

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

VIABILITÀ – NV32

Relazione tecnica descrittiva viabilità

SCALA:

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NM25	03	D	26	RG	NV3200	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G.Coppa	Aprile 2020	A. Faravacini	Aprile 2020	M. Berlingieri	Aprile 2020	A. Perago

File: NM2503D26RGNV3200001A.docx

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 2 di 47

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	6
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	8
4	CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI.....	10
5	NV32 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA).....	12
5.1	INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE.....	12
5.2	VELOCITÀ DI PROGETTO.....	13
5.3	VERIFICA DI RISPONDENZA DEL PROGETTO AL DM 05/11/2001.....	13
5.3.1	<i>Andamento planimetrico.....</i>	<i>13</i>
5.3.2	<i>Andamento Altimetrico.....</i>	<i>16</i>
5.3.3	<i>Pendenze trasversali della piattaforma.....</i>	<i>18</i>
5.3.4	<i>Allargamenti della carreggiata per iscrizione dei veicoli in curva.....</i>	<i>19</i>
5.3.5	<i>Verifiche di visibilità.....</i>	<i>19</i>
5.4	CARATTERISTICHE DEL CORPO STRADALE E DELLA PAVIMENTAZIONE.....	22
5.4.1	<i>Corpo stradale.....</i>	<i>22</i>
5.4.2	<i>Pavimentazione stradale.....</i>	<i>23</i>
5.5	BARRIERE DI SICUREZZA.....	26
6	INTERSEZIONI STRADALI.....	28
6.1	INTERSEZIONE A RASO: INNESTO SU VIABILITÀ ESISTENTE.....	28
6.2	NUOVA ROTATORIA – RICONNESSIONE A SP10 E VIABILITÀ LOCALE.....	30
6.2.1	<i>Deviazione delle traiettorie.....</i>	<i>30</i>
6.2.2	<i>Distanze di visibilità.....</i>	<i>32</i>
7	FASI REALIZZATIVE.....	34
8	ALLEGATI.....	35

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 3 di 47

8.1 TABULATI DI TRACCIAMENTO E VERIFICHE PLANIMETRICHE.....35

8.2 TABULATI DI TRACCIAMENTO E VERIFICHE ALTIMETRICHE47

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 4 di 47

1 PREMESSA

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualificazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l'intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull'intera relazione.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L'obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l'incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest'ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell'ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all'attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^ fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L'opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^ fase del progetto prevede i seguenti interventi:

- Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall'attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;
- Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell'ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualificazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 5 di 47

e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L'intervento, nel suo complesso, grazie all'incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.

La presente relazione viene emessa nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al Progetto definitivo del Raddoppio Ferroviario Codogno-Cremona-Mantova.



Figura 1: inquadramento e contestualizzazione NV32

In particolare, sarà trattata la risoluzione delle interferenze corpo ferroviario-viabilità tramite soppressione degli esistenti passaggi a livello e adozione di opere di scavalco (cavalcaferrovia).

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 6 di 47

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è la descrizione della soluzione adottata per la viabilità NV32, interferente con il nuovo corpo ferroviario del collegamento tra le stazioni di Piadena e Mantova.

La relazione evidenzia quelle che sono le caratteristiche della viabilità esistente, le ripercussioni che l'inserimento del collegamento ferroviario avrà sulla stessa e come s'intende garantire la continuità all'utenza stradale tenendo conto anche delle caratteristiche territoriali e ambientali.

Gli interventi sulle viabilità sono stati definiti nel rispetto delle normative cogenti e delle condizioni locali esistenti, ambientali, locali, paesaggistiche ed economiche, garantendo sicurezza e funzionalità.

La progettazione degli interventi di risoluzione delle viabilità è di seguito elencata ed è stata eseguita sulla base dei relativi dati in input:

- NV22: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV23: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV24: categoria F (Strada locale urbana), $V_p=25\div60$ km/h;
- NV25: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV26: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV27: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV28: categoria F (Strada locale urbana), $V_p=25\div60$ km/h;
- NV29: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV30: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV31: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV32: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV33: categoria F1 (Strada locale extraurbana), $V_p=40\div100$ km/h;
- NV34: categoria F (Strada locale urbana), $V_p=25\div60$ km/h.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 7 di 47

Nei paragrafi successivi, oltre alle normative di riferimento ed i criteri progettuali impiegati, per ciascuna viabilità verranno riportati:

- le caratteristiche della sezione trasversale tipologica;
- il diagramma delle velocità;
- le caratteristiche dell'andamento planimetrico e relative verifiche;
- le caratteristiche dell'andamento altimetrico e relative verifiche;
- la verifica delle distanze di visuale libera.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 8 di 47

3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per la definizione geometrico-funzionale della viabilità sono state adottate le disposizioni legislative di seguito elencate.

- D. Lgs. 30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”;
- D.M. 05/11/2001 n. 6792: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/2004: “Modifica del decreto 5 Novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»”;
- D.M. 19/04/2006: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- Bozza 21/03/2006 “Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti”;
- D.M. 18/02/1992: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- D.M. 03/06/1998: “Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale”;
- D.M. 21/06/2004: “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 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 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”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: “Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione”;
- Direttiva Ministero LL.PP. 27.04.2006: “II Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione”;

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 9 di 47

- D.M. 02/05/2012: "Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell'articolo 8 del decreto legislativo 15 Marzo 2011, n.35";
- Ministero dei Lavori Pubblici, DM 30 novembre 1999 n° 557 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili".
- D.M. 14/06/1989 n. 236 "Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adottabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche";
- D.P.R. 24/07/1996 n. 503 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici".
- D.P.R. 24/07/1996 n. 503 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici

	RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 10 di 47

4 CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI

Nel testo allegato alla norma D.M. 05/11/2001, al cap. 1 si evidenzia che “interventi su strade esistenti vanno eseguiti adeguando alle presenti norme (D.M. 05/11/2001), per quanto possibile, le caratteristiche geometriche delle stesse, in modo da soddisfare nella maniera migliore le esigenze della circolazione.”

Il progetto dell'intervento di adeguamento ha tenuto conto del D.M. 05/11/2001 nei termini previsti nel successivo D.M. 22/04/2004, e cioè che “le presenti norme (D.M. 05/11/2001) si applicano per la costruzione di nuovi tronchi stradali e sono di riferimento per l'adeguamento delle strade esistenti, in attesa dell'emanazione per esse di una specifica normativa”. e del D.M 19/04/2006 art.2 “nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni esistenti le norme allegate costituiscono il riferimento cui la progettazione deve tendere”.

Poiché ad oggi non sono state emanate ufficialmente normative cogenti per l'adeguamento delle strade esistenti, il criterio seguito per il progetto degli interventi di adeguamento è stato quello di integrare le prescrizioni del D.M. 05/11/2001 con l'adozione di criteri di flessibilità, previsti sulla bozza “Norma per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti 21/03/2006”, al fine di garantire una progettazione compatibile con il contesto (territoriale e progettuale) nell'ambito del quale si colloca l'intervento.

Stabiliti i criteri generali adottati, il progetto di risoluzione della NV32 prevede una sostanziale variazione del tracciato preesistente al fine di sopprimere l'attuale passaggio a livello, risolvendo l'interferenza col corpo ferroviario per mezzo del cavalcaferrovia IV32, di cui si rimanda agli elaborati specifici per una più approfondita analisi.

L'asse di progetto, a sud del corpo ferroviario, si innesta sull'esistente con un'intersezione a raso tale da permettere all'utenza locale di servirsi della preesistente viabilità, mantenendo così la fruibilità degli accessi ai poderi compresi tra la NV32 e la ferrovia.

Planimetricamente, l'asse si compone di tre rettili e due curve, opportunamente raccordate per mezzo di clotoidi, tra essi intercluse, di raggio minimo pari a 150,00 m e massimo pari a 450,00 m. A nord della ferrovia, ci si riconnette alla viabilità locale di Grazie (SP1) e alla SP10 per mezzo di un'intersezione a rotatoria, il cui diametro è pari a 50 m. Essa ha quattro bracci d'approccio, di cui la stessa NV32 (ramo sud). I rami est ed ovest ricalcano planimetricamente la SP10, mentre quello nord si innesta direttamente sulla viabilità provinciale di Grazie (SP1).

Altimetricamente, l'asse principale rapidamente si distacca da piano campagna per permettere lo scavalco del corpo ferroviario, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90m. I rami nord, est ed ovest rimangono sostanzialmente a raso, variando la propria altimetria solamente in approccio alla rotatoria.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 11 di 47

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, si prevede di garantire la continuità di cunette, canalette e fossi di guardia esistenti, operandone le adeguate ricuciture a monte e valle del tratto in progetto.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 12 di 47

5 NV32 – CATEGORIA F1 (STRADA LOCALE EXTRAURBANA)

5.1 Inquadramento funzionale e sezione trasversale

L'infrastruttura è inquadrata come strada locale extraurbana, ricadendo pertanto nella categoria F1 definita dal "D.M. 05/11/2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", con una sezione tipo ad unica carreggiata, composta da:

- due corsie, una per senso di marcia, di larghezza 3,50 m;
- banchina laterale di larghezza 1,00 m.

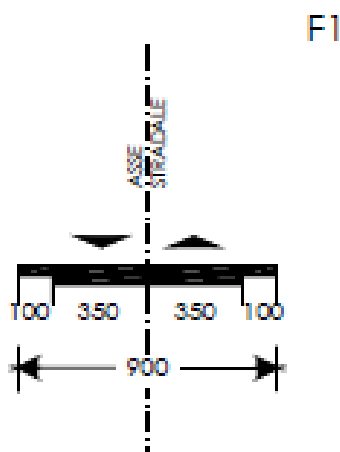


Figura 2: sezione tipo strada extraurbana locale (cat. F1) secondo D.M. 5/11/2001

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza minima pari a 1,50 m. ove alloggiavano le barriere di sicurezza, delimitati a bordo piattaforma da un cordolo in conglomerato bituminoso. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma ha una pendenza strutturale massima del 2/3 con banca di 2,00 m per altezze del rilevato superiori a 5,00 m.

In trincea l'elemento marginale è costituito da una cunetta triangolare; la scarpata avrà pendenza congruente con le condizioni di stabilità degli scavi, usualmente 1/2. La trincea è protetta al ciglio di un fosso di guardia. Per maggiori dettagli si consultino gli elaborati specifici.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 47

5.2 Velocità di progetto

Per la viabilità in oggetto, ai fini delle verifiche normative, è stato preso in considerazione l'intervallo di velocità di progetto definito dal “D.M. 05/11/2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, ossia $V_p=40\div100$ km/h.

La verifica della correttezza della progettazione comporta la redazione del diagramma di velocità per ogni senso di circolazione.

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, che deve essere contenuta nei limiti di cui sopra.

Sulla base di tale velocità sono stati verificati gli elementi planimetrici ed altimetrici.

5.3 Verifica di rispondenza del progetto al DM 05/11/2001

Le verifiche di normativa sono state eseguite mediante l'ausilio del software di progettazione stradale “Civil Design” della Digicorp. In particolare il programma consente la verifica, in tempo reale, delle caratteristiche plano-altimetriche del tracciato rispetto ai parametri previsti dalla normativa di riferimento (DM 05/11/2001).

5.3.1 Andamento planimetrico

5.3.1.1 Rettificili

Per tali elementi geometrici la normativa prescrive dei valori massimi e minimi in funzione della velocità di progetto. In particolare il valore massimo si pone l'obiettivo di limitare la monotonia di guida, il superamento di velocità eccessive e l'abbagliamento notturno. Il valore minimo si pone invece l'obiettivo di garantire la percezione del rettifilo stesso.

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

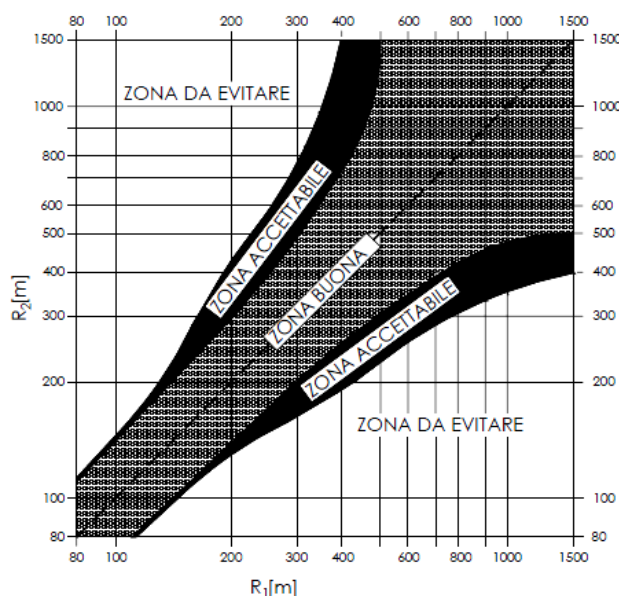
I rettificili in progetto rispettano interamente tali limitazioni e nell'allegato in calce alla presente relazione sono riportate le relative verifiche, sia rispetto ai valori minimi che a quelli massimi di normativa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 47

5.3.1.2 Curve a raggio costante

La verifica delle caratteristiche planimetriche delle curve a raggio costante è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

- Raggio minimo delle curve planimetriche: le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta pari a 45 metri per strade di tipo extraurbane locali;
- Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettilo (L) che la precede:
 - per $L < 300\text{m}$ $R \geq L$
 - per $L \geq 300$ $R \geq 400$ m.
- Compatibilità tra i raggi di due curve successive: essa è stata eseguita sulla scorta del diagramma in calce controllando, come previsto dalla normativa per strade di tipo C, il rapporto tra i raggi ricada almeno nella zona “accettabile”.



- 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 $L_{c,min} \geq 2.5 \cdot v_P$, con v_P in m/s (desunto dal diagramma di velocità) ed $L_{c,min}$ in m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 15 di 47

Le curve in progetto rispettano interamente i criteri stabiliti dalla normativa. Anche per tali elementi del tracciato le verifiche sono riportate in calce alla presente relazione.

5.3.1.3 Curve a raggio variabile: Clotoide

La verifica delle caratteristiche planimetriche delle curve a raggio variabile (clotoidi) è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

- **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:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{V^3}{c} - \frac{g V R (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

c = contraccollo (m/s³);

v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;

qi = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;

qf = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;

g = accelerazione di gravità.

- **Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata):** nelle sezioni di estremità dell'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:

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

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 16 di 47

dove:

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

Δ_{imax} (%) = 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;

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100}$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100}$$

La somma $q_i + q_f$ viene espressa in valore assoluto.

- Criterio 3 (Ottico): per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata la relazione:

$$A \geq R/3 \quad (R_i/3 \text{ in caso di continuità})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$

Le clotoidi risultano sempre verificate, come si può evincere dall'allegato in calce alla presente relazione.

5.3.2 Andamento Altimetrico

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

- Pendenze longitudinali massime: la pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo F1 (locali extraurbane), è pari al 10%;
- 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:

	RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 17 di 47

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

- se invece $D > L$

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

dove:

R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m];

D = distanza di visibilità da realizzare [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.

- Raccordi verticali concavi: in conformità a quanto indicato dalla norma, il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) è determinato come di seguito:

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

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

- se invece $D > L$

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 18 di 47

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];

Δ_i = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento;

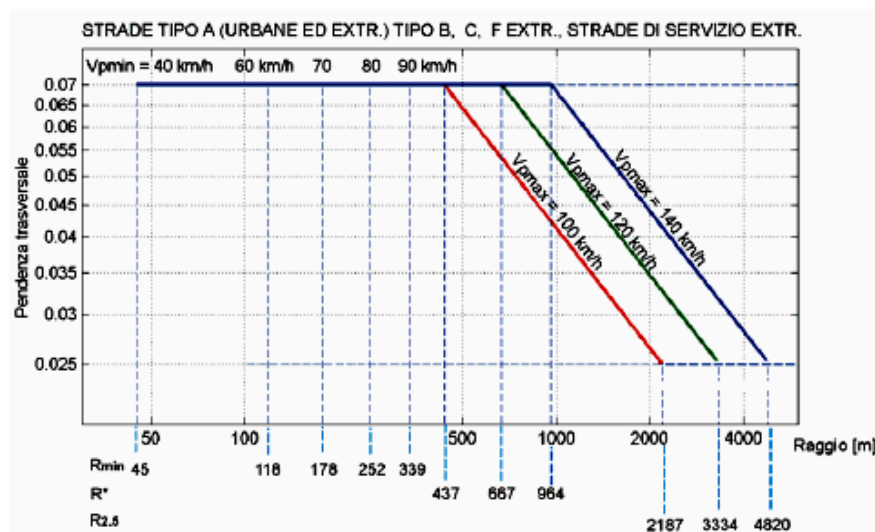
h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale;

ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo. Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

Nell'allegato in calce alla presente relazione sono riportate le verifiche di normativa, che sono sempre soddisfatte.

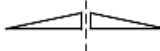
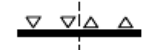
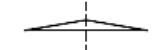
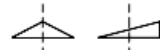
5.3.3 Pendenze trasversali della piattaforma

Le pendenze trasversali sono state calcolate in base ai criteri di normativa, sintetizzati nel diagramma seguente:



A questo proposito si rammenta che la piattaforma in rettilineo è a “schiena d’asino”, con pendenza di ciascuna falda pari al -2.50%, come previsto e consentito dalla normativa:

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 19 di 47

STRADE TIPO	PIATTAFORMA	PENDENZE TRASVERSALI
A, B, D a due o più corsie per carreggiata		
E a quattro corsie		
altre strade		

5.3.4 Allargamenti della carreggiata per iscrizione dei veicoli in curva

Nei tratti in curva, il valore dell'allargamento delle corsie prescritto per consentire l'iscrizione dei veicoli è pari a:

$$E = 45/R$$

dove R [m] è il raggio esterno della corsia (per R > 40 m si può assumere, nel caso di strade ad unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata).

Se il valore dell'allargamento è inferiore a 20 cm, le corsie conservano le larghezze che hanno in rettilo, avendo un allargamento effettivo $E_{\text{effettivo}}=0$. Se invece il valore $E=45/R$ è maggiore o uguale a 20 cm, l'allargamento effettivo è $E_{\text{effettivo}}=E$.

Il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

5.3.5 Verifiche di visibilità

La presenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione. La distanza di visuale libera è definita dalla normativa come la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé indipendentemente dalle condizioni del traffico e dalle condizioni atmosferiche e di illuminazione. Nel caso specifico la distanza di visuale libera deve essere confrontata con:

- la distanza di visibilità per l'arresto, definita come lo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni di sicurezza davanti ad un ostacolo improvviso;

Lungo tutto il tracciato deve essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 20 di 47

Ai fini delle verifiche, la posizione del conducente deve essere sempre considerata al centro della corsia da lui impegnata, con un'altezza del suo occhio a 1,10 m dal piano viario, mentre la posizione dell'ostacolo va considerata a 0,10 m dal piano viario e lungo l'asse della corsia per il calcolo della distanza di arresto.

Le verifiche delle visuali libere sono state condotte in corrispondenza delle curve presenti nel tracciato, confrontando la visuale libera disponibile con la distanza di arresto calcolata: se la visuale libera disponibile è insufficiente ad assicurare l'arresto, si è proceduto ad un allargamento della carreggiata in modo da aumentare la visuale libera. Il diagramma delle velocità riportato nelle tavole indicate fa quindi riferimento alla visuale libera e distanza di visibilità per l'arresto determinate a seguito degli allargamenti necessari.

Tali verifiche vengono esplicate graficamente per mezzo di un diagramma di visibilità, di seguito riportato:

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA						
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 21 di 47	

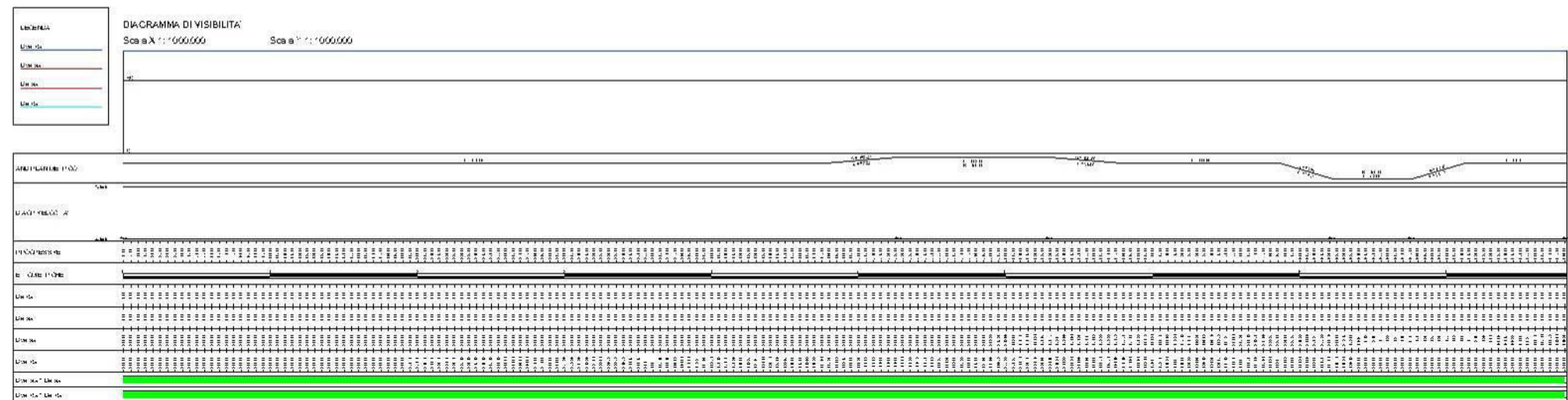


Figura 3: diagramma di visibilità

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 22 di 47

5.4 Caratteristiche del corpo stradale e della pavimentazione

5.4.1 Corpo stradale

Come già indicato in precedenza, la viabilità presenta una sezione trasversale avente piattaforma pavimentata di larghezza pari a 9,00 m, composta da una corsia per verso di marcia pari 3,50 m e banchine laterali pari a 1,00 m.

La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma ha una pendenza strutturale massima del 2/3 con banca di 2.00 m per altezze del rilevato superiori a 5.00 m. Gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza minima pari a 1,50 m.

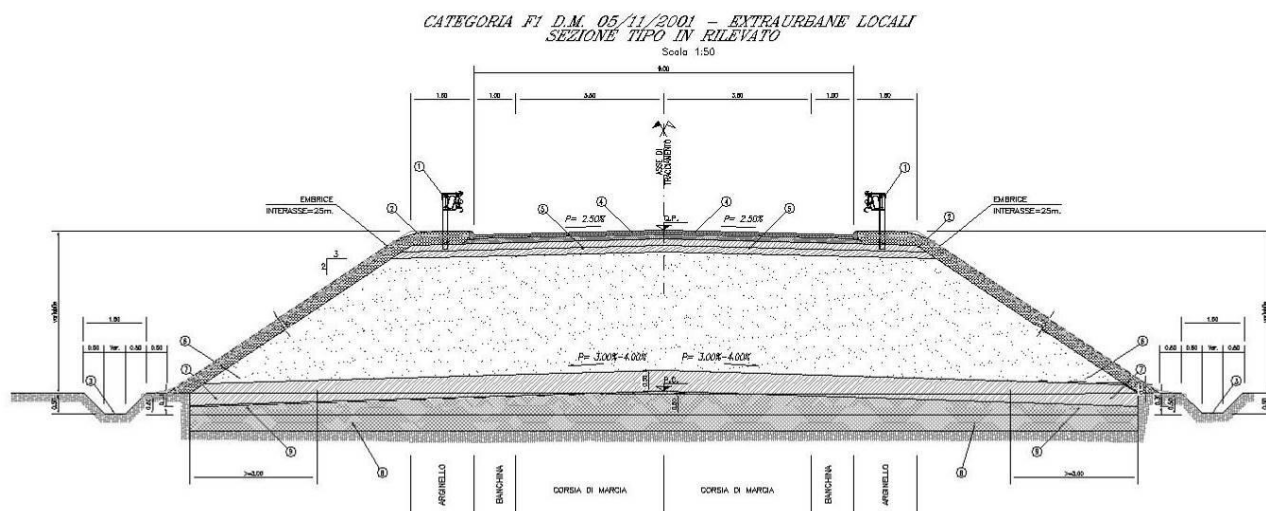


Figura 4: sezione tipo in rilevato ($H \leq 5,00\text{m}$)

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 23 di 47

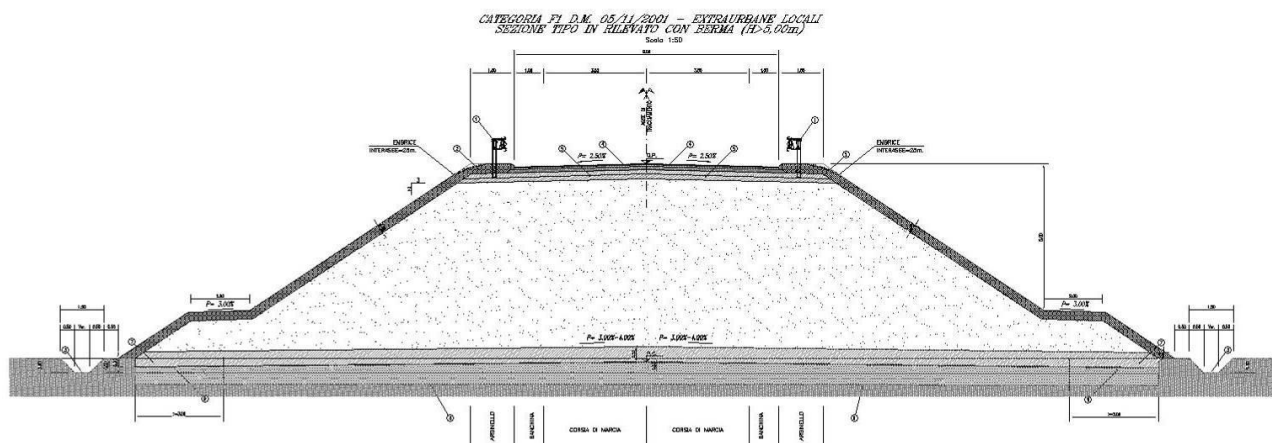


Figura 5: sezione tipo in rilevato (H > 5,00m)

Per l'esecuzione dei rilevati, viene preliminarmente predisposto uno scavo di 0,50 m di scotico, al fine di eliminare e sostituire con materiale opportuno il terreno superficiale, solitamente di pessima qualità e dunque poco indicato per garantire le minime caratteristiche di portanza del sottofondo su cui sarà posto il corpo stradale.

Il riempimento di tale scavo viene effettuato mediante un primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità (strato anticapillare).

Al di sotto del piano di posa del rilevato è prevista una eventuale bonifica del terreno in sito per uno spessore pari a 50 cm.

5.4.2 Pavimentazione stradale

Il pacchetto di pavimentazione stradale adottato per la viabilità in oggetto, visto l'ambito e l'uso che la caratterizza ed in base alle caratteristiche del terreno, è composta dai seguenti strati:

Tabella 1: suddivisione strati

Strato	Spessore [cm]
Usura	4
Collegamento (binder)	5
Base	12
Fondazione	15
Supercompattato	15

per uno spessore complessivo di 51 cm.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 24 di 47

Per il calcolo della pavimentazione flessibile, si è preso in considerazione il modello dettato dal catalogo delle pavimentazioni stradali. Sono stati presi in considerazione i seguenti dati di input:

1. Modulo resiliente del sottofondo: 90N/mm²;
2. Numero di passaggi di veicoli commerciali: 1 500 000;
3. Strade Extraurbane Secondarie – Ordinarie.

Tale spessore è stato incrementato di 15cm inserendo un ulteriore strato di Super-compattato rispettando così quanto imposto dal capitolato 2019 -parte II Sez.5. *“La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30cm (spessore finito)”*.

Tabella 2: caratteristiche materiali pavimentazione stradale

STRATO DI USURA: MISCELA INERTI – Serie setacci UNI (Ø Crivello/Setaccio = passante % in peso): S25.4 = – S19.1 = – S12.7 = 100% S9.52 = 75–100% S4.0 = 45–75% S2.0 = 30–55% S0.42 = 15–30% S0.175 = 10–20% S0.74 = 6–10% CARATTERISTICHE INERTI: – PERDITA IN PESO LOS ANGELES ≤25% – 90% DI ELEMENTI CON ALMENO DUE FACCE DI ROTTURA – COEFF.DI IMBIBIZIONE <0.010 – EQUIVALENTE IN SABBIA ≥ 70% CARATTERISTICHE BITUME: – PENETRAZIONE A 25°C = 50–70	STRATO DI COLLEGAMENTO: MISCELA INERTI – Serie setacci UNI (Ø Crivello/Setaccio = passante % in peso): S25.4 = 100% S19.1 = 85–100% S12.7 = 65–100% S9.52 = 55–85% S4.0 = 35–60% S2.0 = 25–45% S0.42 = 10–25% S0.175 = 7–15% S0.74 = 6–8% CARATTERISTICHE INERTI: – PERDITA IN PESO LOS ANGELES ≤25% – 90% DI ELEMENTI CON ALMENO DUE FACCE DI ROTTURA – COEFF.DI IMBIBIZIONE <0.010 – EQUIVALENTE IN SABBIA ≥ 70% CARATTERISTICHE BITUME: – PENETRAZIONE A 25°C = 50–70
STRATO DI BASE MISCELA INERTI – Serie setacci UNI (Ø Crivello/Setaccio = passante % in peso): S40 = 100% S31.5 = 85–100% S25.4 = 75–100% S19.1 = 60–90% S12.7 = 48–75% S9.52 = 40–65% S4.0 = 28–50% S2.0 = 20–40% S0.42 = 9–20% S0.175 = 5–13% S0.74 = 3–8% CARATTERISTICHE INERTI: – PERDITA IN PESO LOS ANGELES ≤25% – 90% DI ELEMENTI CON ALMENO DUE FACCE DI ROTTURA – COEFF.DI IMBIBIZIONE <0.010 – EQUIVALENTE IN SABBIA ≥ 70% CARATTERISTICHE BITUME: – PENETRAZIONE A 25°C = 50–70	STRATO DI FONDAZIONE MISTO GRANULARE STABILIZZATO PER GRANULOMETRIA MISCELA INERTI – Serie setacci UNI (Ø Crivello/Setaccio = passante % in peso): C71 = 100% C40 = 75–100% C25 = 60–87% C10 = 35–67% C5 = 25–55% C2 = 15–40% S0.4 = 7–22% S0.075 = 2–10% – DENSITA' ≥ 95% Aasho mod. – Me ≥ 80 N/mmq



Figura 6: dettaglio pavimentazione

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 26 di 47

5.5 Barriere di sicurezza

Il posizionamento delle barriere di sicurezza lungo l'infrastruttura in oggetto è stato eseguito individuando le zone da proteggere in modo da garantire la sicurezza stradale. Facendo riferimento al DM 21/06/2004 e all'allegato "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale", è stata garantita la protezione di:

- Bordi di tutte le opere d'arte all'aperto;
- Bordo stradale nelle sezioni in rilevato;
- Ostacoli fissi potenziali pericoli per gli utenti della strada.

Le protezioni dovranno, in ogni caso, essere effettuate 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.

Inoltre, con riferimento alla Nota del Ministero dei Trasporti indirizzata agli Enti proprietari e gestori di strade ed ai Progettisti, Produttori e Installatori di barriere di sicurezza stradale (Prot. n.000104862/RU/U del 15-11-2007): *"le omologazioni dei dispositivi di sicurezza stradale, rilasciate ai sensi della normativa antecedente il D.M. 21.06.2004, hanno mantenuto la loro validità fino al 20.08.2007. Pertanto le circolari emanate ai sensi dell'art. 9 del D.M. n. 223 del 18.02.1992, che avevano reso pubblica l'avvenuta omologazione di almeno due barriere per ciascuna destinazione e classe, e conseguentemente resa obbligatoria, trascorsi sei mesi dalla pubblicazione, l'installazione di dispositivi omologati, hanno perso la loro efficacia operativa. Dalla data del 20.08.2007, sono applicabili le disposizioni di cui al comma 6 dell'art. 3 del D.M. 21.06.2004. Pertanto gli enti appaltanti, per le opere le cui procedure di affidamento (bando di gara) non hanno avuto inizio alla data del 20.08.2007, devono richiedere dispositivi rispondenti alle norme UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4, acquisendo ai fini della verifica di rispondenza alle suddette norme, rapporti di crash test rilasciati da campi prova dotati di certificazione secondo le norme ISO EN 17025"* tutte le barriere di sicurezza adottate sono provviste della marcatura CE e dei crash test.

Nella fase di impatto del veicolo contro la barriera l'energia sprigionata viene dissipata dal dispositivo mediante una deformazione trasversale (larghezza di lavoro W). Ovviamente maggiore è questa deformazione minori saranno i danni provocati agli utenti. Tuttavia la scelta di un opportuno W dev'essere compatibile con la geometria delle strutture e con la presenza di ostacoli fissi.

Per quanto concerne la scelta della tipologia del dispositivo di ritenuta in conseguenza al TGM e al tipo di strada, si fa riferimento alle classi minime di dispositivi da applicare, riportate nella tabella seguente:

	RADDOPPIO LINEA COLOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 27 di 47

Tipo di strade	Traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H4
Strade extraurbane secondarie (C) e urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H3	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Nel progetto in esame, sono state scelte tipologie di barriere stradali dettagliate riguardo alla larghezza di lavoro W ed adoperando barriere omologate e marchiate CE.

Pertanto sono state adottate le seguenti tipologie di barriere:

- barriere bordo laterale: CLASSE H2 – W3;
- barriere bordo laterale: CLASSE H3 – W4;
- barriere bordo ponte: CLASSE H3 – W4;
- barriere bordo ponte: CLASSE H4 – W4.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 28 di 47

6 INTERSEZIONI STRADALI

6.1 Intersezione a raso: innesto su viabilità esistente

Al fine di garantire il regolare funzionamento delle intersezioni a raso, e come principio di carattere più generale, occorre procedere sempre ad una gerarchizzazione delle manovre in modo da articolare le varie correnti veicolari in principali e secondarie; ne consegue la necessità di introdurre segnali di precedenza 0 di stop per ogni punta di conflitto, evitando di porre in essere situazioni di semplice precedenza a destra senza regolazione segnaletica.

Per Le traiettorie prioritarie si devono mantenere all'interno dell'intera area di intersezione Le medesime condizioni di visibilità previste dalla specifica normativa per Le arterie stradali confluenti nei nodi; la presenza dell'intersezione non può difatti costituire deroga agli standard usuali in rapporto alla visibilità del tracciato.

Per le manovre non prioritarie Le verifiche vengono sviluppate secondo il criterio dei triangoli di visibilità relativi ai punti di conflitto di intersezione generati dalle correnti veicolari.

Il lato maggiore del triangolo di visibilità viene rappresentato dalla distanza di visibilità principale D , data dall'espressione:

$$D = v \cdot t$$

In cui:

- v = velocità di riferimento [m/s], pari al valore della velocità di progetto caratteristica del tratto considerato o, in presenza di limiti impositivi di velocità, dal valore prescritto dalla segnaletica;
- t = tempo di manovra pari a:
 - in presenza di manovre regolate da precedenza: 12 s;
 - in presenza di manovre regolate da Stop: 6 s.

Tali valori vanno incrementati di un secondo per ogni punta percentuale di pendenza longitudinale del ramo secondario superiore al 2%.

Il lato minore del triangolo di visibilità sarà commisurato ad una distanza di 20 m dal ciglio della strada principale, per Le intersezioni regolate da precedenza, e di 3 m dalla linea di arresto, per quelle regolate da Stop.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 29 di 47

All'interno del triangolo di visibilità non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato. Si considerano ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi la massima dimensione planimetrica superiore a 0.8 m.

Nel caso in esame, si è considerata una velocità legale di 50 km/h, ottenendo i risultati di sotto raffigurati.

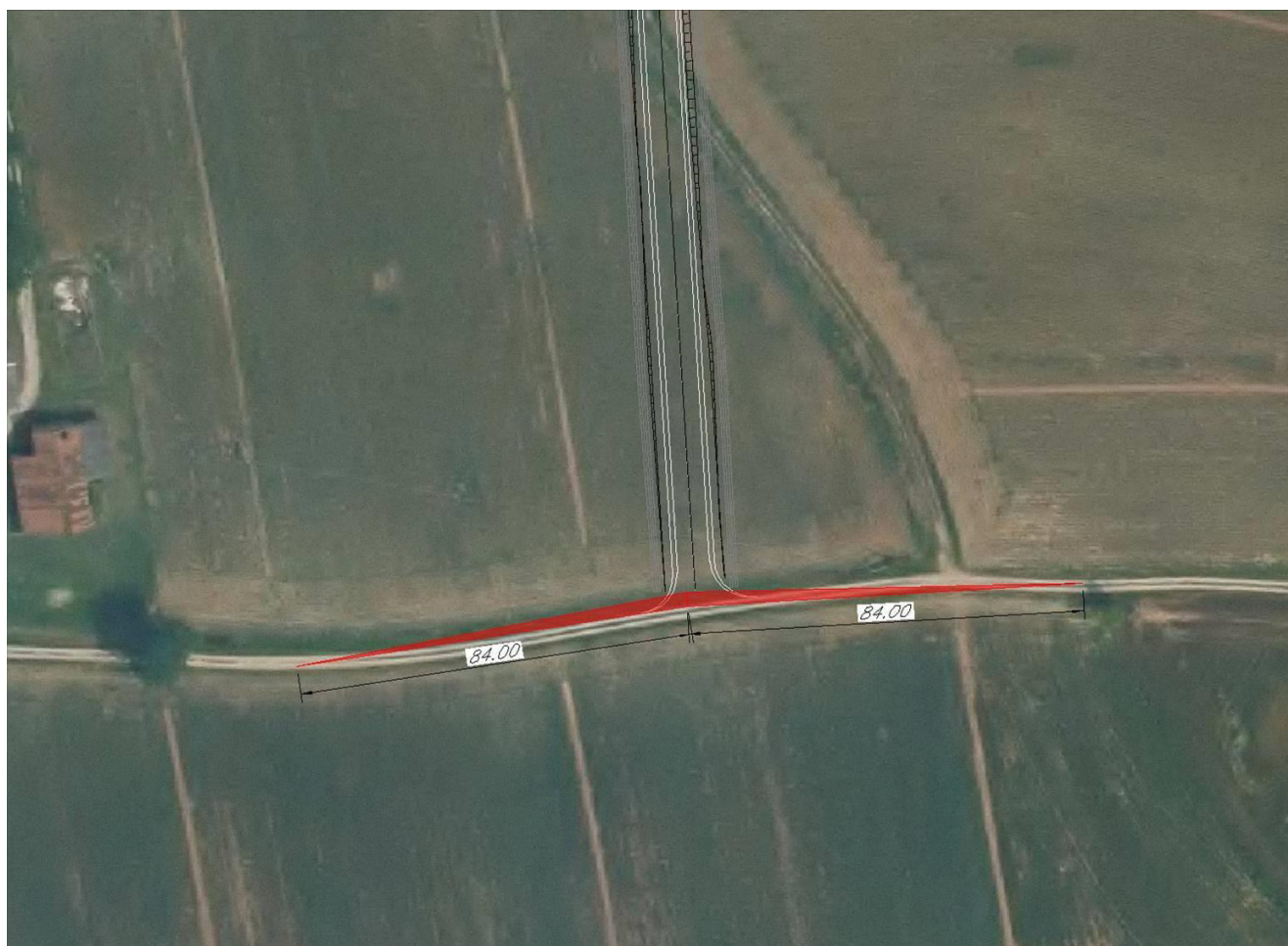


Figura 7: verifica di visibilità intersezione

Dall'analisi di visibilità, risultano soddisfatti i requisiti imposti dal DM 19/4/2006 – “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*”.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 30 di 47

6.2 Nuova rotatoria – riconnessione a SP10 e viabilità locale

Per riconnettere la NV32 alla SP10 e alla viabilità preesistente, è stata prevista un'intersezione a rotatoria a Nord del corpo ferroviario.

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

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

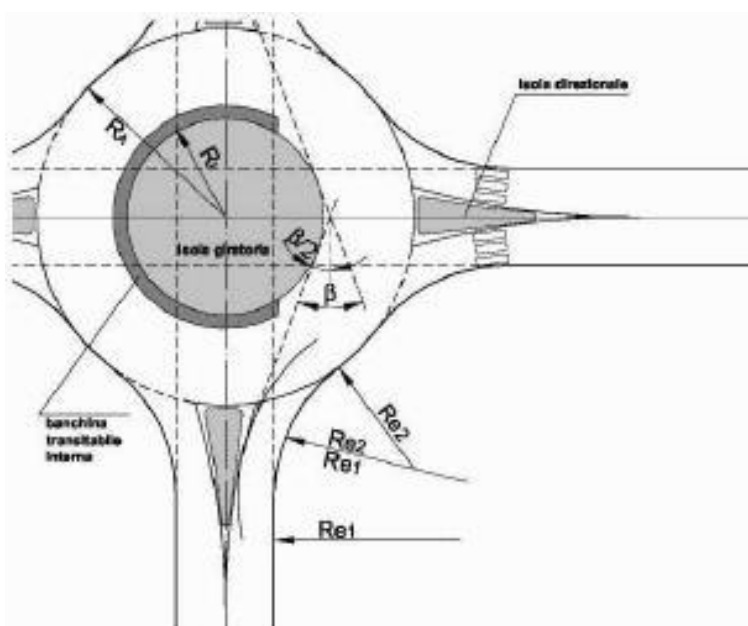
Nel caso in esame, rientriamo nell'ambito delle rotatorie convenzionali, essendo il diametro della corona rotatoria pari a 50 m.

Il layout dell'intersezione presenta quattro bracci afferenti, costituiti dalla NV32 a sud, la SP10 a est e ad ovest ed infine la viabilità locale del comune di Grazie a nord.

6.2.1 Deviazione delle traiettorie

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

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β .



	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 31 di 47

Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata R_{e2} un incremento b pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione di almeno 45° .

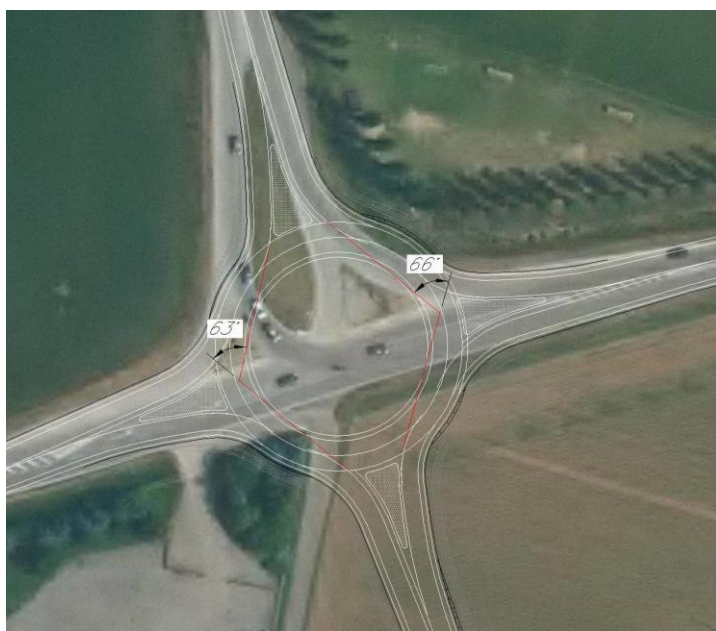


Figura 8: verifica deviazione traiettorie S-N e N-S

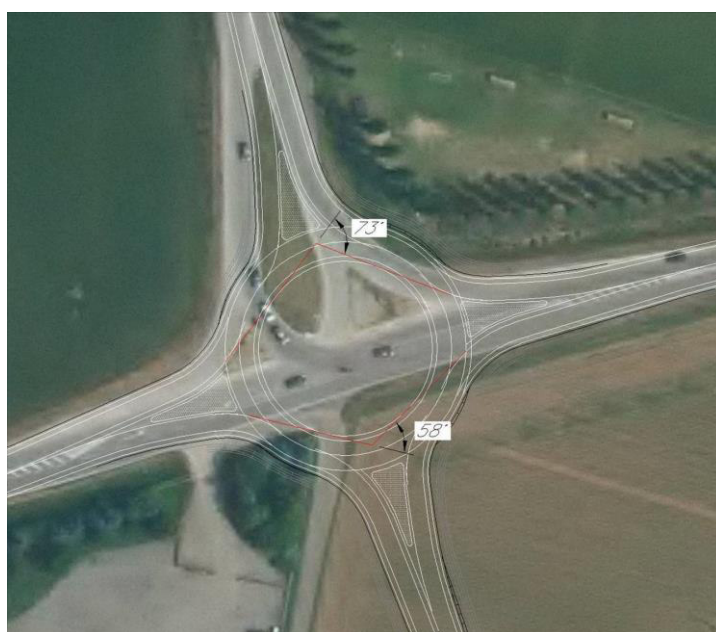


Figura 9: verifica deviazione traiettorie E-O e O-E

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 32 di 47

Come si può vedere dalle figure precedenti, nel caso in esame la verifica della deviazione delle traiettorie richiesta dal DM 19/4/2006 – “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*” risulta soddisfatta.

6.2.2 Distanze di visibilità

Negli incroci a rotatoria, i conducenti che si approssimano alla rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata in Figura 10, posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

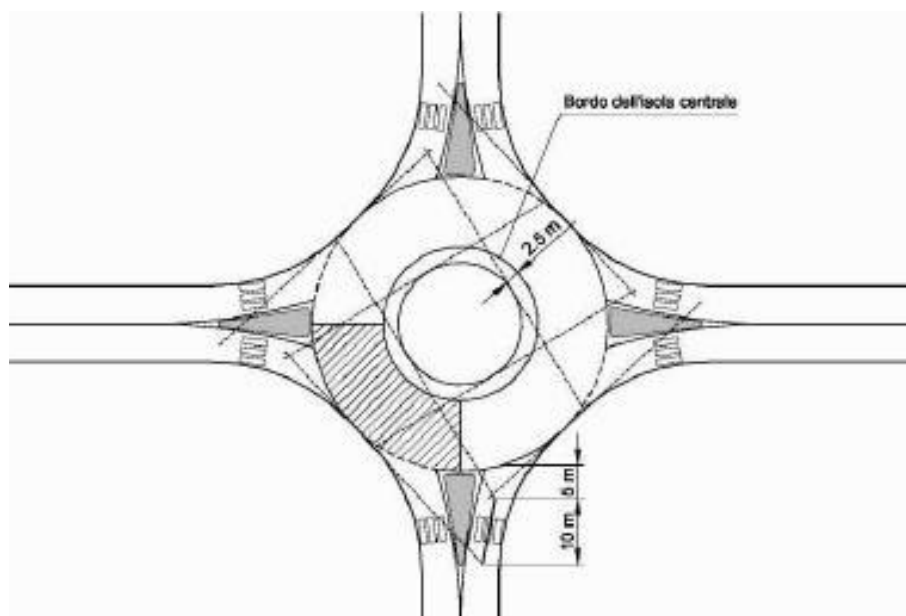


Figura 10: campi di visibilità in rotatoria

Come si può vedere dalla figura sottostante, nel caso in esame le verifiche di visibilità sulla rotatoria richiesta dal DM 19/4/2006 – “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*” risultano soddisfatte.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 33 di 47



Figura 11: verifica di visibilità rotatoria

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 47

7 FASI REALIZZATIVE

La realizzazione del futuro raddoppio di linea ferroviaria tra le stazioni di Piadena e Mantova ha reso necessario lo studio su come risolvere diverse interferenze stradali che insistono sulla nuova infrastruttura.

Per quanto riguarda tutte le NV e connessi cavalcaferrovia IV, si procederanno le lavorazioni come segue:

- 1) con la linea storica in esercizio, verranno realizzati i rilevati d'approccio e le spalle dei cavalcaferrovia; qualora ci fossero più di tre campate, sarà realizzata anche la pila più distante dalla linea ferroviaria. In questa prima fase, i passaggi a livello saranno ancora attivi;
- 2) sospeso l'esercizio ferroviario, si completano le opere interferenti (pile, varo dell'impalcato e finiture delle viabilità). Il traffico stradale rimane temporaneamente sulle viabilità preesistenti ed i passaggi a livello saranno ancora attivi;
- 3) completate sia le nuove viabilità sia le opere di scavalco del corpo ferroviario, il traffico veicolare sarà definitivamente spostato sulle NV e saranno soppressi i preesistenti passaggi a livello.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	35 di 47

8 ALLEGATI

8.1 Tabulati di tracciamento e verifiche planimetriche

```

-----
-----
| Dati generali sul tracciato NV 32
|
-----
-----
| Progressiva Iniziale (m): 0.0000                      Lunghezza (m) : 981.1907
|
| Progressiva Finale (m): 981.1907
|
| Strada Tipo : F1e Strada extraurbana
|
| Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 40 <= Vp <= 60
|
-----
-----
-----
| Rettifilo 1      ProgI 0.0000 - ProgF 476.9825
|
|-----
-----|
| Coordinate P.to Iniziale X:          1632987.6485  | Coordinate P.to Finale  X:
1632958.2750 |
|                               Y:          5000208.9739  |                               Y:
5000685.0511 |

```

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	36 di 47

Lunghezza	:	476.9825	Azimut	:	93.53062
-----------	---	----------	--------	---	----------

$$V_p \text{ (Km/h)} = 60.0$$

```
| L >= Lmin      =      50.0000 OK
```

```

OK      | L <= Lmax      = 1320.0000 OK      Rsucc = 450.0000      Rsucc >= Rmin = 400.0000

```

| Curva 2 Destra ProgI 476.9825 - ProgF 679.4278

1632958.2750		Coordinate I	punto	Tg	X:
5000685.0511		Coordinate vertice	X:	1632951.9938	
		Coordinate I	punto	Tg	Y:

Coordinate vertice	Y:	5000786.8546	Coordinate II punto Tg	X:
1632979.9013				
			Coordinate II punto Tg	Y:
5000884.9594				

Tangente Prim.	1:	76.9598	TT1 Tangente	1:	101.9970
----------------	----	---------	--------------	----	----------



**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	37 di 47

Tangente Prim. 2:	76.9598	TT2 Tangente 2:	101.9970
-------------------	---------	-----------------	----------

Alfa Ang. al Vert.:	160.59013	Numero Archi	:	1
---------------------	-----------	--------------	---	---

Clotoide in entrata	ProgI 476.9825 - ProgF 526.9830
---------------------	---------------------------------

	Coordinate I punto Tg	X:
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

Coordinate vertice	X:	1632956.2219	Coordinate I punto Tg	Y:
--------------------	----	--------------	-----------------------	----

Coordinate vertice	Y:	5000718.3268	Coordinate II punto Tg	X:
--------------------	----	--------------	------------------------	----

	Coordinate II punto Tg	Y:
--	------------------------	----

Raggio	:	450.0000	Angolo	:	3.18313
--------	---	----------	--------	---	---------

Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	33.3390
-------------	---	--------	----------------	---	---------

Parametro A	:	150.0007	Tangente corta	:	16.6717
-------------	---	----------	----------------	---	---------

Scostamento	:	0.2315	Sviluppo	:	50.0004
-------------	---	--------	----------	---	---------

Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	3.0
---------	---	------	---------	---	-----

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A	FOGLIO 38 di 47

```

-----
| Vp (Km/h) = 60.0
|
| A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]      = 71.400 OK
|
| A >= radq(R/dimax*Bi*|Pti-Ptf|*100)    = 90.600 OK
|
| A >= R/3                                = 150.000 OK      A/Au      = 1.000      A/Au >= 2/3      =
0.670 OK |
| A <= R                                  = 450.000 OK      A/Au      = 1.000      A/Au <= 3/2      =
1.500 OK |
-----

```

```

-----
| Arco      ProgI 526.9830 - ProgF 629.4273
|
|-----|
|-----|
| Coordinate vertice      X:      1632955.8088 | Coordinate I punto Tg      X:
1632956.1208 |
| Coordinate vertice      Y:      5000786.4418 | Coordinate I punto Tg      Y:
5000734.9982 |
|-----|-----|
|-----|
| Coordinate centro curva X:      1633406.1125 | Coordinate II punto Tg      X:
1632967.1153 |
| Coordinate centro curva Y:      5000737.7274 | Coordinate II punto Tg      Y:
5000836.6285 |
|-----|
|-----|
| Raggio      :      450.0000      Angolo al vertice :      13.04362
|

```

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	39 di 47

Tangente	:	51.4446	Sviluppo	:	102.4444
----------	---	---------	----------	---	----------

Saetta	:	2.9121	Corda	:	102.2233
--------	---	--------	-------	---	----------

Pt (%)	:	3.0
--------	---	-----

$$| V_p \text{ (Km/h)} = 60.0$$

| R >= Rmin = 44.994 OK

```
| Sv >= Smin      =      41.670 OK
```

```
| Pt >= Ptmin    =      2.975 OK
```

| Clotoide in uscita | ProgI 629.4273 - ProgF 679.4278 |

```

|
1632967.1153 | Coordinate I punto Tg X:

```

Coordinate vertice	X:	1632970.7794	Coordinate I punto Tg	Y:
5000836.6285				

Coordinate vertice	Y:	5000852.8926	Coordinate II punto Tg	X:
1632979.9013				

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	40 di 47

Coordinate II punto Tg Y:

5000884.9594

Raggio	:	450.0000	Angolo	:	3.18313
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	33.3390
Parametro A	:	150.0007	Tangente corta	:	16.6717
Scostamento	:	0.2315	Sviluppo	:	50.0004
Pti (%)	:	3.0	Ptf (%)	:	-2.5

Vp (Km/h) = 60.0

$A \geq \text{radq}[(Vp^3 - gVR(Ptf - Pti)) / c] = 71.400 \text{ OK}$

$A \geq \text{radq}(R / \text{dimax} * Bi * |Pti - Ptf| * 100) = 90.600 \text{ OK}$

$A \geq R/3 = 150.000 \text{ OK}$ Ae/A = 1.000 Ae/A $\geq 2/3 = 0.670 \text{ OK}$

$A \leq R = 450.000 \text{ OK}$ Ae/A = 1.000 Ae/A $\leq 3/2 = 1.500 \text{ OK}$

Rettifilo 3 ProgI 679.4278 - ProgF 786.2926

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	41 di 47

Coordinate P.to Iniziale X:

1633009.1407

Coordinate P.to Finale X:

Y:

5000987.7463

Y:

Lunghezza

:

106.8648

Azimut

:

74.12074

Vp (Km/h) = 60.0

L >= Lmin = 50.0000 OK

Rprec = 450.0000

Rprec > Rmin = 106.8600

L <= Lmax = 1320.0000 OK

Rsucc = 150.0000

Rsucc > Rmin = 106.8600

Curva 4 Sinistra

ProgI 786.2926 - ProgF 911.7227

Coordinate I punto Tg X:

1633009.1407

Coordinate vertice X:

1633026.7072

Coordinate I punto Tg Y:

5000987.7463

Coordinate vertice Y:

5001049.4987

Coordinate II punto Tg X:

1633006.4563

Coordinate II punto Tg Y:

5001110.4236

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	42 di 47

	Tangente Prim.	1:	46.2401	TT1 Tangente	1: 64.2023
	Tangente Prim.	2:	46.2401	TT2 Tangente	2: 64.2023
	Alfa Ang. al Vert.:		145.73437	Numero Archi	: 1

	Clotoide in entrata	ProgI 786.2926 - ProgF 822.0155			

				Coordinate I punto Tg	X:
1633009.1407					
	Coordinate vertice	X:	1633015.6617		Coordinate I punto Tg Y:
5000987.7463					

	Coordinate vertice	Y:	5001010.6699		Coordinate II punto Tg X:
1633017.5386					
					Coordinate II punto Tg Y:
5001022.4449					

	Raggio	:	150.0000	Angolo	: 6.82257
	Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	: 23.8330
	Parametro A	:	73.2013	Tangente corta	: 11.9237

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	43 di 47

| Scostamento : 0.3543 Sviluppo : 35.7229

| Pti (%) : -2.5 Ptf (%) : 6.0

| Vp (Km/h) = 60.0

| $A \geq \text{radq}[(Vp^3 - gVR(Ptf - Pti)) / c]$ = 67.000 OK

| $A \geq \text{radq}(R / \text{dimax} * Bi * |Pti - Ptf| * 100)$ = 65.200 OK

| $A \geq R/3$ = 50.000 OK A/Au = 1.000 A/Au $\geq 2/3$ =

0.670 OK |

| $A \leq R$ = 150.000 OK A/Au = 1.000 A/Au $\leq 3/2$ =

1.500 OK |

| Arco ProgI 822.0155 - ProgF 875.9998

| Coordinate vertice X: 1633021.8340 | Coordinate I punto Tg X:

1633017.5386 |

| Coordinate vertice Y: 5001049.3921 | Coordinate I punto Tg Y:

5001022.4449 |

| Coordinate centro curva X: 1632869.4087 | Coordinate II punto Tg X:

1633016.3640 |

| Coordinate centro curva Y: 5001046.0567 | Coordinate II punto Tg Y:

5001076.1255 |

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	44 di 47

Raggio	:	150.0000	Angolo al vertice	:	20.62049
Tangente	:	27.2873	Sviluppo	:	53.9843
Saetta	:	2.4220	Corda	:	53.6934
Pt (%)	:	6.0			

Vp (Km/h) = 60.0

R >= Rmin = 44.994 OK

Sv >= Smin = 41.670 OK

Pt >= Ptmin = 6.007 OK

Clotoide in uscita ProgI 875.9998 - ProgF 911.7227

Coordinate I punto Tg	X:	1633016.3640
Coordinate vertice	X:	1633013.9738
Coordinate I punto Tg	Y:	5001076.1255

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	45 di 47

Coordinate vertice Y: 5001087.8072 | Coordinate II punto Tg X: 1633006.4563 |
Coordinate II punto Tg Y: 5001110.4236 |

Raggio	:	150.0000	Angolo	:	6.82257
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	23.8330
Parametro A	:	73.2013	Tangente corta	:	11.9237
Scostamento	:	0.3543	Sviluppo	:	35.7229
Pti (%)	:	6.0	Ptf (%)	:	-2.5

Vp (Km/h) = 60.0

$A \geq \text{radq}[(Vp^3 - gVR(Ptf - Pti)) / c]$ = 67.000 OK

$A \geq \text{radq}(R / \text{dimax} \cdot Bi \cdot |Pti - Ptf| \cdot 100)$ = 65.200 OK

$A \geq R/3$ = 50.000 OK Ae/A = 1.000 Ae/A $\geq 2/3$ = 0.670 OK

$A \leq R$ = 150.000 OK Ae/A = 1.000 Ae/A $\leq 3/2$ = 1.500 OK

**RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA**

Relazione tecnica descrittiva viabilità

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03 D 26	RG	NV 32 00 001	A	46 di 47

Rettifilo 5	ProgI 911.7227 - ProgF 981.1907
-------------	---------------------------------

```

|
|-----
-----|
| Coordinate P.to Iniziale X:      1633006.4563 | Coordinate P.to Finale   X:
1632984.5444 |
|                                     Y:      5001110.4236 |                                     Y:
5001176.3453 |

```

Lunghezza	:	69.4680	Azimut	:	108.38637
-----------	---	---------	--------	---	-----------

$$| V_p \text{ (Km/h)} = 60.0$$

OK	L >= Lmin	=	50.0000 OK	Rprec =	150.0000	Rprec > Rmin =	69.4700
	L <= Lmax	=	1320.0000 OK				

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA					
	Relazione tecnica descrittiva viabilità	COMMESSA NM25	LOTTO 03 D 26	CODIFICA RG	DOCUMENTO NV 32 00 001	REV. A FOGLIO 47 di 47

8.2 Tabulati di tracciamento e verifiche altimetriche

Vertici											
	N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito	Verifiche
▶	0	0.0000	24.8182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		...
	1	194.0033	26.6307	194.0033	148.9254	0.9343	1.8125	194.0118	148.9319		...
	2	326.6201	35.2500	132.6168	34.1364	6.4994	8.6193	132.8966	34.2084		...
	3	440.3290	35.0500	113.7089	9.7486	-0.1759	-0.2000	113.7090	9.7486		...
	4	578.0311	26.1054	137.7021	33.9041	-6.4956	-8.9446	137.9923	33.9756		...
	5	940.0000	26.3851	361.9689	303.9218	0.0773	0.2797	361.9690	303.9219		...
	6	981.1900	27.2089	41.1900	36.3832	2.0000	0.8238	41.1982	36.3904		...

Raccordi Verticali														
	N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito	Verifiche
▶	1	Parabolico	1620.0000	5.5652	90.2297	148.9254	239.0812	90.1558	☐	60.0000	☒	1612.7596		...
	2	Parabolico	1600.0000	-6.6753	106.8782	273.2176	380.0226	106.8050	☐	60.0000	☒	1598.9981		...
	3	Parabolico	1600.0000	-6.3197	101.1885	389.7712	490.8867	101.1155	☐	60.0000	☒	1598.8132		...
	4	Parabolico	1620.0000	6.5729	106.5545	524.7908	631.2713	106.4805	☐	60.0000	☒	1612.6411		...
	5	Parabolico	500.0000	1.9227	9.6143	935.1932	944.8068	9.6137	☐	60.0000	☒	462.9630		...