

Provincia di Cuneo  
S.S. 28 del Colle di Nava  
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. TO08

<b>PROGETTAZIONE:</b> RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	<b>MANDATARIA:</b> 	<b>MANDANTI:</b>  <b>MATILDI+PARTNERS</b> BUILDING FOR HUMANS
<b>IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:</b> <i>Ing. Andrea Renso – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413</i>	<b>IL PROGETTISTA:</b> <i>Ing. Carlo Vittorio Matildi Bologna–n.A6457</i>	
<b>IL GEOLOGO:</b> <i>Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL Ordine Geologi Veneto n. A501</i>	<b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE:</b> <b>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE:</b> <i>Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A</i> <b>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE:</b> <i>Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381</i>	
<b>IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:</b> <i>Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513</i>	<b>OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA:</b> <i>Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984</i> <b>OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI:</b> <i>Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550</i>	
<b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:</b> <i>Ing. Giuseppe Danilo Malgeri</i>	<b>GEOTECNICA:</b> <i>Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598</i> <b>IDROLOGIA ED IDRAULICA:</b> <i>Ing. Simone Venturini – TECHNITAL Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515</i>	
<b>PROTOCOLLO:</b>	<b>DATA:</b>	

09 – PROGETTO STRADALE

Relazione tecnica

CODICE PROGETTO	NOME FILE	PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
DPT000008D16	09.01_P01_PS00_TRA_RE01_D	09.01		
	CODICE ELAB. P01PS00TRA RE01		D	/
D	Istruttorie CSLPP e VIA	Aprile 2021	Matildi+Partners	Barrasso Isani Matildi
B	Istruttoria ANAS	Maggio 2020	Matildi+Partners	Barrasso Isani Matildi
A	EMISSIONE	MARZO 2020	Matildi+Partners	Barrasso Isani Matildi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>Il progetto stradale .....</b>	<b>1</b>
1.1	Descrizione degli interventi .....	1
1.1.1	Asse principale .....	1
1.1.2	Asse Borgato .....	1
<b>2</b>	<b>Criteri di progettazione stradale .....</b>	<b>2</b>
2.1	Inquadramento normativo e criteri progettuali .....	2
<b>3</b>	<b>Caratteristiche di piattaforma del tracciato .....</b>	<b>2</b>
3.1	Sezioni stradale tipo.....	2
3.1.1	Asse principale .....	2
3.1.2	Asse Borgato .....	4
3.2	Elementi Marginali.....	5
3.3	Sagoma trasversale .....	6
3.4	Pendenza delle scarpate .....	6
3.5	Piazzole di sosta .....	6
<b>4</b>	<b>Verifica della pavimentazione stradale .....</b>	<b>6</b>
4.1	Sovrastruttura stradale .....	6
4.2	Generalità .....	6
4.3	Traffico di progetto .....	7
4.4	Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO .....	9
4.5	Caratteristiche strutturali:calcolo dello "Structural Number" .....	10
4.6	Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton).....	11
4.7	Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton).....	12
4.8	Verifica della sovrasruttura.....	13
<b>5</b>	<b>Caratteristiche geometriche .....</b>	<b>14</b>
5.1	Asse Principale .....	14
5.1.1	Elementi planimetrici.....	14
5.1.2	Elementi altimetrici .....	14
5.1.3	Analisi di visibilità e velocità .....	15

---

5.2	Rotatoria A .....	15
5.2.1	Verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 delle intersezioni a rotatoria .....	15
5.2.2	Verifiche di Deflessione .....	16
5.2.3	Verifiche di Visibilità .....	17
5.3	Asse Secondario .....	18
5.3.1	Elementi planimetrici.....	19
5.3.2	Elementi altimetrici .....	19
5.4	Rotatorie .....	20
5.4.1	Verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 delle intersezioni a rotatoria .....	20
5.4.2	Verifiche di Deflessione .....	20
5.4.3	Verifiche di Visibilità .....	22
<b>6</b>	<b>Dispositivi di ritenuta e segnaletica .....</b>	<b>23</b>

## 1 Il progetto stradale

### 1.1 Descrizione degli interventi

#### 1.1.1 Asse principale

Il progetto di realizzazione delle tangenziale di Mondovì prevede il completamento del 3° lotto che congiungerà la S.P. Villanova-Mondovì con la SS 28 a Sud dell'abitato di Mondovì.

Il tracciato dell'asse principale ha una lunghezza complessiva di 2667 m circa e Il suo andamento ha una direzione sostanzialmente Ovest-Est. Ha inizio in corrispondenza dello svincolo esistente a rotatoria sulla S.P. 'Villanova-Mondovì, termine del II lotto, e prosegue spostandosi ad Est, superando il fiume Ellero, fino a giungere all'innesto sulla Statale 28 tramite svincolo a rotatoria.

Il tracciato di progetto si stacca dall'attuale S.P. 'Villanova-Mondovì e dopo l'innesto sulla rotatoria esistente prosegue fino affacciarsi alla valle determinata dall'incisione del torrente Ellero con un'ampia curva di  $R=700,00$  m e con pendenza (3,49%) in trincea fino al termine della galleria artificiale posta tra la progressiva 0+375-0+500. Continua con un tratto in rilevato e alla prg. 0+725, per superare il torrente, ha inizio il viadotto omonimo di 240,00 m di lunghezza al termine del quale, si ha un tratto di circa 150,00 m in rilevato prima di arrivare alla prg.1+125 dove inizia la galleria naturale di circa 1411,00 m che si sviluppa planimetricamente con una doppia curva di  $R = 1100$  m con interposta clotoide di flesso che attraversa la collina monregalese di S.Lorenzo fino al versante opposto a Oriente di tale dorsale. Dopo 130,00 m dall'uscita s'innesta sulla S.S. 28 con uno svincolo a rotatoria.

L'altimetria del tracciato è stata definita tenendo conto della quota determinata dal franco idraulico del Torrente Ellero e dalle quote di innesto sulle viabilità esistenti.

L'andamento altimetrico a partire dalla rotatoria inizia in leggera salita con una pendenza dell'ordine del 0.5% e poi scende fino al torrente con pendenza (3,49%), con un raccordo concavo  $R = 7000$  si prosegue con pendenza costante del 1,5 % fino a raggiungere la SS 28 esistente.

L'asse principale è stato progettato secondo gli standard di una strada extraurbana secondaria tipo C1 del DM 5/11/01 cui è associato l'intervallo di velocità di progetto  $60 \div 100$  km/h.E' la medesima sezione stradale utilizzata nei due lotti precedenti.

#### 1.1.2 Asse Borgato

L'intervento prevede un nuovo tratto stradale che mette in collegamento la SS 28, attraversando il torrente Ermena, con la zona a sud dell'abitato di Mondovì in corrispondenza della chiesetta dell'Annunziata.

Il tracciato stradale proposto si innesta sulla SS 28 subito dopo la piazzola di sosta, con una intersezione a rotatoria a tre rami di diametro esterno mt. 36,50, si attraversa il torrente Ermena con un viadotto di 80,00 m di lunghezza al termine del quale, si ha un tratto di circa 30m in trincea prima di arrivare alla seconda rotatoria di diametro mt. esterno 29,50.

Il tratto stradale in oggetto adotta le caratteristiche geometriche di una strada extraurbana di tipo C2 in continuità alla SS28, così come specificate nel D.M. 05/11/2001; esso è considerato come tratto di

collegamento tra due rotatorie, che per la limitata estensione, non consente di rispettare l'intervallo di progetto 60-100 km/h.

## 2 Criteri di progettazione stradale

### 2.1 Inquadramento normativo e criteri progettuali

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture in progetto sono:

- D.Lgs. 30/04/92, n. 285 e s.m.i.: "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e s.m.i.: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada";
- D.M. 05/11/01, n. 6792 e s.m.i.: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di strade esistenti secondo il D.M. 22-04-04).
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di intersezioni esistenti).

## 3 Caratteristiche di piattaforma del tracciato

### 3.1 Sezioni stradale tipo

#### 3.1.1 Asse principale

La sezione tipo adottata, in conformità alla categoria C1 del DM 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,50 m;
- n° 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,75 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

Sia in viadotto che in galleria, la piattaforma manterrà la larghezza di 10,50 m.

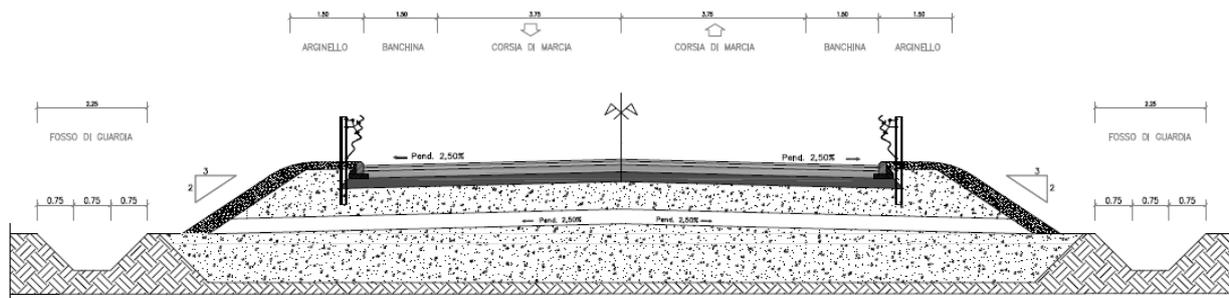


Figura 1: Asse principale – Sezione tipo rilevato

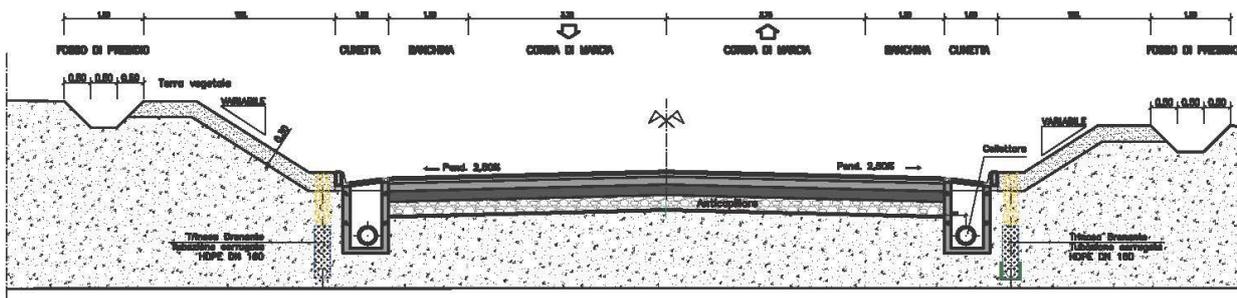


Figura 1: Asse principale – Sezione tipo trincea

### **Rotatoria asse principale**

In corrispondenza della fine intervento per la connessione tra la variante e l'attuale S.S. 28 è prevista una rotatoria di progetto.

La rotatoria presenta un diametro esterno della corona giratoria di 49 m, organizzata con un'unica corsia di larghezza pari a 6 m con banchine in dx e sx di 1,50 m. I due rami ad essa afferenti (Ramo A e Ramo B) presentano due corsie da 3,50 m e banchine in dx e sx da 1,50 m.

Esse è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in interna ed esterna da 1,50 m;
- corsia circolante di 6,00 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;

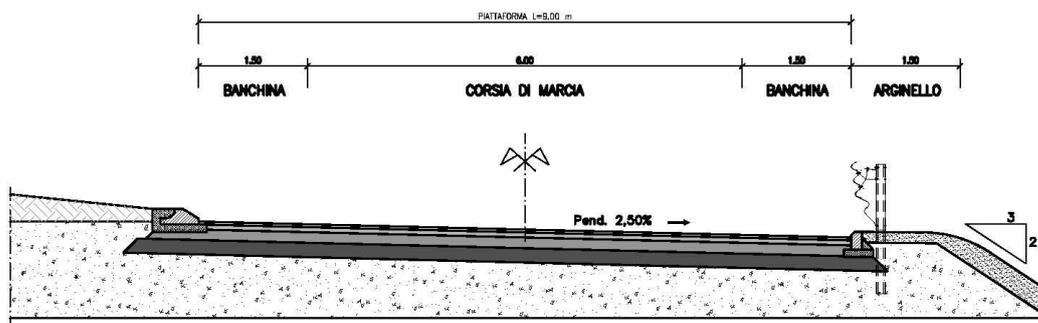


Figura 3: Rotatoria – Sezione tipo

### **Rami di innesto**

Per quanto riguarda la progettazione delle viabilità secondarie, considerando che si tratta di strade esistenti, essendo già esclusa tale tipologia di intervento dal rispetto delle indicazioni contenute nel DM 5.11.2001, secondo quanto previsto all'art. 4 della suddetta norma, la progettazione sarà improntata alla risoluzione dell'interferenza senza determinare pericolose ed inopportune discontinuità e realizzando una sezione tipo che mantenga quanto più possibile il calibro della sezione esistente, adottando comunque dimensioni non inferiori.

### **Viabilità locale**

Nell'ambito delle viabilità interferita sono state incluse anche le strade a destinazione particolare, per le quali le caratteristiche compositive fornite dalla tabella 3.4.a del D.M 5.11.2001 e caratterizzate dal parametro "velocità di progetto" non sono applicabili. Si tratta, in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito.

Trattandosi di "strade bianche" con una larghezza trasversale di 3,00 m si è quindi adottata, per le deviazioni necessarie al loro ripristino, una sezione così composta:

- piattaforma di larghezza 4,00 m (composta da uno frantumato di cls e cemento);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 0,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

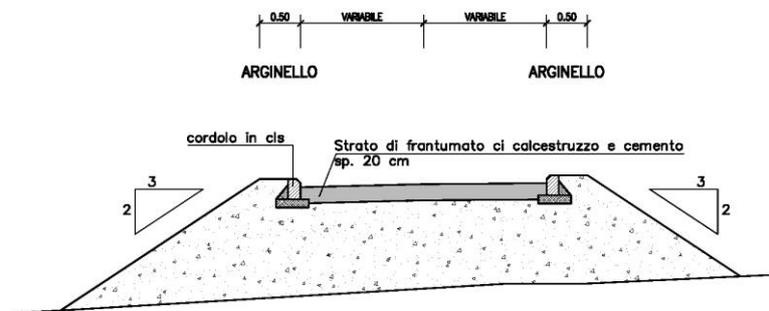


Figura 4: Viabilità locali

### 3.1.2 Asse Borgato

La sezione tipo adottata, in conformità alla categoria C2 del DM 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 9,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,25 m;
- n° 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,50 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

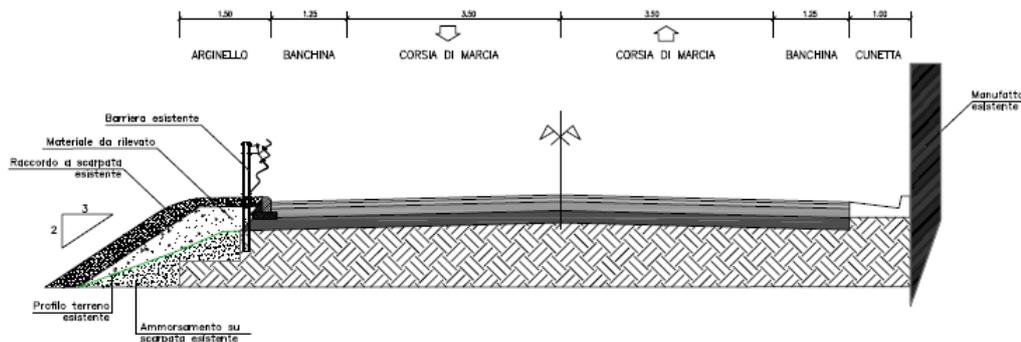


Figura 5: Asse secondario – Sezione tipo

### Rotatorie asse secondario

Le rotatorie presentano un diametro esterno della corona giratoria rispettivamente pari a 36,50 m (rotatoria B) e pari a 29,50 m (rotatoria C), organizzate con un'unica corsia di larghezza pari a 7,00 m con banchine in dx e sx di 1,25 m. I rami ad esse afferenti presentano due corsie da 3,50 m e banchine in dx e sx da 1,25 m. Esse sono costituite dai seguenti elementi:

- banchine in interna ed esterna da 1,25 m;
- corsia circolante di 7,00 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,25 m;

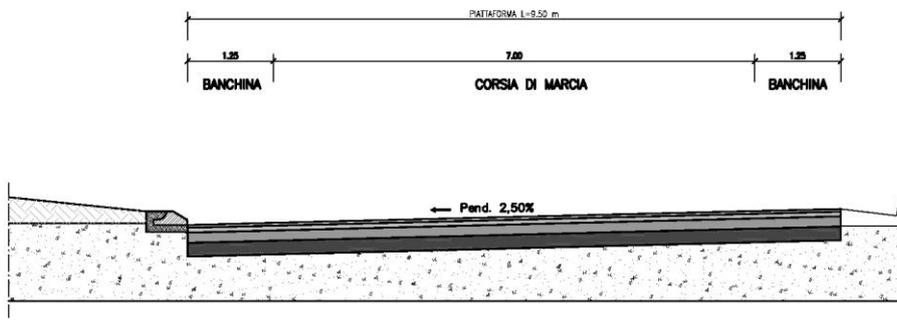
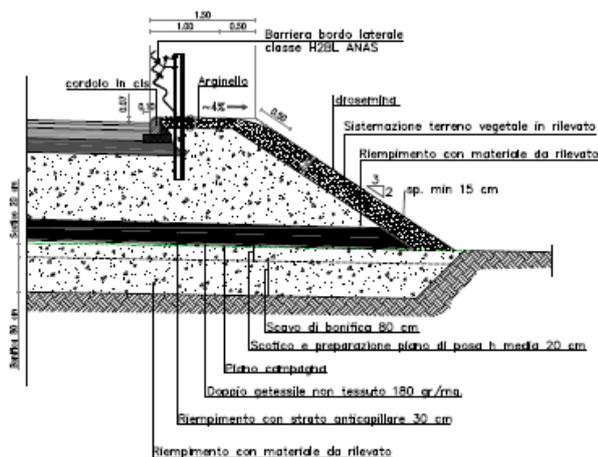


Figura 6: Rotatoria – Sezione tipo

### 3.2 Elementi Marginali

Nei tratti in rilevato le banchine laterali sono state raccordate alle scarpate mediante striscia erbosa sopraelevata, a formazione di arginello, di larghezza pari a 1,50 m per la tratta di sezione stradale tipo C1 e C2.

Nelle sezioni in trincea non è stata prevista l'installazione di barriere di sicurezza in quanto le acque di piattaforma saranno allontanate lateralmente alla banchina da cunette alla francese di opportuna dimensione in accordo al criterio indicato dalle Norme.



### 3.3 Sagoma trasversale

In rettilineo la piattaforma stradale (corsie e banchine) è stata prevista con sagoma a tetto, a doppia falda e con falde pendenti del 2,5% verso l'esterno.

Le banchine, pavimentate come il resto della carreggiata, presentano pendenze uguali e concordia quelle delle corsie (2,5%). Nelle curve circolari la pendenza di tutta la piattaforma è rivolta verso l'interno; il suo valore è commisurato al raggio della curva in accordo al criterio indicato dalle Norme.

### 3.4 Pendenza delle scarpate

La pendenza delle scarpate di rilevato è stata prevista in 2:3 (verticale:orizzontale);

La pendenza delle scarpate di trincea, tenuto conto della qualità meccanica dei terreni interessati, è stata fissata nel rapporto 1:3 (verticale:orizzontale); in entrambi i casi è stato previsto il ricoprimento con uno strato di terreno vegetale di spessore pari a 30 cm.;

### 3.5 Piazzole di sosta

In ottemperanza ai criteri del DM 5/11/01 sono state previste piazzole di sosta, ubicate ad intervalli di circa 500 m lungo i due sensi di marcia. Le dimensioni sono pari a quelle indicate dalla normativa e cioè lunghezza totale 65 m (25 m il tratto centrale e 20 m i tratti di raccordo) e larghezza complessiva, oltre la banchina, di 3,50 m.

## 4 Verifica della pavimentazione stradale

### 4.1 Sovrastruttura stradale

La configurazione della sovrastruttura stradale oggetto della presente relazione è composta dai seguenti strati.

- 4 cm di strato di usura tipo A con bitume modificato Hard
- 7 cm di strato di collegamento (binder) con bitume modificato Hard
- 15 cm di strato di base bitumate modificato Soft
- 20 cm di strato di misto granulare

### 4.2 Generalità

La verifica della sovrastruttura stradale flessibile è stata condotta con il metodo semiempirico dell' "AASHTO Guide for Design of Pavement Structure 1993".

Il metodo AASHTO permette di ricavare il numero totale di passaggi di assi equivalenti da 8.2t (N8.2max) che una pavimentazione di assegnate caratteristiche meccaniche riesce a sopportare prima di raggiungere il valore di PSI finale (PSI = Present Serviceability Index), in corrispondenza del quale si ritiene che la pavimentazione sia giunta al termine della sua vita utile e quindi necessita di manutenzione.

Note le caratteristiche dei materiali da impiegare (degli strati legati a bitume, di quelli in misto granulare stabilizzato, della portanza del sottofondo), ed avendo assegnato degli spessori di primo tentativo ai vari strati, è possibile convergere verso la soluzione finale, la quale prevede che il numero di assi massimo che la pavimentazione può sopportare (N8.2max) debba essere superiore o al limite uguale al traffico di progetto (N8.2) che interesserà la sovrastruttura durante la sua vita utile, derivante dall'elaborazione dalle analisi di traffico eseguita nei paragrafi precedenti.

### 4.3 Traffico di progetto

I dati di traffico sono stati desunti dall'approfondimento settoriale a supporto del progetto definitivo dei lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir - 564 ed al casello A6 "Torino-Savona" - III Lotto (Variante di Mondovì) del S.S. 28 del Colle di Nava, appositamente predisposto. Nello studio di traffico è stato determinato il traffico atteso sulla nuova infrastruttura e verificate eventuali criticità indotte sulla rete stradale, individuando lo stato della circolazione della viabilità in essere nello scenario attuale e quello dello scenario futuro di progetto, che prevede la realizzazione del terzo lotto della Tangenziale di Mondovì. Lo studio analitico confronta lo stato di fatto con lo scenario di progetto secondo la metodologia di seguito riportata:

1. Rilievo del traffico veicolare dello stato di fatto: l'indagine è stata realizzata nel periodo compreso tra il 03/06/2019 e l'11/06/2019 ed ha interessato complessivamente 16 sezioni stradali monodirezionali e 1 nodo appartenenti alla rete viaria afferente al nuovo asse stradale in progetto. I rilievi sono stati realizzati in continuo per una settimana con l'utilizzo di apparecchiature radar e con l'utilizzo di videocamere nella fascia oraria di punta del mattino tra le 7.00 e le 9.00.
2. Rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva della domanda (matrici OD): l'indagine, finalizzata alla ricostruzione della struttura principale delle relazioni di traffico che impegnano il sistema in esame è stato eseguito mediante rilievo con telecamere per identificare ciascun veicolo transitante in corrispondenza di sezioni significative con la lettura parziale (per ragioni di privacy) della targa. L'incrocio tra i diversi passaggi ha consentito di ricostruire una matrice OD per quattro componenti veicolari (ciclomotori e motocicli, autovetture, veicoli commerciali leggeri e veicoli commerciali pesanti).
3. Analisi dei tracciati rilevati dai dispositivi antifurto GPS sui veicoli leggeri.
4. Analisi dei dati Istat 2011 sui pendolarismi casa - scuola casa - lavoro: è stata analizzata la domanda di mobilità intercomunale per motivi di studio e lavoro dei residenti nel Comune di Mondovì e nei comuni contermini che potrebbe interessare il nuovo tracciato di progetto.

5. Implementazione di un modello di simulazione del traffico veicolare: È stato implementato un modello di macrosimulazione di traffico in ambiente Cube Citilabs per rappresentare il carico veicolare sulla rete stradale esistente e di progetto nell'ora di punta del mattino.
6. Confronto tra stato di fatto e di progetto: calcolo di indicatori sintetici e di dettaglio del flusso veicolare di mezzi leggeri e pesanti e stima del Traffico Giornaliero Medio al 2045.
7. Analisi funzionale degli svincoli della nuova infrastruttura.

Il modello di traffico è stato sviluppato con due distinte matrici di origine destinazione degli spostamenti per i mezzi leggeri e per quelli pesanti, entrambe calibrate con l'applicazione di una procedura di matrix estimation al fine di fornire la massima verosomiglianza tra flussi assegnati dal modello e flussi effettivamente misurati su strada. In particolare, la matrice dei mezzi pesanti è stata costruita attraverso i rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva effettuata attraverso il riconoscimento delle targhe (commerciali pesanti) effettuata al cordone della nuova infrastruttura di progetto, il cui dettaglio è riportato nel documento "01.07\_P00\_EG00\_GEN\_RE04\_A", allegato al PD.

Gli Output del modello sono riferiti all'ora di punta del mattino (7.30-8.30), mentre il TGM è ricavato per proiezione dai flussi riferiti allora di punta del mattino ricavati dal modello attraverso il rilievo sulle 24 ore (on coefficienti di espansione  $K_{leg} = 14.14$  e  $K_{pes} = 11.90$ ). Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito.

I tassi di crescita della domanda di trasporto in un orizzonte temporale di venti anni sono stati stimati sulla base delle fonti regionali disponibili relativamente alla Provincia di Cuneo, da cui si può cautelativamente ipotizzare una crescita massima della domanda di trasporto dello 0,5% annuo (incremento complessivo della mobilità di leggeri e pesanti equivalenti del 3,04% al 2025 e del 13,85% al 2045).

Dalle simulazioni sviluppate sul III lotto della tangenziale di progetto all'entrata in esercizio (2025) è stimato TGM di circa 7.000 veicoli leggeri e di 210 mezzi pesanti, con un flusso nell'ora di punta tra le 7.30 e le 8.30 di 483 auto/h e 16 CP/h, nella somma delle due direzioni di marcia. Nel lungo periodo (orizzonte ventennale al 2045) l'incremento della mobilità, cautelativamente stimato nello 0,5% annuo, porta ad un aumento del TGM a oltre 7.700 veicoli leggeri e a 231 mezzi pesanti e del flusso nell'ora di punta che raggiunge le 533 auto/h e i 17 CP/h.

In corrispondenza del nuovo Ponte Rione Borgato il traffico atteso all'entrata in esercizio (2025) è di 31 veicoli/h corrispondenti ad un TGM di 450 auto, che aumenta a 86 veic/h e 1241 veicoli/giorno al 2045 (periodo ventennale).

Per ulteriori approfondimenti si rimanda allo Studio di traffico (elab. 01.06\_P00\_EG00\_GEN\_RE03).

Per il calcolo della pavimentazione, a favore di sicurezza è stato incrementato il traffico giornaliero medio del 9% assunto una TGM pari a 7900 vv/gg. Il volume di traffico, di veicoli commerciali, che, si prevede, transiterà durante il primo anno di vita utile (25

anni) della sovrastruttura è definito da:

$$nvca = TGM_{tot} \times pc \times psm \times pcorsia \times 365 = 48442.80 \text{ veic./anno}$$

dove:

- TGM<sub>tot</sub> = traffico giornaliero medio su singola corsia di marcia pari a 7900 vv/gg
- pc = percentuale veicoli commerciali pari al 3%
- psm = percentuale di traffico nel senso di marcia pari al 56%
- pcorsia = percentuale veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo pari al 100%

Ipotizzando i seguenti valori ai fini della proiezione futura del traffico stimato:

- tasso d'incremento annuo del traffico commerciale  $r = 2,50\%$
- vita utile  $n = 25$  anni

si è calcolato il numero di veicoli commerciali transitanti, nell'arco della vita utile (25 anni) sulla pavimentazione ( o meglio sulla corsia più caricata):

$$TN = nvca \times [(1+r)^n - 1] / r = 1\ 654\ 697,73 \text{ veic/vita}$$

#### 4.4 Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO

Nella metodologia dell'"AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" si tiene conto della "resistenza strutturale" della pavimentazione attraverso un parametro che va sotto il nome di "structural number" SN. Esso è funzione degli spessori degli strati  $s_i$ , della "resistenza" dei materiali impiegati rappresentata attraverso i "coefficienti strutturali di strato"  $a_i$  e della loro sensibilità all'acqua rappresentata attraverso i "coefficienti di drenaggio"  $m_i$ .

L'espressione analitica dello structural number è:

$$SN = \sum_i a_i \cdot s_i \cdot m_i.$$

dove:

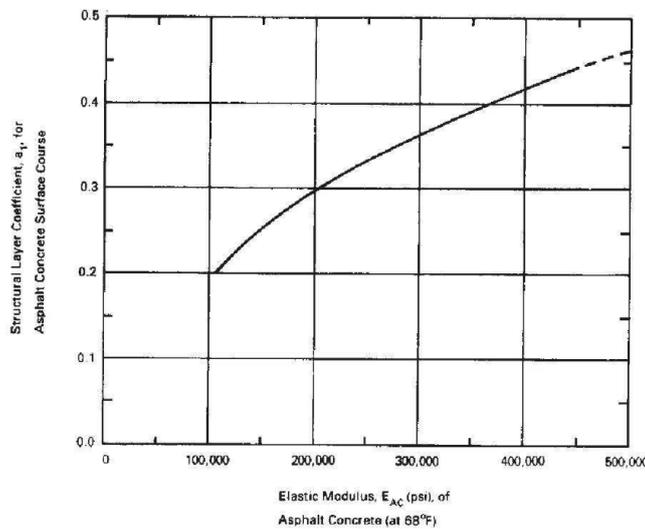
- $i$  è il numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;
- $a_i$  è un coefficiente che esprime la capacità relativa dei materiali impiegati nei vari strati della pavimentazione a contribuire come componenti strutturali alla funzionalità della sovrastruttura. Tali coefficienti sono funzione del tipo e proprietà del materiale.
- $S_i$  è lo spessore dello strato;
- $m_i$  è un coefficiente funzione della qualità del drenaggio e della percentuale di tempo durante il quale la pavimentazione è esposta a livelli di umidità prossimi alla saturazione.

Nello specifico i coefficienti strutturali relativi agli strati di usura ( $a_1$ ) e di base ( $a_3$ ) si ricavano direttamente dai monogrammi presenti sull'AASHTO GUIDE in funzione della stabilità Marshall scelta per i rispettivi strati. Il valore del coefficiente relativo allo strato di collegamento ( $a_2$ ) si ricava per interpolazione lineare dei parametri  $a_1$  e  $a_3$ , ricavati sempre dall'ASSHTO GUIDE però con il valore della stabilità Marshall relativa allo

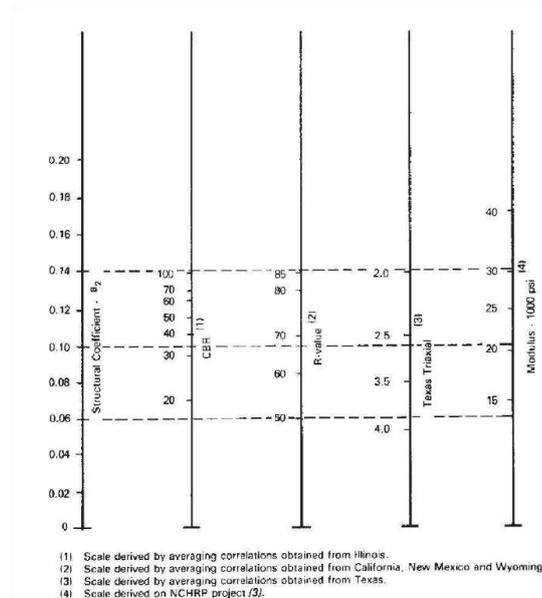
strato di collegamento, con le rispettive quote. Infine, il coefficiente relativo allo strato di fondazione ( $a_4$ ) si ricava sempre dall'ASSHTO GUIDE in funzione del CBR.

#### 4.5 Caratteristiche strutturali: calcolo dello "Structural Number"

Per determinare il valore dello SN di progetto si sono valutati i coefficienti di drenaggio e di spessore dei diversi strati di pavimentazione sulla base dei grafici delle norme AASHTO 1993 "Guide for Design of Pavement Structure" rispettivamente per gli strati legati e i materiali sciolti. Dati i materiali impiegati piuttosto "convenzionali" si sono individuati tali coefficienti a favore di sicurezza tenendo conto del decadimento delle prestazioni nel tempo ed eventuali difetti nella stesa dei diversi strati.



Coeff. di spessore per Strati legati a bitume



Coeff. di spessore strati granulari

Il calcolo dello Structural Number viene riportato di seguito.

<b>STRATIGRAFIA DELLA STRUTTURA</b>					
<i>i</i>	<i>Strato</i>	<i>a<sub>i</sub></i>	<i>m<sub>i</sub></i>	<i>s<sub>i</sub></i>	<i>a<sub>i</sub>*s<sub>i</sub>*m<sub>i</sub></i>
1	Usura	0,43	1	4	1,72
2	Binder	0,40	1	7	2,8
3	Base	0,30	1	15	4,5
5	Misto granulare	0,12	1,1	20	2,4
				$SN = \sum_i s_i \cdot a_i$	11,42
				SN/2,54 (pollici)	4,50

#### 4.6 Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton)

La formula da utilizzarsi è la seguente:

$$\log N_{8,2} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

essendo:

- $\Delta PSI$  la differenza tra l'indice di funzionalità della pavimentazione all'inizio (assunto solitamente pari a 4.2 per pavimentazioni flessibili) e al termine della vita utile;
- $S_0$  la deviazione standard relativa all'aleatorietà delle previsioni di traffico e delle prestazioni della pavimentazione, assunta pari a 0,45 (par. 4.3 AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES);
- $Z_R$  il fattore di affidabilità, dedotto dall'interpolazione dei valori della tabella seguente (Catalogo delle Pavimentazioni CNR) in funzione dell'affidabilità percentuale R;

R[%]	50	60	70	75	80	85	90	92	95	98	99	99.9
$Z_R$	0.000	-0.253	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.645	-2.054	-2.327	-3.090

Per l'affidabilità richiesta alla categoria in esame si ottiene un valore di  $Z_R = -1,282$ ;

- $M_R$  il modulo resiliente del sottofondo, espresso in psi o in MPa;

In via cautelativa si considera un valore di  $M_r$  pari a 12000 psi, relativo ai terreni bonificati.

- $SN$  l'indice strutturale posto pari a 4,50

Risulta, quindi che il numero di passaggi di assi standard sopportabili dalla pavimentazione è:

$$W_{8,2} = \mathbf{15258179,78}$$

#### 4.7 Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton)

Noto il numero di veicoli commerciali transitanti sulla corsia più lenta, alla fine della vita utile, per calcolare il numero di assi equivalenti, si è fatto ricorso ai coefficienti di equivalenza e allo spettro di traffico suggerito dal "Catalogo delle pavimentazioni". In realtà è stato considerato un volume di traffico più gravoso rispetto alla categoria di progetto della strada in quanto più congruo a quello riscontrato in sito e comunque a favore di sicurezza.

##### SPETTRO DI TRAFFICO DEI VEICOLI COMMERCIALI PER TIPO DI STRADA

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.Autostrada extraurbana	12.2	-	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	-	-	12.2
2.Autostrada urbana	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
3.Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	-	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	-	-	10.5
4.Strade extr. secondarie ordinarie	-	-	58.8	29.4	-	5.9	-	2.8	-	-	-	-	0.2	-	-	2.9
5.Strade extr. secondarie turistiche	24.5	-	40.8	16.3	-	4.15	-	2	-	-	-	-	0.05	-	-	12.2
6.Strade urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
7. Strade urbane di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. Corsie Preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Utilizzando il criterio definito dall'AASHTO, il traffico viene convertito in un numero di passaggi di assi standard equivalenti tramite la relazione:

$$N_{8,2} = T_{25} \times CSN$$

dove:

- T<sub>25</sub> rappresenta il numero di veicoli commerciali transitante durante la vita utile dell'opera;
- CSN è un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, caratterizzato da un peso P<sub>i</sub> e tipologia T<sub>i</sub> e l'asse singolo standard da 8,2 ton ed è definito dalla seguente relazione:

$$C_{SNi} = C_{SN}(P_i, T_i, PSI_f) = 10^{-A}$$

In cui

$$A = \left\{ 4.79 \cdot [\log(18+1) - \log(0.225 \cdot P_i + T_i)] + 4.33 \cdot \log(T_i) + \frac{G}{B_i} - \frac{G}{B^*} \right\}$$

$$G = \log \frac{PSI_i - PSI_f}{2.7}$$

$$B_i = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (0.225 \cdot P_i + T_i)^{3.23}}{\left(\frac{SN}{2.54} + 1\right)^{5.19} \cdot T_i^{3.23}}$$

PSI<sub>i</sub> – PSI<sub>f</sub> = indice di servizio iniziale e finale (Present Serviceability Index), rappresenta il grado di ammaloramento della sovrastruttura flessibile, in termini di sicurezza e comfort e varia da 0 a 5: PSI<sub>i</sub> viene assunto pari a 4,2 per tenere conto delle inevitabili imperfezioni costruttive, PSI<sub>f</sub> per la strada in oggetto si assume un valore pari a 2,5.

- B\* è il valore che B<sub>i</sub> assume per gli assi da 8,2 ton
- SN è l'indice strutturale pari a Σi = a<sub>i</sub> x s<sub>i</sub> x x mi.

Per la tipologia di strada e le caratteristiche della sovrastruttura da verificare si sono svolti i calcoli e si riportano di seguito i risultati ottenuti

	Tipo di veicolo	Frequenza veicolo (n)	Pi (KN)	Ti	Bi	G	A	CSNi	n*CSNi
1	Autocarri leggeri								
2	Autocarri leggeri								
3	Autocarri medi e pesanti	0,588	40	1	0,427	-0,201	1,191	0,0644	0,03788
		0,588	80	1	0,612	-0,201	-0,002	1,0042	0,59045
4	Autocarri medi e pesanti	0,294	50	1	0,451	-0,201	0,794	0,1605	0,04719
		0,294	110	1	0,965	-0,201	-0,514	3,2652	0,95998
5	Autocarri pesanti								
6	Autocarri pesanti	0,059	60	1	0,488	-0,201	0,478	0,3330	0,01965
		0,059	200	2	0,821	-0,201	-0,499	3,1538	0,18608
7	Autotreni e autoarticolati								
8	Autotreni e autoarticolati	0,028	60	1	0,488	-0,201	0,478	0,3330	0,00932
		0,028	100	1	0,821	-0,201	-0,360	2,2928	0,06420
		0,028	100	1	0,821	-0,201	-0,360	2,2928	0,06420
		0,028	100	1	0,821	-0,201	-0,360	2,2928	0,06420
9	Autotreni e autoarticolati								
10	Autotreni e autoarticolati								
11	Autotreni e autoarticolati								
12	Autotreni e autoarticolati								
13	mezzi d'opera	0,002	50	1	0,451	-0,201	0,794	0,1605	0,00032
		0,002	120	1	1,141	-0,201	-0,656	4,5304	0,00906
		0,002	390	3	1,351	-0,201	-1,009	10,2097	0,02042
14	autobus								
14	autobus								
16	autobus	0,029	50	1	0,451	-0,201	0,794	0,1605	0,00465
		0,029	80	1	0,612	-0,201	-0,002	1,0042	0,02912
								<b>CSN</b>	<b>2,106717</b>

Dai risultati ottenuti si perviene al valore di **CSN** che è pari a **2,106717**

E quindi: N<sub>8,2</sub> = **3485979,52**

#### 4.8 Verifica della sovrassuttura

Il metodo empirico si conclude verificando che il numero di passaggi di assi standard (N<sub>8,2</sub>), risulti inferiore al numero massimo di passaggi di assi standard sopportabili dalla pavimentazione (W<sub>8,2</sub>).

Per cui:

$N_{8,2} < W_{8,2}$  ovvero: **3485979,52 < 15258179,78**

che risulta soddisfatta.

## 5 Caratteristiche geometriche

### 5.1 Asse Principale

#### 5.1.1 Elementi planimetrici

La geometrizzazione della linea d'asse è stata effettuata con riferimento ai criteri del DM 5/11/01, utilizzando una successione di rettili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate. Trattandosi di una strada extraurbana secondaria l'intervallo di velocità di progetto risulta essere 60-100 km/h; l'intervento di progetto ha origine in corrispondenza della rotatoria esistente (S.P. Villanova-Mondovì) e ha termine in corrispondenza della nuova rotatoria est (SS 28) sviluppandosi per un'estesa complessiva di circa 2667 m.

Dal punto di vista planimetrico il tracciato è caratterizzato da curve di ampio raggio e gli elementi geometrici utilizzati consentono il pieno rispetto dei criteri di normativa (D.M. 5/11/2001).

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
ARCO	0.000	698.744	698.744	0.000	700.000	700.000	Sx	5.182	-5.182	100	
CLOT. FLESSO E	698.744	855.095	156.350	330.825	700.000	0.000	Sx	0.000	0.000	100	
CLOT. FLESSO U	855.095	977.929	122.834	367.583	0.000	1100.000	Dx	0.000	0.000	100	
ARCO	977.929	1547.437	569.508	0.000	1100.000	1100.000	Dx	-3.881	3.881	100	
CLOT. FLESSO E	1547.437	1671.483	124.046	369.392	1100.000	0.000	Dx	0.000	0.000	100	
CLOT. FLESSO U	1671.483	1795.529	124.046	369.392	0.000	1100.000	Sx	0.000	0.000	100	
ARCO	1795.529	2030.132	234.603	0.000	1100.000	1100.000	Sx	3.881	-3.881	100	
CLOTOIDE	2030.132	2225.249	195.117	463.280	1100.000	0.000	Sx	0.000	0.000	100	
RETTIFILO	2225.249	2656.302	431.053	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	100	

Il dettaglio delle verifiche degli elementi geometrici planimetrici è riportato in Allegato 1 alla presente relazione.

#### 5.1.2 Elementi altimetrici

Il profilo longitudinale dell'asse principale è stato geometrizzato tramite livellette e raccordi parabolici, nel pieno rispetto dei criteri di normativa.

La pendenza massima utilizzata due raccordi altimetrici è pari al 3,49%; il valore del raggio verticale minimo utilizzato è pari 7000 m per il raccordo concavo.

Le caratteristiche complete degli elementi altimetrici utilizzati sono riportate negli specifici elaborati grafici.

Vertici											
	N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito	Verifiche
▶	0	-0.001	472.540	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		...
	1	45.887	472.312	45.888	15.970	-0.497	-0.228	45.888	15.970		...
	2	968.400	440.130	922.512	733.812	-3.488	-32.182	923.074	734.258		...
	3	2600.917	457.242	1632.517	1467.071	1.048	17.112	1632.607	1467.152		...
	4	2656.069	458.345	55.153	48.490	2.000	1.103	55.164	48.500		...

Raccordi Verticali														
	N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito	Verifiche
▶	1	Parabolico	2000.000	-2.992	59.850	15.970	75.805	59.836	<input type="checkbox"/>	45.161	<input checked="" type="checkbox"/>	262.284		...
	2	Parabolico	7000.000	4.537	317.616	809.617	1127.183	317.566	<input type="checkbox"/>	100.000	<input checked="" type="checkbox"/>	4150.663		...
	3	Parabolico	1400.000	0.952	13.327	2594.254	2607.580	13.326	<input type="checkbox"/>	42.190	<input checked="" type="checkbox"/>	228.910		...

### 5.1.3 Analisi di visibilità e velocità

La verifica di rispondenza alla norma DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare è stata analizzata la visibilità per l'arresto connessa all'andamento planoaltimetrico del tracciato stradale e agli allargamenti progettuali previsti.

In relazione alla verifica della distanza di arresto, le analisi hanno evidenziato che per l'asse principale è necessario introdurre l'allargamento in curva, e nel dettaglio:

- Allargamento in sinistra con  $L_{max}=0.90$  metri per la curva di raggio 700 metri.

Nell'elaborato specifico riportante il diagramma di velocità e di visibilità è quindi riportata la verifica sulla base di un modello tridimensionale creato a valle della realizzazione di tale ampliamento di piattaforma; dal suo esame si evince che la distanza di visibilità per l'arresto è sempre garantita.

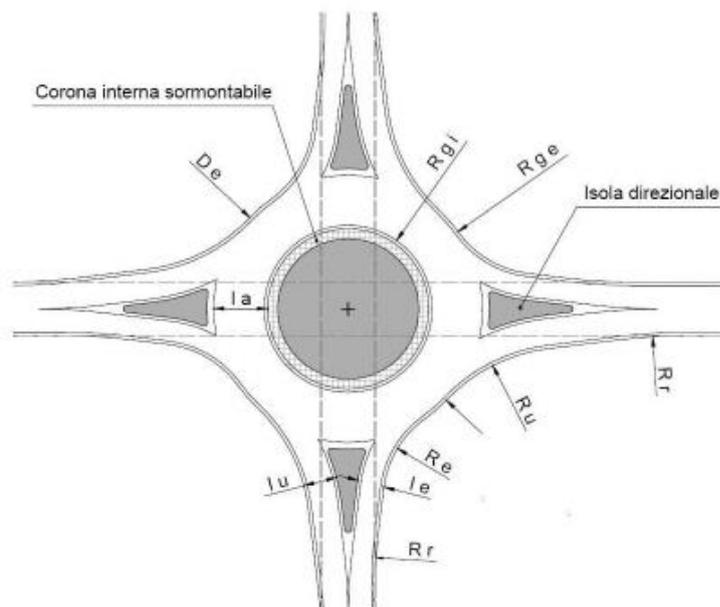
## 5.2 Rotatoria A

### 5.2.1 Verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 delle intersezioni a rotatoria

La rotatoria è stata progettata nel rispetto dei criteri previsti dal DM 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

La rotatoria dell'asse principale ha raggio esterno pari a 49,00 m è classificata, secondo lo schema indicato dalla normativa, come Rotatorie tradizionali.

Essa presenta una larghezza dell'anello giratorio pari a 9,00 m composto da un'unica corsia di larghezza pari a 6,00 m, dotata di banchine laterali interna ed esterna di larghezza pari a 1,50 m.



**ELEMENTI DI PROGETTO DELLA ROTATORIA**

ROTATORIA A					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse A	Asse B	Asse princ.
Raggio d'entrata	Re	10÷25	15	15	15
Largh. corsia entrante	Le*	3,5 (1 c.) 6 (2 c.)	3,5	3,5	3,5
Raggio uscita	Ru	15÷30	20	20	20
Largh corsia uscita	lu	4,5 (1 c.)	4,5	4,5	4,5
Pendenza trasversale	Pt	2.5% rivolta verso l'esterno			

### 5.2.2 Verifiche di Deflessione

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale. Lo scopo primario delle rotatorie è un assoluto controllo delle velocità all'interno dell'incrocio ed è essenziale che la geometria complessiva impedisca valori cinematici superiori ai limiti usualmente assunti a base di progetto. Per la verifica della deflessione si è fatto riferimento alla normativa della Regione Lombardia la cui verifica è equivalente alla verifica dell'angolo beta (DM 2006); il riferimento specifico è presente nel Regolamento Regionale (regione Lombardia) 24 aprile 2006, N. 7 (Par. 3.A.6)

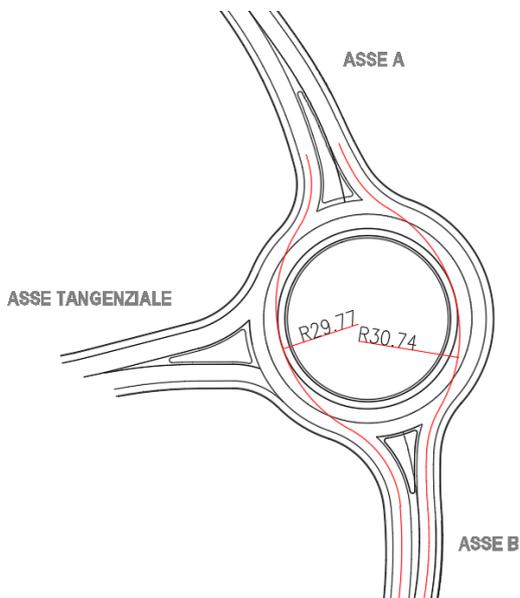
Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita.

Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo

limite massimo.

Per rotatoria asse principale si evince che il raggio di deflessione è sempre minore di 100m; in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere mai superiori a 50km/h.

### **Rotatoria A**



### **5.2.3 Verifiche di Visibilità**

L'analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali. In particolare si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa, nel caso di rotatorie a tre bracci, si estende all'innesto viario più prossimo.

Nella corona giratoria è stato previsto di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo tutta la fascia a verde.

I risultati sono rappresentati nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1.0m.

### **Rotatoria A**



Nella progettazione si è dunque tenuto conto dei vincoli plano-altimetrici posti dalla conformazione della attuale sede della SS 28 ed in particolare delle quote altimetriche di innesto delle strade esistenti ( Via Vecchia di Fabrosa e Via Vecchia di Monastero). Questo ha portato ad avere lungo i rami di innesto delle Vie Vecchia di Fabrosa e Via Vecchia di Monastero pendenze oltre ai limiti consentiti da norma e per tale motivo si ritiene necessario considerare l'intervento come adeguamento di intersezione esistente; in tale caso la norma D.M. 19/04/2006 costituisce il riferimento cui la progettazione deve tendere ma non risulta essere cogente.

L'innesto In Via Vecchia di Frabrosa mantiene le stesse caratteristiche dell'intersezione a T esistente.



### 5.3.1 Elementi planimetrici

La geometrizzazione della linea d'asse è stata effettuata con riferimento ai criteri del DM 5/11/01, utilizzando una successione di rettili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate.

Il tratto stradale in oggetto adotta le caratteristiche di una strada extraurbana di tipo C2 in continuità alla SS28. Dal punto di vista planimetrico il tracciato è caratterizzato da curve di ridotto raggio e gli elementi geometrici utilizzati non consentono il pieno rispetto dei criteri di normativa (D.M. 5/11/2001).

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
ARCO	0.000	17.204	17.204	0.000	120.000	120.000	Dx	-7.000	7.000	60	●
CLOT. FLESSO E	17.204	38.181	20.978	50.173	120.000	0.000	Dx	0.000	0.000	40	●
CLOT. FLESSO U	38.181	80.136	41.955	50.173	0.000	60.000	Sx	0.000	0.000	40	●
ARCO	80.136	106.567	26.430	0.000	60.000	60.000	Sx	7.000	-7.000	45	●

Il dettaglio delle verifiche degli elementi geometrici planimetrici è riportato in Allegato 1 alla presente relazione.

### 5.3.2 Elementi altimetrici

Il profilo longitudinale dell'asse principale è stato geometrizzato tramite una livelletta di pendenza pari al 6.7%.

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito	Verifiche
0	-13.7765	421.9384	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	●	...
1	0.0005	422.2829	13.7770	7.3731	2.5000	0.3444	13.7813	7.3754	●	...
2	102.5678	429.2259	102.5673	91.8942	6.7693	6.9430	102.8021	92.1045	●	...
3	107.8239	429.3573	5.2560	0.9868	2.5000	0.1314	5.2577	0.9871	●	...

## 5.4 Rotatorie

### 5.4.1 Verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 delle intersezioni a rotatoria

Le rotatorie sono state progettate nel rispetto dei criteri previsti dal DM 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

#### **Rotatoria B e A**

Le rotatorie dell'asse secondario hanno raggio esterno pari a 36,50 m (rotatoria B) e raggio esterno pari a 29,50 m (rotatoria C) e sono classificate, secondo lo schema indicato dalla normativa, come rotatorie compatte.

Esse presenta una larghezza dell'anello giratorio pari a 9,50 m composto da un'unica corsia di larghezza pari a 7,00 m, dotata di banchine laterali interna ed esterna di larghezza pari a 1,25 m.

ROTATORIA B					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse B1	Asse B2	Asse sec.
Raggio d'entrata	Re	10÷25	15	15	15
Largh. corsia entrante	Le*	3.5 (1 c.) 6 (2 c.)	3,5	3,5	3,5
Raggio uscita	Ru	15÷30	20	20	15
Largh corsia uscita	lu	4,5 (1 c.)	4	4	4
Pendenza trasversale	Pt	2.5% rivolta verso l'interno			

ROTATORIA C					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse C1	Asse C2	Asse sec.
Raggio d'entrata	Re	10÷25	15	15	15
Largh. corsia entrante	Le*	3.5 (1 c.) 6 (2 c.)	3,5	3,5	3,5
Raggio uscita	Ru	15÷30	20	20	20
Largh corsia uscita	lu	4,5 (1 c.)	4	4	4
Pendenza trasversale	Pt	2.5% rivolta verso l'interno			

Nella progettazione della rotatoria C si è dunque tenuto conto dei vincoli plano-altimetrici posti dalla conformazione della attuale sede della SS 275, cercando ove possibile di adeguare la geometria del tracciato al dettato normativo.

### 5.4.2 Verifiche di Deflessione

La regola principale per il disegno progettuale delle rotatorie riguarda il controllo della deflessione delle traiettorie in attraversamento del nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all'isola centrale. Lo scopo primario delle rotatorie è un assoluto controllo delle velocità all'interno dell'incrocio ed è essenziale che la geometria complessiva impedisca valori cinematici superiori ai

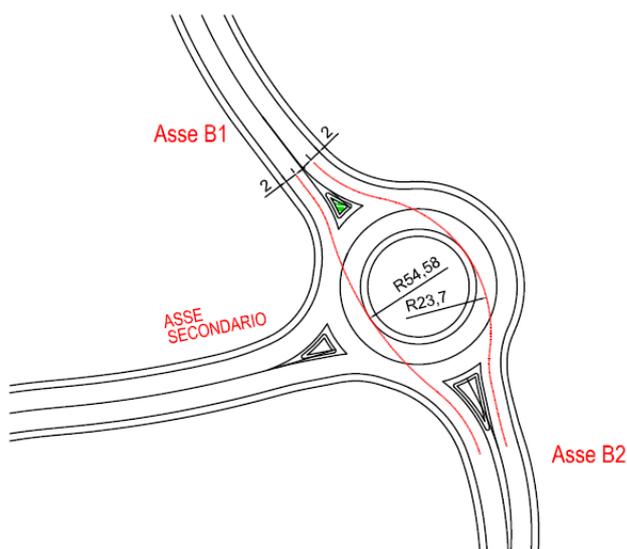
limiti usualmente assunti a base di progetto. Per la verifica della deflessione si è fatto riferimento alla normativa della Regione Lombardia la cui verifica è equivalente alla verifica dell'angolo beta (DM 2006); il riferimento specifico è presente nel Regolamento Regionale (regione Lombardia) 24 aprile 2006, N. 7 (Par. 3.A.6)

Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di cerchio che passa a 1,50 m dal bordo dell'isola centrale e a 2,00 m dal ciglio delle corsie di entrata e uscita.

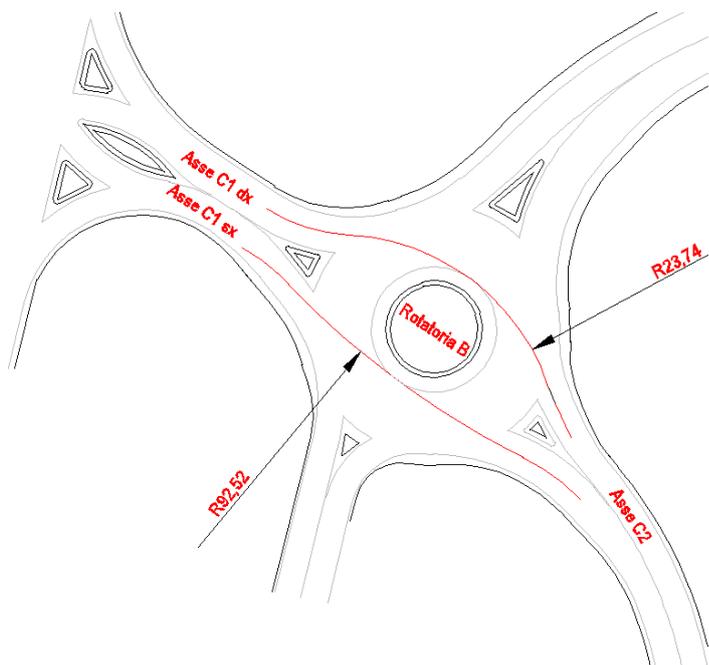
Tale raggio non deve superare i valori di 100 m, è preferibile adottare valori sensibilmente inferiori a questo limite massimo.

Per Rotatoria A e Rotatoria B si evince che il raggio di deflessione è sempre minore di 100m; in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere mai superiori a 50km/h.

### **Rotatoria B**



### **Rotatoria C**



### 5.4.3 Verifiche di Visibilità

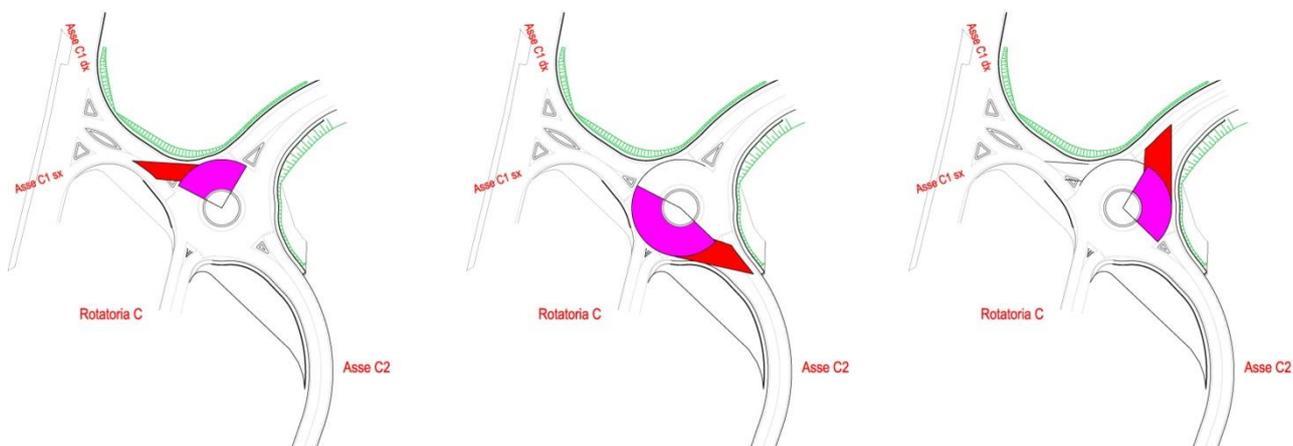
L'analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali. In particolare si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa, nel caso di rotatorie a tre bracci, si estende all'innesto viario più prossimo.

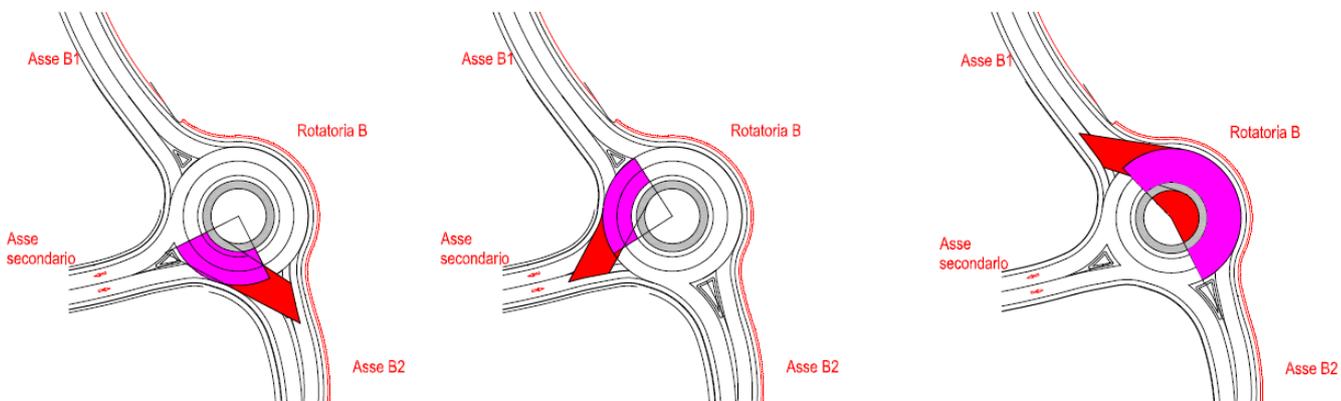
Nella corona giratoria è stato previsto di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo tutta la fascia a verde.

I risultati sono rappresentati nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1.0m.

### Rotatoria C asse secondario



### Rotatoria B asse secondario



## 6 Dispositivi di ritenuta e segnaletica

La tipologia di dispositivo da adottare è stata individuata secondo quanto previsto dal DM 18 feb 1992, n.223 e s.m.i.. In particolare si è fatto riferimento all'ultimo aggiornamento del 21 giu 2004 e partendo dai criteri di scelta dei dispositivi in esso contenuti, si sono individuate le zone da proteggere e le tipologie da adottare. Si è altresì tenuto conto delle norme EN 1317 recepite dallo stesso DM 21 giu 2004, per definire le caratteristiche prestazionali delle barriere.

### Asse principale

La definizione della classe minima di barriere nelle diverse situazioni è fissata dal D.M. 21.6.2004 in funzione della tipologia di strada e del livello di traffico.

La tangenziale di Mondovì è stata progettata secondo gli standard di una strada extraurbana secondaria tipo C1 del DM 5/11/01

In riferimento allo studio del traffico riportato nel documento 01.06\_POO\_EGOO\_GEN\_RE03\_A si può dedurre che all'entrata in esercizio il TGM stimato è di circa 7.900 veicoli leggeri e la percentuale di veicoli pesanti è pari al 3%.

In base ai criteri del DM 21/06/04, riassunti nella tabelle sotto riportate si è nel caso di un traffico di tipo I cui corrispondono le classi minime N2 bordo laterale e H2 bordo ponte.

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

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	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	I	H1	N2	H2
secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	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

Considerando il possibile aumento del traffico pesante si sono utilizzate le seguenti barriere in funzione della destinazione:

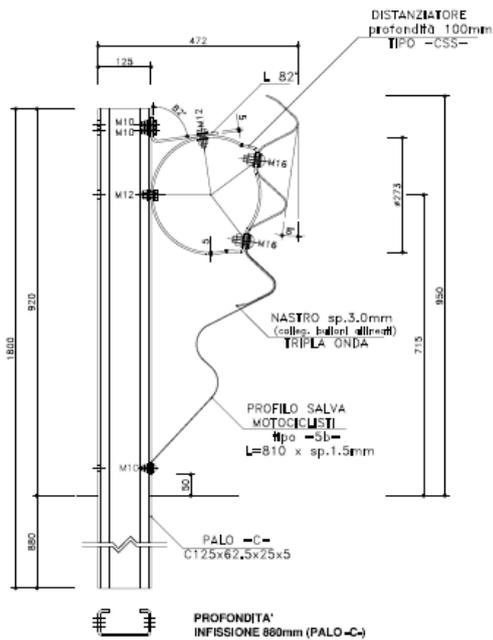
**Bordo laterale: Livello di contenimento H2 – Livello di larghezza Utile ≤ W5 (in acciaio)**

La barriera di classe H2 Bordo Laterale, ha una struttura composta da una tripla onda superiore da 3 mm. di spessore, posta ad un'altezza media di circa 950 mm., e da un profilato a basso spessore (1,5mm) destinato alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo termina a 50 mm dalla superficie del terreno per permettere lo smaltimento delle acque di pioggia, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso.

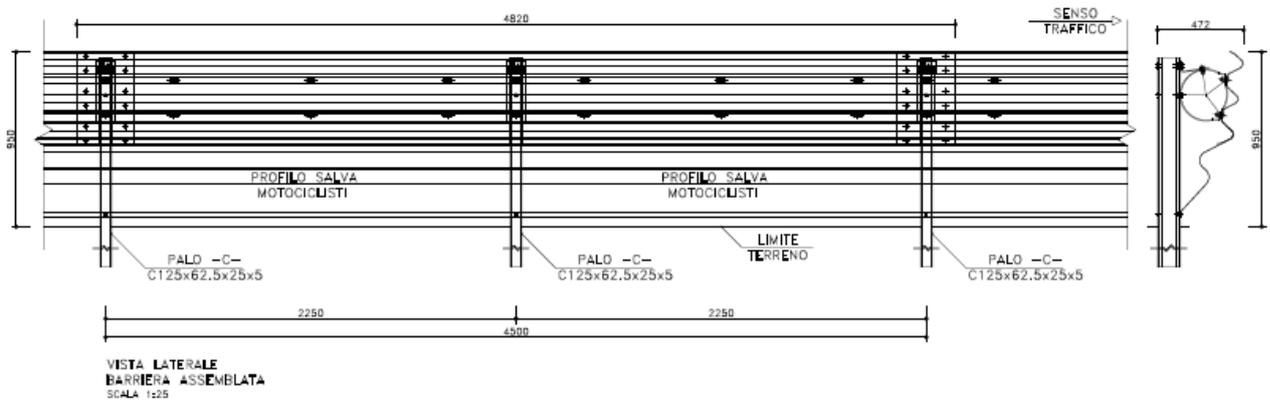
La lama e la parte inferiore del profilo SM sono collegati ai paletti infissi nel terreno; il profilo in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore universale a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 125x62,5x25 di 5 mm di spessore, posti ad interasse di 2250 mm., lunghi 1800 mm. ed infissi nel terreno per 880 mm.

L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 920 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 472 mm.



**Sezione Barriera ANAS H2 BLSM**



**Vista laterale e dall'alto barriera ANAS H2 BLSM**

**Bordo Ponte: Livello di contenimento H2 – Livello di larghezza Utile  $\leq$  W5 (in acciaio);**

La barriera di classe H2 Bordo Ponte, è caratterizzata da una piastra di appoggio di due tipi: quella di minor resistenza, testata nei crash test di riferimento, e progettata per cordoli stretti di almeno 40 cm di larghezza e va montata a filo del cordolo; in questo modo l'ancoraggio è montato a 95 mm dal bordo e può esplicare tutta la resistenza necessaria.

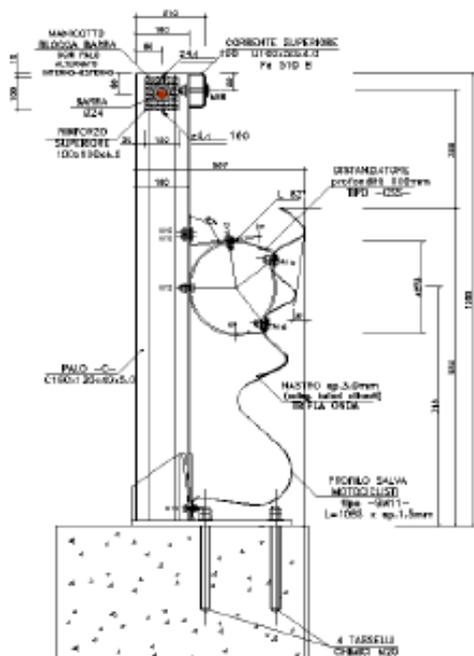
Della barriera esiste una variante equivalente in prestazioni, per cordoli larghi, cioè di almeno 50 cm, che permette l'appoggio completo della piastra di base per cui l'elemento ad U 150x125x10 mm non è necessario: tale versione sarà quella da installare nel progetto.

La parte frontale, ha montato un profilo continuo che eviti danni gravi ai motociclisti urtanti impedendo l'urto diretto su elementi discontinui come i paletti e/o sui bordi taglienti della lama.

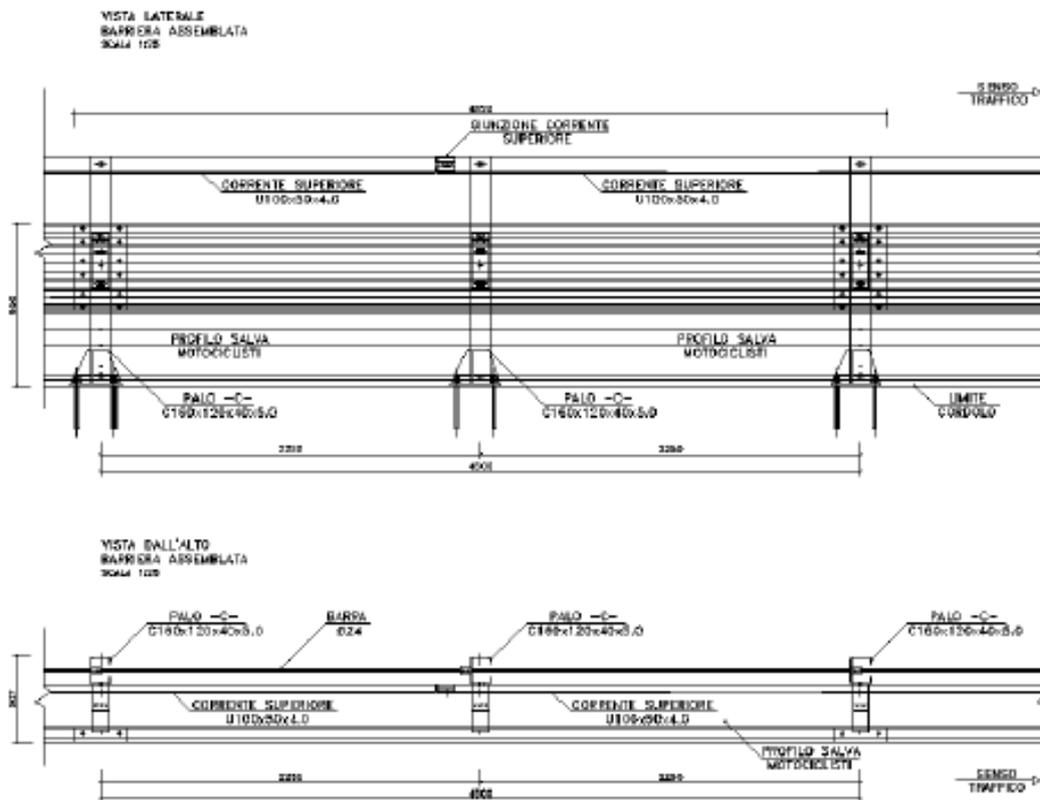
Ai fini di ottimizzare le manutenzioni, distanziatore, DSM, tondino e manicotti antispianciamento sono sempre gli stessi in tutte le barriere di progetto ANAS della serie "con tondino".

La barriera è composta da un mancorrente superiore di profilato scatolare di 4,0 mm di spessore rinforzato che ricopre un tondino di acciaio B450C  $\Phi 24$ mm inserito nell'anima dei paletti e da una tripla onda sottostante da 3,0 mm. di spessore; ad essa è connesso un profilato sottile (1,5 mm) destinato, alla protezione dei motociclisti, opportunamente sagomato, collegato alla parte inferiore della lama; detto profilo passa con la sua parte più bassa, a circa 50 mm dalla superficie del cordolo di supporto, senza che sia possibile l'infilamento al di sotto del corpo del motociclista o di parti di esso. La lama e la parte inferiore del DSM sono collegati ai paletti ancorati al cordolo; il DSM in modo diretto e la lama tramite specifico distanziatore universale a tempo di deformazione rallentato descritto nel seguito.

I paletti sono a sezione a "C" 160x120x40 di 5,0 mm di spessore, posti ad interasse di 2250 mm., lunghi 1355 mm. e saldati alle piastre. L'altezza massima della barriera (filo superiore della tripla onda) è di 950 mm., mentre l'ingombro trasversale tra paletto lato esterno e fronte strada è di 507 mm



**Sezione Barriera ANAS H2 BPSM**



**Vista laterale e dall'alto barriera ANAS H2 BPSM**

Nei punti di inizio e fine barriera è stato previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali semplici; nel passaggio tra barriere bordo ponte e bordo rilevato è stato previsto di garantirne la continuità strutturale tramite il collegamento almeno della lama, del corrente posteriore ed inferiore.

All'interno della galleria naturale ed artificiale sono stati previsti profili redirettivi.

Per l'individuazione della corretta posizione, della lunghezza e degli eventuali accessori (terminali, zone di transizione, ecc.) dei dispositivi di sicurezza stradali impiegati si vedano tavole allegate.

Il traffico della viabilità di progetto viene regolato attraverso l'installazione di un'ideale segnaletica orizzontale e verticale, individuata rispettando le prescrizioni del D.P.R. n°495 del 16 dicembre 1992 "Codice della strada" e il principio di tutela dei viaggiatori e dei pedoni (Per i dettagli la disposizione della segnaletica verticale ed orizzontale si rimanda agli elaborati specifici).



....222

Clotoide di Flesso in uscita 2				ProgI 698.744 - ProgF 855.095			
Coordinate vertice	X:	405006.028		Coordinate I punto Tg	X:	404957.014	
				Coordinate I punto Tg	Y:	4913275.365	
Coordinate vertice	Y:	4913293.261		Coordinate II punto Tg	X:	405099.406	
				Coordinate II punto Tg	Y:	4913339.731	
Raggio	:	700.000		Angolo	:	0.0000r	
Parametro N	:	1.000		Tangente lunga	:	104.302	
Parametro A	:	330.825		Tangente corta	:	52.179	
Scostamento	:	1.454		Sviluppo	:	156.350	
Pti (%)	:	5.2		Ptf (%)	:	0.0	
Vp (Km/h) = 100.0							
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	=	151.400	OK	A1/A2	=	0.900	A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	142.000	OK	A1/A2	=	0.900	A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	233.300	OK				
A <= R	=	700.000	OK				

....222

Clotoide di Flesso in entrata 3				ProgI 855.095 - ProgF 977.929			
Coordinate vertice	X:	405172.731		Coordinate I punto Tg	X:	405099.406	
				Coordinate I punto Tg	Y:	4913339.731	
Coordinate vertice	Y:	4913376.221		Coordinate II punto Tg	X:	405210.359	
				Coordinate II punto Tg	Y:	4913392.394	
Raggio	:	1100.000		Angolo	:	0.0558r	
Parametro N	:	1.000		Tangente lunga	:	81.903	
Parametro A	:	367.583		Tangente corta	:	40.957	
Scostamento	:	0.571		Sviluppo	:	122.834	
Pti (%)	:	0.0		Ptf (%)	:	-3.9	
Vp (Km/h) = 100.0							
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	=	139.500	OK	A1/A2	=	0.900	A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	154.000	OK	A1/A2	=	0.900	A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	366.700	OK	A/Au	=	1.000	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=	1100.000	OK	A/Au	=	1.000	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

....222

Arco 4 Destra      ProgI 977.929 - ProgF 1547.437								
Coordinate vertice	X:	405477.978	Coordinate I punto Tg	X:	405210.359			
Coordinate vertice	Y:	4913507.417	Coordinate I punto Tg	Y:	4913392.394			
Coordinate centro curva	X:	405644.722	Coordinate II punto Tg	X:	405767.449			
Coordinate centro curva	Y:	4912381.785	Coordinate II punto Tg	Y:	4913474.917			
Raggio	:	1100.000	Angolo al vertice	:	0.5177r			
Tangente	:	291.290	Sviluppo	:	569.508			
Saetta	:	36.651	Corda	:	563.169			
Pt (%)	:	3.9						
Vp (Km/h) = 100.0								
R >= Rmin	=	118.110 OK	R	=	1100.000	R >= Rminp	=	280.000 OK
Sv >= Smin	=	69.440 OK	R			R <= Rmaxp	=	100000.000 OK
Pt >= Ptmin	=	3.881 OK	R	=	1100.000	R >= Rmins	=	368.000 OK
			R			R <= Rmaxs	=	100000.000 OK

....222

Clotoide di Flesso in uscita 5				ProgI 1547.437 - ProgF 1671.483			
Coordinate vertice	X:	405808.552		Coordinate I punto Tg	X:	405767.449	
				Coordinate I punto Tg	Y:	4913474.917	
Coordinate vertice	Y:	4913470.303		Coordinate II punto Tg	X:	405890.096	
				Coordinate II punto Tg	Y:	4913456.457	
Raggio	:	1100.000		Angolo	:	0.0000r	
Parametro N	:	1.000		Tangente lunga	:	82.711	
Parametro A	:	369.392		Tangente corta	:	41.361	
Scostamento	:	0.583		Sviluppo	:	124.046	
Pti (%)	:	-3.9		Ptf (%)	:	0.0	
Vp (Km/h) = 100.0							
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	=	139.500	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	154.000	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	366.700	OK	Ae/A	=	1.000	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=	1100.000	OK	Ae/A	=	1.000	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

....222

Clotoide di Flesso in entrata 6				ProgI 1671.483 - ProgF 1795.529			
Coordinate vertice	X:	405971.640		Coordinate I punto Tg	X:	405890.096	
				Coordinate I punto Tg	Y:	4913456.457	
Coordinate vertice	Y:	4913442.612		Coordinate II punto Tg	X:	406012.743	
				Coordinate II punto Tg	Y:	4913437.997	
Raggio	:	1100.000		Angolo	:	0.0564r	
Parametro N	:	1.000		Tangente lunga	:	82.711	
Parametro A	:	369.392		Tangente corta	:	41.361	
Scostamento	:	0.583		Sviluppo	:	124.046	
Pti (%)	:	0.0		Ptf (%)	:	3.9	
Vp (Km/h) = 100.0							
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	=	139.500	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	154.000	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	366.700	OK	A/Au	=	0.800	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=	1100.000	OK	A/Au	=	0.800	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

....222

Arco 7 Sinistra      ProgI 1795.529 - ProgF 2030.132

Coordinate vertice      X:            406129.756  
Coordinate vertice      Y:            4913424.860

Coordinate I punto Tg   X:            406012.743  
Coordinate I punto Tg   Y:            4913437.997

Coordinate centro curva X:            406135.471  
Coordinate centro curva Y:            4914531.129

Coordinate II punto Tg   X:            406246.899  
Coordinate II punto Tg   Y:            4913436.787

Raggio                 :            1100.000  
Tangente               :            117.748  
Saetta                 :            6.248  
Pt (%)                 :            3.9

Angolo al vertice     :            0.2133r  
Sviluppo               :            234.603  
Corda                  :            234.159

Vp (Km/h) = 100.0

R >= Rmin      =      118.110 OK  
Sv >= Smin      =      69.440 OK  
Pt >= Ptmin     =      3.881 OK

R                 =      1100.000      R >= Rminp =      368.000 OK  
R                 =      100000.000 OK

....222

Clotoide in uscita 8				ProgI 2030.132 - ProgF 2225.249				
Coordinate vertice	X:	406311.652	Coordinate I punto Tg	X:	406246.899	Coordinate I punto Tg	Y:	4913436.787
Coordinate vertice	Y:	4913443.381	Coordinate II punto Tg	X:	406439.437	Coordinate II punto Tg	Y:	4913467.978
Raggio	:	1100.000	Angolo	:	0.0000r	Tangente lunga	:	130.131
Parametro N	:	1.000	Tangente corta	:	65.088	Sviluppo	:	195.117
Parametro A	:	463.280	Ptf (%)	:	-2.5			
Scostamento	:	1.442						
Pti (%)	:	3.9						
Vp (Km/h) = 100.0								
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 185.200 OK								
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 197.500 OK								
A >= R/3 = 366.700 OK								
A <= R = 1100.000 OK								
			Ae/A = 0.800	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK				
			Ae/A = 0.800	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK				

Rettifilo 9				ProgI 2225.249 - ProgF 2656.302				
Coordinate P.to Iniziale	X:	406439.437	Coordinate P.to Finale	X:	406862.720	Coordinate P.to Iniziale	Y:	4913467.978
	Y:	4913467.978		Y:	4913549.455			
Lunghezza	:	431.053	Azimut	:	0.1902r			
Vp (Km/h) = 100.0								
L >= Lmin = 150.000 OK								
L <= Lmax = 2200.000 OK								
			Rprec = 1100.000	Rprec >= Rmin = 400.000 OK				



....222

Clotoide di Flesso in uscita 2				ProgI 17.2036 - ProgF 38.1812			
Coordinate vertice	X:	406045.0045		Coordinate I punto Tg	X:	406051.8485	
				Coordinate I punto Tg	Y:	4914812.5046	
Coordinate vertice	Y:	4914811.0463		Coordinate II punto Tg	X:	406031.1187	
				Coordinate II punto Tg	Y:	4914809.3363	
Raggio	:	120.0000		Angolo	:	0	
Parametro N	:	1.0000		Tangente lunga	:	13.9907	
Parametro A	:	50.1728		Tangente corta	:	6.9976	
Scostamento	:	0.1528		Sviluppo	:	20.9776	
Pti (%)	:	-7.0		Ptf (%)	:	0.0	
Vp (Km/h) = 40.0							
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	=	19.000	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	43.200	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	40.000	OK				
A <= R	=	120.000	OK				

....222

Clotoide di Flesso in entrata 3				ProgI 38.1812 - ProgF 80.1364			
Coordinate vertice	X:	406003.1784		Coordinate I punto Tg	X:	406031.1187	
				Coordinate I punto Tg	Y:	4914809.3363	
Coordinate vertice	Y:	4914805.8955		Coordinate II punto Tg	X:	405990.5766	
				Coordinate II punto Tg	Y:	4914799.4600	
Raggio	:	60.0000		Angolo	:	20	
Parametro N	:	1.0000		Tangente lunga	:	28.1514	
Parametro A	:	50.1728		Tangente corta	:	14.1500	
Scostamento	:	1.2171		Sviluppo	:	41.9552	
Pti (%)	:	0.0		Ptf (%)	:	7.0	
Vp (Km/h) = 40.0							
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	=	26.900	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 >= 2/3 = 0.670 OK
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	=	30.600	OK	A1/A2	=	1.000	A1/A2 <= 3/2 = 1.500 OK
A >= R/3	=	20.000	OK				
A <= R	=	60.000	OK				

....222

Arco 4 Sinistra ProgI 80.1364 - ProgF 106.5668

Coordinate vertice X: 405978.6132  
Coordinate vertice Y: 4914793.3505

Coordinate I punto Tg X: 405990.5766  
Coordinate I punto Tg Y: 4914799.4600

Coordinate centro curva X: 406017.8651  
Coordinate centro curva Y: 4914746.0246

Coordinate II punto Tg X: 405970.3970  
Coordinate II punto Tg Y: 4914782.7231

Raggio : 60.0000  
Tangente : 13.4331  
Saetta : 1.4495  
Pt (%) : 7.0

Angolo al vertice : 25  
Sviluppo : 26.4304  
Corda : 26.2172

Vp (Km/h) = 40.0

R >= Rmin = 118.110 No  
Sv >= Smin = 27.780 No  
Pt >= Ptmin = 7.000 OK

R = 60.000 R >= Rminp = 68.000 No  
R <= Rmaxp = 210.000 OK