

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J84H17000930009

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST

NV01 - CAVALCAFERROVIA AUTOSTRADA DEL BRENNERO

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 1 0 1 0 D 2 6 R G N V 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	P. Maestrelli 	Sett 2021	M. Rigo 	Sett 2021	C. Mazzocchi 	Sett 2021	A. Perego Sett 2021



File: IN1010D26RGNV0100001A.docx

n. Elab.:

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	6
3	CRITERI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI	8
4	A22 – CATEGORIA A (AUTOSTRADA)	9
4.1	INQUADRAMENTO FUNZIONALE E SEZIONE TRASVERSALE.....	9
4.2	VELOCITÀ DI PROGETTO	10
4.3	VERIFICA DI RISPONDEZZA DEL PROGETTO AL DM 05/11/2001	10
4.3.1	<i>Andamento planimetrico</i>	10
4.3.2	<i>Andamento altimetrico</i>	13
4.3.3	<i>Pendenze trasversali della piattaforma</i>	15
4.3.4	<i>Allargamenti della carreggiata per iscrizione dei veicoli in curva</i>	16
4.4	CARATTERISTICHE DEL CORPO STRADALE E DELLA PAVIMENTAZIONE.....	16
4.4.1	<i>Corpo stradale</i>	16
4.4.2	<i>Pavimentazione stradale</i>	17
4.5	BARRIERE DI SICUREZZA	19
5	INTERSEZIONI STRADALI.....	21
5.1	INTERSEZIONE A LIVELLI SFALSATI	21
6	ALLEGATI	22
6.1	TABULATI DI TRACCIAMENTO PLANIMETRICO	22
6.2	TABULATI DI TRACCIAMENTO ALTIMETRICO	23

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	3 di 23

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica fa riferimento all'adeguamento della viabilità esistente dell'Autostrada del Brennero A22 in corrispondenza della pk 141+708 della Linea Milano-Venezia nell'ambito della Progettazione Definitiva dell'Ingresso Ovest al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona.

Il suddetto progetto prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'intersezione con l'Autostrada del Brennero A22 e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Nuova, per una estensione di circa 10km. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Brescia Est – Verona.

L'intervento di adeguamento della viabilità autostradale si limita al solo tratto a cavallo delle nuove linee ferroviarie di progetto ed è finalizzato a garantirne lo scavalco da parte dell'autostrada mediante un nuovo viadotto con un franco, rispetto al piano del ferro, pari ad almeno 6,90 m.

La realizzazione di tale intervento, riferendosi alle FASI di Tracciato delle varie linee ferroviarie, si colloca temporalmente nella FASE 0, propedeutica all'intervento dell'Ingresso Ovest al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova, e la fine della FASE 1. In questo modo la realizzazione del viadotto VI01 può avvenire senza la presenza delle nuove linee Indipendente Merci e Linea AV/AC che intercluderebbero i cantieri di realizzazione delle pile.

L'intervento prevede, oltre alla modifica altimetrica del tracciato autostradale, la predisposizione della sede per la terza corsia nel solo tratto di progetto, ossia nel tratto compreso tra NW01 e NW02.

Per una migliore comprensione dei luoghi e del contesto in cui opera si riporta in Figura 1 una vista satellitare di inquadramento dell'area di intervento.



Figura 1: inquadramento e contestualizzazione

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	5 di 23

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è la descrizione della soluzione adottata per la modifica altimetrica e per la predisposizione alla realizzazione della terza corsia della viabilità autostradale nel tratto oggetto di intervento per le finalità di cui sopra.

L'intervento si inquadra come adeguamento di una strada esistente e, per tale ragione, il D.M. 05/11/2001 n. 6792: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", anche se non cogente, è stato tenuto come riferimento a cui la progettazione deve tendere.

La relazione evidenzia quelle che sono le caratteristiche della viabilità esistente e le ripercussioni che l'inserimento del collegamento ferroviario avrà sulla stessa.

Nei paragrafi successivi, oltre alle normative di riferimento ed i criteri progettuali impiegati, per la viabilità oggetto del presente documento verranno riportati:

- le caratteristiche della sezione trasversale;
- le caratteristiche dell'andamento planimetrico;
- le caratteristiche dell'andamento altimetrico.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	6 di 23

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: "Il Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione";

- 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".

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	8 di 23

3 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 del tratto autostradale in oggetto prevede la modifica altimetrica delle livellette finalizzata all'incremento del franco libero sotto impalcato rispetto al piano del ferro della linea ad alta velocità. L'asse di progetto, d'altra parte, risulta coincidente con quello del tracciato stradale esistente.

Planimetricamente, l'asse, nel tratto in oggetto, si compone di una curva di raggio pari a 1975,00 m e di un rettilineo, opportunamente raccordati per mezzo di una clotoide avente parametro A pari a 664,00 m.

Altimetricamente il tracciato è composto da tre livellette e 2 raccordi parabolici, uno concavo e l'altro convesso. Le livellette presentano rispettivamente, proseguendo da nord verso sud, pendenze pari a -1.453%, 1.096% e -1.909%. I raccordi verticali hanno raggio pari a 10000,00 m (raccordo concavo) e a 10500,00 m (raccordo convesso). Come sopra riportato, la pendenza di queste ultime due livellette è stata aumentata rispetto allo stato attuale al fine di incrementare il franco sulla linea ferroviaria sottostante, garantendo un franco di sicurezza dal P.F. pari almeno a 6,90 m.

Le opere d'arte presenti nel tratto oggetto di intervento sono rappresentate da due sottopassi (Sottopasso svincolo Stazione Autostradale Verona Nord – Lato Trento e Sottopasso S.C. Cason – Lato Modena) e dal nuovo Cavalcaferrovia Autostrada del Brennero A22 Pk Linea Storica 141+708.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, sono previste caditoie di raccolta delle acque di piattaforma e collettori di scarico, oltre a embrici prefabbricati e fossi di guardia al piede del rilevato.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	9 di 23

4 A22 – CATEGORIA A (AUTOSTRADA)

4.1 Inquadramento funzionale e sezione trasversale

L'infrastruttura oggetto di intervento risulta inquadrata come autostrada in ambito extraurbano, ricadendo, pertanto, nella categoria A definita dal "D.M. 05/11/2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" avente sezione tipo a doppia carreggiata composta da:

- tre corsie per ogni carreggiata di larghezza pari a 3,75 m;
- corsie di emergenza di larghezza pari a 3,00 m;
- banchine interne di larghezza pari a 0,70 m;
- spartitraffico di larghezza pari a 2,60 m.

Soluzione a 3+3 corsie di marcia

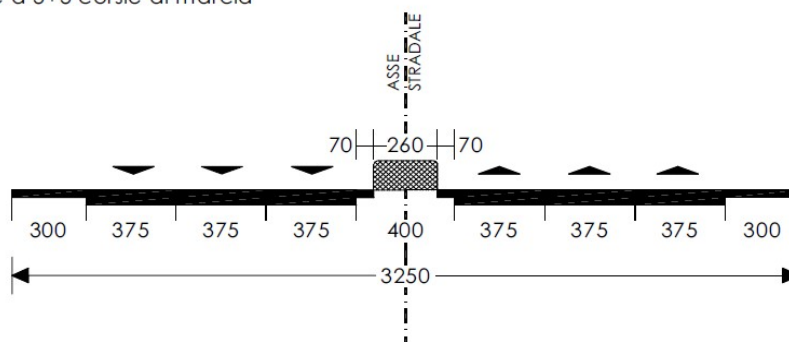


Figura 2: sezione tipo autostrada in ambito extraurbano (cat. A) secondo D.M. 5/11/2001

La sezione trasversale di progetto, pur mantenendo invariata la larghezza complessiva della piattaforma stradale rispetto alle dimensioni sopra indicate, presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- corsie di emergenza, di larghezza pari a 3,50 m;
- banchine interne, di larghezza pari a 0,45 m;
- spartitraffico, di larghezza pari a 2,10 m.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	10 di 23

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi aventi larghezza minima pari a 1,60 m. e dove sono alloggiati le barriere di sicurezza. 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.

Nel tratto oggetto di intervento non sono presenti tratti in trincea.

4.2 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 $V_p=90\div 140$ km/h.

Sulla base di tale intervallo di velocità sono stati verificati gli elementi planimetrici ed altimetrici. Tuttavia, laddove per motivi geometrici non è stato possibile garantire la velocità massima di progetto, è stato inserito un limite di velocità compatibile con l'intervallo delle velocità di progetto per la categoria in esame.

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

La progettazione è stata condotta mediante l'ausilio di software di progettazione stradale che consentono il controllo dei parametri geometrici sia planimetrici che altimetrici.

4.3.1 Andamento planimetrico

4.3.1.1 Rettifici

Per tali elementi geometrici la normativa prescrive valori di lunghezza minimi e massimi in funzione della velocità di progetto. Nello specifico, il valore massimo si pone l'obiettivo di limitare la monotonia di guida, il superamento di velocità eccessive e l'abbagliamento notturno. D'altra parte, il valore minimo è finalizzato a garantire la percezione del rettilineo stesso.

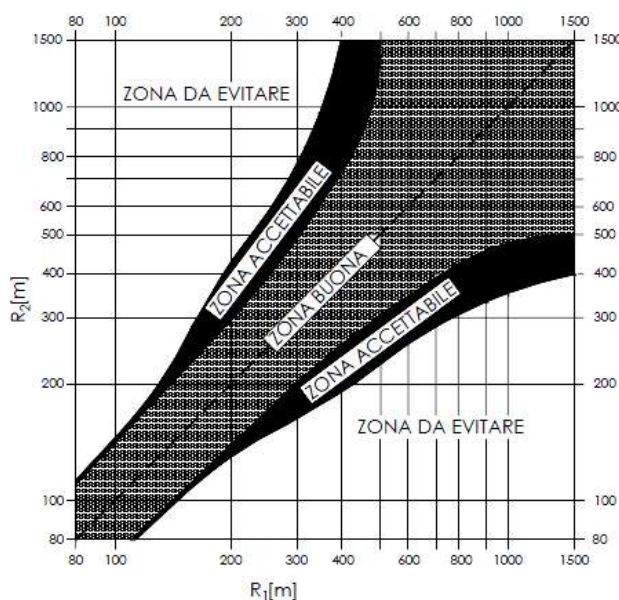
Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Per le caratteristiche geometriche di tali elementi planimetrici si rimanda agli allegati in calce alla presente relazione.

4.3.1.2 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 339 metri per autostrade in ambito extraurbano;
- 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 A, il rapporto tra i raggi ricada almeno nella zona "buona".



- 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.

Per le caratteristiche geometriche di tali elementi planimetrici si rimanda agli allegati in calce alla presente relazione.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	12 di 23

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

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

dove:

c = contraccolpo (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:

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

dove:

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

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	13 di 23

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:

$$A \leq R$$

Per le caratteristiche geometriche di tali elementi planimetrici si rimanda agli allegati in calce alla presente relazione.

4.3.2 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 A (autostrade), è pari al 5%; tuttavia per il presente intervento è stata limitata la pendenza longitudinale del tracciato ad un valore massimo pari al 2,5%;
- 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:

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

- 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

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

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;

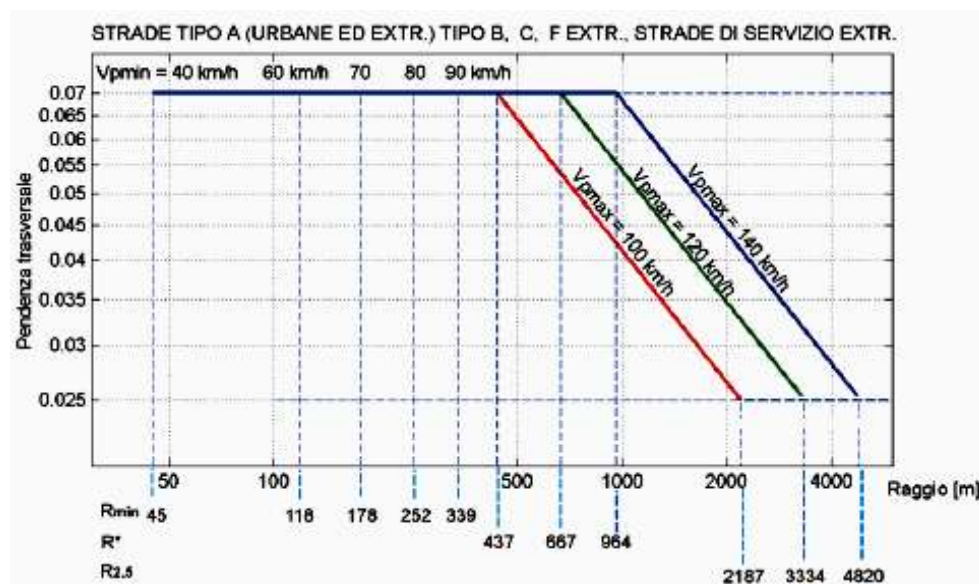
ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo. Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

Al fine di garantire il rispetto della verifica del raccordo convesso di scavalco della linea ferroviaria è stata imposta una velocità massima di progetto pari a 120 km/h ed è stato inserito un raccordo verticale di raggio idoneo.



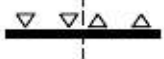
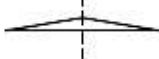


Nell'allegato in calce alla presente relazione sono riportati i tabulati degli elementi altimetrici del tracciato.

4.3.3 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:

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

4.3.4 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 rettilineo, 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.

4.4 Caratteristiche del corpo stradale e della pavimentazione

4.4.1 Corpo stradale

Come già indicato in precedenza, la viabilità presenta una sezione trasversale composta da due carreggiate separate con piattaforma pavimentata di larghezza pari a 15,20 m, ciascuna composta da tre corsie (corsia di marcia, corsia di sorpasso lento e corsia di sorpasso veloce), corsia di emergenza di larghezza 3,50 m e banchina interna di larghezza pari a 0,45 m.

La conformazione delle scarpate, rivestite con terreno 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 1,60 m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	17 di 23

Per l'esecuzione dei rilevati finalizzati alla realizzazione della terza corsia dell'autostrada, si predispone preliminarmente uno scavo di 0,50 m di scotico, allo scopo di eliminare e sostituire con materiale opportuno il terreno superficiale, solitamente di pessima qualità e dunque non adeguato a garantire i valori minimi di portanza del sottofondo su cui sarà posizionato il nuovo 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. Inoltre, sarà necessario realizzare una gradonatura del rilevato esistente per poter allargare il corpo stradale.

4.4.2 Pavimentazione stradale

La pavimentazione stradale impiegata nell'ambito della viabilità in oggetto presenta uno spessore complessivo pari a 67 cm suddiviso nella seguente stratigrafia:

Tabella 1: stratigrafia pavimentazione

Strato	Spessore [cm]
Usura in Conglomerato Bituminoso	4
Binder in Conglomerato Bituminoso	8
Base in Conglomerato Bituminoso	10
Fondazione in Misto Cementato	25
Sottofondazione in materiale non legato	20

Il dimensionamento della pavimentazione stradale è stato eseguito utilizzando l'approccio semi-empirico proposto dall'AASHTO (American Association of State Highway and Transport Officials), basato sull'osservazione diretta del comportamento di sovrastrutture già realizzate sotto l'azione di carichi stradali.

Tale metodo fornisce il numero di passaggi di un asse "standard" (asse singolo con ruote gemellate da 18 kips = 80 kN) che la sovrastruttura stradale è in grado di sopportare raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSIf = Presente Serviceability Index).

Per meglio comprendere il presente dimensionamento si riporta a seguire l'espressione analitica impiegata per il calcolo del numero di passaggi dell'asse standard.

$$\log N_{80} = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \log \left(\frac{SN}{2,54} + 1 \right) - 0,2 + \frac{\log \left(\frac{PSI_o - PSI_f}{PSI_o - PSI_{lim}} \right)}{0,4 + \frac{\left(\frac{SN}{2,54} + 1 \right)^{3,19}}{1094}} + 2,32 \cdot \log \frac{M_r}{6,89 \cdot 10^{-3}} - 8,07$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	18 di 23

Dove:

- I valori di PSI variano teoricamente dal valore ottimo di 5 al valore limite di 0 quando l'efficienza della pavimentazione è nulla. Tuttavia, a causa delle inevitabili imperfezioni superficiali l'indice di servizio iniziale PSI0 non è mai pari a 5, ma è generalmente assunto pari a 4,2. Il valore limite dell'indice di servizio PSIIlim in corrispondenze del quale la pavimentazione è completamente dissestata, si considera pari a 1,5. Il valore dell'indice di servizio finale PSIf varia in funzione della tipologia di strada in esame.
- Il termine ZRS0 rappresenta la deviazione standard nella predizione del traffico e della prestazione attribuita alla pavimentazione.
- Mr rappresenta il modulo resiliente del sottofondo.

Le ipotesi assunte per il calcolo della pavimentazione secondo la relazione sopra riportata sono:

- Deviazione standard S0 pari a 0,45
- Parametro di affidabilità ZR pari a -1,282, corrispondente ad un livello di affidabilità pari al 90%, coerentemente alle indicazioni del Catalogo delle Pavimentazioni del CNR per autostrade in ambito extraurbano
- PSI0 e PSIIlim pari ai valori indicati precedentemente
- PSIf pari a 2,5, coerentemente alle indicazioni del Catalogo delle Pavimentazioni del CNR per autostrade in ambito extraurbano
- Mr (modulo resiliente) del sottofondo pari a 90 MPa

Nella seguente tabella si riporta il numero di passaggi che porta a rottura la pavimentazione di progetto in funzione degli spessori degli strati della pavimentazione di progetto e dei coefficienti impiegati per il calcolo dello Structural Number.

PASSAGGI AMMESSI				
Strato	Materiale	Spessore (cm)	Coeff. strutturale	Coeff. drenaggio
usura	CB	4	0.44	-
binder	CB	8	0.40	-
base	CB	10	0.38	-
fondazione	MG	45	0.10	1
sottofondo	-	-	-	-
	SN	15.8	PSIiniziale	4.2
	ZR	-1.282	PSIlimite	1.5
	S0	0.45	PSIfinale	3
TOTALE				25 310 647

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	19 di 23

4.5 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 tale deformazione e minori saranno i danni provocati agli utenti. Tuttavia, la scelta di un opportuno W deve essere compatibile con la geometria delle strutture e con l'eventuale 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:

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

Sulla base di quanto sopra esposto, nel presente progetto sono state adottate le seguenti tipologie di barriere:

- barriere bordo laterale: CLASSE H4 – W4;
- barriere bordo ponte: CLASSE H4 – W4.
- barriere spartitraffico: CLASSE H4 – W4.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA					
	LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA					
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST						
RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	21 di 23

5 INTERSEZIONI STRADALI

5.1 Intersezione a livelli sfalsati

Nell'ambito dell'intervento in oggetto è previsto l'adeguamento delle seguenti rampe autostradali.

- Rampa di uscita in direzione Nord;
- Rampa di ingresso in direzione Nord
- Rampa di ingresso in direzione Sud

Tale adeguamento è dovuto, da un lato all'inserimento della terza corsia e, dall'altro, all'innalzamento altimetrico finalizzato a garantire il franco minimo di 6,90 m sulla linea ferroviaria ad alta velocità.

Per la progettazione di tale rampa diretta è stato fatto riferimento a quanto già previsto nel progetto di realizzazione della terza corsia dell'Autostrada del Brennero.

6 ALLEGATI

6.1 Tabulati di tracciamento planimetrico

Dati generali	Minimo	Massimo		
Normativa: Min. LLPP 2002 - Italia Asse: Asse T1 Tipo di strada: A - Autostrada Extraurbana 3+3 Larghezza semicarreggiata (m) Velocità progetto (Km/h)	11.250 90	140		
Raccordo n°1 - Raggio (m): 1975.000 - Lunghezza (m): 304.305	Raggio Min	Raggio Max	Lung. Min	Parametri
Progressiva				0.000
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				140
Raggio minimo in funzione della velocità	335.682			
Lunghezza minima del raccordo per una corretta percezione			97.222	
Valori minimi/massimi da normativa	335.682		97.222	
Raccordo in normativa	1975.000		304.305	
Clotoide n°1 - Parametro A: 664.001 - Lunghezza (m): 223.239	A Min	A Max	Lung. Min	Parametri
Progressiva				304.305
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)				140
Fattore di forma				
Criterio dinamico: limitazione del contraccolpo	350.806			
Criterio cigli: limitazione della pendenza longitudinale dei cigli	326.171			
Criterio ottico	658.333			
Criterio ottico		1975.000		
Valori minimi/massimi da normativa	658.333	1975.000		
Clotoide in normativa	664.001		223.239	
Rettifilo n°1 - Lunghezza (m): 847.456	Lung. Min	Lung. Max		Parametri
Progressiva				527.544
Lunghezza minima (m)	360.000			
Lunghezza massima (m)		3080.000		
Valori minimi/massimi da normativa	360.000	3080.000		
Rettifilo in normativa	847.456			

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN10	10	D26RG	NV0100001	A	23 di 23

6.2 Tabulati di tracciamento altimetrico

Dati generali	Minimo	Massimo	
Tipo di strada: A - Autostrada Extraurbana 3+3			
Larghezza semicarreggiata (m)	11.250		
Velocità progetto (Km/h)	90	140	
Livellotta n°1 - Pendenza (h/b): -1.453%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			0.000
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livellotta in normativa	-1.453%		
Parabola n°1 - Raggio (m): 10000.000 - Lunghezza (m): 254.920 - K:100.000 (Concavo)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			124.646
Distanza utilizzata			229.100
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			140
Raggio minimo da visibilità	5834.011		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	2520.576		
Parabola in normativa	10000.000		
Livellotta n°2 - Pendenza (h/b): 1.096%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			379.566
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livellotta in normativa	1.096%		
Parabola n°2 - Raggio (m): 10500.000 - Lunghezza (m): 315.460 - K:105.000 (Convesso)	Raggio Min	Lung. Min	Parametri
Progressiva			610.676
Distanza utilizzata			176.570
Velocità utilizzata per la verifica (km/h)			120
Raggio minimo da visibilità	8365.965		
Raggio minimo comfort accelerazione verticale	1851.852		
Parabola in normativa	10500.000		
Livellotta n°3 - Pendenza (h/b): -1.909%	Pend. Max		Parametri
Progressiva			926.136
Pendenza massima (+/- h/b):	5.000%		
Livellotta in normativa	-1.909%		