



Società per Azioni Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova  
 Via Flavio Gioia 71 37135 Verona  
 tel. 0458272222 Fax 0458200051 Casella Postale 460M www.autobspd.it  
 AREA COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



# AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

## PROGETTO PRELIMINARE

CUP G19J1 00001 40005

COMMESSA 25 2005

### COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA  
 Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA  
 PER LA PROGETTAZIONE  
 Dott. Ing. Sergio Mutti

### PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:  
 Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
 Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:  
 Dott. Ing. Andrea Renso

ELABORATO **PROGETTO DEL TRACCIATO SCELTO**  
 Tracciato  
 Inquadramento generale  
 Relazione tecnica progetto stradale

Progressivo Rev.  

06	01	01	001	A0
----	----	----	-----	----

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	V. Reale	A. Renso	NOME FILE 2505_060101001_0101_0PP_A0.doc
A0	Settembre 2011	Verifica art. 112 D.Lgs 163/06	TECHNITAL	V. Reale	A. Renso	CW 2505 ELAB. 06010101001
						Fg. 0101 LIV. 0PP REV. A0

**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

*Committente:*



*Progettazione:*

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE

---

RELAZIONE TECNICA PROGETTO STRADALE

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>PRINCIPALI NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO STRADALE</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>IL TRACCIATO STRADALE</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>SINTESI DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL TRACCIATO</b>	<b>8</b>
<b>3.3</b>	<b>ELEMENTI GEOMETRICO FUNZIONALI</b>	<b>10</b>
3.3.1	<i>SEZIONI TIPO</i>	10
	Sezione tipologica in rilevato e trincea	10
	Sezione tipologica in viadotto	12
	Sezione tipologica in galleria	14
3.3.2	<i>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE: ANDAMENTO PLANIMETRICO</i>	15
	Rettifili	15
	Curve circolari	17
	Elementi di transizione	17
	Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari	19
3.3.3	<i>DISTANZE DI VISIBILITA'</i>	19
	Distanza di visibilità per l'arresto	20
3.3.4	<i>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE: ANDAMENTO ALTIMETRICO</i>	21
3.3.5	<i>DIAGRAMMA DI VISIBILITA'</i>	23
	Allargamenti per la visibilità	23
<b>3.4</b>	<b>VIABILITA' DI SVINCOLO E DI INTERCONNESSIONE</b>	<b>24</b>
3.4.1	<i>Descrizione</i>	24
	Svincolo di Velo D'Astico	24
	Svincolo Valle dell'Astico	24
	Interconnessione con la A22	25
3.4.2	<i>Sezioni tipo</i>	25
3.4.3	<i>Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo</i>	26
3.4.4	<i>Corsie di accelerazione e decelerazione</i>	30

<b>3.5</b>	<b>BARRIERE DI SICUREZZA</b>	<b>33</b>
<b>3.6</b>	<b>PAVIMENTAZIONI STRADALI</b>	<b>36</b>

### Indice delle tabelle

Tabella 1: lunghezze dei rettifili.....	16
Tabella 2: Caratteristiche geometriche delle curve e delle clotoidi .....	19
Tabella 3: Raccordi verticali.....	23
Tabella 4: Velocità di progetto .....	27
Tabella 5: Caratteristiche planoaltimetriche da norma.....	27
Tabella 8: Caratteristiche plano altimetriche di progetto .....	28
Tabella 9: Caratteristiche plano altimetriche di progetto .....	28
Tabella 10: Caratteristiche plano altimetriche di progetto .....	29
Tabella 11: Svincolo di Velo d’Astico -Caratteristiche delle corsie di accelerazione e decelerazione .....	32
Tabella 12: Svincolo Valle dell’Astico -Caratteristiche delle corsie di accelerazione e decelerazione .....	32
Tabella 13: Interconnessione con la A22 -Caratteristiche delle corsie di accelerazione e decelerazione.....	32
Tabella 14: Valori del parametro W in funzione della classe di contenimento.....	34

### Indice delle figure

Figura 1: Sezione tipo in rilevato .....	12
Figura 2: Sezione tipo in viadotto.....	13
Figura 3: Sezioni tipo in galleria.....	15
Figura 4: Rampa monodirezionale.....	26
Figura 5: Rampa bidirezionale .....	26
Figura 6: schema dello svincolo di Velo d’Astico.....	27
Figura 7: schema dello svincolo Valle dell’Astico .....	28
Figura 8: Schema dell’interconnessione con la A22 .....	29
Figura 9: Schema corsie di accelerazione .....	30
Figura 10: Schema corsie di decelerazione .....	31
Figura 11: tabella con le indicazioni sulla tipologia di barriera di sicurezza da adottare .....	33

## 1 PREMESSA

La presente relazione è finalizzata ad illustrare i criteri di dimensionamento dell'asse principale e degli svincoli dell'Autostrada A 31 nord.

Il tracciamento del corridoio principale è stato eseguito su un unico asse, come peraltro consueto per la progettazione preliminare, rimandando il tracciamento dei due assi autostradali alla redazione del progetto definitivo. Nonostante ciò, in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, delle spalle dei viadotti e delle altre strutture di sostegno, al fine della corretta ubicazione plano-altimetrica, è stata eseguita la proiezione del terreno in corrispondenza delle due carreggiate sull'asse principale e sono state estratte le sezioni trasversali dei punti più significativi. Ciò ha permesso uno studio adeguato di tutte le opere d'arte e il corretto inserimento plano-altimetrico.

Particolare attenzione è stata anche posta alla sicurezza stradale, sia in termini di geometria dell'asse, sia per quanto riguarda le dotazioni aggiuntive: piazzole di sosta, varchi, viabilità di accesso per il primo soccorso e la manutenzione e barriere di sicurezza.

## 2 PRINCIPALI NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO STRADALE

### Geometria stradale

- D.M. 5/11/2001 "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade";
- D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- Direttiva 2008/96/CE "Gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali".

## 3 IL TRACCIATO STRADALE

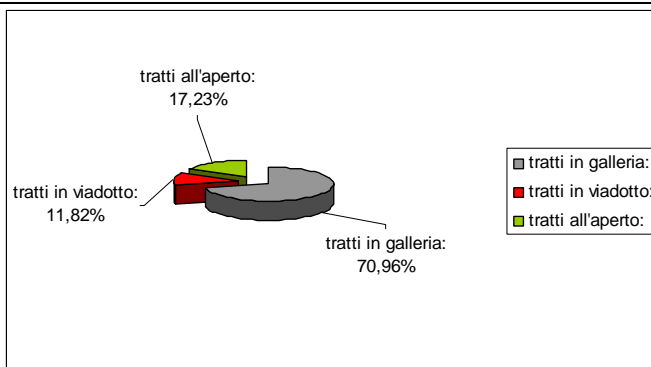
### 3.1 SINTESI DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE

<b>Ambito territoriale interessato</b>
Province: Provincia di Vicenza e Provincia autonoma di Trento
Comuni: Piovene Rocchette, Cogollo del Cengio, Velo D'Astico, Valdastico, Pedemonte, Lastebasse, Lavarone, Folgaria, Besenello, Calliano, Nomi.

### Lunghezza dell'intervento e caratterizzazione delle tratte

Lo sviluppo complessivo dell'opera è di circa 39,1 chilometri di cui:

- 70.96% in galleria (artificiale e naturale)
- 11.82% in viadotto
- 17.23% all'aperto



### Sezione tipologica

Con riferimento al D.M. del 5 novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, la classificazione della strada è:

"A – Autostrade in ambito extraurbano

Velocità di progetto = 90 – 140 km/h

### Svincoli

	Progressiva (km)
Svincolo di Velo d'Astico	5+000
Svincolo Valle dell'Astico	18+600
Interconnessioni	
Besenello	39+100

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Opere d'arte maggiori - Gallerie		
Opera	Carreggiata dir. Nord L (m)	Carreggiata dir. Sud L (m)
Galleria S. Agata	990,00	970,00
Galleria Velo	140,00	60,00
Galleria Cogollo	1.560,00	1.204,97
Galleria Costa del Prà	855,00	717,00
Galleria Forte Corbin	2.210,00	2.119,96
Galleria Pedescala	1.750,00	1.734,85
Galleria S. Pietro	3.507,10	3.586,20
Galleria Molino	200,00	-
Galleria Pedemonte	1.849,57	1.814,57
Galleria Valico	15.140,00	15.079,81

Opere d'arte maggiori - Viadotti		
Opera	Carreggiata dir. Nord L (m)	Carreggiata dir. Sud L (m)
Viadotto Piovene	290,00	275,00
Viadotto Boiadori	480,00	540,00
Viadotto Velo	685,00	700,00
Viadotto Assa	105,00	105,00
Viadotto Settecà	424,79	422,68
Viadotto Molino	460,50	460,50
Viadotto Posta 1	590,00	700,00
Viadotto Posta 2	695,00	710,00
Viadotto Ciechi	285,23	309,83
Viadotto Adige	500,53	500,53

Opere d'arte minori - Cavalcavia	
Opera	Progr. o riferimento
Cavalcavia Via Colombara	1+ 718,00
Cavalcavia S.Agata 1	2+450,00
Cavalcavia S.Agata 2	2+675,00
Cavalcavia Sv. Velo d'Astico	5+ 275,00
Cavalcavia Besenello 1	svincolo di interconnessione con la A22
Cavalcavia Besenello 2	svincolo di interconnessione con la A22
Cavalcavia viabilità comunale	svincolo di interconnessione con la A22

Opere d'arte minori - Manufatti scatolari stradali e manufatti idraulici		
Opera	Dimensioni	Progressiva
Canale di derivazione	2x3x3	0+650
Sottovia S.S.350	12x6	2+075
Canale di derivazione	2x3x2 (doppia canna)	3+780
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	4+500
Sottopasso	9,50x5,50	4+625
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	4+650

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,51	4+800
Manufatto scatolare Rio Albo	5,00x3,00	5+392
Manufatto scatolare Rio Albo	5,00x3,00	svincolo Velo
Manufatto scatolare Narotti	4,00x3,00	5+675
Tombino di collegamento	1,50x1,50	5+700
Sottopasso poderale	7,00x5,50	5+768
Tombini di collegamento canali di gronda	1,5x1,5	5+850
	1,5x1,5	6+000
	1,5x1,5	6+150
Canale di derivazione ad U	3x2	6+642
Canale di derivazione ad U	4x4	6+820
Tombino di collegamento canali di gronda	1,5x1,5	7+000
Deviazione del canale Cenge del Cengio	3,00x2,00	7+212
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	7+250/7+350
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	8+805/8+944
Deviazione del canale Cavallo con scatolare	3,00x2,00	9+028
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	10+000
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	12+400
Sottovia S.P. Pedescala	10,50x6,00	14+216
Tombino di collegamento canali di gronda	1,50x1,50	14+281
Deviazione canale ad U	3,00x2,00	14+746
Ponticello Torrente Grossa	10,00	19+067
Devizione canale ad U "Valle secondaria"	3,00x2,00	19+632
Devizione canale ad U "Morta"	3,00x2,00	19+850
Devizione canale ad U "Bisabella"	11,00x2,00	20+365
Ponticello Torrente Rua	12,00	21+075
Deviazione canale ad U	9,00x2,00	23+020
Sottovia Velo d'Astico	7,00x5,50	svincolo Velo

Varchi			
Opera		Progr.	L (m)
Varco	n. 1	+ 650,00	60,00
Varco	n. 2	2+ 193,00	60,00
Varco	n. 3	4+ 394,00	60,00
Varco	n. 4	6+ 180,00	60,00
Varco	n. 5	7+ 020,00	60,00
Varco	n. 6	7+ 360,00	60,00
Varco	n. 7	8+ 993,00	60,00
Varco	n. 8	9+ 994,00	60,00
Varco	n. 9	14+ 183,00	60,00
Varco	n. 10	18+ 326,00	60,00
Varco	n. 11	19+ 250,00	60,00
Varco	n. 12	21+ 071,00	60,00
Varco	n. 13	22+ 220,00	60,00
Varco	n. 14	38+ 470,00	60,00



### Sicurezza

Piazzole di sosta ogni 1000 m, illuminazione degli svincoli, colonnine SOS, pannelli a messaggio variabile, impianti antincendio e di ventilazione in galleria, piazzole di sosta, by-pass in galleria, accesso per i mezzi di soccorso da viabilità esterne.

### 3.2 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato inizia in corrispondenza dell'attuale terminale dell'autostrada a Piovene Rocchette in Provincia di Vicenza e si collega alla A22 nel territorio comunale di Besenello in Provincia di Trento.

L'autostrada A31 attuale termina con un restringimento di sezione che canalizza il traffico su un'unica corsia di marcia e viene convogliato al casello di Piovene Rocchette, mentre nella direzione opposta una corsia entra dal casello verso sud allargandosi a due una volta raggiunto il sedime autostradale. Lo schema di svincolo è una classica "trombetta" con asse autostradale in trincea, utilizzato per le sole rampe che si rivolgono verso sud.

Dal termine della sezione autostradale esistente inizia il nuovo tracciato di prosecuzione verso nord, i primi 350 m circa sono in trincea prima di riemergere in corrispondenza dell'attraversamento del torrente Astico con il viadotto Piovene. La particolarità dell'attraversamento che si presenta con il torrente all'interno di una forra molto profonda, circa 70 m, ha richiesto lo studio di un'opera particolare che verrà descritta nella relazione tecnica dedicata.

Successivamente, il tracciato si inserisce nell'area industriale di Cogollo del Cengio, interessando il corridoio tra gli edifici industriali già previsto dal progetto definitivo del 2007. La prima parte si svolge in trincea per circa 900 m, un cavalcavia collega la viabilità locale in corrispondenza della via Colombara. Segue un tratto in rilevato di circa 250 m prima che venga imboccata la galleria S.Agata.

A questo punto il tracciato si sposta sulla destra orografica del fiume Astico che viene superato dal viadotto Boiadori.

Oltrepassato il viadotto, il tracciato per quasi due chilometri si svolge in rilevato, in tale tratta è previsto il primo svincolo, svincolo di Velo d'Astico che ha una configurazione "a trombetta", nella stessa area sono state progettate le aree di servizio Astico est e Astico Ovest.

Proseguendo verso nord, il tracciato si sposta nuovamente sulla sinistra orografica del fiume superato dal viadotto Velo.

Al termine del viadotto, il corridoio autostradale inizia a salire verso l'alta valle dell'Astico, caratterizzata da un'orografia, che a differenza del tratto precedente, diviene condizionante; la differenza maggiore sta nel fatto che la tratta precedente è caratterizzata da zone pseudo pianeggianti, quindi il tracciato risulta vincolato dall'antropizzazione del territorio, invece verso nord l'effetto maggiore è determinato dalla conformazione della valle dell'Astico, in genere limitata lateralmente dalle ripidi pendici montuose, spesso anche molto acclivi ed in posizione praticamente verticale.

Superata quindi la S.S. 350 il tracciato di progetto si sviluppa dapprima per un breve tratto in sede naturale per poi imboccare la galleria artificiale Velo alla quale segue un tratto parte in rilevato e parte in trincea. Alla progressiva 7+400 circa si ritorna in galleria (galleria Cogollo) per circa 1,5 chilometri.

Inizia quindi da questo punto in poi un susseguirsi di tratti in galleria e di tratti all'aperto, con prevalenza, in termini di lunghezza, dei primi, caratteristica tipica delle autostrade di montagna, dove l'orografia da un lato e la rigidità geometrica dell'autostrada dall'altro portano inevitabilmente a scelte di questo tipo.

Proseguendo in direzione nord si ha la seguente successione: superata la galleria Cogollo, il tracciato si sviluppa per un breve tratto all'aperto per poi imboccare la galleria Costa del Prà. Segue una seconda tratta all'aperto di circa 400 m e quindi il tracciato imbecca la galleria Forte Corbin. Di seguito piegando verso est si porta alle spalle dell'abitato di Pedescala, attraversando la val d'Assa con l'omonimo viadotto e poi rientra in galleria (galleria Pedescala), sbucando sulla valle dell'Astico che viene attraversata con il viadotto Settecà che supera la S.P. 350 e la strada comunale prima di imboccare la galleria S. Pietro.

A seguire, all'incirca alla progressiva km 18+240 m, il tracciato si sviluppa per un tratto importante all'aperto, potendo in questa zona contare su una maggiore disponibilità di territorio legata anche alla presenza di un sito di cava che si propone di risistemare e riqualificare anche con lo stoccaggio in sede definitiva del materiale proveniente dalle gallerie. In questo modo, oltre ad una importante riqualificazione ambientale del sito, si riesce ad inserire uno svincolo sulla viabilità ordinaria denominato svincolo della Valle dell'Astico con la classica geometria "a trombetta", che potrebbe favorire le comunità locali

negli spostamenti di lunga percorrenza verso il sistema autostradale nazionale, attualmente raggiungibile solo attraverso la S.S. 350.

Nella stessa area di svincolo è stato ubicato il centro di manutenzione completo di officina, deposito e parcheggio dei mezzi.

Il tratto all'aperto prosegue fino alla progressiva km 21+115 m prevedendo dei tratti in viadotto per tener conto delle esigenze idrauliche del corso d'acqua principale ed dei suoi affluenti laterali (viadotto Molino, viadotto Posta 1 e Posta 2). All'interno di quest'ultima tratta tra la progressiva 19+300 e la progressiva 19+550 circa è stato necessario, sulla carreggiata verso nord, inserire una galleria artificiale (galleria Molino), data la particolare acclività del versante.

Giunti in prossimità dell'abitato di Scalzeri la valle inizia nuovamente a restringersi, quindi il tracciato autostradale si trova costretto a svilupparsi nuovamente in galleria: con la galleria Pedemonte vengono by-passati gli abitati di Scalzeri, Longhi, Ciechi e Pedemonte, giungendo a superare l'Astico con il viadotto Ciechi prima di imboccare la lunga galleria di Valico. La parte a nord di Lastebasse risulta, infatti, condizionata dalla presenza dei rilievi montuosi che devono necessariamente essere sottopassati con sviluppo delle opere in sotterraneo piuttosto importante.

Il tracciato termina con l'interconnessione con la A22 che è stata inserita nell'unico spazio disponibile in corrispondenza delle divaricazioni puntuali tra l'autostrada esistente verso ovest ed il fiume verso est.

### 3.3 *ELEMENTI GEOMETRICO FUNZIONALI*

#### 3.3.1 *SEZIONI TIPO*

##### *Sezione tipologica in rilevato e trincea*

Il punto di partenza propedeutico allo studio del tracciato stradale è senz'altro la definizione della categoria stradale da assegnare all'infrastruttura: la definizione delle sezioni tipo rappresenta il momento nel quale operare le scelte che vengono sviluppate nel corso della progettazione, in termini di geometrie stradali, di opere d'arte, di particolari costruttivi, di impianti ed opere di arredo.

La normativa stradale di riferimento, per quel che riguarda l'asse principale, è rappresentata dal D.M. 5 novembre 2001 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*" che definisce gli elementi compositivi della sezione stradale e le relative dimensioni minime.

A seguito dello studio condotto nella prima fase di redazione del progetto preliminare e in accordo con il Committente, la scelta della sezione tipologica è ricaduta sulla categoria "A -

Autostrade in ambito extraurbano”, secondo la definizione delle citate norme.

La piattaforma risulta quindi così composta:

- due carreggiate ciascuna composta da due corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,75 m;
- margine interno tra le carreggiate, di larghezza minima pari a 4,00 m, composto da uno spartitraffico minimo di 2,60 m e da due banchine in sinistra di larghezza minima di 0,75 m;
- corsia di emergenza di larghezza pari a 3,00 m;

La larghezza complessiva minima della piattaforma risulta pari a 11,25 m.

I valori delle banchine in sinistra sono da intendersi minimi, in quanto per necessità legate alla verifica delle distanze di visibilità, possono subire degli incrementi.

La sagoma trasversale in rettilineo è a tetto, a doppia falda e con pendenza (2,5%) verso l'esterno. Nelle curve circolari la pendenza di tutta la piattaforma, commisurata al raggio di curvatura, è rivolta verso l'interno, come richiesto nelle norme vigenti ed è stata limitata al valore massimo del 6%, come previsto per le strade che si sviluppano in un territorio soggetto a frequente innevamento. Durante la progettazione tale valore non viene comunque mai raggiunto, essendo il valore massimo di progetto pari a 4,9% sul prolungamento della curva esistente di raggio 1.500 m ad inizio intervento, mentre sulle curve successive (ad eccezione dei tratti in corrispondenza delle interconnessioni autostradali) il valore massimo risulta pari a 4,4%.

Gli elementi marginali sono stati definiti partendo dall'assegnazione minima normativa (larghezza del ciglio più lo spazio di funzionamento della barriera di sicurezza) e assunti di larghezza pari a 2,00 m poiché tale spazio risulta necessario in relazione alla tipologia di barriera di sicurezza adottata, in funzione del tipo di collettamento delle acque di piattaforma e in funzione degli spazi necessari per l'alloggiamento degli impianti tecnologici di linea.

La pendenza delle scarpate, secondo i primi calcoli di stabilità effettuati ed in relazione alla qualità geotecnica dei terreni interessati, è stata prevista in 2/3 opportunamente inerbite con terreno vegetale per uno spessore minimo di 30 cm.

La sezione tipo è completata da piazzole di sosta poste ogni 1000 m, come da normativa, di lunghezza pari a 20+25+20. Inoltre, sempre come da norma, sono stati progettati i varchi tra le due carreggiate ogni due chilometri circa.

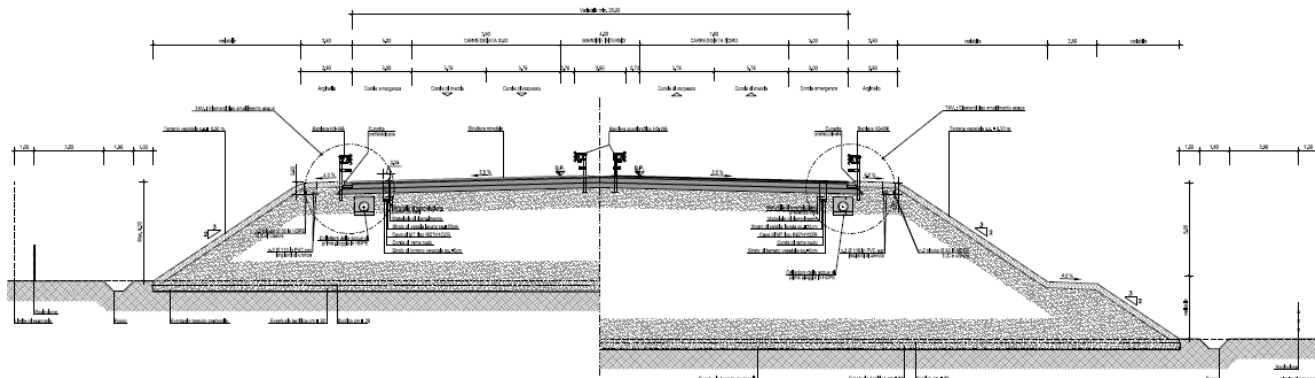


Figura 1: Sezione tipo in rilevato

Si può quindi dire che l'articolazione del processo compositivo dei diversi elementi che costituiscono le sezioni tipo si è sviluppata partendo dalle regole del buon costruire (elementi di smaltimento delle acque di piattaforma) e applicando le normative tecniche di settore (ad esempio, per le barriere di sicurezza D.M. 236721/06/2004 "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", nonché Circ. Min. 21-7-2010 n. 62032 e le norme UNI EN 1317) al fine di ottimizzare gli spazi necessari tenendo in conto la sicurezza dell'utenza.

#### *Sezione tipologica in viadotto*

Per superare le difficoltà orografiche presenti e in particolare per superare i corsi d'acqua sono stati previsti diversi attraversamenti in viadotto. La composizione della piattaforma stradale è conforme alla sezione all'aperto, ossia:

- due carreggiate ciascuna composta da due corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,75 m;
- una corsia di emergenza di larghezza pari a 3,00 m;
- banchina in sinistra di larghezza 0,75 m;

per un totale della larghezza della superficie pavimentata pari a 11.25 m.

Al margine destro è stato previsto un marciapiede di servizio di larghezza pari a 2.00 m nel quale è contenuta la barriera di sicurezza e margine la rete di protezione o in alternativa le barriere antirumore se previste. In corrispondenza delle piste di svincolo possono essere

posizionati i pali di illuminazione che essendo del tipo “flessibile” non costituiscono ostacolo fisso per la deformabilità delle barriere di sicurezza.

Sulla sinistra si trova invece un cordolo di larghezza pari a 0.90 m. sul quale è alloggiata la barriera di sicurezza.

Le canaline per l'alloggiamento degli impianti e le tubazioni per la raccolta delle acque di prima pioggia sono posizionate sull'intradosso dell'impalcato e sono schermate da una apposita veletta.

La tipologia di struttura adottata è del tipo acciaio-calcestruzzo con impalcato bitrave, tranne che per l'attraversamento dell'Adige e per il viadotto Piovene.

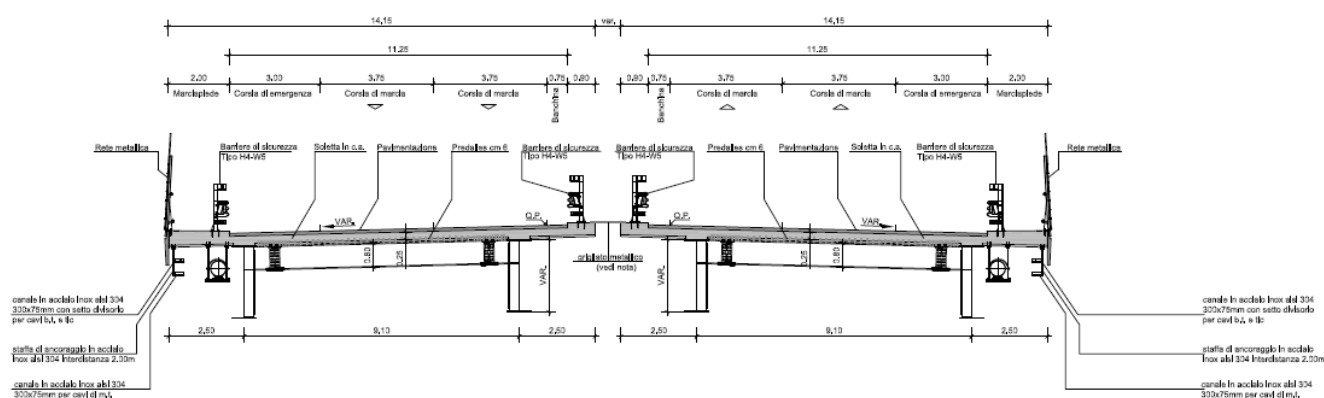


Figura 2: Sezione tipo in viadotto – struttura mista

Per il primo, data la particolare collocazione e l'importanza dell'opera, è stato progettato un viadotto ad arco. Questa soluzione, a via di corsa inferiore e spinta eliminata dall'impalcato, sembra identificare la soluzione tipologica ottimale in quanto, al di là di evidenti considerazioni estetiche e di continuità tipologico formale con altri attraversamenti che interessano l'Adige più a nord, consente di confinare l'impegno statico alla sola luce di 140 m, evitando di interferire con la campata terminale in allargamento sulle piste della A22, nonché di gestire al meglio la curvatura planimetrica di tracciato. Le soluzioni a via di corsa inferiore permettono inoltre di contenere in termini adeguati le quote di livelletta stradale nel rispetto di idonei franchi sulle quote delle piste ciclo-pedonali arginali.

Per il viadotto Piovene data la particolarità dell'attraversamento, che si presenta ad una considerevole altezza dal fondo valle e visibile da molti punti di vista, è stata adottata una soluzione a viadotto continuo a travata su pile alte, certamente connotata da austerità e pulizia formale, nella quale il lessico formale è demandato al disegno delle pile a lama svuotate del volume centrale che possa risultare gradevole e leggera, tale soluzione verrà dettagliatamente descritta nel capitolo dedicato alle opere d'arte.

### Sezione tipologica in galleria

Come prima specificato gran parte del tracciato si svolge in galleria naturale. Sono state previste gallerie a doppio foro, con dimensioni della piattaforma stradale e delle banchine pari a quelle della sede viaria su corpo stradale. La larghezza totale del pavimentato è pari a 11,25 m organizzato in:

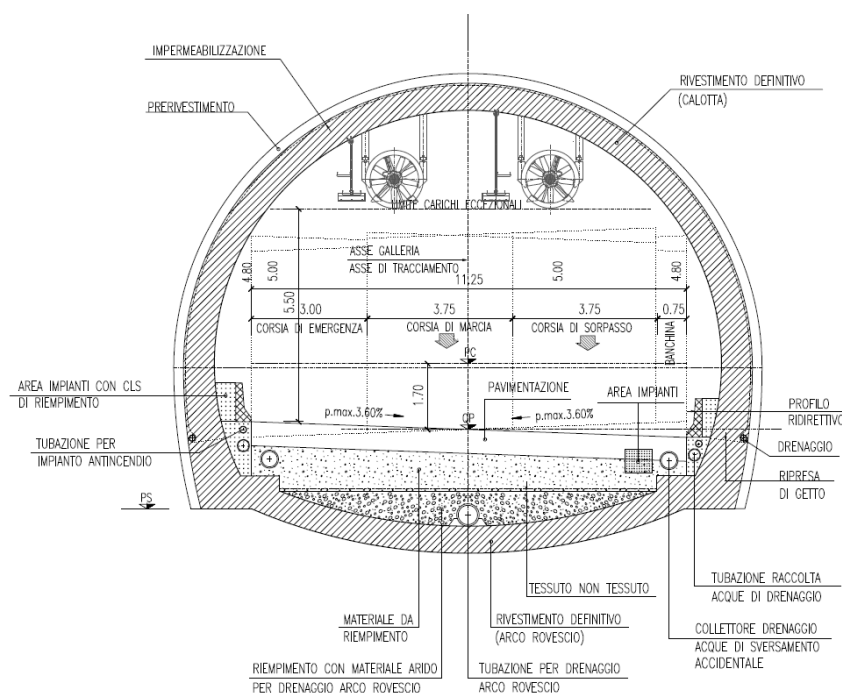
- due carreggiate ciascuna composta da due corsie per senso di marcia di larghezza pari a 3,75 m;
- una corsia di emergenza di larghezza pari a 3,00 m;
- banchina in sinistra di larghezza 0,75 m;

La sezione è completata dal profilo ridirettivo dietro al quale sono alloggiati parte degli impianti tecnologici, una parte più consistente è stata prevista sotto la corsia d'emergenza.

Nella sezione ordinaria lo scavo è di tipo tradizionale, solo per la galleria di Valico è stato previsto lo scavo meccanizzato tramite fresa a piena sezione.

L'altezza minima prevista all'interno di ciascun fornice rispetta i minimi di normativa (5,00 m in carreggiata e 4,80 m in corsia di emergenza), sia nella sezione in rettilineo con pendenza trasversale pari al 2,50%, sia nei tratti in curva con pendenza maggiore ruotata sia in un verso sia nell'altro.

Tutte le gallerie, come previsto nella norma, sono dotate di by-pass carrabili e by-pass pedonali.



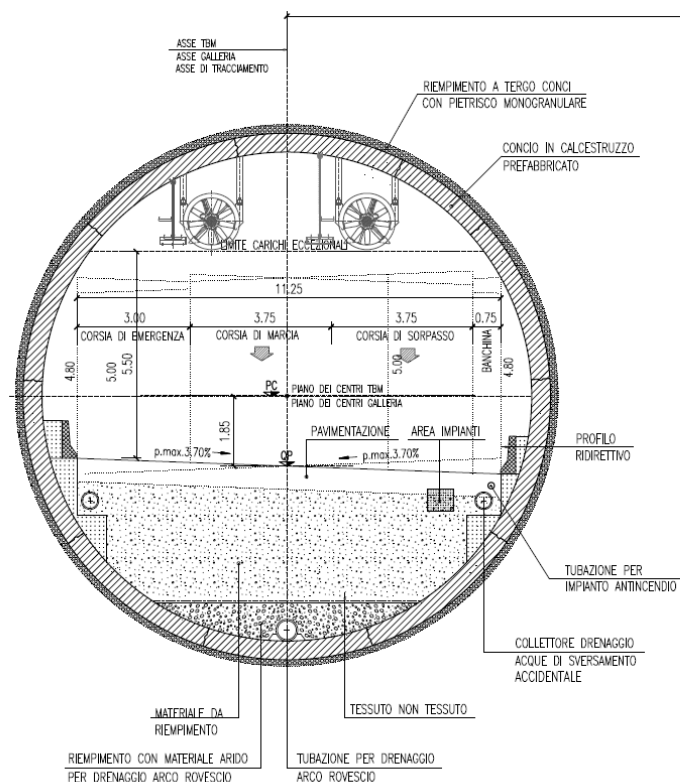


Figura 3: Sezioni tipo in galleria

### 3.3.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE: ANDAMENTO PLANIMETRICO

La metodologia seguita per la verifica degli elementi geometrici di ciascun tracciato segue quanto prescritto nel D.M. 5/11/2001 “ Norme funzionali e geometriche per la costruzione del tracciato”.

Per il tracciato individuato, essendo classificato secondo la categoria A “autostrada in ambito extraurbano”, si è assunto l’intervallo di velocità 90-140 km/h.

Dal punto di vista delle grandezze analizzate è stato verificato che gli elementi di tracciato fossero conformi ai valori minimi secondo le citate norme. Di seguito, vengono descritte le principali caratteristiche planimetriche e vengono riportati i risultati delle verifiche.

#### *Rettifici*

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

Il valore minimo, come si può desumere dalla tabella che segue, è pari a 360 m.



AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

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

Il valore massimo risulta pari a 3.080 m ( $V_{p,max}=140$  km/h), fanno eccezione i rettifili che si inseriscono all'interno di un flexso, per i quali è stata applicata la regola sul limite superiore espressa dalla formula:

$$L_{max} = \frac{A_1 + A_2}{12,5}$$

Di seguito si riporta la tabella con i valori dei rettifili adottati.

Elementi geometrici: rettifili						
Rettifilo n.	Progressiva Iniziale km	Progressiva Finale km	Sviluppo m	$V_p$ [km/h]	$L_{min}$ m	$L_{max}$ m
1	575,9058	941,8429	365,9371	140	360	3080
2	1976,6524	2589,2415	612,5891	140	360	3080
3	3378,8147	3449,6813	70,8666	140	/	172
4	7049,1916	7071,5702	22,3786	140	/	125,6
5	10332,469	11012,0727	679,6035	140	360	3080
6	13989,461	14455,7447	466,2833	140	360	3080
7	16118,005	17133,8346	1015,83	140	360	3080
8	19036,283	19480,373	444,0904	140	360	3080
9	20762,973	20906,977	144,0045	140	360	3080
10	23112,051	23947,5662	835,5152	140	360	3080
11	26649,743	29130,6563	2480,914	140	360	3080
12	32993,038	34021,2182	1028,18	140	360	3080
13	35985,557	36495,0771	509,5199	140	360	3080
14	38649,493	38657,4193	7,9261	140	/	37,23

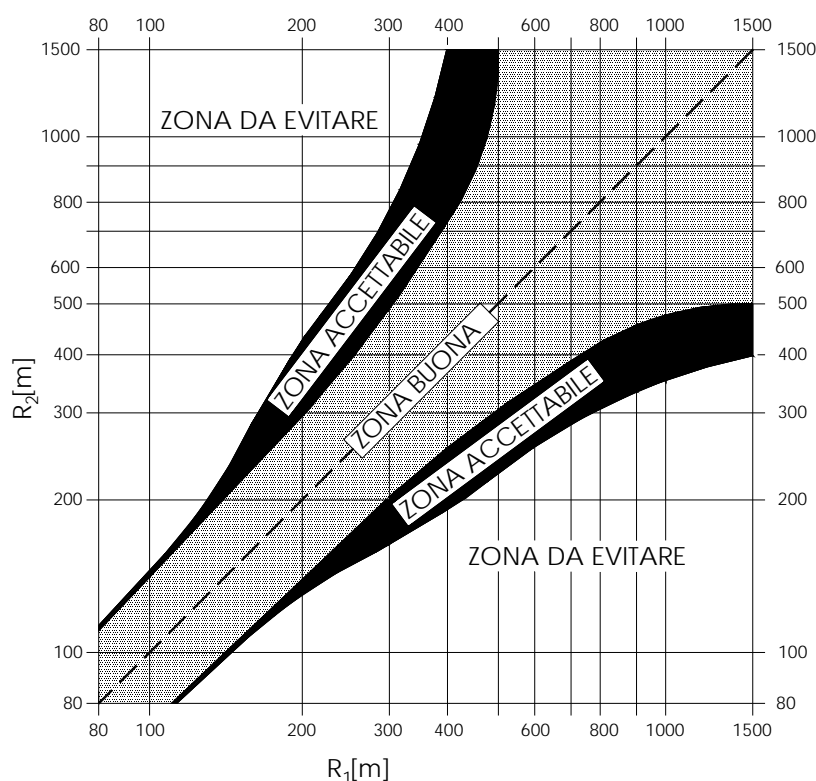
Tabella 1: lunghezze dei rettifili

Dalla tabella si evince che i valori dei rettifili rispettano i minimi e massimi fissati dalla norma.

### *Curve circolari*

Alla velocità di 140 km/h il valore minimo dello sviluppo per essere percepita è pari a **97.22** metri, calcolato in relazione al tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi.

Inoltre tra due curve successive i rapporti tra i raggi di curvatura R1 ed R2 di due curve successive devono collocarsi nella zona "buona" dell'abaco della norma.



### *Elementi di transizione*

Tra i rettifili e le curve circolari al fine di evitare l'insorgenza istantanea della forza centrifuga e per favorire una migliore iscrizione del veicolo in curva sono state inserite curve a raggio variabile (clotoidi). Il parametro A assegnato alle clotoidi di tracciato deve verificare i tre criteri:

1. criterio della limitazione del contraccolpo, che con le opportune semplificazioni e assunzioni assume la forma pratica pari a:

$$A \geq 0,021 \times V^2$$

2. criterio della limitazione della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata che assume le formule: nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

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

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

3. criterio ottico:  $A > R/3$  (Ri /3 in caso di continuità)

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

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

Nella tabella seguente si riportano i valori delle curve circolari e delle relative clotoidi.

Elementi geometrici: curve e clotoidi								
Curva n.	Progressiva Iniziale	Progressiva Finale	Raggio	Sviluppo	V <sub>p</sub>	L <sub>min</sub>	Clotoidi	
					[km/h]		A <sub>prec</sub>	A <sub>succ</sub>
1	0	157,346	1510	157,346	140	97,22	/	795
2	1108,51	1809,99	1500	701,476	140	97,22	500	500
3	2893,75	3039,53	2660	145,776	140	97,22	900	950
4	4104,23	5771,36	2200	1667,13	140	97,22	1200	887
5	6555,04	6841,41	1850	286,372	140	97,22	887	620
6	7388,24	9619,97	2850	2231,73	140	97,22	950	1425

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

7	11311	13690,6	2650	2379,58	140	97,22	890	890
8	14780,2	15793,6	2900	1013,36	140	97,22	970	970
9	17422,8	18747,3	2500	1324,45	140	97,22	850	850
10	19697	20466,8	1950	769,728	140	97,22	650	760
11	21307,9	22804,3	2750	1496,38	140	97,22	1050	920
12	24394	26203,3	3500	1809,32	140	97,22	1250	1250
13	30325,8	31797,9	10250	1472,14	140	97,22	3500	3500
14	34310,2	35696,6	2500	1386,34	140	97,22	850	850
15	36863,7	38280,9	2500	1417,14	140	97,22	960	960

Tabella 2: Caratteristiche geometriche delle curve e delle clotoidi

In base ai calcoli effettuati i parametri delle clotoidi rispondono ai tre criteri illustrati dalla norma, inoltre lo sviluppo delle curve è sempre maggiore del limite minimo di 97,22 m.

#### *Pendenze trasversali nei rettifili e nelle curve circolari*

La pendenza minima trasversale in rettilineo è pari al valore 2,5% e le carreggiate sono ciascuna orientata con il ciglio più depresso verso l'esterno. In curva circolare, invece, la carreggiata è inclinata verso l'interno e il valore di pendenza trasversale è mantenuta costante su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio. Se il raggio di curvatura è maggiore del valore R<sub>2,5</sub> che per le strade autostrade extraurbane categoria "A" risulta pari a 10.250 m si assume la pendenza trasversale pari al valore 2,5%. Per valori del raggio R inferiori a R<sub>2,5</sub> si è fatto riferimento agli abachi indicati dalla normativa.

Come detto nel paragrafo relativo alle sezioni tipo, il valore di riferimento massimo della pendenza trasversale è stato limitato al 6%, come previsto per le strade che si sviluppano in un territorio soggetto a frequente innevamento. Tale valore non viene comunque mai raggiunto, la massima pendenza risulta, infatti, pari a 4,9%.

#### *3.3.3 DISTANZE DI VISIBILITA'*

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

Nella redazione di un progetto preliminare la verifica principale che viene condotta per accertarsi della correttezza del tracciato e per intervenire nei punti in cui emergono problemi di visibilità è correlata alla distanza di visibilità per l'arresto. Tale parametro rappresenta lo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto.

Di seguito si riassume il procedimento di calcolo analitico seguito per la determinazione della

distanza di visibilità per l'arresto. Si è inoltre eseguita la verifica grafica puntuale con il programma di calcolo stradale.

*Distanza di visibilità per l'arresto*

La relazione di calcolo della distanza di visibilità per l'arresto si calcola con la formula integrale:

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

dove:

D1 = spazio percorso nel tempo  $\tau$

D2 = spazio di frenatura

V0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità [km/h]

V1 = velocità finale del veicolo, in cui V1 = 0 in caso di arresto [km/h]

i = pendenza longitudinale del tracciato [%]

$\tau$  = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]

g = accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]

Ra = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [kg]

f<sub>l</sub> = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura

r<sub>0</sub> = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

La resistenza aerodinamica Ra si valuta con la seguente espressione:

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

dove:

C<sub>x</sub> = coefficiente aerodinamico

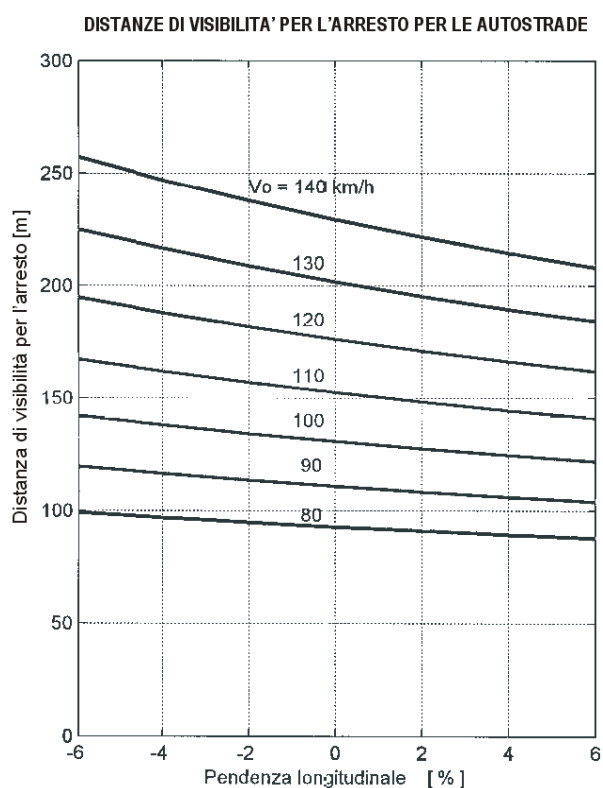
S = superficie resistente [m<sup>2</sup>]

$\rho$  = massa volumica dell'aria in condizioni standard [kg/m<sup>3</sup>]

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

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
$f_i$ Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34

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



### 3.3.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'ASSE PRINCIPALE: ANDAMENTO ALTIMETRICO

La pendenza massima adottabile per il rispetto della normativa risulta pari al valore 5%. Tale valore scende al 4% in corrispondenza di gallerie, al fine di contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi, e ancor meno nel caso di lunghe gallerie in relazione ai volumi ed alla composizione del traffico previsto.

La pendenza minima assunta per il tracciato in oggetto è del 0.25%, mentre la pendenza massima è del 2.7%, inferiore a quanto prescritto dalle norme.

I raccordi verticali (concavi e convessi) sono stati dimensionati con riferimento alle distanze

di visibilità, già discusse. Sono eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione:

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

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

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

- 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  $D > L$

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

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

Per il caso concavo ponendo  $h = 0,5$  m e  $\theta = 1^\circ$  sono:

- se  $D$  è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

- se invece  $D > L$

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

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa dei raggi adottati per i raccordi verticali.

Elementi geometrici: raccordi verticali				
Raccordo n.	Tipologia	Pend. 1	Pend. 2	Raggio
1	Concavo	1,3	1,8	3.000
2	Concavo	1,8	2,2	100.000
3	Convesso	2,2	2,8	17.000
4	Concavo	2,8	0,25	10.000
5	Concavo	0,25	0,25	20.000
6	Concavo	0,25	1,55	10.000
7	Convesso	1,55	1,3	15.000

8	Concavo	1,3	1,7	15.000
9	Convesso	1,7	1,25	16.000
10	Concavo	1,25	2,1	6.000
11	Concavo	2,1	2,5	20.000
12	Convesso	2,5	0,8	16.000
13	Concavo	0,8	2,05	6.000
14	Concavo	2,05	2,7	16.000
15	Convesso	2,7	2,05	16.000
16	Concavo	2,05	1,434	50.000

Tabella 3: Raccordi verticali

E' stato verificato che i raccordi di progetto rispondono ai criteri illustrati dalla norma.

### 3.3.5 *DIAGRAMMA DI VISIBILITA'*

Poiché lungo tutto lo sviluppo del tracciato le curve circolari presentano valori del raggio superiori al minimo pari a 964 m che corrisponde alla velocità di progetto 140 km/h, il diagramma di velocità risulta piatto su tale valore (valore riportato nei profili longitudinali).

#### *Allargamenti per la visibilità*

Sulla base delle sezioni tipo e degli elementi marginali previsti lungo lo sviluppo del tracciato, sono stati verificati gli spazi necessari per la visibilità in curva mediante verifica grafica e numerica (come riportato nel paragrafo 3.3.3.).

La visibilità per l'arresto è garantita sull'intero sviluppo del tracciato, intervenendo con allargamenti oltre la banchina in sinistra (larghezza 0,75 m) e la corsia d'emergenza (larghezza 3,00 m). Secondo le verifiche condotte i punti che necessitano di allargamenti sono in numero limitato:

Carreggiata nord:

- dalla progressiva 1108.51 alla progressiva 1809,99: allargamento in sinistra 2.00 m;
- dalla progressiva 6555.04 alla progressiva 6841.41: allargamento in sinistra 0.80 m;
- dalla progressiva 19697.04 alla progressiva 20466.77: allargamento in sinistra 0.60 m;

Carreggiata sud:

- dalla progressiva 4104.23 alla progressiva 5771.36: allargamento in destra 0.50 m.



### 3.4 VIABILITA' DI SVINCOLO E DI INTERCONNESSIONE

#### 3.4.1 Descrizione

Per la progettazione degli svincoli si fa riferimento al Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale ha introdotto i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.).

Gli svincoli e l'interconnessione previsti per il corridoio di progetto sono:

- Svincolo di Velo D'Astico;
- Svincolo Valle dell'Astico;
- Interconnessione con la A22.

#### *Svincolo di Velo D'Astico*

Lo svincolo di Velo d'Astico è posizionato circa alla progressiva km 5+000. Lo schema di svincolo seppur riconducibile all'usuale tipologia di svincolo autostradale a trombetta, presenta la complicazione del posizionamento dell'area di servizio Astico (un'area per ciascuna carreggiata) che ha comportato la realizzazione degli accessi/uscite dall'area stessa sulle rampe di svincolo, evitando manovre di scambio sul sedime autostradale. L'opera principale è un cavalcavia che alloggia le due piste di svincolo.

Lo svincolo si collega alla viabilità ordinaria in destra Astico, prossima all'area industriale comunale, mediante una rotatoria.

La zona di svincolo e le aree di servizio sono state progettate in rilevato, le viabilità poderali esistenti sono state ripristinate prevedendo anche appositi sottopassi.

Le aree di servizio e l'area del casello sono completate con elementi di copertura la cui forma e i materiali utilizzati, richiamano il tema del paesaggio fluviale, come dettagliato nella relazione illustrativa.

#### *Svincolo Valle dell'Astico*

Lo svincolo di Valle dell'Astico è stato progettato con un classico schema a trombetta. L'area in cui è stato possibile inserirlo si trova in sinistra Astico, alla progressiva km 18+600 circa, in corrispondenza di una cava sulla quale si prevede un intervento di ripristino ambientale. Le rampe sono state progettate in rilevato eccetto la pista che da Vicenza va verso lo svincolo che è parzialmente in viadotto.

Dal punto di vista funzionale, l'ubicazione dello svincolo è di notevole importanza per il collegamento con centri particolarmente attrattivi per il turismo invernale. Infatti, lo svincolo

permette di raggiungere, tramite la S.S. 350, gli altipiani di Folgaria e Lavarone. Per questo motivo è stata anche prevista un'area di servizio denominata "Lavarone", con la predisposizione della stazione carburanti e delle aree di ristorazione.

Inoltre, data la centralità dello svincolo rispetto al nuovo tracciato, è stato predisposto un centro di manutenzione a servizio del gestore con spazi adeguati all'inserimento di tutti gli apprestamenti: tettoie per lame spazzaneve e spargisale, per mezzi speciali (spazzatrici, autocarri), un capannone per deposito cloruri e materiali di consumo con annesse postazioni di uffici e del personale, isola ecologica, area per atterraggio elicotteri, area per eventuali officine meccaniche per la riparazione dei mezzi, eventuale postazione di presidio per VV.FF.

I caselli, il centro di manutenzione e l'area di servizio sono completate da elementi di copertura come prima specificato per lo svincolo di Velo d'Astico.

#### *Interconnessione con la A22*

L'interconnessione presenta una geometria riconducibile ad una configurazione "a racchetta", una sorta di trombetta ma a doppio manufatto che consente di ottenere raggi di curvatura maggiori e quindi velocità di percorrenza più elevate. Nell'area di svincolo è stato previsto di utilizzare una parte dell'area interclusa sul lato est della A22 per realizzare un centro di manutenzione/presidio per la A31, in particolare per la gestione dell'esercizio della lunga Galleria di Valico, accessibile sia dalla A31 che dalla A22.

#### *3.4.2 Sezioni tipo*

Le sezioni stradali tipo per gli svincoli e le interconnessioni prevedono due tipologie di piattaforma:

- Rampa di svincolo monodirezionale a singola corsia: larghezza della corsia 4,00 m con banchine in destra pari a 1,00 m e in sinistra pari a 1,00 m, con larghezza complessiva pavimentata pari a 6,00 m.
- Rampa di svincolo bidirezionale: larghezza delle corsie 3,50 m con banchine in destra e in sinistra rispettivamente pari a 1,00 m con larghezza complessiva pari a 9,00 m.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

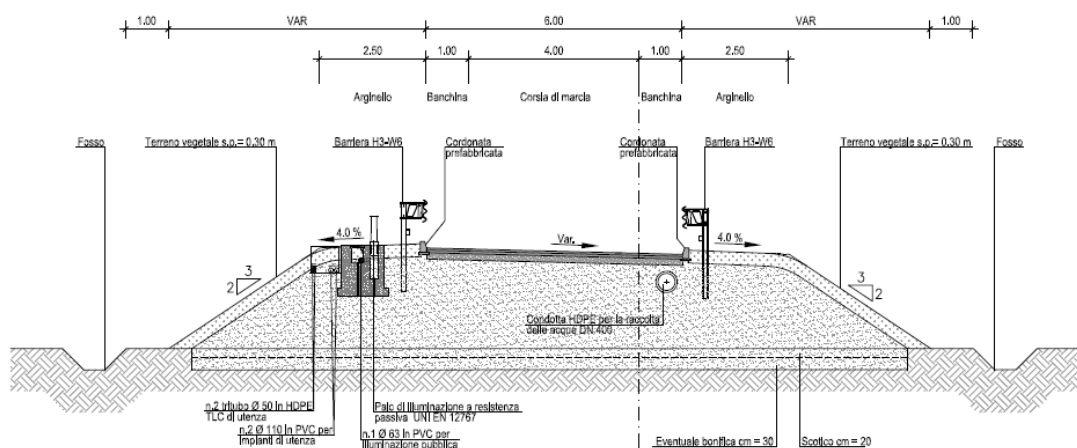


Figura 4: Rampa monodirezionale

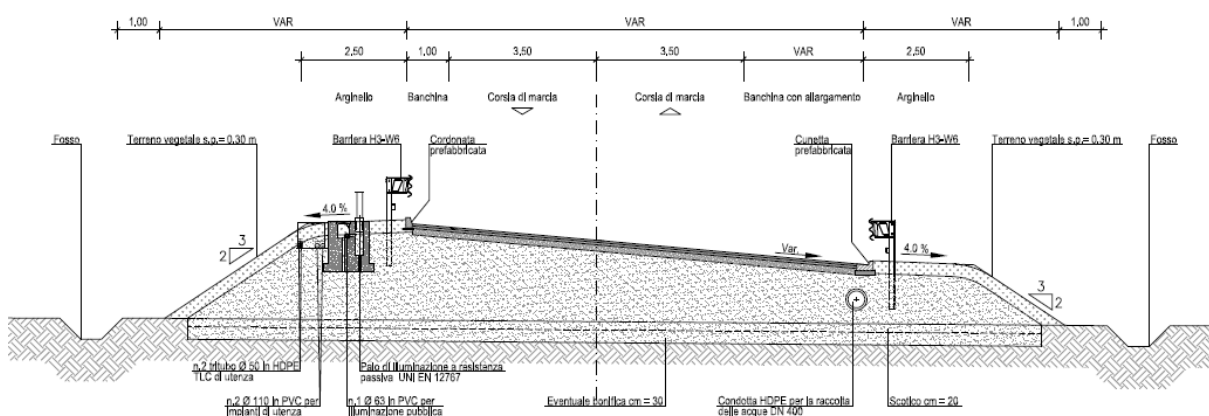


Figura 5: Rampa bidirezionale

### 3.4.3 Caratteristiche geometriche delle rampe di svincolo

Per la verifica della congruenza degli elementi geometrici di svincolo si fa riferimento al D.M. 19 aprile 2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” che dà indicazioni in funzione dei diversi intervalli di velocità fissati.

Per le diverse tipologie di rampe e per intervalli cinematici definiti si fa riferimento al seguente schema:

Velocità di progetto per le diverse tipologie di rampe		
Tipi di rampe	Incroci A/A, A/B, B/A	Incroci A/C, B/B, C/A, C/B
Curvilinea diretta	50-80 km/h	40-60 km/h
Curvilinea semidiretta	40-70 km/h	40-60 km/h
Curvilinea indiretta	in uscita da A: 40 km/h in entrata su A: 30 km/h	in uscita: 40 km/h in entrata: 30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h	40-70 km/h

Tabella 4: Velocità di progetto

Inoltre, per la parametrizzazione geometrica dei singoli elementi plano-altimetrici costituenti il nodo di svincolo, la norma suggerisce, in base alla velocità di progetto del singolo elemento, i valori da adottare come indicato nella seguente tabella.

Caratteristiche planoaltimetriche delle rampe						
Velocità di progetto	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo (m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max salita (%)	7,0		5,0			
Pendenza max discesa (%)	8,0		6,0			
Raggi minimi verticali convessi (m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi (m)	250	500	750	1000	1400	2000
Pendenza trasversale minima (%)	2,5					
Pendenza trasversale max (%)	6,0					
Visibilità longitudinale minima (m)	25	35	50	70	90	115

Tabella 5: Caratteristiche planoaltimetriche da norma

Se si confrontano le tab. n. 4 con i valori di progetto riportati di seguito si riscontra la completa rispondenza alle norme.

Svincolo di Velo d'Astico.

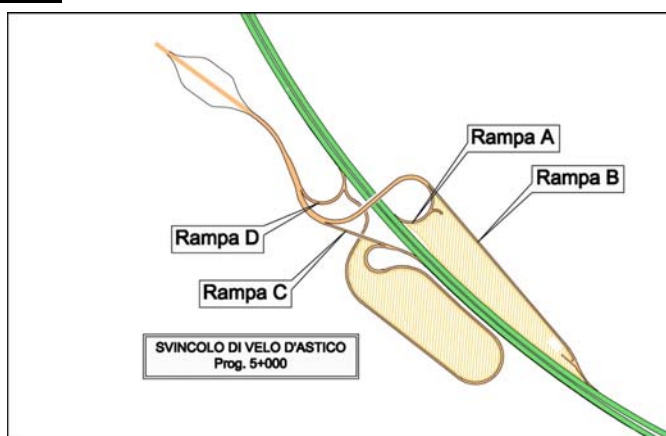


Figura 6: schema dello svincolo di Velo d'Astico

SVINCOLO VELO D' ASTICO									
NODO		Vp	R plan. minimo	% max in salita	% max in discesa	R convesso min	R concavo minimo	R usc/ent rampa	V usc/ent rampa
TIPO	Orig. / Dest.	Km/h	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	Km/h

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Rampa A	SEMI DIR.	per TN	40 - 60	49,00	3,84	3,84	2000,00	2000,00	49,00	42,00
Rampa B	SEMI DIR.	da VI	40 - 60	110,00	0,33	-	-	3500,00	110,00	58,00
Rampa C	DIRETTA	per VI	40 - 60	120,00	-	5,98	1500,00	1000,00	120,00	60,00
Rampa D	DIRETTA	da TN	40 - 60	49,00	6,94	-	1000,00	700,00	49,00	42,00

Tabella 6: Caratteristiche pianoaltimetriche di progetto

Svincolo Valle dell'Astico

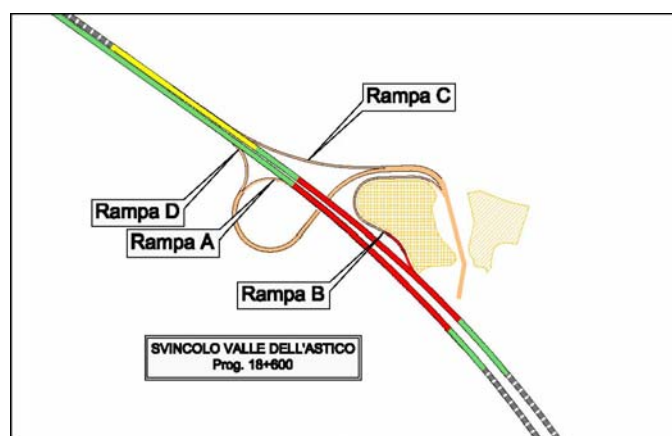


Figura 7: schema dello svincolo Valle dell'Astico

VALLE DELL' ASTICO										
			Vp	R plan. minimo	% max in salita	% max in discesa	R convesso min	R concavo minimo	R usc/ent rampa	V usc/ent rampa
	TIPO	Orig. / Dest.	Km/h	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	Km/h
Rampa A	SEMI DIR.	per VI	40 - 60	75,00	5,50	5,50	1600,00	1000,00	75,00	50,00
Rampa B	SEMI DIR.	da VI	40 - 60	48,00	-	6,95	1800,00	1000,00	178,90	60,00
Rampa C	DIRETTA	per TN	40 - 60	500,00	6,80		1500,00	1500,00	500,00	60,00
Rampa D	DIRETTA	da TN	40 - 60	75,00	3,20	-	-	2000,00	75,00	50,00

Tabella 7: Caratteristiche pianoaltimetriche di progetto

Interconnessione con la A22

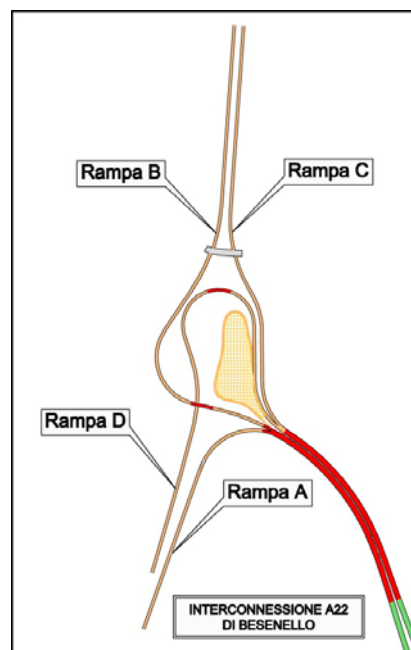


Figura 8: Schema dell'interconnessione con la A22

INTERCONNESSIONE CON LA A22										
			Vp	R plan. minimo	% max in salita	% max in discesa	R convesso min	R concavo minimo	R usc/ent rampa	V usc/ent rampa
	TIPO	Orig. / Dest.	Km/h	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	Km/h
Rampa A	DIR	da MO	50 - 80	120,00	4,98	-	3000,00	2500,00	USCITA AD AGO	
Rampa B	SEMI DIR.	da TN	40 - 70	104,00	2,66	-	5000,00	3500,00	360,00	70,00
Rampa C	SEMI DIR.	per TN	40 - 70	130,00	-	4,05	3000,00	3000,00	296,00	70,00
Rampa D	SEMI DIR.	per MO	40 - 70	80,00	-	4,40	2500,00	3000,00	246,00	70,00

Tabella 8: Caratteristiche piano altimetriche di progetto

### 3.4.4 Corsie di accelerazione e decelerazione

La modalità di progettazione delle corsie di accelerazione segue quanto specificato nel D.M. 2006 e secondo lo schema:

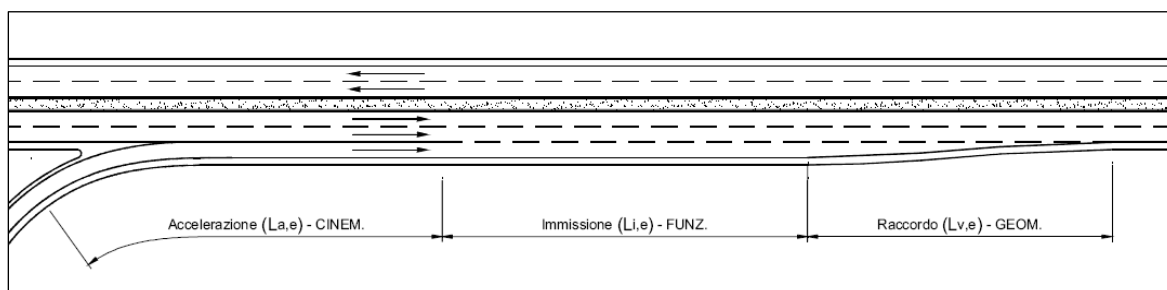


Figura 9: Schema corsie di accelerazione

con:

- Tratto di accelerazione di lunghezza  $L_{a,e}$  la cui lunghezza si determina in base a criteri cinematici;
- Tratto di immissione di lunghezza  $L_{i,e}$  da dimensionare secondo criteri funzionali. Gli elementi e i parametri da determinare sono in funzione della domanda di traffico riferita al periodo di punta di progetto;
- Elemento di raccordo di lunghezza  $L_{v,e}$  la cui lunghezza si determina in funzione della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Per  $V_p > 80$  km/h  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

La lunghezza del tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  viene calcolata pertanto mediante la seguente espressione:

$$L_{a,e} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

con:

- $L_{a,e}$  (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- $V_1$  (km/h) è pari all'80% della velocità di progetto della strada sulla quale la corsia si immette. Questa velocità va determinata dal diagramma di velocità (secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- $V_2$  (km/h) è la velocità di progetto della rampa nel punto di inizio del tratto di accelerazione della corsia di entrata (per  $V_2$  si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di entrata);

- $a$  ( $m/s^2$ ) è l'accelerazione assunta per la manovra pari a  $1.0 m/s^2$ .

La modalità di progettazione delle corsie di decelerazione segue sempre quanto specificato nel D.M. 2006 e secondo lo schema che segue:

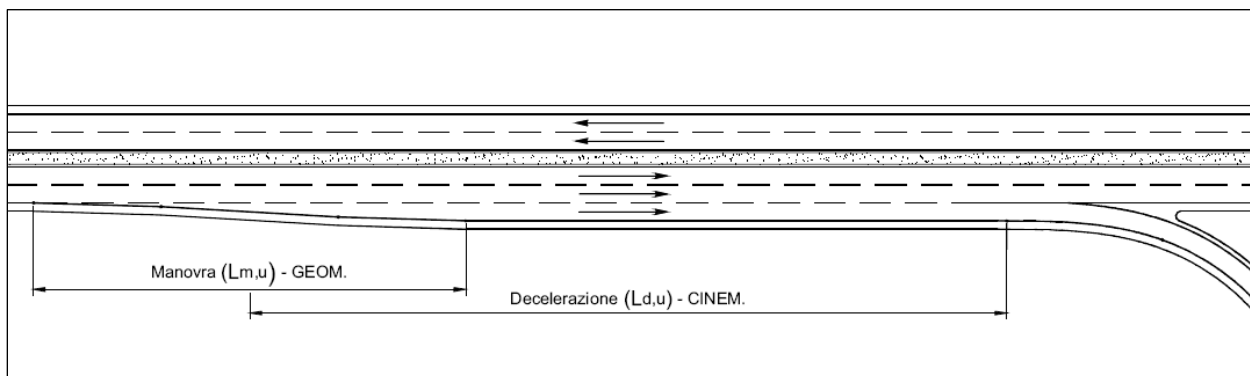


Figura 10: Schema corsie di decelerazione

La lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  deve essere correlata alla diminuzione di velocità longitudinale tra quella del ramo da cui provengono i veicoli in uscita e quella ammissibile con il raggio di curvatura della rampa.

La lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  viene calcolata pertanto mediante la seguente espressione:

$$L_{d,u} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$$

dove:

- $L_{d,u}$  (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- $V_1$  (km/h) è la velocità di progetto del tratto di strada da cui provengono i veicoli in uscita, determinata dal diagramma di velocità secondo quanto riportato nel D.M. 5/11/2001);
- $V_2$  (km/h) è la velocità di uscita dal tronco di decelerazione (per  $V_2$  si assume la velocità di progetto corrispondente al raggio della curva di deviazione della rampa di uscita);
- $a$  ( $m/s^2$ ) è la decelerazione assunta per la manovra, per strade di tipo A pari a  $3 m/s^2$ .

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative per le corsie di accelerazione e decelerazione per i tre nodi:



AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

SVINCOLO VELO D' ASTICO										
	Corsia di	acc.	La,e	Li,e	Lv,e	Ld,u	Lm,u	TOTALE	di cui in clotoide	Tratto parallelo
		m/s	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Rampa A	Acc.	1,00	415,90	150,00	75,00			640,90	23,00	617,90
Rampa B	Dec.	3,00				208,80	90,00	253,80		253,80
Rampa C	Acc.	1,00	345,06	150,00	75,00			570,06	37,00	533,06
Rampa D	Dec.	3,00				229,37	90,00	274,37		274,37

Tabella 9: Svincolo di Velo d'Astico -Caratteristiche delle corsie di accelerazione e decelerazione

SVINCOLO VALLE DELL' ASTICO										
	Corsia di	acc.	La,e	Li,e	Lv,e	Ld,u	Lm,u	TOTALE	di cui in clotoide	Tratto parallelo
		m/s	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Rampa A	Acc.	1,00	387,50	150,00	75,00			612,50	30,00	582,50
Rampa B	Dec.	3,00				205,76	90,00	250,76		250,76
Rampa C	Acc.	1,00	345,06	150,00	75,00			570,06	54,00	516,06
Rampa D	Dec.	3,00				219,91	90,00	264,91		264,91

Tabella 10: Svincolo Valle dell'Astico -Caratteristiche delle corsie di accelerazione e decelerazione

INTERCONNESSIONE CON LA A22										
	Corsia di	acc.	La,e	Li,e	Lv,e	Ld,u	Lm,u	TOTALE	di cui in clotoide	Tratto parallelo
		m/s	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Rampa A	Dec.	3,00				252,06	90,00	297,06		297,06
Rampa B	Dec.	3,00				189,04	90,00	234,04		234,04
Rampa C	Acc.	1,00	294,91	150,00	75,00			519,91	57,00	462,91
Rampa D	Acc.	1,00	294,91	150,00	75,00			519,91	44,00	475,91

Tabella 11: Interconnessione con la A22 -Caratteristiche delle corsie di accelerazione e decelerazione

### 3.5 BARRIERE DI SICUREZZA

La scelta delle tipologie di sicurvia da adottare per la strada di progetto è stata finalizzata alle migliori prestazioni in termini di sicurezza sia attiva sia passiva dell'utente, riducendo la probabilità del rischio d'impatto e conseguentemente il rischio di lesioni, qualora l'impatto fosse inevitabile, minimizzando le accelerazioni possibili a carico degli occupanti del veicolo. Le barriere devono inoltre garantire l'invalidabilità, così da assicurare la sicurezza di tutto ciò che si trova al di là della struttura di contenimento e un graduale rientro in carreggiata del veicolo dopo l'urto, con un angolo di ritorno tale da non arrecare danni agli altri veicoli occupanti la carreggiata. In sintesi si può affermare che le barriere di sicurezza stradali devono rispondere con efficacia alle seguenti tre richieste:

- resistenza;
- efficienza funzionale;
- durabilità.

Le tipologie adottate, oltre alle motivazioni sopra esposte, sono state selezionate in funzione della categoria di strada, nonché delle caratteristiche del traffico cui la strada sarà interessata facendo riferimento alla normativa vigente: D.M. del 18/02/1992, D.M. del 21/06/2004 e la Circolare n. 104862 del 15/11/2007.

Dalla tabella che segue si può rilevare che per la categoria "A" e traffico tipo III (TGM>1.000 veic., 15% traffico pesante) le barriere da adottare sono quelle cerchiare in rosso.

TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	DESTINAZIONE BARRIERE		
		Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte <sup>(1)</sup>
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 <sup>(2)</sup>	H2-H3 <sup>(2)</sup>	H3-H4 <sup>(2)</sup>
Strade extraurbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

<sup>(1)</sup> Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale.

<sup>(2)</sup> La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.

Figura 11: tabella con le indicazioni sulla tipologia di barriera di sicurezza da adottare

In particolare:

- Barriera metallica bordo laterale classe H3;

- Barriera metallica bordo opera classe H4;
- Barriera metallica spartitraffico classe H3;
- Profilo ridirettivo nelle gallerie.

L'elemento maggiormente condizionante è la dimensione da assegnare allo spartitraffico, inteso come spazio destinato alla separazione fisica delle correnti veicolari e comprendente lo spazio destinato al funzionamento - deformazione dei dispositivi di ritenuta: il comportamento deformativo delle barriere di sicurezza è rappresentato dal parametro W dichiarato nei certificati di omologazione delle barriere stesse, il quale assume valori anche molto diversi passando da un materiale all'altro e dalla tipologia monofilare bifacciale alla doppia monofilare. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa che relaziona la classe della barriera con i valori della larghezza di funzionamento della barriera medesima :

Classe	Livelli di W [m]
W1	≤ 0.6
W2	≤ 0.8
W3	≤ 1.0
W4	≤ 1.3
W5	≤ 1.7
W6	≤ 2.1
W7	≤ 2.5
W8	≤ 3.5

Tabella 12: Valori del parametro W in funzione della classe di contenimento

Premesso che la scelta tra la soluzione monofilare o bifilare è stata condotta anche sulla base di considerazioni riguardanti la visibilità in curva ed i costi di installazione e manutenzione, si può porre in evidenza come la scelta di barriere del tipo a doppia fila (doppia barriera monofilare) sia preferibile anche in termini di continuità con il tratto in esercizio dell'Autostrada A31 da Vicenza a Piovene Rocchette e con il tratto in costruzione da Rovigo a Vicenza.

Completando l'analogia con il tratto in esercizio, in accordo con il Concessionario, si è preferito non proporre la siepe centrale per le problematiche e gli oneri di manutenzione che la stessa comporta.

Per i dispositivi omologati, come nel caso in oggetto, la normativa non richiede controlli sui rapporti delle prove d'urto e considera necessaria la sola verifica dell'installazione della barriera, la quale deve essere effettuata in conformità a quanto specificato nel certificato di omologazione, salvo diversa specifica di progetto.

La **barriera bordo laterale** è prevista in tutti i casi in cui si ha un rilevato di altezza maggiore

di un metro, si tratta di dispositivo infisso nel terreno con deformabilità dinamica avente classe di larghezza operativa pari a W6.

La **barriera bordo opera** è impiegata a margine della piattaforma di viadotti e in testa ai muri dove le ridotte dimensioni degli spazi implicano la scelta di dispositivi rigidi o che, comunque, non subiscano grossi spostamenti. Il livello di contenimento della barriera bordo opera è quindi pari ad una classe H3 con larghezza operativa pari a W6

Per i punti critici, rappresentati dalle rampe di svincolo, dai punti singolari o di passaggio tra diverse tipologie di barriere, sono stati sviluppati interventi mirati che prevedono:

- 1. zone di transizione opportunamente dimensionate;**
- 2. attenuatori d'urto;**
- 3. terminali omologati.**

Il progetto presenta, infatti, zone di transizione in cui è necessario non interrompere la continuità del contenimento. A tal proposito le norme (UNI EN 1317-4 e UNI EN 1317-2) forniscono gli elementi per la corretta progettazione. Le transizioni sono state quindi definite a partire dalle caratteristiche delle barriere da connettere, verificando che l'elemento debba sempre avere classe di contenimento non inferiore alla minore delle due, né superiore alla maggiore delle classi, mentre la larghezza operativa non deve essere superiore a quella maggiore delle barriere connesse. Inoltre, è assodato che le transizioni debbano superare le prove di severità con veicolo leggero e d'invalicabilità con veicolo pesante. Lo scopo di questi elementi di ritenuta è quindi quello di fornire un cambiamento graduale di rigidità e contenimento dalla prima alla seconda barriera per prevenire i pericoli connessi a una variazione improvvisa. Per il caso particolare del passaggio tra profilo ridirettivo in galleria e barriera metallica all'aperto non si ha un elemento di transizione vero e proprio ma si è provveduto a portare all'esterno l'elemento più rigido sovrapponendo e fissando quello più cedevole. Tali lavorazioni richiedono una particolare cura nel montaggio e alta professionalità del personale addetto.

Si ribadisce, quindi, che nella progettazione degli elementi marginali di transizione, le definizioni delle classi di contenimento, dei test di accettazione, delle larghezze operative, delle deflessioni dinamiche, dell'ASI e degli altri metodi e parametri di prova, sono sempre quelli specificati nella UNI EN 1317-2 ed adottati per l'omologazione delle barriere.

Rispetto al secondo punto le norme applicate sono le UNI EN 1317 parte 3 e parte 4. Gli attenuatori d'urto consistono in strutture deformabili in grado di assorbire l'energia del veicolo impattante assoggettandolo a decelerazioni che risultino, di fatto, sopportabili dai

suoi occupanti. Gli attenuatori d'urto sono stati impiegati soprattutto nelle zone di diversione, dove è più probabile che vi siano punti singolari da proteggere. Le tipologie in commercio sono molteplici e si differenziano in funzione della capacità ridirettiva, dell'attraversabilità del sistema, della tipologia di materiale e del meccanismo di funzionamento. La tipologia prescelta, debitamente omologata, è costituita da elementi metallici e di plastica collegati tra loro e contenenti elementi dissipatori con funzione di assorbimento dell'energia di collisione.

Infine, sono previsti terminali omologati che devono soddisfare i requisiti di sicurezza al fine di impedire agli elementi costituenti la barriera di penetrare nell'abitacolo del veicolo, di contenere il veicolo in caso di urto laterale impedendone l'uscita di carreggiata e di direzionare il veicolo che ha perso il controllo lungo la sua direzione originaria. Secondo la normativa europea UNI EN 1317-4 devono superare opportuni crash test condotti con vari angoli di incidenza. Le tipologie di terminali esistenti in commercio ed omologati sono svariati, ma in genere prevedono una serie di elementi concatenati in grado di deformarsi in maniera progressiva, anche sovrapponendosi, sotto l'azione del veicolo impattante. Spesso presentano un elemento frontale di attenuazione e raccordo, in grado di sospingere le parti mobili del sistema nella direzione dell'urto. Alcuni sono dotati di montanti appoggiati a terra che ne garantiscono la stabilità anche in caso di urto laterale. In generale è possibile classificare i terminali come immersi e non immersi e questi ultimi si differenziano in non immersi con attenuatore o senza attenuatore. Per il progetto in oggetto si è scelto di utilizzare terminali non immersi con attenuatore d'urto.

### 3.6 PAVIMENTAZIONI STRADALI

Nel presente paragrafo si illustra la pavimentazione adottata con le tecnologiche migliorative per la sovrastruttura stradale da impiegare nel progetto del tronco Trento - Valdadastico - Piovene Rocchette dell'autostrada A31 Trento - Rovigo.

La soluzione prevede i seguenti strati:

- usura in conglomerato bituminoso drenante: 5 cm;
- collegamento (binder) in conglomerato bituminoso: 7 cm;
- base in conglomerato bituminoso: 25 cm;
- base in misto cementato: 25 cm;

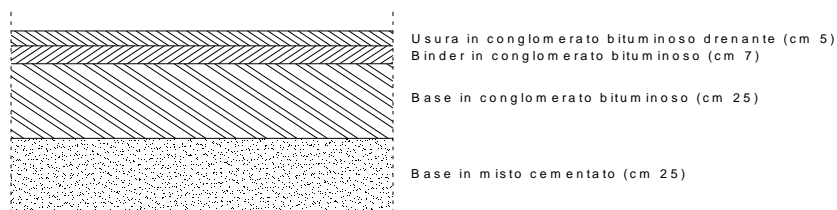


Figura 12: Pavimentazione stradale

La proposta prevede l'utilizzo di conglomerati bituminosi tiepidi (Warm Mix Asphalt) sia nello strato di usura, sia in quello di collegamento.

Per conseguire gli obiettivi definiti dal protocollo di Kyoto, negli ultimi anni in ambito stradale sono state sviluppate tecnologie e materiali innovativi “ecosostenibili”. I conglomerati bituminosi “tiepidi” o “a bassa energia” s’inseriscono in questa ottica in quanto consentono di ridurre le temperature di produzione e di stesa delle tradizionali tecniche a caldo, dando luogo ad un sensibile risparmio energetico e ad un cospicuo abbattimento delle emissioni, senza compromettere la qualità finale, con evidenti vantaggi in termini ambientali e di condizioni di lavoro.

Segue una tabella riepilogativa delle caratteristiche dei conglomerati tiepidi.

Salvaguardia ambientale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fino al 40÷50% di risparmio energetico in produzione, in quanto si utilizzano minori quantità di combustibile;</li> <li>- fino al 40% in meno di emissioni di CO<sub>2</sub>, 60% in meno di NOx;</li> <li>- fino al 50% in meno di emissioni di polveri.</li> </ul>
Miglioramento delle condizioni di lavoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- minor pericolo, o addirittura assenza, di ustioni;</li> <li>- riduzione dei fumi emessi.</li> </ul>
Organizzazione del cantiere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a parità di temperatura finale, copertura di maggiori distanze di trasporto del materiale proveniente dagli impianti di confezionamento;</li> <li>- riduzione dei tempi di attesa per l’apertura al traffico di tratti di pavimentazione appena messa in opera;</li> <li>- estensione del periodo lavorativo anche nelle stagioni meno calde.</li> </ul>
Prestazioni dei materiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- minor invecchiamento del legante bituminoso, per cui maggior durabilità;</li> <li>- in genere migliori caratteristiche prestazionali.</li> </ul>

E' stato anche possibile valutare l'impiego di materiali innovativi nei quali parte dello scheletro solido pregiato della miscela è sostituito da prodotti provenienti dal riciclo di rifiuti civili ed industriali. Uno dei più diffusi è il conglomerato bituminoso con granulato di gomma proveniente dal riciclaggio dei pneumatici dismessi. Quest'ultimo deriva soprattutto dai pneumatici dei veicoli pesanti ed è prodotto per triturazione della gomma fino a raggiungere la granulometria desiderata (figura 6).

Diventa quindi possibile realizzare conglomerati simili a quelli tradizionali, dal punto di vista meccanico, ottenendo i seguenti vantaggi:

- aumento delle capacità di assorbimento delle vibrazioni provocate dalle irregolarità superficiali in prossimità della sorgente, con conseguente aumento dell'efficacia dell'intervento;
- salvaguardia ambientale.

Nel corso della redazione del progetto definitivo verrà anche valutata l'opportunità dell'utilizzo di questa tecnica in accordo con il Committente ed in funzione di un calcolo specifico.