crescenti (Dx = curva destrorsa, Sx = curva sinistrorsa);
- (10) pendenza trasversale della semicarreggiata destra;
- (11) pendenza trasversale della semicarreggiata sinistra;
- (12) velocità di progetto dell'elemento planimetrico, desunta dal diagramma di velocità di progetto;
- (13) 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 e condensate nell'esito positivo o negativo sono le seguenti:
 - raggio minimo delle curve planimetriche;
 - relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede;
 - compatibilità tra i raggi di due curve successive;
 - lunghezza massima dei rettifili;
 - lunghezza minima dei rettifili;
 - congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio da tratti con $V_{p,max}$ a curve a $V_p < V_{p,max}$;
 - congruenza del diagramma delle velocità nel passaggio fra due curve successive ($V_{p1} > V_{p2}$);
 - lunghezza minima delle curve circolari;
- (14) eventuali note relative all'elemento planimetrico;
- (15) numerazione progressiva del vertice altimetrico;
- (16) progressiva del vertice altimetrico;
- (17) quota del vertice altimetrico;
- (18) differenza tra la progressiva del vertice i e quella del vertice i-1, coincidente con la lunghezza sul piano orizzontale della livelletta, al lordo della parte occupata dai raccordi verticali.
- (19) differenza tra le progressive iniziali e finali della livelletta a monte del vertice, coincidente con la lunghezza sul piano orizzontale della livelletta al netto della parte occupata dai raccordi verticali.
- (20) pendenza della livelletta a monte del vertice;
- (21) differenza di quota tra il vertice i ed il vertice i-1;
- (22) lunghezza inclinata della livelletta a monte del vertice, al lordo della parte occupata dai raccordi verticali;

- (23) lunghezza inclinata della livelletta a monte del vertice, al netto della parte occupata dai raccordi verticali;
- (24) risultati delle analisi di congruenza della livelletta a monte del vertice rispetto ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001;
- (25) eventuali note relative a vertici altimetrici e livellette;
- (26) numerazione progressiva del raccordo altimetrico;
- (27) tipo di raccordo altimetrico, che può essere PARABOLICO o CIRCOLARE, CONCAVO (sacca) o CONVESSO (dosso).
- (28) raggio del cerchio osculatore nel vertice della parabola, nel caso di raccordo parabolico, o del cerchio in caso di raccordo circolare.
- (29) differenza tra la pendenza della livelletta successiva e quella della livelletta precedente;
- (30) sviluppo effettivo del raccordo;
- (31) progressiva iniziale del raccordo;
- (32) progressiva finale del raccordo;
- (33) lunghezza del raccordo in asse strada sul piano orizzontale;
- (34) Velocità di progetto dell'elemento altimetrico, desunta dal diagramma di velocità di progetto;
- (35) Raggio minimo per la limitazione dell'accelerazione verticale a $0,6 \text{ m/s}^2$, calcolato in funzione della velocità di progetto.
- (36) risultati delle analisi di congruenza della livelletta a monte del vertice rispetto ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001;
- (37) eventuali note relative ai raccordi altimetrici.

3.3.1 *Tratto da Via de Gasperi a rotatoria Oche*

La strada Fondo Valle Savena, che in questo tratto assume la denominazione di Via de Gasperi, presenta le dimensioni trasversali tipiche delle strade di tipo C1 per tutto il tratto in Comune di Pianoro ad eccezione di un breve tratto subito a monte del ponte delle Oche laddove presenta una larghezza di 6 m circa.


Il presente tratto, di lunghezza pari a 235m circa, costituisce l'adeguamento della viabilità esistente alle caratteristiche dimensioni delle strade di tipo C1 così da garantire la continuità con il precedente tratto di strada Fondo Valle Savena e i successivi tratti in variante.

Dal punto di vista planimetrico la strada si discosta lievemente dal tracciato esistente così da realizzare un più agevole innesto della successiva rotatoria Oche.

L'intervento si configura pertanto come adeguamento di infrastruttura esistente e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

L'asse è equiparato alla categoria di strada di tipo "C1", con intervallo della velocità di progetto $60 \div 100 \text{ km/h}$.

Le velocità finale risulta vincolata dai raggi di curvatura dei cigli delle corsie di accesso ed uscita dalla rotatoria di estremità (rotatoria Oche). In particolare, da progressiva 0+0.000 a 0+10.869 e da 0+504.748 a fine asse, la velocità è assunta pari a 25 km/h.

	VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE
---	---

Nella seguente tabella vengono sintetizzati gli elementi planimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem.	Progr. iniz. [m]	Progr. fin. [m]	Lungh. [m]	Tipo elem.	Parametro	Raggio iniz. [m]	Raggio fin. [m]	Vs	Pt dx [%]	Pt sx [%]	Vp	Ver.	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	0.00	0.001	0.001	RETTIFILO	-	-	-		-2.5	-2.5	67	NO	Elemento di raccordo con la viabilità esistente
2	0.001	22.312	22.311	CLOTOIDE	167	-	1250	Sx	0	0	67	NO	Non rispettato il criterio ottico $A \geq R/3$
3	22.312	70.576	48.264	ARCO	-	1250	1250	Sx	3.496	3.496	64	Sì	
4	70.576	88.579	18.000	CLOTOIDE	150	1250	-	Sx	0	0	51	NO	Non rispettato il criterio ottico $A \geq R/3$
5	88.579	218.294	129.717	RETTIFILO	-	-	-		-2.5	-2.5	47	Sì	
6	218.294	237.794	19.500	RETTIFILO	-	-	-		-2.5	-2.5	25	NO	Elemento di raccordo alla rotatoria di estremità.

Tabella 3-1: verifica caratteristiche planimetriche tratto De Gasperi - Oche.

Le verifiche sono soddisfatte a meno del criterio ottico per le due clotoidi.


Nelle tabelle seguenti sono invece riportati gli andamenti altimetrici e i relativi risultati delle verifiche di rispondenza ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001. La prima tabella si riferisce a vertici altimetrici e livellette, mentre la seconda riguarda i raccordi altimetrici.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	ΔPk [m]	ΔPk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
0	0	103.719	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	120.107	102.100	120.107	86.418	-1.348	-1.619	120.118	86.426	Sì	
2	237.794	102.100	117.686	83.997	0	0	117.686	83.997	Sì	

Tabella 3-2: verifica caratteristiche altimetriche tratto De Gasperi - Oche – vertici e livellette.

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δi [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	ΔPk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO CONCAVO	5000.000	1.348	67.381	86.418	153.797	67.379	100	1286.008	Sì	

Tabella 3-3 – Verifica caratteristiche altimetriche tratto De Gasperi - Oche – raccordi verticali.

	VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE
---	---

3.3.2 Tratto da rotatoria Oche a rotatoria Paleotto

L'asse rientra nella categoria di strada di tipo "C1" con Vp compresa tra 60÷100 km/h. Le velocità iniziale e finale risultano vincolate dai raggi di curvatura dei cigli delle corsie di accesso ed uscita dalle rotatorie di estremità (rotatoria Oche e rotatoria Paleotto). In particolare, da progressiva 0+0.000 a 0+10.869 e da 0+504.748 a fine asse, la velocità è assunta pari a 25 km/h.


Nella seguente tabella vengono sintetizzati gli elementi planimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem.	Progr. iniz. [m]	Progr. fin. [m]	Lungh. [m]	Tipo elem.	Parametro	Raggio iniz. [m]	Raggio fin. [m]	Vs	Pt dx [%]	Pt sx [%]	Vp	Ver.	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	237.794	245.888	8.094	RETTIFILO	-	-	-		1.750	-2.500	25.000	NO	Elemento di raccordo alla rotatoria di estremità.
2	245.888	327.713	81.826	ARCO	-	230.000	230.000	Sx	6.000	-6.000	76.050	Sì	
3	327.713	385.213	57.500	CLOTOIDE	115.000	230.000	∞	Sx	0.000	0.000	55.876	NO	Ae/A=0 (<2/3) perché la clotoide precedente è assente.
4	385.213	393.577	8.363	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	-2.500	57.767	Sì	
5	393.577	446.879	53.303	CLOTOIDE	87.000	∞	142.000	Dx	0.000	0.000	66.711	Sì	
6	446.879	618.909	172.029	ARCO	-	142.000	142.000	Dx	-6.000	6.000	63.440	Sì	
7	618.909	644.685	25.776	CLOTOIDE	60.500	142.000	∞	Dx	0.000	0.000	53.635	Sì	
8	644.685	644.702	0.017	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	-2.500	47.666	Sì	
9	644.702	667.583	22.880	CLOTOIDE	57.000	∞	142.000	Sx	0.000	0.000	47.662	Sì	
10	667.583	747.874	80.291	ARCO	-	142.000	142.000	Sx	6.000	-6.000	63.440	Sì	
11	747.874	769.356	21.483	RETTIFILO	-	-	-		1.750	-2.500	25.000	NO	Elemento di raccordo alla rotatoria di estremità.
12	769.356	786.356	17.000	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	-2.500	25.000	NO	Elemento di raccordo con il tratto Paleotto-Rastignano successivo.

Tabella 3-4: verifica caratteristiche planimetriche tratto Oche-Paleotto.

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati gli andamenti altimetrici e i relativi risultati delle verifiche di rispondenza ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001. La prima tabella si riferisce a vertici altimetrici e livellette, mentre la seconda riguarda i raccordi altimetrici.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	Δ Pk [m]	Δ Pk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)

	VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE
---	--

0	237.792	102.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	421.236	102.100	183.441	129.242	0.000	0.000	183.441	129.242	Sì	
2	682.770	106.150	261.533	184.105	1.549	4.050	261.565	184.127	Sì	
3	786.354	106.150	103.585	80.356	0.000	0.000	103.585	80.356	Sì	

Tabella 3-5: verifica caratteristiche altimetriche Oche-Paleotto – vertici e livellette.

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δi [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	ΔPk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO CONCAVO	7000.000	1.549	108.404	367.037	475.436	108.399	66.711	572.327	Sì	
2	PARABOLICO CONVESSO	3000.000	-1.549	659.541	705.998	566.133	46.457	44.225	251.522	Sì	

Tabella 3-6 – Verifica caratteristiche altimetriche Oche-Paleotto – raccordi verticali.

3.3.3 Tratto da rotatoria Paleotto a rotatoria Rastignano

L'asse rientra nella categoria di strada di tipo “C1” con Vp compresa tra 60÷100 km/h.

Le velocità iniziale e finale risultano vincolate dai raggi di curvatura dei cigli delle corsie di accesso ed uscita dalle rotatorie di estremità (rotatorie Paleotto e rotatoria Rastignano). In particolare, da progressiva 0+0.000 a 0+11.686 e da 0+783.697 a fine asse, la velocità è assunta pari a 25 km/h.

Nella seguente tabella vengono sintetizzati gli elementi planimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem.	Progr. iniz. [m]	Progr. fin. [m]	Lungh. [m]	Tipo elem.	Parametro	Raggio iniz. [m]	Raggio fin. [m]	Vs	Pt dx [%]	Pt sx [%]	Vp	Ver.	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	786.356	793.333	6.977	RETTIFILO	-	-	-		-2.5	1.75	25	NO	Elemento di raccordo alla rotatoria di estremità.
3	793.333	911.200	117.867	ARCO	-	226	226	Dx	-6.0	6.0	45	Sì	
4	911.200	948.245	37.045	CLOTOIDE	91.5	226	-	Dx	0.0	0.0	54	Sì	
5	948.245	948.669	0.423	RETTIFILO	-	-	-		-2.5	-2.5	54	Sì	
6	948.669	995.336	46.667	CLOTOIDE	140	-	420	Sx	0.0	0.0	60	Sì	
7	995.336	1058.133	62.798	ARCO	-	420	420	Sx	6.0	-6.0	71	Sì	
8	1058.133	1104.800	46.667	CLOTOIDE	140	420	-	Sx	0.0	0.0	80	Sì	
9	1104.800	1585.533	480.732	RETTIFILO	-	-	-		-2.5	-2.5	92	Sì	


	<p align="center">VARIANTE ALLA SP65 “DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE</p>
---	--

Tabella 3-7: verifica caratteristiche planimetriche tratto Paleotto-Rastignano.

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati gli andamenti altimetrici e i relativi risultati delle verifiche di rispondenza ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001. La prima tabella si riferisce a vertici altimetrici e livellette, mentre la seconda riguarda i raccordi altimetrici.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	Δ Pk [m]	Δ Pk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
0	786.356	106.150	0	0	0	0	0	0	Sì	
1	802.946	106.1507	16.590	7.5901	0	0	16.5908	7.590	Sì	
2	1097.565	107.918	294.6195	160.619	0.600	1.768	294.624	160.622	Sì	
3	1377.216	112.392	279.650	94.025	1.600	4.474	279.686	94.037	Sì	
4	1563.533	110.855	186.317	125.692	- 0.825	-1.537	186.323	125.696	Sì	
5	1585.533	110.855	22.000	22.000	0	0	22	22	Sì	

Tabella 3-8: verifica caratteristiche altimetriche Paleotto-Rastignano – vertici e livellette.

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δ i [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	Δ Pk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO	3000	0.600	18.000	793.946	811.976	18.000	75.570	734.417	Sì	
2	PARABOLICO	25000	1.000	250.016	972.565	1222.565	250.000	100.000	1286.008	Sì	
3	PARABOLICO	5000	- 2.425	121.254	1316.591	1437.841	121.250	100.000	1286.008	Sì	


Tabella 3-9 : verifica caratteristiche altimetriche Paleotto-Rastignano – raccordi verticali.

3.3.4 Collegamento con Via del Paleotto

L'asse consiste nel collegamento dell'esistente Via del Paleotto, interrotta dalla viabilità principale in progetto, con la rotatoria parco Paleotto. L'intervento, dello sviluppo complessivo di circa 90 m, si configura pertanto come adeguamento di infrastruttura esistente e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

L'asse è equiparato alla categoria di strada di tipo “F2”, con Vp compresa nell'intervallo 40÷100 km/h.

Le velocità iniziale e finale risultano vincolate rispettivamente dalla velocità che si instaura sull'esistente Via del Paleotto e dal raggio di curvatura dei cigli delle corsie di accesso ed uscita dalla rotatoria di estremità. In particolare, stanti la vocazione fortemente locale e le caratteristiche geometriche dell'infrastruttura esistente, su Via del Paleotto si impone il limite di velocità di 30 km/h, mentre da progressiva 0+81.610 a fine asse, la velocità è assunta pari a 25 km/h.

	<p style="text-align: right;">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE</p>
---	---

Nella seguente tabella vengono sintetizzati gli elementi planimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem.	Progr. iniz. [m]	Progr. fin. [m]	Lungh. [m]	Tipo elem.	Parametro	Raggio iniz. [m]	Raggio fin. [m]	Vs	Pt dx [%]	Pt sx [%]	Vp	Ver.	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	0.000	8.036	8.036	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	-2.500	30.000	NO	Elemento di raccordo alla rotatoria di estremità.
2	8.036	21.925	13.889	CLOTOIDE	25.000	∞	45.000	Dx	0.000	0.000	30.000	NO	
3	21.925	88.782	66.857	ARCO	-	45.000	45.000	Dx	-7.000	7.000	30.000	Sì	
4	88.782	106.332	17.551	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	2.250	25.000	NO	Elemento di raccordo alla viabilità esistente


Tabella 3-10: verifica caratteristiche planimetriche collegamento a Via del Paleotto.

Per la clotoide 2 non è possibile rispettare il criterio di sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata, mentre sono soddisfatti i criteri di limitazione del contraccolpo ed ottico.

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati gli andamenti altimetrici e i relativi risultati delle verifiche di rispondenza ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001. La prima tabella si riferisce a vertici altimetrici e livellette, mentre la seconda riguarda i raccordi altimetrici.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	Δ Pk [m]	Δ Pk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
0	0.000	98.994	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	
1	8.378	99.033	8.378	3.607	0.458	0.038	8.378	3.607	Sì	
2	79.552	106.150	71.175	56.904	10.000	7.117	71.530	57.188	Sì	
3	108.036	106.150	28.484	18.984	0.000	0.000	28.484	18.984	Sì	

Tabella 3-11: verifica caratteristiche altimetriche collegamento a Via del Paleotto– vertici e livellette.

	VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE
---	--

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δi [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	ΔPk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO CONCAVO	100.000	9.542	9.559	3.607	13.149	9.542	30.000	433.717	NO	
2	PARABOLICO CONVESSO	190.000	-10.000	19.032	70.052	89.052	19.000	29.385	206.291	NO	

Tabella 3-12: verifica caratteristiche altimetriche collegamento a Via del Paleotto– raccordi verticali.

Stante il ridotto spazio a disposizione degli stessi, non è possibile prevedere raccordi di raggio pari o superiore al minimo calcolato in relazione alle distanze di visibilità. Ciononostante, come verificabile nell'apposito elaborato "diagramma di velocità e visibilità", assumendo il limite impositivo di 30 km/h su via del Paleotto la visibilità sia planimetrica, sia altimetrica, risulta garantita.

3.3.5 Collegamento a Via Torriane


L'asse consiste nel collegamento dell'esistente Via Torriane con la viabilità principale, tratto Oche-Paleotto, mediante intersezione a T. L'intervento, dello sviluppo complessivo di circa 50 m, si configura pertanto come adeguamento di infrastruttura esistente e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

Dal punto di vista planimetrico, l'asse consiste in un singolo rettilineo che ricalca la viabilità attuale. Le modifiche sostanziali rispetto allo stato di fatto consistono in una variante altimetrica, necessaria a portare la strada alla quota del ciglio esterno della viabilità principale in progetto, sintetizzata nelle tabelle seguenti.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	ΔPk [m]	ΔPk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
0	0.000	101.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	
1	14.479	100.921	14.479	5.589	-0.890	-0.129	14.479	5.589	Sì	
2	44.712	103.339	30.234	17.344	8.000	2.419	30.330	17.399	Sì	
3	49.712	103.339	5.000	1.000	0.000	0.000	5.000	1.000	Sì	
4	54.963	103.007	5.251	5.251	-6.332	-0.332	5.261	5.261	Sì	Livellina fittizia per il raccordo con l'asse della viabilità principale

Tabella 3-13: verifica caratteristiche altimetriche collegamento a Via Torriane– vertici e livellette.

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δi [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	ΔPk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
----	------	---------------------	----------------	--------------	---------------------	-------------------	--------------------------	---------	-------------------	----------	------

	<p align="center">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE</p>
---	--

(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO CONCAVO	200.000	8.890	17.797	5.589	23.369	17.780	28.580	390.337	NO	
2	PARABOLICO CONVESSO	100.000	-8.000	8.009	40.712	48.712	8.000	5.829	20.000	Sì	
3	ASSENTE	0.000	-6.332	0.000	49.712	49.712	0.000	0.000	20.000	-	

Tabella 3-14: verifica caratteristiche altimetriche collegamento a Via Torriane– raccordi verticali.

3.3.6 Collegamento al campo sportivo

L'asse in un collegamento tra la viabilità esistente e l'area del campo sportivo, ad uso pedonale e carrabile solo per mezzi di servizio. L'intervento, dello sviluppo complessivo di circa 243 m, si configura pertanto come strada a destinazione particolare e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.

Per l'asse si assume una velocità massima di progetto pari a 30 km/h.

Le velocità iniziale e finale risultano pari a 0 km/h.


Nella seguente tabella vengono sintetizzati gli elementi planimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem.	Progr. iniz. [m]	Progr. fin. [m]	Lungh. [m]	Tipo elem.	Parametro	Raggio iniz. [m]	Raggio fin. [m]	Vs	Pt dx [%]	Pt sx [%]	Vp	Ver.	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	0.000	0.223	0.223	RETTIFILO	0.000	0.000	0.000		-2.444	-2.500	0.154	NO	
2	0.223	54.624	54.402	ARCO	0.000	75.000	75.000	Sx	2.500	-2.500	30.000	NO	
3	54.624	92.927	38.303	RETTIFILO	0.000	0.000	0.000		2.500	-2.500	30.000	Sì	
4	92.927	127.007	34.080	ARCO	0.000	100.000	100.000	Dx	2.500	-2.500	30.000	Sì	
5	127.007	167.582	40.574	RETTIFILO	0.000	0.000	0.000		2.500	-2.500	30.000	Sì	
6	167.582	198.729	31.147	ARCO	0.000	50.000	50.000	Sx	2.500	-2.500	30.000	NO	
7	198.729	242.676	43.947	RETTIFILO	0.000	0.000	0.000		-2.500	2.500	30.000	Sì	

Tabella 3-15: caratteristiche planimetriche collegamento campo sportivo.

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati gli andamenti altimetrici. La prima tabella si riferisce a vertici altimetrici e livellette, mentre la seconda riguarda i raccordi altimetrici.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	Δ Pk [m]	Δ Pk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
0	0.000	103.225	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	72.886	104.252	72.886	65.936	1.409	1.027	72.893	65.942	Sì	
2	164.785	102.991	91.899	82.750	-1.372	-1.261	91.907	82.758	Sì	

	VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE
---	--

3	242.676	101.238	77.892	75.694	-2.251	-1.753	77.911	75.713	Sì	
---	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	----	--

Tabella 3-16: caratteristiche altimetriche collegamento campo sportivo – vertici e livellette.

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δi [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	ΔPk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO CONCAVO	500.000	-2.780	13.901	65.936	79.837	13.901	30.000	115.741	Sì	
2	PARABOLICO CONVESSO	500.000	-0.879	4.396	162.587	166.983	4.395	30.000	115.741	Sì	

Tabella 3-17: caratteristiche altimetriche collegamento campo sportivo – raccordi verticali.

3.3.7 Deviazione di via Buozzi

L'asse consiste nella deviazione plano-altimetrica di un tratto dell'esistente via Bruno Buozzi dello sviluppo di circa 150 m. L'intervento si configura pertanto come adeguamento di infrastruttura esistente e per esso il D.M. 05/11/2001 è assunto come riferimento normativo non cogente.


L'asse è equiparato alla categoria di strada di tipo "F URBANA", con Vp compresa nell'intervallo 25÷60 km/h.

Le velocità iniziale è assunta pari a 0 km/h in quanto coincidente con l'intersezione con la SP65, regolata da stop.

Nella seguente tabella vengono sintetizzati gli elementi planimetrici che compongono l'asse di progetto.

Elem.	Progr. iniz. [m]	Progr. fin. [m]	Lungh. [m]	Tipo elem.	Parametro	Raggio iniz. [m]	Raggio fin. [m]	Vs	Pt dx [%]	Pt sx [%]	Vp	Ver.	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	0.000	2.970	2.970	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	0.272	1.400	NO	
2	2.970	23.923	20.953	ARCO	-	150.000	150.000	Dx	-3.043	3.043	60.000	NO	
3	23.923	42.760	18.837	RETTIFILO	-	-	-		-2.500	-2.500	20.157	NO	
4	42.760	58.552	15.791	ARCO	-	45.000	45.000	Sx	3.500	-3.500	37.540	NO	
5	58.552	79.725	21.174	RETTIFILO	-	-	-		3.500	-3.500	37.582	NO	
6	79.725	88.216	8.490	ARCO	-	80.000	80.000	Sx	3.500	-3.500	49.410	NO	
7	88.216	125.893	37.677	RETTIFILO	-	-	-		3.500	-3.500	43.989	Sì	
8	125.893	140.408	14.515	ARCO	-	40.000	40.000	Sx	3.500	-3.500	35.490	NO	
9	140.408	150.086	9.679	RETTIFILO	-	-	-		0.500	-2.500	38.213	NO	Elemento di raccordo alla viabilità esistente

Tabella 3-18: verifica caratteristiche planimetriche deviazione via Buozzi.

	<p style="text-align: center;">VARIANTE ALLA SP65 "DELLA FUTA NODO DI RASTIGNANO – 2° LOTTO DI COMPLETAMENTO Tratto compreso tra svincolo di Rastignano e Ponte Delle Oche nei comuni di San Lazzaro di Savena, Bologna e Pianoro Progetto Definitivo RELAZIONE TECNICA STRADALE</p>
---	---

Nelle tabelle seguenti sono invece riportati gli andamenti altimetrici e i relativi risultati delle verifiche di rispondenza ai criteri indicati nella normativa DM del 05/11/2001. La prima tabella si riferisce a vertici altimetrici e livellette, mentre la seconda riguarda i raccordi altimetrici.

N.	Progr. [m]	Quota [m]	ΔPk [m]	ΔPk netta [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lungh. inclinata [m]	Lungh. inclinata netta [m]	Verifica	Note
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
0	0.000	100.615	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
1	7.803	100.615	7.803	0.654	0.000	0.000	7.803	0.654	Sì	
2	78.083	103.965	70.281	55.280	4.765	3.349	70.360	55.343	Sì	
3	137.690	109.925	59.607	45.760	10.000	5.961	59.904	45.989	Sì	
4	150.086	110.740	12.396	6.402	6.575	0.815	12.423	6.416	Sì	

Tabella 3-19: verifica caratteristiche altimetriche deviazione via Buozzi – vertici e livellette.

N.	Tipo	Raggio osculat. [m]	Δi [%]	Sviluppo [m]	Progr. Iniziale [m]	Progr. finale [m]	ΔPk raccordo [m]	Vp km/h	Raggio minimo [m]	Verifica	Note
(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
1	PARABOLICO CONCAVO	300.000	4.766	14.303	0.654	14.951	14.297	7.048	40.000	Sì	
2	PARABOLICO CONCAVO	300.000	5.235	15.748	70.231	85.935	15.704	40.509	766.012	NO	
3	PARABOLICO CONVESSO	350.000	-3.425	12.030	131.695	143.684	11.988	36.412	170.502	Sì	

Tabella 3-20: verifica caratteristiche altimetriche deviazione via Buozzi – raccordi verticali.

3.3.8 Distanze di visibilità per l'arresto

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 piano-altimetrico del tracciato stradale e agli allargamenti progettuali previsti.

Per le verifiche di visibilità dei singoli tratti di strada si rimanda agli specifici elaborati grafici denominati "diagramma di velocità e visibilità".

3.3.9 Caratteristiche geometriche delle intersezioni a rotatoria

Nella tabella seguente si riportano i parametri geometrici maggiormente significativi per la progettazione delle intersezioni a rotatoria, ovvero:

- Raggi $Re1$ ed $Re2$ dei rami in ingresso; i valori si riferiscono ai cigli che delimitano la corsia, tra parentesi sono indicati i raggi del ciglio pavimentato.
- Raggi $Ra1$ e $Ra2$ dei rami in uscita; i valori si riferiscono ai cigli che delimitano la corsia, tra parentesi sono indicati i raggi del ciglio pavimentato.
- Angoli di deviazione β per la manovra di attraversamento.

Gli angoli di deviazione β per la manovra di attraversamento del nodo risultano sempre superiori al valore minimo raccomandato indicato dalla normativa, pari a 45° . Per la determinazione di tale parametro sono state considerate le traiettorie che percorrono bracci non consecutivi formanti tra di loro un angolo non inferiore a 180° .

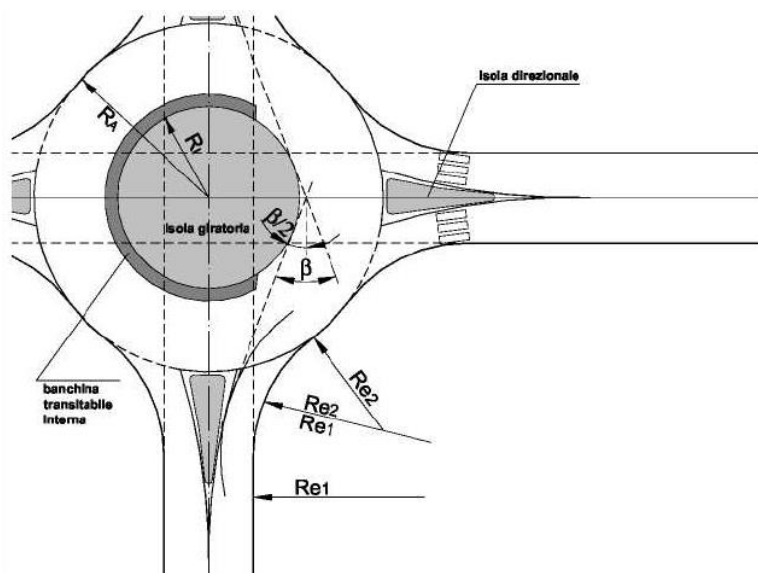


Figura 3-6: elementi geometrici delle intersezioni a rotatoria.

Rotatoria	Diametro e bracci		Angoli di deviazione		Raggi di entrata		Raggi di uscita	
	Diametro esterno [m]	Asse	Manovra di attraversamento	Angolo di deviazione β [°]	Re1(m)	Re2(m)	Ra1(m)	Ra2(m)
Rotatoria ponte delle Oche	45	1: coll. De Gasperi	1 -> 3	53,3°	96,5 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	77,5 (76)
		2: coll. ponte Oche	2 -> 4	95,1°	95,2 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	76,2 (76)
		3: Oche- Paleotto	3 -> 1	84,0°	96,5 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	77,5 (76)
		4: coll. Via Malpasso	4 -> 2	58,8°	14,66 (80)	17,5 (16)	17,5 (16)	64 (63,95)
Rotatoria parco Paleotto	40	1: Oche- Paleotto	1 -> 3	57,2°	96,5 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	77,5 (76)
		2: coll. Via del Paleoto	-	-	-	16,69 (16)	16,4 (19)	-76
		3: Paleotto- Rastignano	3 -> 1	67,2°	96,5 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	77,5 (76)
Rotatoria Rastignano	50	1: Paleotto- Rastignano	1 -> 3	87,3°	96,5 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	77,5 (76)
		2: bretella Rastignano (l stralcio)	-	-	96,5 (95)	20,2 (19)	20,3 (19)	77,5 (76)

		3: Rastignano- Dazio (l stralcio)	3 -> 1	60,9°	96,5 (95)	20,5 (19)	20,5 (19)	77.5 (76)
--	--	--	--------	-------	--------------	--------------	--------------	--------------

Tabella 3-21: riepilogo degli elementi geometrici delle intersezioni a rotatoria in progetto.

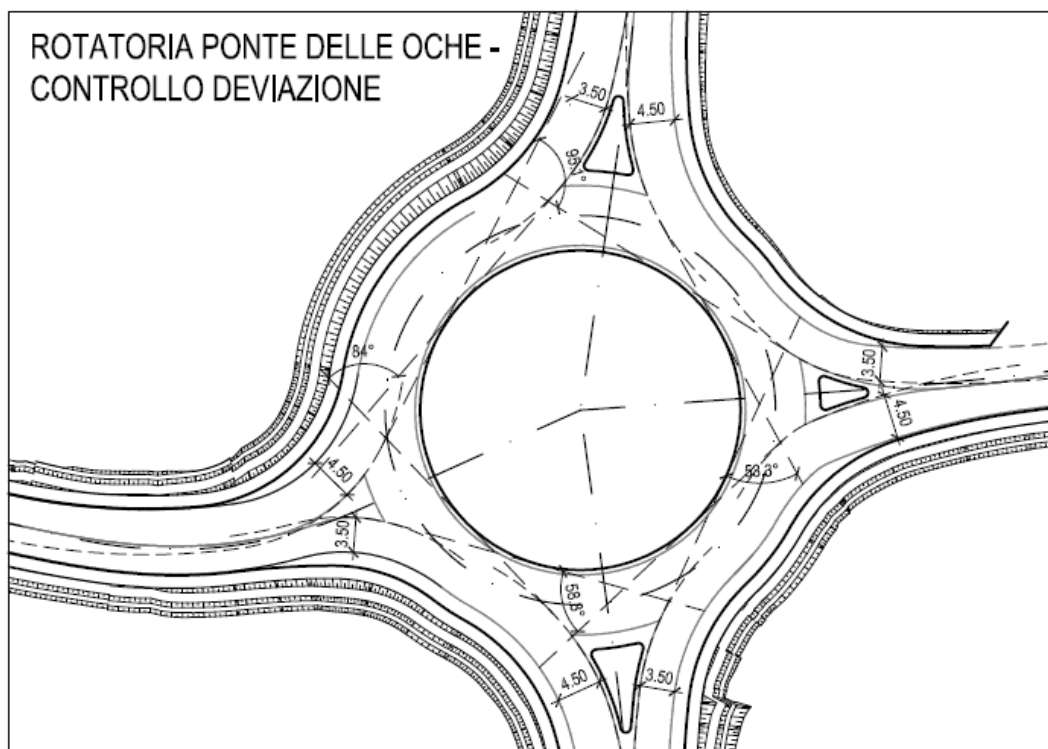


Figura 3-7: angoli di deviazione rotatoria ponte delle Oche.

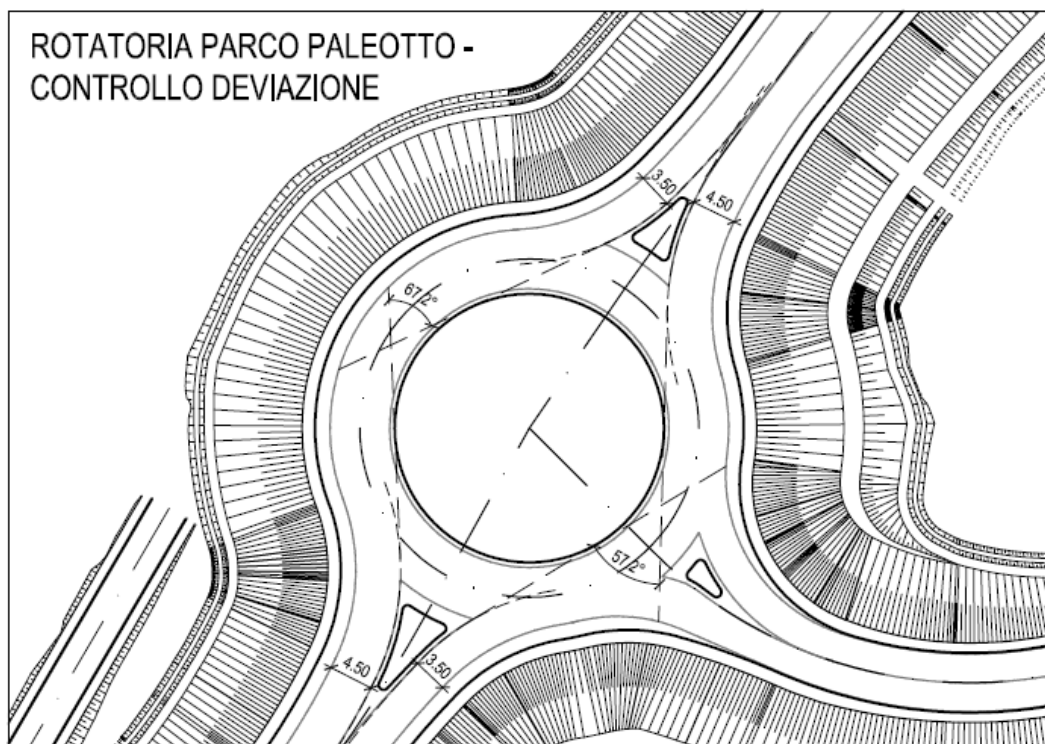


Figura 3-8: angoli di deviazione rotatoria Paleotto.

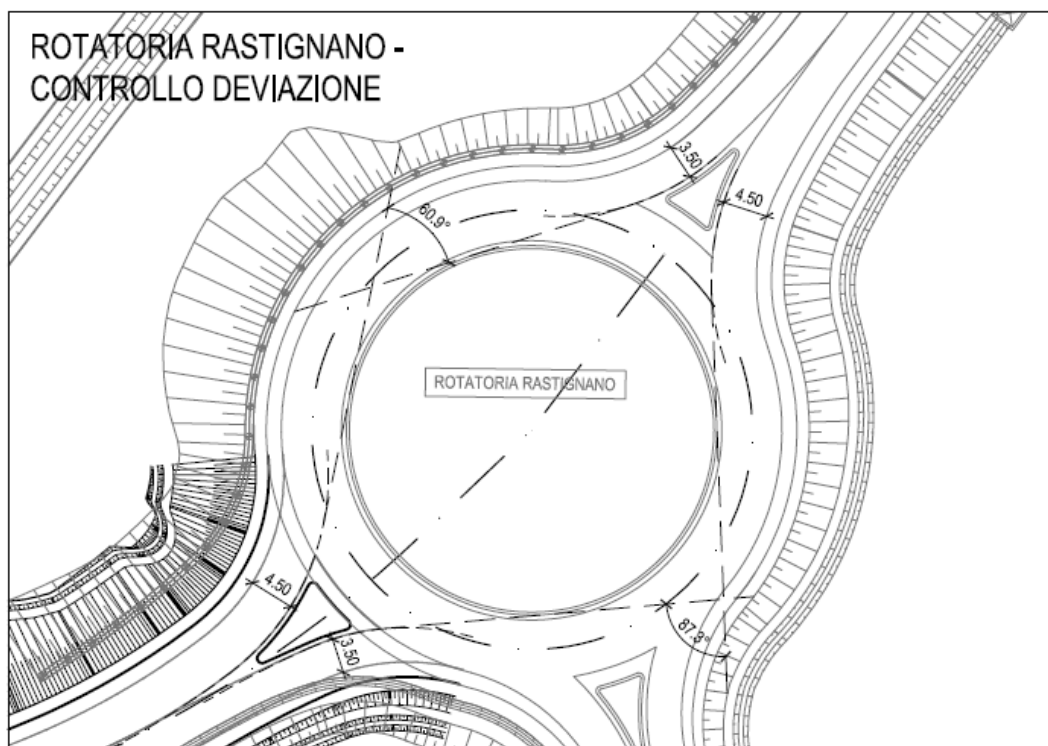


Figura 3-9: angoli di deviazione rotatoria Rastignano.

3.3.10 *Analisi di visibilità delle intersezioni a rotatoria*

Le verifiche dei campi di visibilità in approccio alla rotatoria sono condotte in accordo con le indicazioni di cui al § 4.6 del DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

I campi di visibilità sono rappresentati nelle figure seguenti. Dagli accessi deve essere visibile almeno un quarto dello sviluppo della rotatoria, per una distanza, misurata in asse corona, pari a:

$$D_{\min} = \frac{2\pi R}{4}$$

Si hanno, per le diverse rotatorie, i seguenti valori di D_{\min} :

$$D_{\min, OCHE} = \frac{2\pi R}{4} = \frac{2\pi 19.5}{4} = 30.63m$$

$$D_{\min, OCHE} = \frac{2\pi R}{4} = \frac{2\pi 17}{4} = 26.70m$$

$$D_{\min, OCHE} = \frac{2\pi R}{4} = \frac{2\pi 19.5}{4} = 34.56m$$

ROTATORIA PONTE DELLE OCHE

Si ha:

$$D_{\min, OCHE} = \frac{2\pi R}{4} = \frac{2\pi 19.5}{4} = 30.63m$$

Per i diversi approcci, si hanno le seguenti distanze di visibilità:

$$D_{APPROCCIO_SUD} = 33.97m$$

$$D_{APPROCCIO_OVEST} = 34.91m$$

$$D_{APPROCCIO_NORD} = 33.87m$$

$$D_{APPROCCIO_EST} = 36.33m$$

La verifica delle distanze minime di visibilità risulta pertanto soddisfatta.

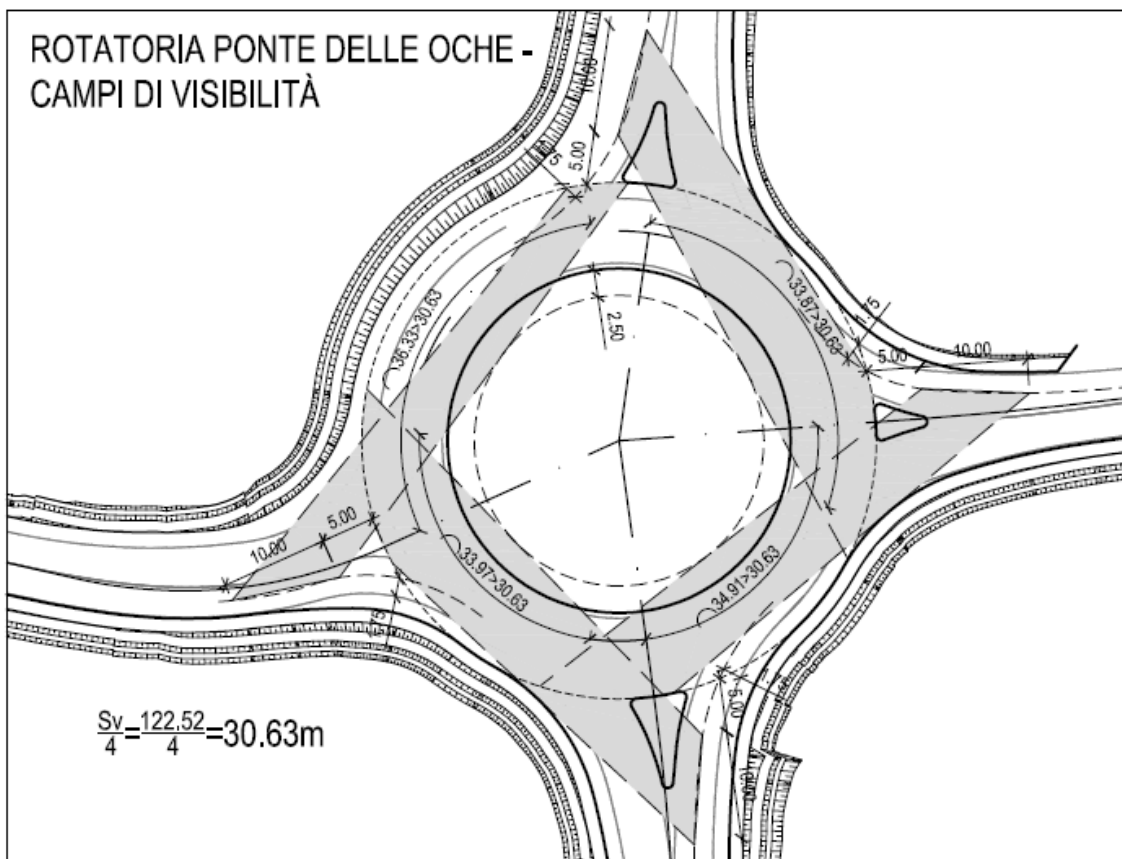


Figura 3-10: campi di visibilità per la rotatoria ponte delle Oche.

ROTATORIA PARCO PALEOTTO

Si ha:

$$D_{\min, OCHE} = \frac{2\pi R}{4} = \frac{2\pi 17}{4} = 26.70m$$

Per i diversi approcci, si hanno le seguenti distanze di visibilità:

$$D_{APPROCCIO_SUD-EST} = 32.09m$$

$$D_{APPROCCIO_OVEST} = 31.24m$$

$$D_{APPROCCIO_NORD-OVEST} = 31.82m$$

La verifica delle distanze minime di visibilità risulta pertanto soddisfatta.

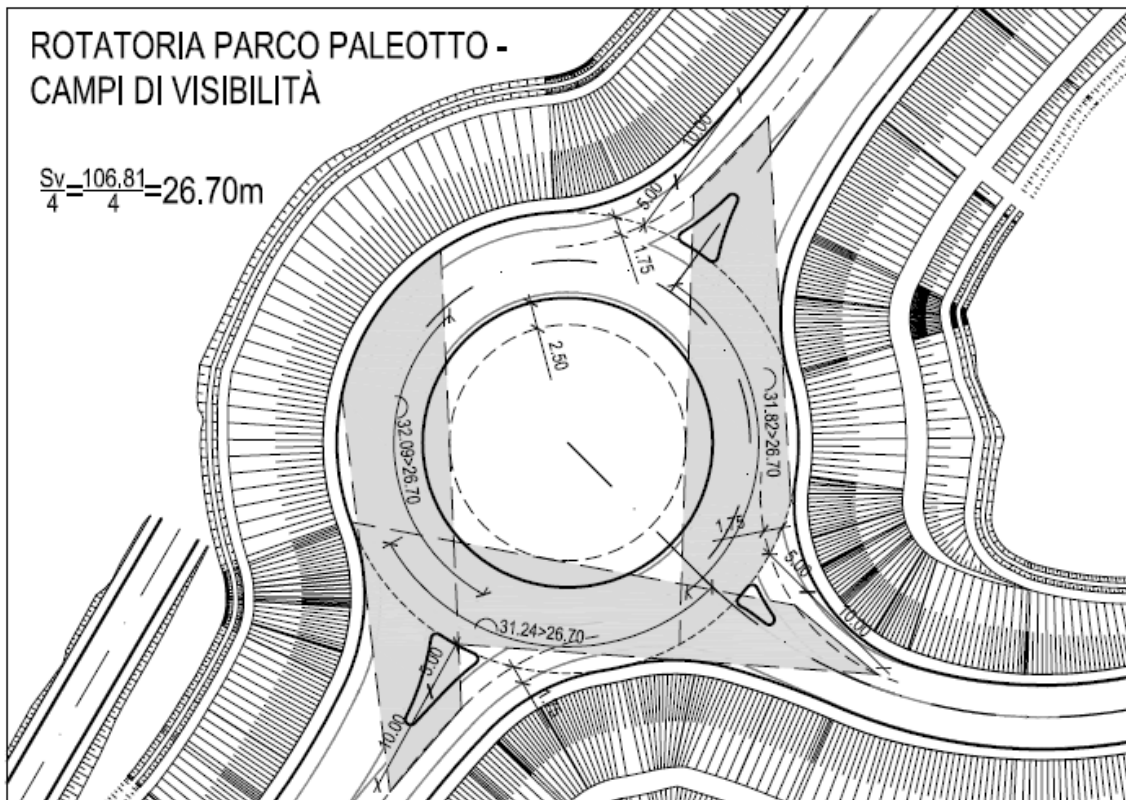


Figura 3-11: campi di visibilità per la rotatoria parco Paleotto.

ROTATORIA RASTIGNANO

Si ha:

$$D_{\min, OCHE} = \frac{2\pi R}{4} = \frac{2\pi 19.5}{4} = 34.56m$$

Per i diversi approcci, si hanno le seguenti distanze di visibilità:

$$D_{APPROCCIO_SUD} = 37.42m$$

La verifica delle distanze minime di visibilità risulta pertanto soddisfatta.

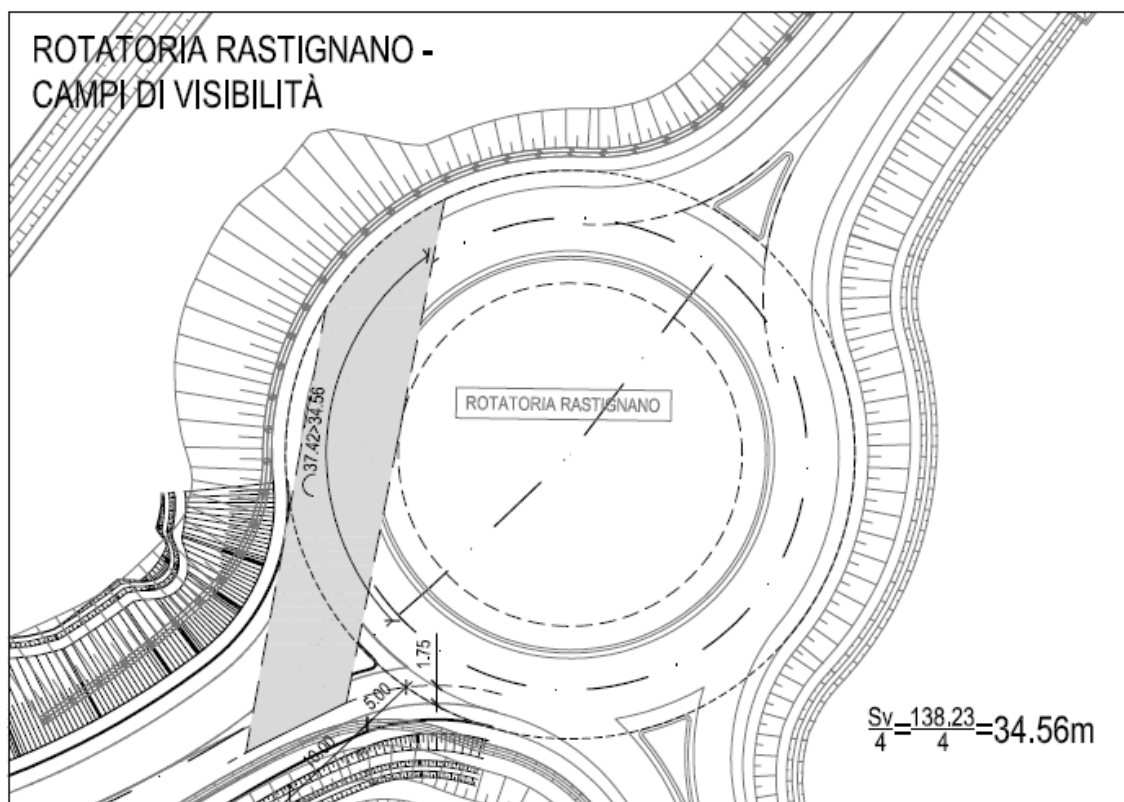


Figura 3-12: campi di visibilità per la rotatoria Rastignano.

3.3.11 Analisi di visibilità delle intersezioni a T

Le verifiche dei campi di visibilità in corrispondenza dell'intersezione tra il tratto Oche-Paleotto dell'asta principale e via Torriane sono condotte in accordo con le indicazioni di cui al § 4.6 del DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

Essendo consentita da via Torriane la sola svolta a destra, l'unico campo di visibilità da verificare è quello in direzione Bologna, rappresentato in figura seguente. Il lato maggiore del triangolo di visibilità è commisurato alla velocità di progetto sull'asse principale nella zona di intersezione, pari a 63,44 km/h e ad un tempo di manovra pari a 6 s, essendo l'intersezione regolata da stop:

$$D = v \cdot t = \frac{63,44}{3,6} m/s \cdot 6s = 105,73m$$

Il lato minore del triangolo di visibilità è invece pari a 3 m.

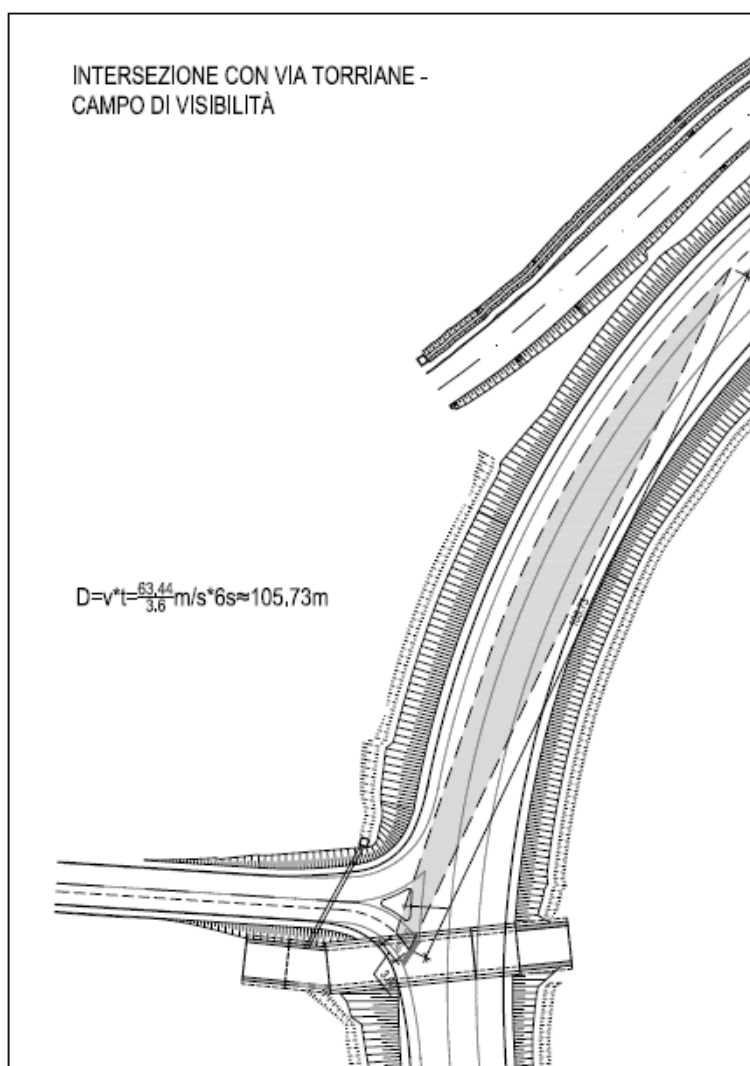


Figura 3-13: campo di visibilità per l'intersezione con via Torriane.

L'area così determinata risulta effettivamente libera da ostacoli aventi massima dimensione planimetrica superiore a 0,80 m.