

OPERE INFRASTRUTTURALI AREA EX-ALFA ROMEO N8 - VIABILITA' LOTTO A3

RHO - ARESE, MILANO

PROGETTO ESECUTIVO

Committente

Particom Uno S.p.a.

Via Amilcare Ponchielli 7 - 20129 Milano (MI)

J+S SpA

via dei Mestieri 13 - 20863 Concorezzo (MB) Italia
tel. 039 6886381 info@jplus.it www.jplus.it



Progettista

Ing. Matteo Stella

documento
firmato digitalmente

Quadro Revisioni

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	21.10.2024	EMISSIONE	LA	AC	MS

Codifica elaborato

Anno	Commessa	Fase progetto	Progetto	Attività	Disciplina	Categoria	Progressivo	Revisione
22	158	PE	N08	STD	S	RT	001	00

Titolo elaborato

B - CORPO STRADALE
B01 - PARTE STRADALE
Relazione tecnica stradale

Commessa

22-158

Scala

-

Data

21.10.2024

**OPERE INFRASTRUTTURALI AREA EX-ALFA ROMEO
N8 – VIABILITÀ LOTTO A3
RHO - ARESE (MI)**

**PROGETTO ESECUTIVO
(ARTICOLO 22 SEZIONE III, ALLEGATO I.7. DLGS 36/2023)**

PARTICOM UNO SPA-VIA AMILCARE PONCHIELLI 7, 20129 MILANO (MI)

RELAZIONE TECNICA STRADALE

21/10/2024

LA – AC – MS

22-158

J+S S.p.A.

Via dei Mestieri 13 – Concorezzo (MB) 20863 – Italy

Pec: segreteria@pec.jpius.it

P.IVA & C.F. 02280620960

+39 039 6886381 – info@jpius.it – jpius.it



CONCOREZZO + MILANO

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3. L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE	8
4. CRITERI PROGETTUALI	9
4.1. ASSE STRADALE	9
4.1.1. CARATTERISTICHE FUNZIONALI E SEZIONE TIPO.....	9
4.1.2. ANALISI DI VISIBILITÀ	11
4.1.3. CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE DELL'ASSE.....	13
4.1.4. CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE	17
4.1.5. CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE DELL'ASSE	23
4.1.6. ANALISI DI VELOCITÀ	25
4.2. INTERSEZIONI	26
4.2.1. CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE ROTATORIE.....	26
5. L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO	27
5.1. INQUADRAMENTO FUNZIONALE	29
5.2. VELOCITÀ DI PROGETTO E DIAGRAMMI DI VELOCITÀ.....	30
5.3. ANALISI DI VISIBILITÀ E ALLARGAMENTI DELLE BANCHINE.....	31
5.3.1. ANALISI DI VISIBILITÀ PER L'ARRESTO	31
5.3.1. ANALISI DI VISIBILITÀ PER IL SORPASSO	33
5.3.2. ANALISI DI VISIBILITÀ PER IL CAMBIO CORSIA	33
5.4. SEZIONE TIPO	33
5.4.1. ELEMENTI MARGINALI	34
5.4.2. MARCIAPIEDI	36
5.5. CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE DEGLI ASSI	38
5.5.1. ASSE A	38
5.5.1. ASSE B	38
5.6. CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE DEGLI ASSI	39
5.6.1. ASSE A	39
5.6.1. ASSE B	39
6. LE INTERSEZIONI.....	40
6.1. VERIFICHE GEOMETRICHE DEI RAMI DI INNESTO SULLA ROTATORIA	40
6.2. VISIBILITÀ ALLE INTERSEZIONI.....	40
7. CARATTERISTICHE DEL CORPO STRADALE.....	41
7.1. SOVRASTRUTTURA STRADALE	41
8. SICUREZZA STRADALE	46
8.1. SEGNALETICA.....	46
8.1.1. SEGNALETICA VERTICALE	46
8.2. SEGNALETICA ORIZZONTALE	47
8.3. BARRIERE DI SICUREZZA	48

1. PREMESSA

L'atto integrativo all'AdP si prefigge il recupero urbanistico e ambientale di un'area ad oggi degradata e abbandonata, che ospitava lo stabilimento produttivo dell'azienda automobilistica Fiat-Alfa Romeo. Quanto proposto permetterà anche di riqualificare l'area oggetto di intervento dal punto di vista naturalistico e di connessione ecologica con le aree limitrofe, favorendo anche un rilancio socio-economico delle aree interessate dall'ex complesso industriale che era iniziato con l'attuazione delle trasformazioni territoriali definite nell'Accordo iniziale approvato nel 2012.



Figura 1: Localizzazione dell'area oggetto di AdP nel contesto sovracomunale

Il nuovo distretto urbano proposto nella Variante urbanistica di cui all'Atto integrativo dell'AdP è situato all'interno della Città Metropolitana di Milano in corrispondenza dell'ex polo produttivo FIAT-Alfa Romeo e si colloca nei territori comunali di Arese, Garbagnate Milanese e Lainate.

Allo scopo di garantire un miglioramento del traffico ed un efficace accesso al comparto gli esiti dello studio di traffico hanno comportato nuovi punti di connessione con la rete viaria, allo scopo di distribuire i volumi di traffico su un numero maggiore di intersezioni alleviando la congestione su quelle esistenti.

Sono stati previsti quindi numerosi interventi infrastrutturali che andranno a potenziare dove necessario la viabilità esistente; il nuovo sviluppo, infatti, indurrà traffico aggiuntivo al comparto e per questo sarà importante mitigarne gli effetti attraverso soluzioni tese al miglioramento della circolazione veicolare, unitamente ad un limitato impatto infrastrutturale.

Nella figura seguente viene mostrato l'inquadramento dei principali interventi, con relativi codici, di carattere viabilistico direttamente relativi all'area di progetto proposti nell'atto integrativo dell'Adp.



Figura 2: Schema preliminare dei principali interventi di carattere viabilistico proposto nell'Atto Integrativo dell'AdP

Oggetto del presente progetto esecutivo è il seguente intervento:

- **Intervento N8 – Viabilità lotto A3**

Gli obiettivi che si intendono perseguire attraverso la realizzazione dell'intervento sono i seguenti:

- adeguare l'offerta di infrastrutture alle esigenze di mobilità interna ed esterna al territorio, in funzione della previsione dell'Atto integrativo dell'Adp dell'area ex Alfa Romeo;
- accedere all'area da via Luraghi, da viale Alfa Romeo e dalla via secondaria di accesso al Museo Alfa Romeo; inoltre, una nuova viabilità interna al lotto permetterà di gestire i flussi del nuovo comparto commerciale fornendo una alternativa a viale Alfa Romeo;
- risolvere il delicato rapporto tra infrastruttura e ambiente, cogliendo l'occasione per il ripristino ambientale di tutto il territorio interessato dalle opere, in modo da comportare ricadute complessivamente positive sotto l'aspetto paesaggistico e dell'inquinamento acustico ed atmosferico.

Nella corografia sotto riportata, è riportata la planimetria di progetto delle opere oggetto della presente progettazione.



Figura 3: Planimetria di progetto

L'intervento, da un punto di vista funzionale, consiste in un nuovo asse stradale (Asse A) che si collega senza soluzione di continuità all'Asse B del lotto N4 e si innesta nella rotatoria all'intersezione tra viale Alfa Romeo e la viabilità di accesso al museo e all'area commerciale Alfa Romeo. Inoltre, è prevista la riqualifica e il potenziamento del ramo Nord della suddetta rotatoria (Asse B) con l'inserimento di un'ulteriore corsia in ingresso e un nuovo allineamento che consenta il corretto inserimento dell'Asse A nella rotatoria stessa. Infine verrà prolungato il marciapiede esistente sul lato est di viale Alfa Romeo per una lunghezza di 243 m fino ad innestarsi sul marciapiede presente sul lato sud di viale Luraghi.

Relazione tecnica stradale

La sezione stradale dell'Asse A è costituita da un'unica carreggiata con due corsie di larghezza 3,50 m (una per ciascun senso di marcia) e due banchine da 0,50 m. Sul lato interno rispetto alla nuova area commerciale in progetto è previsto un marciapiede di larghezza 1,50 m, rialzato di 15 cm dal piano stradale, e separato dal limite dell'area stessa da una fascia verde di larghezza variabile. Sul lato esterno è presente un arginello di 1,25 m e una scarpata con pendenza 3/2 che raccorda il piano di progetto (in rilevato) al terreno attuale posto a una quota inferiore. La sezione stradale dell'Asse B è costituita da un'unica carreggiata con tre corsie di larghezza 3,50 m (una in uscita e due in ingresso alla rotatoria) e due banchine da 0,50 m. Sul lato interno rispetto alla nuova area commerciale in progetto è presente un marciapiede di larghezza 1,50 m, rialzato di 15 cm dal piano viabile e separato dal limite dell'area stessa da una fascia verde di larghezza variabile. Sul lato esterno viene mantenuto il marciapiede esistente da 2,50 m che subisce uno spostamento nell'ultimo tratto per adeguarsi al nuovo tracciato stradale. Entrambi i rami sono interessati da attraversamenti ciclopedonali rialzati in prossimità dell'intersezione, dove il marciapiede di progetto è portato a 3,00 m.

L'opera ricade parzialmente nei territori comunali di Arese e Rho (MI) e termina al confine col comune di Lainate (MI). Gli assi in progetto sono classificati come strade locali urbane (F_{urb}) e hanno intervallo di velocità di progetto 25-60 km/h.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è stata eseguita nel completo rispetto della normativa italiana vigente:

- D.L. 30.04.1992 n.285 "Nuovo Codice della Strada" 8G.U. 18.05.1992 n.114 suppl.) Modificato ed integra-to dal D.L. 10.10.1993 n.360 (G.U. 15.09.1993 n.217 suppl.);
- D.P.R. 16.12.1992 n.495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" (G.U. 28.12.1992 n.303 suppl.);
- D.P.R. 16.09.1996 n.610 "Regolamento recante modifiche al D.P.R. 16.12.1992 n.495, concernente il regolamento di esecuzione e attuazione del Nuovo Codice della strada" e s.m.i.;
- D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- D.M. 22.04.2004 "Modifica del decreto 05.11.2001 n.6792, relativo alle norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- L. 29 luglio 2010 n.210 – Disposizioni in materia di sicurezza stradale;
- Direttiva LL.PP. 24.10.2000 – Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'istallazione e la manutenzione (G.U.28.12.2000 n.301);
- D.M. 18.02.1992 n.223 "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza" e s.m.i.;
- Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21/06/2004 prot No 2367
- Catalogo delle pavimentazioni stradali (CNR B.U. 178)
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21/07/2010 n. 62032 - Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- D.G.R. Lombardia 27/9/2006 n.8/3219 - Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti ex art.4, r.r. 24 aprile 2006, n.7.

3. L'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Attualmente la via Alfa Romeo è costituita da una carreggiata di larghezza totale 10,50 m con una corsia per senso di marcia di larghezza 3,50 m e banchine laterali di larghezza minima pari a 0,50 m. All'interno dell'ambito 3 invece allo stato di fatto, non vi è una viabilità esistente.

Tale viabilità presente è di competenza del Comune di Arese ed è classificata come strada locale urbana (F_{urb}).

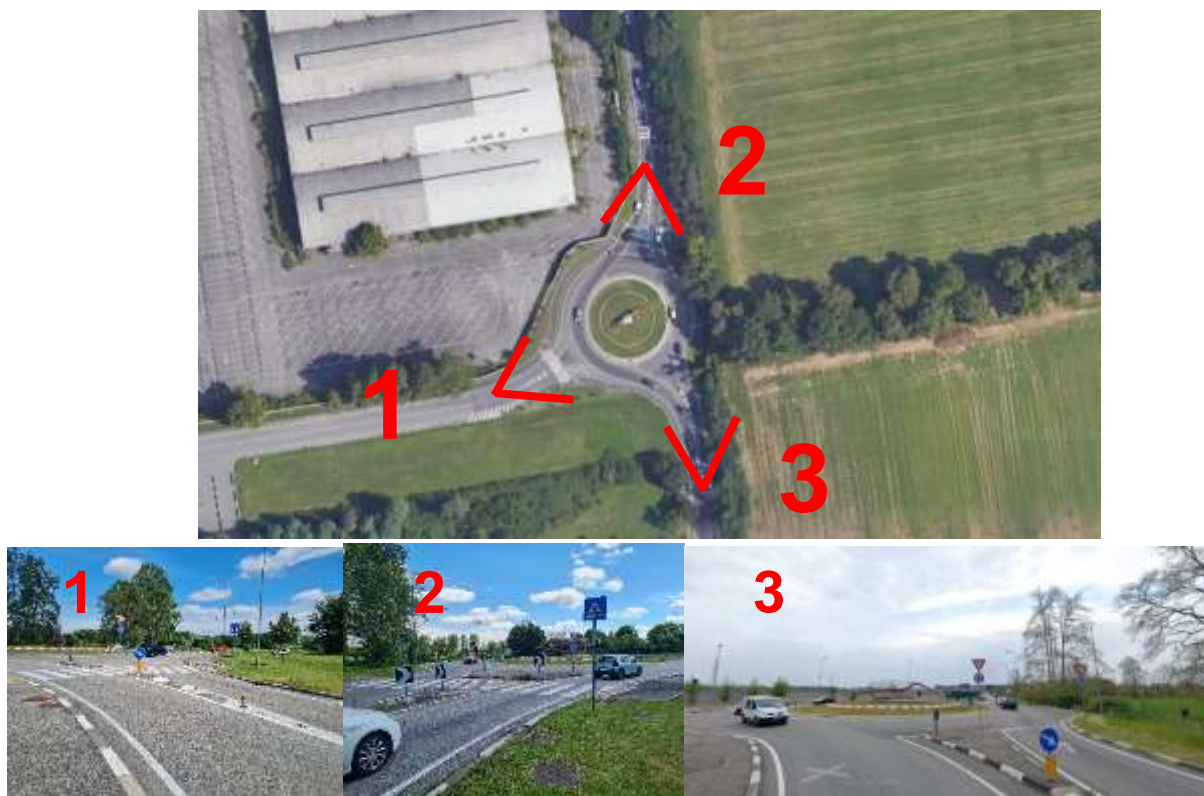


Figura 4: Infrastruttura stato di fatto

L'attuale rotatoria non è oggetto del presente progetto, per cui non sono stati condotte verifiche normative su di essa. Si è tuttavia dimostrato che è possibile inserire un quarto ramo rispettando le caratteristiche richieste senza modificare i rami ovest e sud. Per quanto concerne il ramo nord, esso sarà oggetto di modifica sia per consentire l'inserimento della nuova viabilità che per la modifica dello stesso.

Dunque, l'infrastruttura esistente oggetto del presente intervento è unicamente il ramo nord della rotatoria (Asse B). Esso presenta un andamento rettilineo che viene curvato in presenza dell'intersezione al fine di realizzare i rami correttamente; ha pendenze trasversali come da configurazione rettilinea e presenta un profilo suborizzontale caratterizzato da ampi raccordi. L'isola divisionale materializzata presenta un'interruzione al fine di ospitare l'attraversamento pedonale. Sulla corsia in uscita è situata una fermata in carreggiata del TPL. Su tale asse è presente un limite di velocità di 50 km/h.

4. CRITERI PROGETTUALI

4.1. ASSE STRADALE

Nel seguito si riporta una descrizione dei criteri progettuali presi a riferimento per la progettazione.

4.1.1. CARATTERISTICHE FUNZIONALI E SEZIONE TIPO

(a) *Categoria stradale.*

Conformemente all'art.2 del D.L.vo 285/92 e al D.M. 05.11.2001 gli assi stradali devono essere classificati nelle seguenti categorie:

Categoria	Descrizione	Ambito		Codice
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	Ae
			strada di servizio	SAe
		urbano	strada principale	Au
			strada di servizio	SAu
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	B
			strada di servizio	SB
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	C1
			a traffico limitato	C2
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	D
			strada di servizio	SD
E	Urbana di quartiere	urbano		E
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	F1
			a traffico limitato	F2
		urbano		Fu

Per il caso in esame, gli assi stradali in progetto sono classificati come strade di categoria F urbane (Fu).

(b) Numero e larghezza delle corsie.

La norma, in funzione del tipo di strada, stabilisce il numero e la dimensione minima delle corsie.

Cat.	Descrizione	Ambito		Numero di corsie per senso di marcia	Larghezza corsia [m]	Larghezza corsia di emergenza [m]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	≥ 2	3,75	3,00
			strada di servizio	≥ 1	3,50	-
		urbano	strada principale	≥ 2	3,75	3,00
			strada di servizio	≥ 1	3,00	-
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	≥ 2	3,75	-
			strada di servizio	≥ 1	3,50	-
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	1	3,75	-
			a traffico limitato	1	3,50	-
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	≥ 2	3,25	-
			strada di servizio	≥ 1	2,75	-
E	Urbana di quartiere	urbano		≥ 1	3,00	-
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	1	3,50	-
			a traffico limitato	1	3,25	-
		urbano		≥ 1	2,75	-

Per il caso in esame sono state adottate corsie di larghezza 3,50 m la cui dimensione è superiore a quella minima prevista di 2,75 m per le strade di categoria F urbane; risulta altresì conforme alla larghezza minima di 3,50 m prevista dal DM 05.11.2001 qualora la corsia sia impegnata dalle categorie di traffico 7,8,9,10,11 della tab.3.2.c del medesimo DM, (autobus, autocarri, autotreni articolati, macchine operatrici, veicoli su rotaia).

(c) Banchine e spartitraffico.

I valori riportati di seguito si intendono come valori minimi. Per il caso in esame, trattandosi di strade di categoria F urbane, le banchine presentano una larghezza di 0,50 m.

Cat.	Descrizione	Ambito		Larghezza spartitraffico [m]	Larghezza banchina in destra [m]	Larghezza banchina in sinistra [m]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	2,60	2,50	0,70
			strada di servizio	2,60	1,25	0,50
		urbano	strada principale	1,80	2,50	0,70
			strada di servizio	1,80	0,50	0,50
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	2,50	1,75	0,50
			strada di servizio	2,00	1,25	0,50
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	-	1,50	-
			a traffico limitato	-	1,25	-
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	1,80	1,00	0,50
			strada di servizio	1,80	0,50	0,50
E	Urbana di quartiere	urbano		0,50	0,50	-
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	-	1,00	-
			a traffico limitato	-	1,00	-
		urbano		-	0,50	-

(d) Marciapiedi.

Per le strade F urbane, il DM 5/11/2001 prevede marciapiedi di dimensione minima 1,50 m.

Nel caso specifico, per l'asse A i marciapiedi avranno una larghezza pari a quella minima di 1,50 m prevista dal D.M.; per l'asse B, in analogia al marciapiede esistente, il marciapiede di progetto avrà larghezza 2,50 m; lungo l'asse M è previsto un marciapiede di larghezza 2,00 m.

Trattandosi di strade con $V_{p,max} \leq 70$ km/h, tutti i marciapiedi saranno protetti con ciglio sagomato di altezza 15 cm rispetto al piano viabile.

4.1.2. ANALISI DI VISIBILITÀ

Per distanza di visuale libera (DVL) si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada. Secondo quanto indicato nel DM 05.11.2001, lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata con:

- la *distanza di visibilità per l'arresto*, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto; questo valore deve essere garantito lungo lo sviluppo del tracciato;

- la *distanza di visibilità per il sorpasso*, che è pari allo spazio minimo necessario per compiere una manovra completa di sorpasso in completa sicurezza quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto;
- la *distanza di visibilità per il cambio corsia*, che è pari allo spazio minimo necessario per il passaggio da una corsia a quella adiacente in tutti i casi in cui è consentito.

Ai fini delle verifiche delle visuali libere, la posizione del conducente deve essere sempre considerata al centro della corsia da lui impegnata, con l'altezza del suo occhio a 1,10 m dal piano viabile. Nella valutazione della distanza di visibilità per l'arresto, l'ostacolo va collocato a 0,10 m dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente. Nel caso della distanza di visibilità per il sorpasso, l'ostacolo mobile va collocato nella corsia opposta, con altezza pari a 1,10 m. Nel caso della manovra di cambiamento di corsia, deve venire verificata la possibilità di vedere il limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente. Il valore della velocità per ogni strada o rampa da inserire nelle verifiche è stato determinato secondo quanto indicato nella norma, ovvero dal diagramma delle velocità.

(a) Distanza di visibilità per l'arresto.

Per il calcolo della distanza di arresto è stata utilizzata la seguente formula riportata nella norma.

$$D_A = \frac{V_0}{3.6} \tau + \frac{1}{3.6^2} \int_{V_0}^0 \frac{V}{g \left[f_l(V) \pm \frac{i}{100} \right] + 2.61 \cdot 10^{-5} \cdot V^2} dV \quad [m]$$

dove:

- V_0 = velocità puntuale desunta dal diagramma delle velocità in km/h;
- i = pendenza longitudinale [%]
- $\tau = (2.8 - 0.01V)$ tempo complessivo di reazione [s], con V in km/h
- f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impiegabile longitudinalmente per la frenatura

VELOCITA' [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
f _l Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
f _l Altre strade	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Nel caso in esame, questa verifica è stata condotta sia per l'Asse A che per l'Asse B.

(b) Distanza di visibilità per il sorpasso.

Per il calcolo della distanza di sorpasso è stata utilizzata la seguente formula riportata nella norma.

$$D_S = 5.5 V_P$$

Nel caso in esame la verifica non è stato necessario effettuare questa verifica in quanto trattandosi di strade di categoria F urbana, il sorpasso non è consentito lungo gli assi in progetto.

(c) Distanza di visibilità per il cambio corsia.

Per il calcolo della distanza di cambio corsia è stata utilizzata la seguente formula riportata nella norma.

$$D_C = 2.6 V_P$$

Nel caso in esame, questa verifica è stata condotta il ramo di ingresso in rotatoria a doppia corsia dell'asse B.

4.1.3. CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE DELL'ASSE

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici, quali i rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile. Tra due elementi a raggio costante (curve circolari, ovvero rettilo e curva circolare) deve essere inserita una curva a raggio variabile.

(a) *Lunghezza massima dei rettifili.*

$$L_{max} = 22 V_{p,max} [m]$$

dove $V_{p,max}$ è la velocità massima dell'intervallo delle velocità di progetto, espressa in km/h. Tale lunghezza è sostituita nel caso di flesso dalla seguente relazione:

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

dove A_1 e A_2 sono i due parametri delle clotoidi che costituiscono il flesso. Nel caso in esame la $V_{p,max}$ per le strade F_{urb} è 60 km/h e quindi $L_{max} = 1.320$ m.

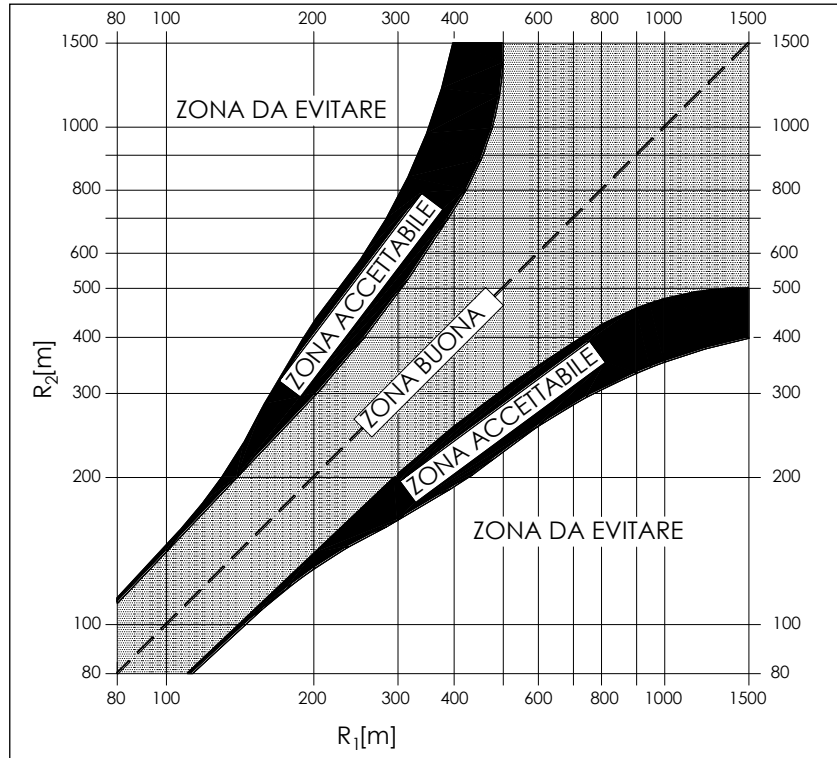
(b) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata nella tabella seguente; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettilo considerato. Tale parametro non è cogente in caso di flesso.

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

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

I rapporti tra i raggi R_1 e R_2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato di strade di tipo A, B, C, D e F extraurbane, sono regolati dall'abaco di Koppel riportato in figura. In particolare, per le strade di tipo A e B detto rapporto deve collocarsi nella "zona buona"; per le strade degli altri tipi è utilizzabile pure la "zona accettabile". Per le strade F_{urb} tale disposizione non è pertanto cogente.



(d) Relazione raggio della curva (R) e lunghezza del rettilineo (L) che la precede/segue.

Tra un rettilineo di lunghezza L ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilineo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, deve essere rispettata la relazione:

$$\begin{aligned}
 L < 300m & \quad \text{per } R > L \\
 L \geq 300m & \quad \text{per } R \geq 400m
 \end{aligned}$$

(e) Lunghezza minima delle curve circolari.

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2,5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo pari a:

$$L_{c,min} = 2,5 v_p \quad [m]$$

con v_p in m/s desunta puntualmente dal diagramma delle velocità.

(f) Raggio minimo delle curve planimetriche.

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05.11.2001 secondo l'applicazione della seguente relazione:

$$R_{min} = \frac{V_{p,min}^2}{127 (q_{max} + f_{t,max})} \quad [m]$$

dove:

- $V_{p,min}$ è il limite inferiore dell'intervallo di velocità di progetto in km/h
- q_{max} è la pendenza trasversale massima per il tipo di strada
- $f_{t,max}$ quota parte del coefficiente di aderenza impiegato trasversalmente

Cat.	Descrizione	Ambito		$V_{p,min}$	q_{max}	$f_{t,max}$	R_{min}
				[km/h]	[-]	[-]	[m]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	90	0,070	0,118	339
			strada di servizio	40	0,070	0,210	45
		urbano	strada principale	80	0,070	0,130	252
			strada di servizio	40	0,035	0,210	51
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	70	0,070	0,147	178
			strada di servizio	40	0,070	0,210	45
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	60	0,070	0,170	118
			a traffico limitato	60	0,070	0,170	118
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	50	0,050	0,205	77
			strada di servizio	25	0,035	0,220	19
E	Urbana di quartiere	urbano		40	0,035	0,210	51
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	40	0,070	0,210	45
			a traffico limitato	40	0,070	0,210	45
		urbano		25	0,035	0,220	19

Per le strade F_{urb} , il raggio minimo delle curve circolari è pari a 19 m.

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

- Criterio 1 (Limitazione del contraccollo)

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

$$A_{c,min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{gvR(q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccollo = $50.4/V[km/h]$;
- v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;

- g = accelerazione di gravità.

Il DM 05.11.2001 propone, in alternativa, di effettuare il calcolo con una formula approssimata che non tiene conto della componente dell'accelerazione centripeta compensata dalla variazione di pendenza trasversale. L'espressione per il calcolo di $A_{c,min}$ diventa, in questo caso:

$$A_{c,min} = 0.021 V^2$$

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

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

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

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- Δi_{max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata; si vedano le caratteristiche della sezione trasversale per la sua determinazione;
- q_i = pendenza trasversale iniziale
- q_f = pendenza trasversale finale

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

- *Criterio 3 (Ottico)*

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio la norma prevede che sia soddisfatta la relazione:

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

dove R_1 è il raggio minore ed R_2 il raggio maggiore dei due cerchi raccordati con la clotoide di continuità.

- *Rapporti tra clotoidi*

Oltre ai criteri precedentemente descritti la norma prevede che il rapporto A_E/A_U delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e il rapporto A_1/A_2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto indicato dal D.M. 5/11/2001, soddisfino le relazioni:

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

4.1.4. CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

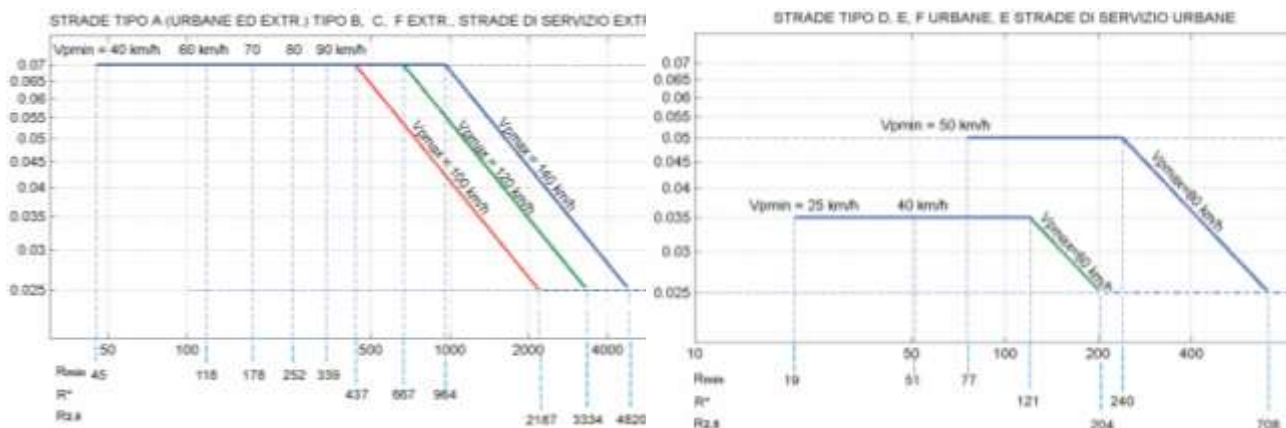
(a) Pendenze trasversali in rettilo.

La pendenza trasversale dei rettili è fissata nel 2,50% verso l'esterno dall'asse stradale (schema a doppia falda).

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

(b) Pendenze trasversali in curva circolare.

La pendenza trasversale delle curve circolari è inclinata verso l'interno e dipende, a seconda del tipo di strada, dal raggio e dalla velocità di progetto.



- Se il raggio della curva è compreso tra i valori di R_{min} e R^* allora la pendenza sarà pari a quella massima prevista (q_{max}) e la velocità di progetto della curva sarà data dalla risoluzione della seguente relazione in maniera iterativa.

$$\frac{V_p^2}{127 R} = q_{max} + f_{t,max}(V_p)$$

dove:

- V_p è la velocità di progetto della curva in km/h
- q_{max} è la pendenza trasversale massima per il tipo di strada (riportata nella tabella di R^*)
- $f_{t,max}$ quota parte del coefficiente di aderenza impiegato trasversalmente che dipende dalla velocità di progetto secondo la seguente tabella

V_p [km]	25	40	60	80	100	120	140
A, B, C, Fe	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
D, E, Fu	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Per velocità intermedie fra quelle indicate si provvede all'interpolazione lineare.

Il raggio R^* si ricava dalla seguente relazione, ed è riportato nella tabella seguente:

$$R^* = \frac{V_{p,max}^2}{127 (q_{max} + f_{t,max})} [m]$$

dove:

- $V_{p,max}$ è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto in km/h
- q_{max} è la pendenza trasversale massima per il tipo di strada
- $f_{t,max}$ quota parte del coefficiente di aderenza impiegato trasversalmente

Cat.	Descrizione	Ambito		$V_{p,max}$ [km/h]	q_{max} [-]	$f_{t,max}$ [-]	R^* [m]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	140	0,070	0,09	964
			strada di servizio	100	0,070	0,11	437
		urbano	strada principale	140	0,070	0,09	964
			strada di servizio	60	0,035	0,20	121
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	120	0,070	0,10	667
			strada di servizio	100	0,070	0,11	437
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	100	0,070	0,11	437
			a traffico limitato	100	0,070	0,11	437
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	80	0,050	0,16	240
			strada di servizio	60	0,035	0,20	121
E	Urbana di quartiere	urbano		60	0,035	0,20	121
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	100	0,070	0,11	437
			a traffico limitato	100	0,070	0,11	437
		urbano		60	0,035	0,20	121

- Se il raggio della curva è compreso tra i valori di R^* e $R_{2,5}$ allora la velocità di progetto della curva sarà pari a $V_{p,max}$ e la pendenza trasversale sarà data dalla seguente equazione:

$$\log(q) = \log(q_{max}) - \frac{\log(q_{max}) - \log(0.025)}{\log(R_{2,5}) - \log(R^*)} (\log(R) - \log(R^*))$$

dove:

- q è la pendenza trasversale della curva
- q_{\max} è la pendenza trasversale massima per il tipo di strada (riportata nella tabella di $R_{2,5}$)
- R^* è il raggio calcolato precedentemente per cui si ha contemporaneamente q_{\max} e $V_{p,\max}$
- R è il raggio della curva
- $R_{2,5}$ è il raggio ottenuto dalla precedente relazione per $q = 0.025$ ed è riportato in tabella

Cat.	Descrizione	Ambito		$V_{p,\max}$ [km/h]	q_{\max} [-]	R^* [m]	$R_{2,5}$ [m]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	140	964	0,070	4820
			strada di servizio	100	437	0,070	2187
		urbano	strada principale	140	964	0,070	4820
			strada di servizio	60	121	0,035	204
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	120	667	0,070	3334
			strada di servizio	100	437	0,070	437
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	100	437	0,070	2187
			a traffico limitato	100	437	0,070	2187
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	80	240	0,050	708
			strada di servizio	60	121	0,035	204
E	Urbana di quartiere	urbano		60	121	0,035	204
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	100	437	0,070	2187
			a traffico limitato	100	437	0,070	2187
		urbano		60	121	0,035	204

- Se il raggio della curva è compreso tra i valori di $R_{2,5}$ e R' allora la velocità di progetto della curva sarà pari a $V_{p,\max}$ e la pendenza trasversale sarà del 2,50% verso l'interno (q_{\min}).

Cat.	Descrizione	Ambito		$V_{p,\max}$ [km/h]	$R_{2,5}$ [m]	q_{\min} [-]	R' [m]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	140	964	0.025	10250
			strada di servizio	100	437	0.025	5250
		urbano	strada principale	140	964	0.025	10250
			strada di servizio	60	121	0.025	1150
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	120	667	0.025	7500
			strada di servizio	100	437	0.025	5250
C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	100	437	0.025	5250
			a traffico limitato	100	437	0.025	5250

D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	80	240	0.025	2000
			strada di servizio	60	121	0.025	1150
E	Urbana di quartiere	urbano		60	121	0.025	1150
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	100	437	0.025	5250
			a traffico limitato	100	437	0.025	5250
		urbano		60	121	0.025	1150

- Se il raggio della curva è compreso pari o superiore al valore di R' allora la velocità di progetto della curva sarà pari a $V_{p,max}$ e la pendenza trasversale sarà del mantenuta come in configurazione di rettilineo e non è richiesta l'interposizione delle clotoidi.

Pertanto, nel caso di strada F_{urb} la pendenza trasversale a favore di curva è del 3,50% per raggi da 19 m a 121 m e decresce fino a 2,50% a favore di curva per il raggio di 204 m; essa si mantiene del 2,50% a favore di curva fino a un raggio di 1.150 m, oltre il quale può essere mantenuta la configurazione in rettilineo e non è richiesta l'interposizione delle clotoidi.

(c) Pendenza geodetica.

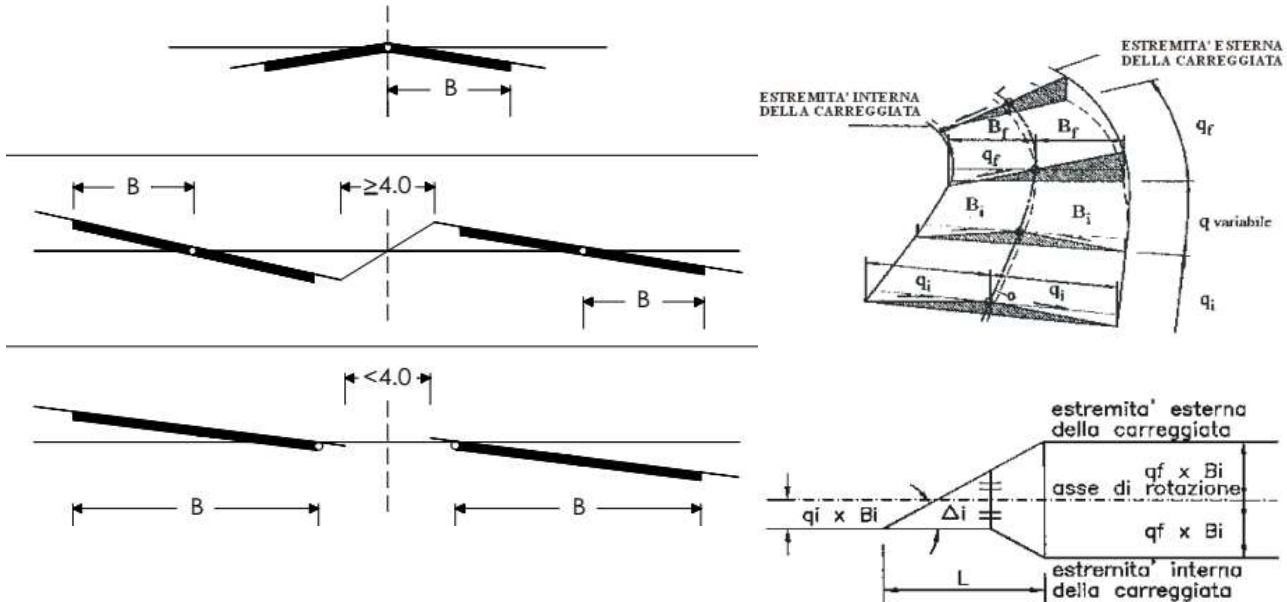
La pendenza geodetica è data dalla combinazione della pendenza trasversale e della pendenza longitudinale:

$$J = \sqrt{i_t^2 + i_c^2}$$

Essa non deve superare il 10% per le strade A e B, mentre deve essere inferiore al 12% per tutte le altre strade. Per le strade F_{urb} pertanto non deve superare il 12%.

(d) Pendenza trasversale nelle clotoidi (sovrappendenza).

La rotazione dei cigli avviene nelle clotoidi attorno agli assi di rotazione come specificato nella seguente figura. La rotazione avviene in due fasi: prima ruota soltanto la falda esterna intorno all'asse della carreggiata fino a realizzare una superficie piana, successivamente ruota l'intera carreggiata.



La rotazione deve produrre una sovrappendenza longitudinale Δi inferiore al valore massimo:

$$\Delta i_{max} = 18 \frac{B_i}{V} [\%]$$

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- Δi_{max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;
- V = velocità di progetto [km/h]

Nei soli tratti in cui la pendenza trasversale è inferiore al 2,50%, è necessario che la sovrappendenza longitudinale sia maggiore del valore minimo:

$$\Delta i_{min} = 0,1 B_i$$

La figura riassume i casi possibili di rotazione dei cigli.

TRANSIZIONE	$\Delta i \geq \Delta i_{\min}$	
	$\Delta i < \Delta i_{\min}$	
FLESSO	$\Delta i \geq \Delta i_{\min}$	
	$\Delta i < \Delta i_{\min}$	
CONTINUITA'		

(e) Allargamento in curva della carreggiata.

Allo scopo di consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia sia allargata di una quantità E , data dalla relazione:

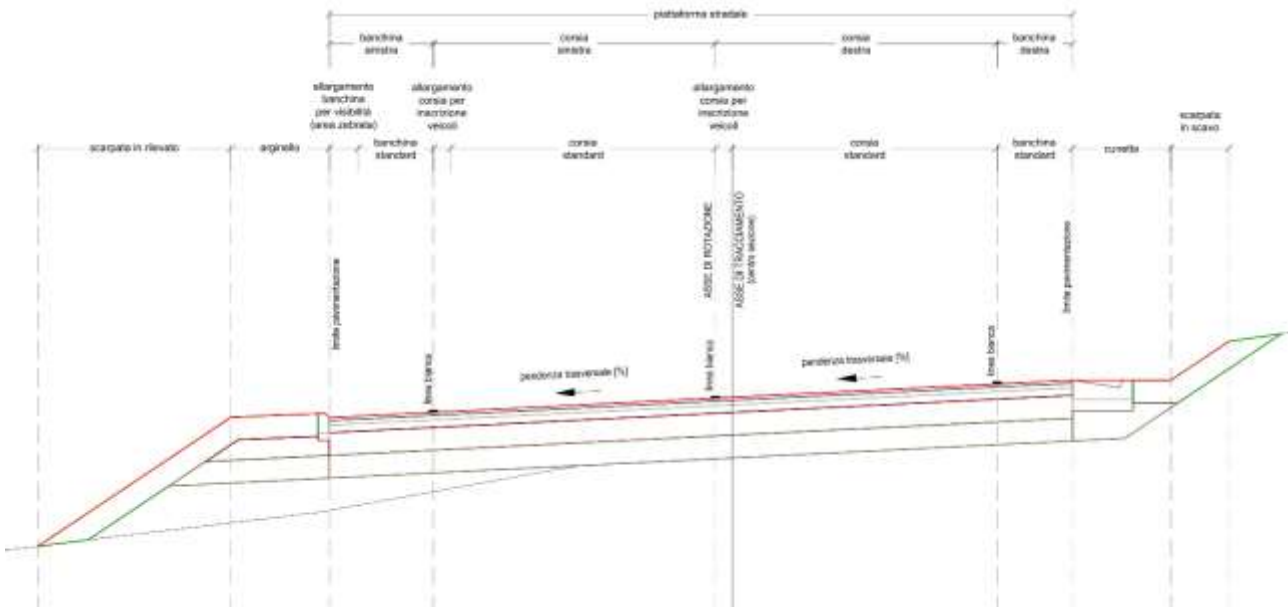
$$E = \frac{K}{R}$$

dove:

- $K = 45$;
- $R =$ raggio esterno della corsia [m].

Se $E < 20$ cm, la corsia conserva la sua larghezza. Il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

L'allargamento deve essere riportato tutto sul lato interno della curva.



Nel caso in esame, lungo l'asse A è stato previsto l'allargamento delle corsie in corrispondenza della curva di raggio 65 m, per la quale ciascuna corsia è stata allargata di 0,69 m ed in corrispondenza della curva di raggio 55 m, per la quale ciascuna corsia è stata allargata di 0,82 m.

4.1.5. CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE DELL'ASSE

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livелlette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi (di tipo parabola quadratica).

(a) Pendenze longitudinali massime.

La pendenza massima delle livелlette per le varie tipologie di strade è riportata in tabella. Per strade F_{urb} la pendenza massima è del 10%.

Cat.	Descrizione	Ambito		i_{max} [%]
A	Autostrada	extraurbano	strada principale	5
			strada di servizio	5
		urbano	strada principale	6
			strada di servizio	6
B	Extraurbana principale	extraurbano	strada principale	6
		extraurbano	strada di servizio	6

C	Extraurbana secondaria	extraurbano	a traffico sostenuto	7
			a traffico limitato	7
D	Urbana di scorrimento	urbano	strada principale	6
			strada di servizio	6
E	Urbana di quartiere	urbano		8
F	Locale	extraurbano	a traffico sostenuto	10
			a traffico limitato	10
		urbano		10

(b) Raccordi verticali convessi

In base a quanto indicato dalla norma i raccordi convessi devono essere realizzati al fine di garantire le distanze di visibilità necessarie (arresto, sorpasso, cambio corsia), nel seguito definite D. Quindi, dato L lo sviluppo del raccordo verticale, il raggio minimo del raccordo verticale ($R_{v,min}$) è dato da:

$$\begin{aligned}
 & \text{se } D \leq L & R_{v,min} &= \frac{D^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})} \\
 & \text{se } D > L & R_{v,min} &= \frac{200}{\Delta i} \left(D - 100 \frac{h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2}}{\Delta i} \right)
 \end{aligned}$$

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare [m]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette [%]
- h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma $h_1 = 1,10$ m. In caso di visibilità per l'arresto o per il cambio corsia si pone $h_2 = 0,10$ m; mentre, in caso di visibilità per il sorpasso si pone $h_2 = 1,10$ m.

Ulteriormente, R_v non deve scendere sotto i 20 m per motivi geometrici, e l'accelerazione verticale deve rimanere inferiore a 0.6 m/s^2 secondo la seguente relazione:

$$a_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{lim} = 0.6 \text{ m/s}^2$$

dove:

- v_p è la velocità di progetto in m/s desunta puntualmente dal diagramma delle velocità;
- R_v è il raggio del raccordo verticale in m.

(c) Raccordi verticali concavi

In base a quanto indicato dalla norma i raccordi concavi devono essere realizzati al fine di garantire la sola distanza di visibilità per l'arresto in mancanza di luce naturale, nel seguito definita D. Quindi, dato L lo sviluppo del raccordo verticale, il raggio minimo del raccordo verticale ($R_{v,min}$) è dato da:

$$\begin{aligned}
 & \text{se } D \leq L & R_{v,min} &= \frac{D^2}{2(h + D \sin \theta)} \\
 & \text{se } D > L & R_{v,min} &= \frac{200}{\Delta i} \left(D - 100 \frac{h + D \sin \theta}{\Delta i} \right)
 \end{aligned}$$

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare [m]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette [%]
- h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale [m]
- ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo [°]

Si pone di norma $h = 0,50$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

Ulteriormente, R_v non deve scendere sotto i 40 m per motivi geometrici, e l'accelerazione verticale deve rimanere inferiore a 0.6 m/s^2 secondo la seguente relazione:

$$a_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{lim} = 0.6 \text{ m/s}^2$$

dove:

- v_p è la velocità di progetto in m/s desunta puntualmente dal diagramma delle velocità;
- R_v è il raggio del raccordo verticale in m.

4.1.6. ANALISI DI VELOCITÀ

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale e si costruisce sulla base del solo tracciato planimetrico, ipotizzando che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

Il modello semplificato di variazione della velocità lungo il tracciato si basa sull'ipotesi che la velocità si mantiene costante lungo gli elementi a curvatura costante secondo il valore desunto dagli abachi in funzione del raggio e tenda, con accelerazione di $0,8 \text{ m/s}^2$, al valore di $V_{p,max}$ in approccio e in uscita da tali elementi.

Convenzionalmente si pone la velocità di progetto delle rotatorie e delle intersezioni regolate dal segnale di DARE PRECEDENZA a 30 km/h, e quella delle intersezioni regolate con segnale di STOP a 0 km/h.

(a) Distanza di transizione e riconoscimento

Secondo il modello sopraccitato, il passaggio tra due velocità di progetto (V_{p1} e V_{p2}) avviene in uno spazio:

$$D_T = \frac{\Delta V \cdot V_m}{12,96a} \quad [m]$$

dove:

- $\Delta V = V_{p,1} - V_{p,2} \quad [km/h]$
- $V_m = \frac{V_{p,1} + V_{p,2}}{2} \quad [km/h]$
- $a = 0,8 \quad [m/s^2]$

Per distanza di riconoscimento D_r s'intende la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti. Essa è funzione della velocità e può essere calcolata in metri con la relazione:

$$D_r = t \cdot v_p$$

dove:

- $t = 12$ s
- v_p è la velocità di progetto riferita all'elemento di raggio maggiore ed è espressa in m/s.

In caso di decelerazioni, la distanza di transizione non deve avere una lunghezza superiore della distanza di riconoscimento. Inoltre, tale distanza deve essere inferiore alla distanza di visuale libera all'inizio della decelerazione.

(b) Diagramma di velocità

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 80$ km/h, come nel caso in esame, nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 5 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 10 km/h.

4.2. INTERSEZIONI

Nel presente progetto è presente esclusivamente un'intersezione a rotatoria esistente che quindi non richiede verifiche, se non per i rami in progetto.

4.2.1. CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE ROTATORIE

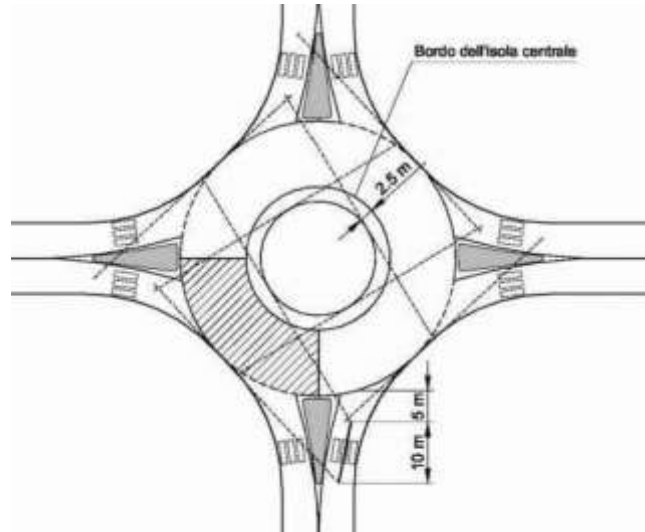
(a) Corsie delle rotatorie e dei rami.

La tabella 6 del DM 19-04-2006 riporta le dimensioni minime degli elementi caratterizzanti una rotatoria.

Elemento modulare	D [m]	Numero corsie [-]	Larghezza corsia [m]
Corona rotatoria con ingressi a una corsia	$D \geq 40$	1	6,00
	$25 \leq D < 40$	1	7,00
	$14 \leq D < 25$	1	7,00 - 8,00
Corona rotatoria con ingressi a più corsie	$D \geq 40$	1	9,00
	$D < 40$	1	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso		1	3,50
		2	3,00
Bracci di uscita	$D < 25$	1	4,00
	$D \geq 25$	1	4,50

(b) Distanza di visibilità nelle intersezioni a rotatoria.

Negli incroci a rotatoria è sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra rispetto ai conducenti che si approssimano all'intersezione per un quarto della sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata nella figura seguente e posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.



5. L'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

L'intervento, da un punto di vista funzionale, consiste in un nuovo asse stradale (Asse A) che si collega senza soluzione di continuità all'Asse B del lotto N4 e si innesta nella rotatoria all'intersezione tra viale Alfa Romeo e la viabilità di accesso al museo e all'area commerciale Alfa Romeo.

La nuova strada presenta una categoria F urbana (secondo DM 05/11/2001) con intervallo di velocità di progetto 25-60 km/h. La sezione stradale è costituita da un'unica carreggiata con due corsie di larghezza 3,50 m (una per ciascun senso di marcia) e due banchine da 0,50 m. Sul lato interno rispetto alla nuova area commerciale in progetto è presente un marciapiede di larghezza 1,50 m, rialzato di 15 cm dal piano stradale, e separato dal limite dell'area stessa da una fascia verde di larghezza variabile. Sul lato esterno è presente un fosso di guardia posto ad una quota inferiore al piano viabile; le scarpate del fosso presentano pendenza 3/2 e il fondo fosso ha larghezza 0,50 m.

L'innesto con la rotatoria è realizzato con opportuna deviazione delle corsie e materializzazione di un'isola spartitraffico triangolare. Al margine di tale isola è prevista la realizzazione di un attraversamento ciclopedonale rialzato di larghezza 4,50 m, che collega il marciapiede di dimensione 3,00 m che circonda la corona giratoria. Congiuntamente a questo intervento è previsto anche il rifacimento del ramo nord della rotatoria (Asse B) con l'aggiunta di una corsia in ingresso e il suo ritracciamento in modo che sia compatibile con la nuova configurazione. Questo asse ha categoria F urbana (secondo DM 05/11/2001) con intervallo di velocità di progetto 25-60 km/h. La sezione stradale è costituita da un'unica carreggiata con tre corsie di larghezza 3,50 m (una in uscita e due in ingresso alla rotatoria) e due banchine da 0,50 m. Sul lato interno rispetto alla nuova area commerciale in progetto è presente un marciapiede di larghezza 1,50 m, rialzato di 15 cm dal piano stradale e separato dal limite dell'area stessa da una fascia verde di larghezza variabile. Sul lato esterno è presente un marciapiede esistente di larghezza 2,50 m che viene riconfigurato nel tratto finale. L'innesto con la rotatoria è realizzato con opportuna deviazione delle corsie e materializzazione di un'isola spartitraffico triangolare. Prima di tale isola è realizzato un attraversamento ciclopedonale rialzato di larghezza 4,50 m, che collega il marciapiede di dimensione 3,00 m che circonda la corona giratoria.



Figura 5: Dettaglio planimetria di progetto assi A e B

È previsto anche il prolungamento del marciapiede esistente sul lato est di viale Alfa Romeo per una lunghezza di 243 m fino ad innestarsi sul marciapiede presente sul lato sud di viale Luraghi. Il marciapiede sarà rialzato di 15 cm rispetto al piano viabile e avrà una larghezza pari a 2,00 m. Sul lato esterno per tutta la sua lunghezza sarà installato un parapetto in legno in analogia a quello esistente sul tratto sud. L'intervento sarà infine completato dall'installazione di un parapetto metallico per una lunghezza di 90 m lungo il tratto di marciapiede esistente sul lato sud di via Luraghi allo scopo di dissuadere i pedoni dall'attraversamento del viale. L'intervento richiede altresì la rimodulazione degli innesti con la rotatoria.

5.1. INQUADRAMENTO FUNZIONALE

La viabilità in oggetto è costituita dai seguenti assi, ai quali è stata assegnata la categoria stradale riportata a lato (conformemente all'art.2 del D.L. 285/92 e al DM 05.11.2001).

Asse A – categoria F urbana

- Corsie da 3,50 m
- Banchine da 0,50 m
- Marciapiede da 1,50 m

Asse B – categoria F urbana

- Corsie da 3,50 m
- Banchine da 0,50 m
- Marciapiede da 2,50 m

Sono altresì presenti gli assi riportati di seguito, al fine della corretta geometrizzazione del marciapiede prolungamento del marciapiede esistente sul lato est di viale Alfa Romeo:

Asse M, costituito da un marciapiede di larghezza 2,00 m.

L'intervento richiede altresì la rimodulazione degli innesti con la rotatoria. In particolare, si presentano i seguenti parametri:

Asse A

- uscita:
 - banchina interna da 0,50 m;
 - una corsia da 4,50 m;
 - banchina esterna da 0,50 m;
 - raggio di uscita da 15,00 m;
 - raggio di raccordo da 92,00 m;
- entrata:
 - banchina interna da 0,50 m;
 - una corsia da 3,50 m;
 - banchina esterna da 0,50 m;
 - raggio di entrata da 15,00 m;
 - raggio di raccordo da 44,50 m;
- isola divisionale:
 - raccordi da 0,50 m.
- Asse B
 - uscita:
 - banchina interna da 0,50 m;
 - corsia singola da 4,50 m;
 - banchina esterna da 0,50 m;
 - raggio di uscita da 15,00 m;
 - raggio di raccordo da 92,00 m;
 - entrata:
 - banchina interna da 0,50 m;
 - due corsie da 3,50 m ciascuna;

- banchina esterna da 0,50 m;
- raggio di entrata da 10,00 m;
- raggio di raccordo da 35,00 m;
- isola divisionale:
 - raccordi da 0,50 m.

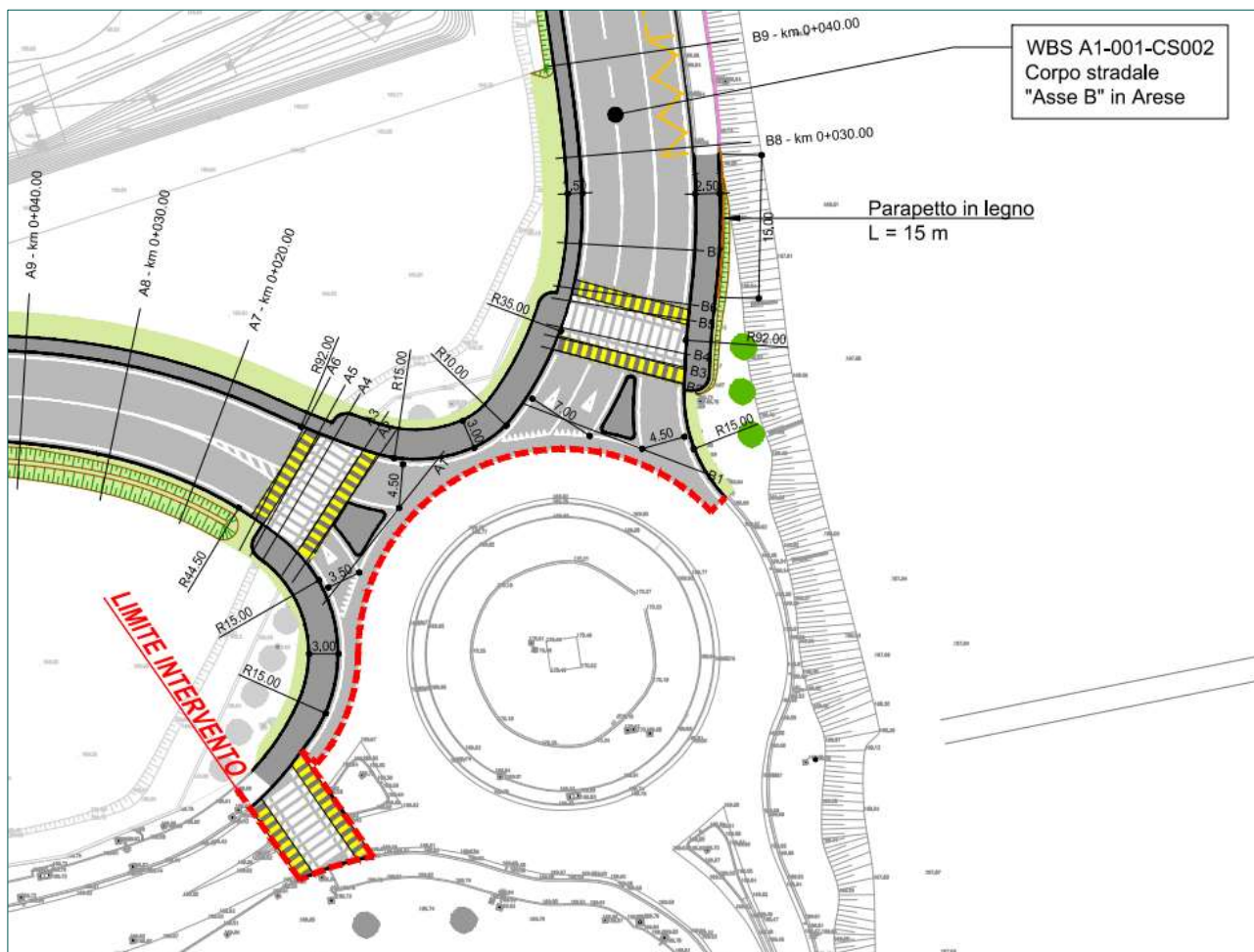


Figura 6: Dettaglio planimetria di progetto intersezione

5.2. VELOCITÀ DI PROGETTO E DIAGRAMMI DI VELOCITÀ

Conformemente al DM 05.11.2001 e alla categoria di strada sono stati assegnati i seguenti intervalli per la velocità di progetto. Eventuali deroghe, eccezioni e convenzioni sono descritte di seguito.

Asse	Categoria	$V_{p,min}$ [km/h]	$V_{p,max}$ [km/h]
A	F urbana	25	60
B	F urbana	25	60

Convenzionalmente è stata posta la velocità di progetto delle rotatorie a 30 km/h, e quella delle intersezioni regolate con segnale di STOP a 0 km/h.

Per quanto riguarda l'asse A, la velocità di progetto della prima curva è superiore a quella ottenuta fissando l'inizio a 30 km/h per la rotatoria quindi non viene considerata. La velocità di progetto della seconda curva è 41,3 km/h. In tale situazione la velocità massima raggiunta nel primo tratto è 58,7 km/h. Infine, nel tratto dalla progressiva 0+332,17 alla progressiva 0+491,31 (fine intervento), la velocità di progetto massima è stata limitata a 50 km/h in analogia con le limitazioni imposte lungo il contiguo Asse B dell'intervento N4. Trattandosi di strada F urbana, si ritiene che tale riduzione non pregiudichi la funzionalità dell'asse.

Per l'asse B, la velocità di progetto della prima curva è superiore a quella ottenuta fissando l'inizio a 30 km/h per la rotatoria quindi non viene considerata. La velocità massima raggiunta è di 53,8 km/h

Di seguito si riportano i diagrammi di velocità ricavati come indicato dalle norme.

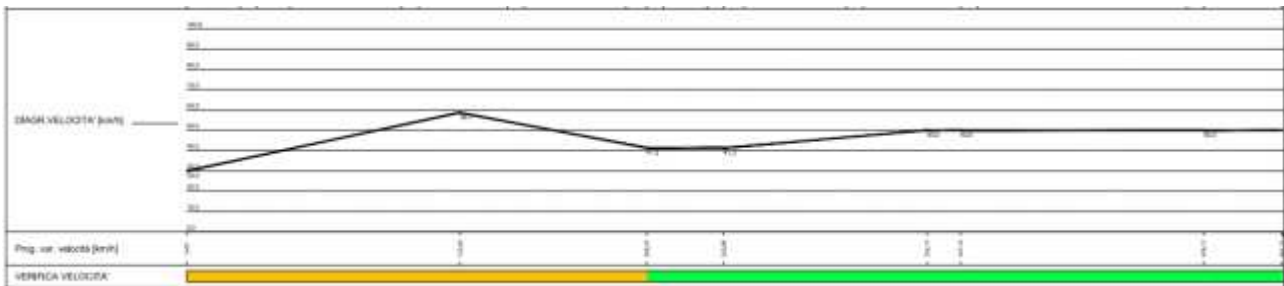


Figura 7: Diagramma di velocità Asse A

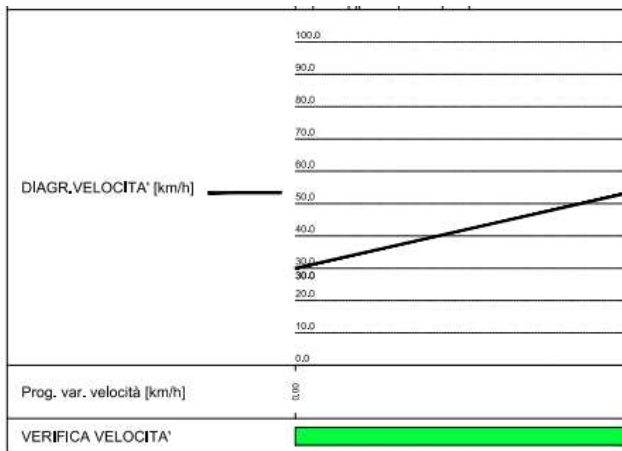


Figura 8: Diagramma di velocità Asse B

5.3. ANALISI DI VISIBILITÀ E ALLARGAMENTI DELLE BANCHINE

A norma del DM 05.11.2001 sugli assi sono state condotte le verifiche di visibilità.

5.3.1. ANALISI DI VISIBILITÀ PER L'ARRESTO

I diagrammi di velocità e visibilità riportano la distanza di visuale libera esistente (Dva_{edx} , Dva_{esx}) e la distanza di visuale libera per l'arresto necessaria in funzione della velocità di progetto (Da_{sx} , Da_{dx}). Laddove $Dva_{edx} > Da_{dx}$ e $Dva_{esx} > Da_{sx}$ la verifica è soddisfatta, mentre in caso contrario sono riportate in rosso le velocità ammissibili nel tratto considerato (Vca_{esx} , Vca_{edx}). Non sono stati individuati opportuni allargamenti della banchina (con area zebra) in quanto non necessari. Si prescrive tuttavia che per garantire

il soddisfacimento delle verifiche, non devono essere installati ostacoli lungo i marciapiedi e lungo le aree evidenziate in colore magenta indicate all'interno degli elaborati 22_158_PE_N08_STD_S_VN_001_00 e 22_158_PE_N08_STD_S_VN_002_00 e riportate nelle immagini sottostanti.

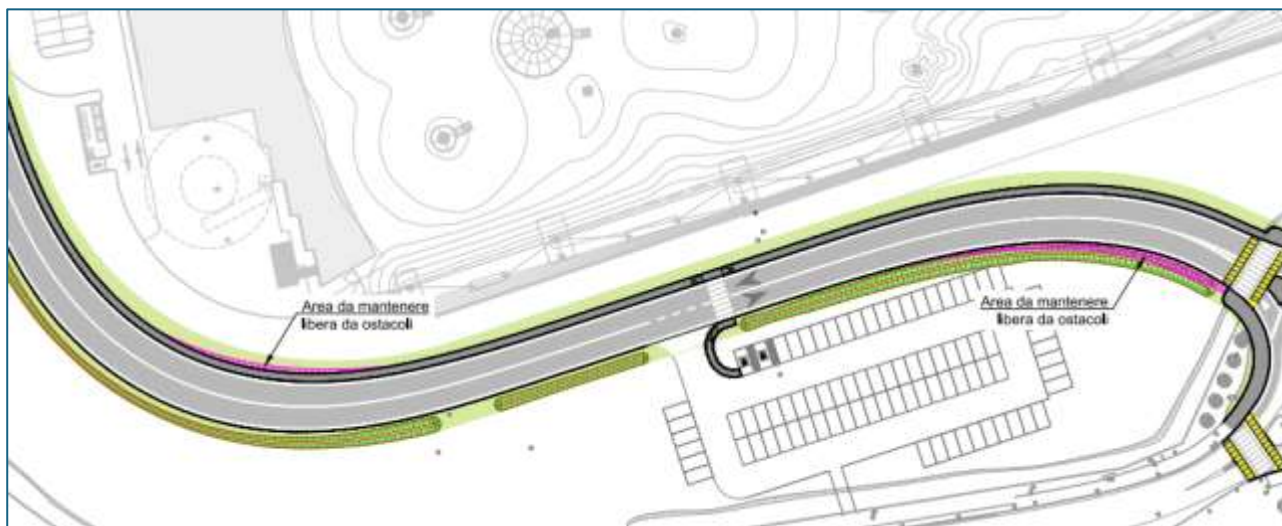


Figura 9: Aree da mantenere libere da ostacoli – Asse A

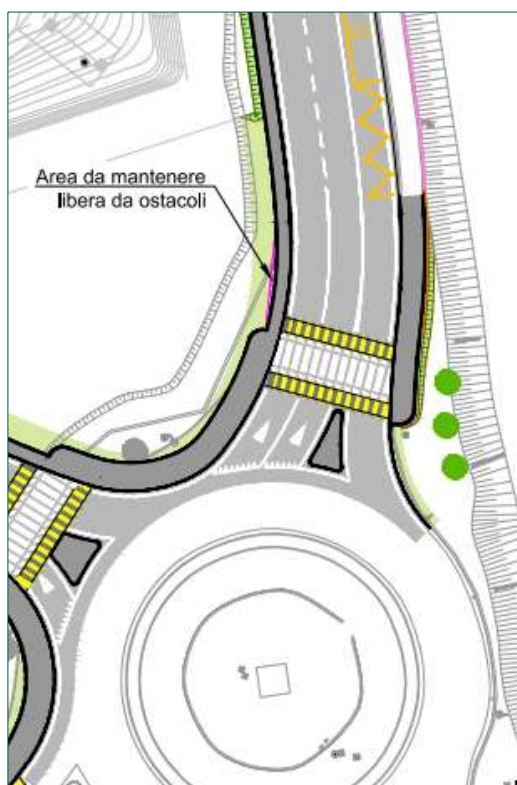


Figura 10: Aree da mantenere libere da ostacoli – Asse B

5.3.1. ANALISI DI VISIBILITÀ PER IL SORPASSO

Trattandosi di strade di categoria F urbana, la verifica di visibilità per il sorpasso non si è resa necessaria in quanto tale manovra è inibita lungo tutto il tracciato sia dell'Asse A che dell'Asse B.

5.3.2. ANALISI DI VISIBILITÀ PER IL CAMBIO CORSIA

L'analisi di visibilità per il cambio di corsia è stata effettuata per l'Asse B in quanto l'ingresso in rotatoria da nord è a doppia corsia. I diagrammi di velocità e visibilità riportano la distanza di visuale libera esistente (Dvc_sx) e la distanza di visuale libera per il cambio corsia necessaria in funzione della velocità di progetto (Dc_sx). La verifica è risultata soddisfatta in quanto $Dvc_{sx} > Dc_{sx}$ lungo tutto il tracciato dell'asse B. Per l'asse A tale verifica invece non si è resa necessaria in quanto la carreggiata stradale è a singola corsia per ciascun senso di marcia lungo tutto il tracciato.



Figura 11: Analisi di visibilità per il cambio di corsia – Asse B

5.4. SEZIONE TIPO

Conformemente al DM 05.11.2001 e alla categoria di strada sono state individuate le seguenti dimensioni della sezione stradale.

Asse	Categoria	Senso unico (SU) doppio senso (DS)	N. carreggiate [-]	N. corsie totali [-]*	Larghezza corsie** [m]	Larghezza banchina in destra [m]	Larghezza banchina in sinistra [m]
A	Fu	DS	1	2	3,50 m	0,50 m	0,50 m
B	Fu	DS	1	3	3,50 m	0,50 m	0,50 m

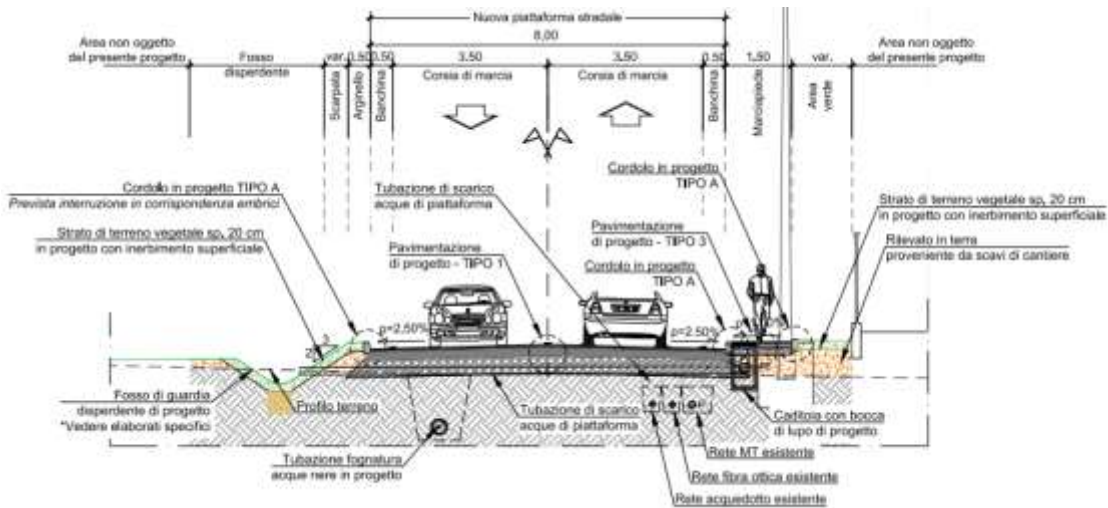


Figura 12: Sezione tipo asse A

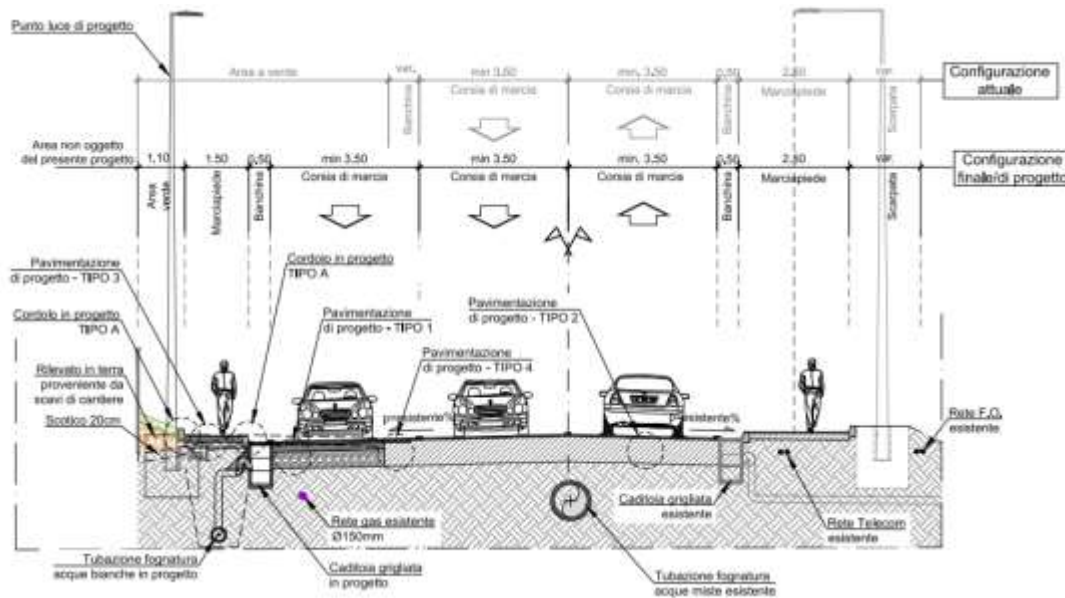


Figura 13: Sezione tipo asse B

5.4.1. ELEMENTI MARGINALI

Gli elementi marginali sono realizzati secondo le indicazioni del DM 05.11.2001 e con la regimentazione delle acque meteoriche interessanti la piattaforma.

L’Asse A in progetto si sviluppa in rilevato per la parte sinistra e a piano campagna per la parte destra. L’Asse B si sviluppa sulla sede esistente.

Laddove previsto planimetricamente è stato predisposto un marciapiede di larghezza minima 1,50 m realizzato secondo la stratigrafia del pacchetto 3 e rialzato di 15 cm dal piano stradale attraverso un cordolo in calcestruzzo. A lato di questo è stato previsto un secondo cordolo, ulteriormente alzato di 5 o 15 cm, da cui è prevista un’area verde di larghezza variabile fino al confine stradale realizzata con 25 cm di terreno vegetale. Laddove non è previsto un marciapiede il margine stradale è stato comunque dotato di cordolo in calcestruzzo rialzato di 15 cm, utile a proteggere i veicoli in svio, evitare la sosta e garantire comunque protezione ai pedoni

in caso di emergenza. In questo caso è previsto un arginello di 0,50 m misurato dal ciglio stradale e inclinato del 4%. Tale arginello è raccordato al fosso di guardia mediante una scarpata con pendenza 3/2.

Preliminarmente è previsto la scotico per 20 cm di spessore del terreno vegetale presente a lato dell'Asse B. Tale terreno potrà essere utilizzato, se idoneo, per la realizzazione dello stato di terreno vegetale (spessore 25 cm) nel nuovo arginello e nella nuova scarpata.

È stato previsto l'utilizzo di un'ulteriore tipologia di cordolo in calcestruzzo (cordolo tipo B) per la realizzazione delle rampe di collegamento alla ciclabile del torrente Lura. Questo cordolo presenta una sezione rettangolare di larghezza 15 cm alla base che si rastrema in testa ad una larghezza di 12 cm. L'altezza del cordolo è di 25 cm.

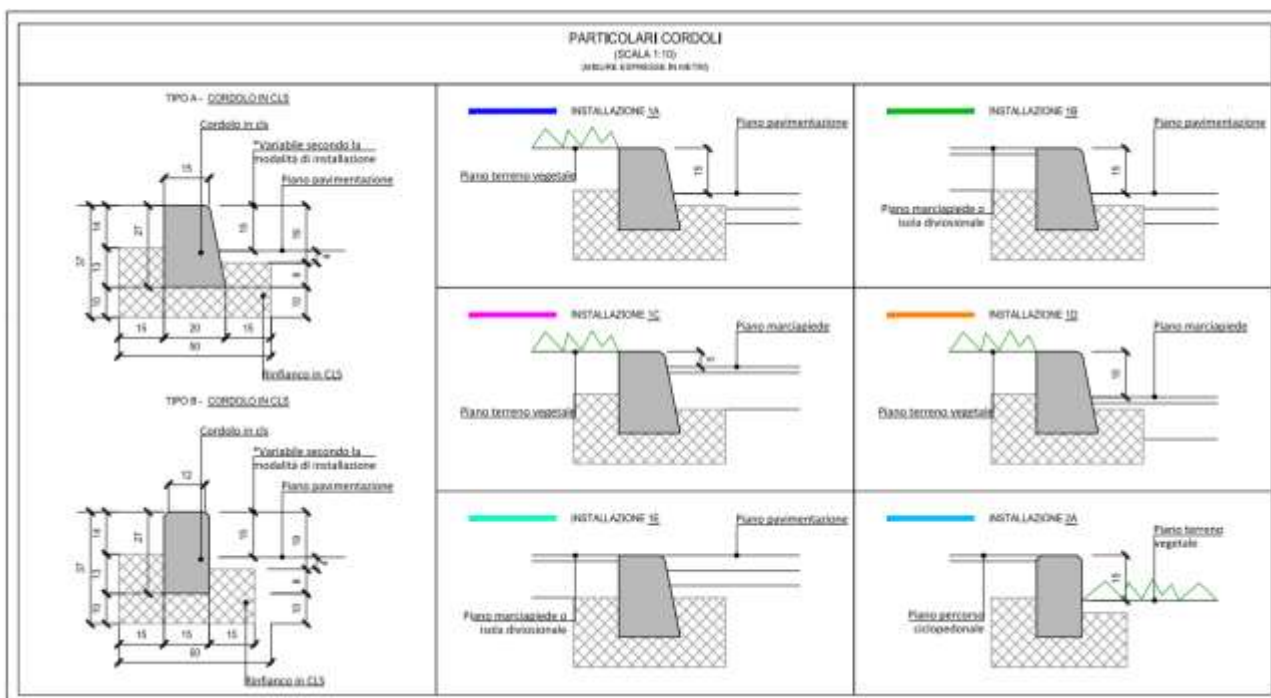


Figura 14: Cordoli non sormontabili in calcestruzzo nelle configurazioni utilizzate

5.4.2. MARCIAPIEDI

Lungo il margine nord-est dell'asse A, è presente un marciapiede di larghezza 1,50 m con pendenza 1,00% diretta verso la carreggiata stradale. Il marciapiede è rialzato di 15 cm rispetto al piano viabile ed è delimitato da un cordolo in calcestruzzo di altezza 15 cm e larghezza 15 cm. Sono inoltre presenti due collegamenti verso i percorsi ciclopedonali previsti lungo il torrente Lura; questi presentano una larghezza di 2,50 m e risultano delimitati da cordoli in calcestruzzo di larghezza 12 cm.

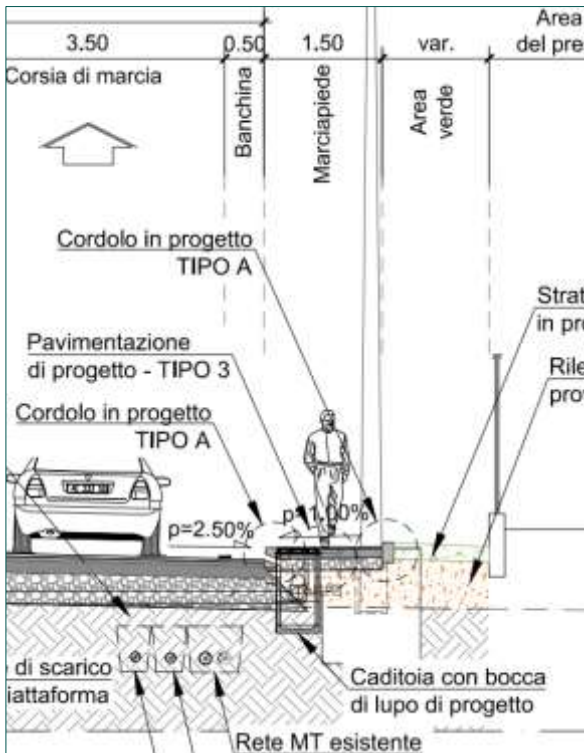


Figura 15: Dettaglio marciapiede asse A

Lungo l'Asse B si prevede il rifacimento del marciapiede esistente che sarà riconfigurato parallelamente al nuovo asse stradale. In analogia a quello esistente, il marciapiede manterrà una larghezza di 2,50 m e una pendenza trasversale dell'1,00% diretta verso la carreggiata stradale. Il marciapiede sarà rialzato di 15 cm rispetto alla piattaforma stradale e sarà delimitato da cordoli in calcestruzzo di altezza 15 cm. Sul lato esterno verrà installato un nuovo parapetto in legno analogo a quello presente sul tratto esistente.

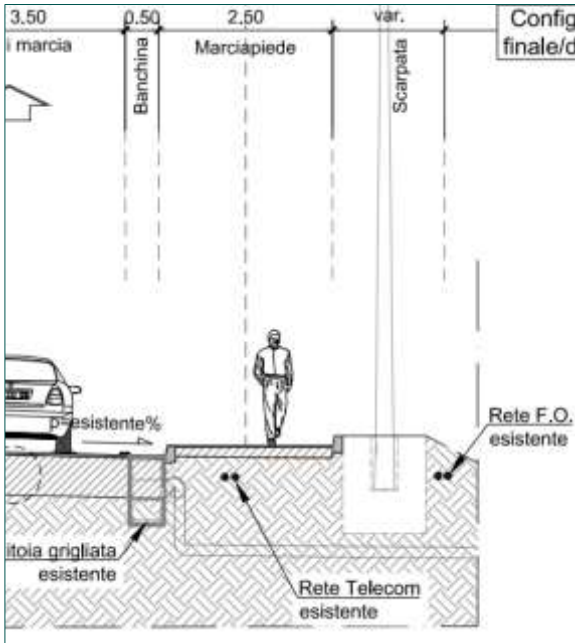


Figura 16: Dettaglio marciapiede asse B

Il nuovo marciapiede previsto lungo l’asse M sarà rialzato di 15 cm rispetto al piano viabile, delimitato da cordoli in calcestruzzo di larghezza 15 cm; presenterà una larghezza pari a 2,00 m e avrà una pendenza trasversale dell’1,00% diretto verso la carreggiata stradale. Sul lato esterno per tutta la sua lunghezza sarà installato un parapetto in legno in analogia a quello esistente sul tratto sud. L’intervento sarà infine completato dall’installazione di un parapetto metallico per una lunghezza di 90 m lungo il tratto di marciapiede esistente sul lato sud di via Luraghi allo scopo di dissuadere i pedoni dall’attraversamento del viale. L’intervento richiede altresì la rimodulazione degli innesti con la rotatoria.

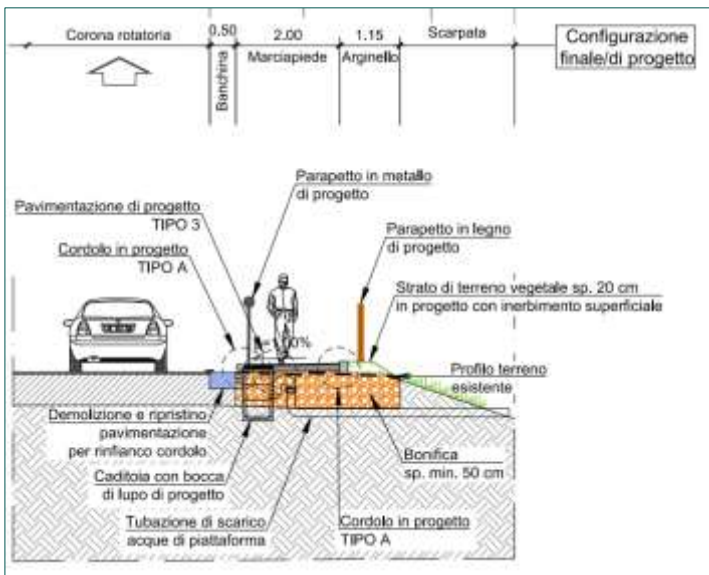


Figura 17: Dettaglio marciapiede asse M

Tutti i marciapiedi di progetto saranno pavimentati in asfalto colato con spessore 2 cm, steso al di sopra di un massetto in calcestruzzo di spessore 10 cm.

Relazione tecnica stradale

5.5. CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE DEGLI ASSI

L'andamento planimetrico degli assi in progetto è composto dalla successione dei seguenti elementi. Per le verifiche relative alla sezione trasversale si rimanda al paragrafo successivo.

5.5.1. ASSE A

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]	Vp Max [km/h]	Verifica
ARCO	0,000	31,419	31,419	0,000	65,000	65,000	Sx	1,750	-1,750	44,750	37,347	NO
CLOTOIDE	31,419	96,419	65,000	65,000	65,000	0,000	Sx	0,000	0,000	52,547	52,547	OK
RETTIFILO	96,419	151,368	54,949	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	58,676	58,676	OK
CLOTOIDE	151,368	206,368	55,000	55,000	0,000	55,000	Dx	0,000	0,000	52,716	52,716	NO
ARCO	206,368	240,855	34,487	0,000	55,000	55,000	Dx	-3,500	3,500	41,310	41,310	OK
CLOTOIDE	240,855	295,855	55,000	55,000	55,000	0,000	Dx	0,000	0,000	46,544	46,544	OK
RETTIFILO	295,855	347,124	51,269	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	50,000	50,000	OK
ARCO	347,124	456,171	109,047	0,000	1150,000	1150,000	Dx	-2,500	-2,500	60,000	50,000	OK
RETTIFILO	456,171	491,308	35,136	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	50,000	50,000	NO

Il mancato rispetto della verifica sulla clotoide evidenziata è dovuto al criterio del contraccollo. Dato il raggio della curva ($R = 55$ m) per il criterio ottico il parametro massimo delle clotoidi adiacenti è pari a 55. Tuttavia, tale valore risulta ancora insufficiente per il rispetto del criterio del contraccollo, e per valori di raggio così bassi non è possibile stabilire un parametro che rispetti entrambi i criteri. In ogni caso la discrepanza con il valore minimo (56,5) è pressoché nulla e non inficia le prestazioni di sicurezza e comfort. Per quanto riguarda il rettilineo finale, la verifica dello sviluppo minimo non è rispettata in quanto collocato al termine dell'intervento. Tuttavia in realtà tale rettilineo poi prosegue senza soluzione di continuità nel rettilineo iniziale dell'Asse B dell'intervento N4 e pertanto tale verifica può dirsi soddisfatta.

In analogia con le limitazioni imposte lungo il contiguo Asse B dell'intervento N4, la velocità di progetto dell'Asse A è stata ridotta a 50 km/h a partire dal penultimo rettilineo. Trattandosi di strada F urbana, si ritiene che tale riduzione non pregiudichi la funzionalità dell'asse.

5.5.1. ASSE B

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Sviluppo [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	Velocità [km/h]	Verifica	pt dx [%]	pt sx [%]
ARCO	0,000	24,552	24,552	0,000	65,000	65,000	Sx	44,750	NO	racc. rot-	racc. rot.
CLOTOIDE	24,552	41,306	16,754	33,000	65,000	0,000	Sx	40,302	OK	0,000	0,000
RETTIFILO	41,306	93,218	51,912	0,000	0,000	0,000		53,250	OK	-2,500	-2,500

Per quanto attiene la prima curva, essa costituisce l'innesto con la rotatoria dove le pendenze trasversali sono nulle. In tal caso sono portate a -2,5% per lato a 5 m dalla rotatoria per favorire le manovre dei veicoli e successivamente sono state riportate al 2,5% a favore di curva alla progressiva 15 m. Per limitare la sovrappendenza longitudinale, nonché per i vincoli dati dalla presenza di infrastrutture esistenti e limitazioni al contorno non è stato possibile portare la piattaforma alla pendenza del 3,5% come da norma. Tuttavia, tale imposizione può essere derogata essendo la curva quasi completamente compresa nei rami di raccordo alla rotatoria e essendo le velocità molto basse per tale motivo. Inoltre, la mancata verifica è dovuta all'assenza di allargamenti che non era possibile realizzare per il poco spazio a disposizione e che sarebbero comunque stati assorbiti dai raccordi dei due rami con la rotatoria.

5.6. CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE DEGLI ASSI

L'andamento altimetrico degli assi in progetto è composto dalla successione dei seguenti elementi.

5.6.1. ASSE A

Livellette

Vertice	Progressiva [m]	Quota [m]	Parziale [m]	Parziale residua [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lunghezza [m]	Lunghezza residua	Verifica
1	6,05	169,41	6,05	0,40	-2,75	-0,17	6,05	0,40	OK
2	40,00	169,75	33,95	17,94	1,01	0,34	33,95	17,94	OK
3	290,00	169,70	250,00	226,92	-0,02	-0,05	250,00	226,92	OK
4	330,05	170,20	40,05	14,81	1,25	0,50	40,05	14,82	OK
5	464,91	170,20	134,86	115,34	0,00	0,00	134,86	115,34	OK
6	486,30	170,50	21,39	10,88	1,40	0,30	21,40	10,88	OK
7	492,30	170,50	6,00	2,49	0,00	0,00	6,00	2,49	OK

Raccordi

Raccordi	Raggio verticale [m]	Δi	Sviluppo [m]	Prog. I [m]	Prog. F [m]	Parziale racc. [m]	Velocità [km/h]	Raggio min [m]	Verifica
1	300,000	3,764	11,295	0,403	11,697	11,293	32,735	208,717	OK
2	2000,000	-1,036	20,720	29,640	50,360	20,720	41,776	224,440	OK
3	2000,000	1,272	25,449	277,276	302,724	25,449	47,198	286,476	OK
4	2000,000	-1,251	25,020	317,539	342,558	25,019	50,000	321,502	OK
5	1000,000	1,402	14,024	457,895	471,919	14,023	50,000	321,502	OK
6	500,000	-1,402	7,012	482,794	489,806	7,012	50,000	321,502	OK

5.6.1. ASSE B

Livellette

Vertice	Progressiva [m]	Quota [m]	Parziale [m]	Parziale residua [m]	i [%]	Dislivello [m]	Lunghezza [m]	Lunghezza residua	Verifica
1	16,50	169,73	16,50	11,11	0,54	0,09	16,50	11,11	OK
2	35,52	169,63	19,02	4,67	-0,54	-0,10	19,02	4,67	OK
3	55,00	169,70	19,48	4,61	0,36	0,07	19,48	4,61	OK
4	74,61	169,66	19,61	8,17	-0,23	-0,05	19,61	8,17	OK
5	93,21	169,72	18,60	13,09	0,32	0,06	18,60	13,09	OK

Raccordi

Vertice	Raggio vert. [m]	Delta i [%]	Sviluppo [m]	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Parziale racc. [m]	Velocità [km/h]	Raggio min. [m]	Verifica
1	1000.00	-1.08	10.78	11.11	21.89	10.78	35.46	161.70	OK
2	2000.00	0.90	17.91	26.56	44.47	17.91	41.09	217.16	OK
3	2000.00	-0.59	11.83	49.08	60.92	11.83	45.19	262.66	OK
4	2000.00	0.55	11.04	69.09	80.12	11.04	49.98	321.30	OK

6. LE INTERSEZIONI

6.1. VERIFICHE GEOMETRICHE DEI RAMI DI INNESTO SULLA ROTATORIA

Le dimensioni della rotatoria esistente sono conformi alle prescrizioni normative, sia nazionali che regionali (riportate nella tabella sottostante). In particolare, ciò riguarda le dimensioni e il numero delle corsie e i raggi di ingresso/uscita e raccordo. È inoltre garantita adeguata deflessione delle traiettorie passanti ($R < 100m$).

	Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
			Mini rotonde sormontabili	Mini rotonde parzialmente sormontabili	Rotonde compatte	Grandi rotonde Rotonde eccezionali
Diametro della rotonda	D_e	$D_e \geq (14 m) 18 m$	14+18	18+26	26+50	> 50
Raggio giratorio esterno	R_{ge}	$D_e/2$	7+9	9+13	13+25	> 25
Raggio giratorio interno	R_{gi}	$R_{ge} - l_e$	0+2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	l_e	$7 m \leq l_e \leq 9 m$	7+8	7+8	8+9	9+10
Larghezza anello interno sormontabile	l_i	$0 \leq l_i \leq 2 m$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5+2	1,5+2	0
Raggio d'entrata	R_e	$10 m \leq R_e \leq D_e/2$	10	10+13	10+25	$10+D_e/2$
Larghezza corsia entrante	l_e	$4 m \leq l_e \leq 4,5 m$ (1 corsia) $7 m \leq l_e \leq 9 m$ (2 corsie)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d'uscita	R_u	$15 m \leq R_u \leq 30 m$	15+30	15+30	15+30	15+30
Larghezza corsia uscita	l_u	$4,5 m \leq l_u \leq 6 m$ (1 corsia) $7,5 m \leq l_u \leq 9 m$ (2 corsie)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	R_r	$2 \times D_e$	28+36	36+52	52+100	> 100

6.2. VISIBILITÀ ALLE INTERSEZIONI

È necessario garantire la visibilità nell'immissione di un ramo in una corona giratoria secondo la costruzione di cui alla fig.12 del DM 19-04-2006 per almeno 1/4 di anello. Tale verifica risulta soddisfatta come indicato dalle figure seguenti per l'intersezione in oggetto.



Figura 18: Verifica di visibilità intersezione

7. CARATTERISTICHE DEL CORPO STRADALE

Le opere in progetto prevedono una serie di lavorazioni al fine di realizzare una sede stradale stabile e sicura. La piattaforma stradale, corredata dai margini esterni, è raccordata al piano esistente mediante scarpate a pendenza 3/2 in rilevato. Queste sono inerbite mediante uno strato vegetale di 20 cm. Per tutto ciò non compreso nel presente capitolo si rimanda alle discipline specialistiche o agli appositi capitoli.

7.1. SOVRASTRUTTURA STRADALE

Con il termine “sovrastuttura” si intende la porzione di sede stradale che garantisce la transitabilità del traffico di progetto nel rispetto delle condizioni di sicurezza e comfort. Essa si estende uniforme su tutta la piattaforma stradale a meno delle zone destinate agli spartitraffico. Si possono avere 3 tipi di pavimentazioni:

- flessibili, cioè costituite da tre strati sovrapposti di conglomerato bituminoso (usura, binder, base) e da uno strato di materiale sciolto poggiante sul terreno di posa (fondazione in misto granulare);
- semirigide, che differiscono da quelle flessibili per l'interposizione di uno strato di materiale granulare con cemento (misto cementato) tra lo strato di base e la fondazione;
- rigide, costituite da lastre di calcestruzzo poggiate su fondazioni in misto granulare.

Le caratteristiche dei materiali e la loro posa in opera sono riportate nel capitolato speciale d'appalto e negli elaborati di progetto. La larghezza minima di posa della nuova pavimentazione è compatibile con gli strumenti esistenti al fine di conferirgli le corrette caratteristiche.

Nel caso in esame non si è reso necessario un dimensionamento delle pavimentazioni in quanto sarà utilizzata la stratigrafia già presente per la realizzazione dell'Asse B dell'intervento N4 (viabilità comunale) di cui l'Asse A del presente intervento è un proseguimento senza soluzione di continuità. Analoga pavimentazione sarà utilizzata sull'Asse B del presente intervento.

In particolare, si sono utilizzate le seguenti stratigrafie:

- tipo 1 per nuova pavimentazione in ampliamento della sede esistente;
- tipo 2 per il rifacimento dello strato di usura nell'ultima parte dell'Asse B e nell'innesto in rotonda;
- tipo 3 per le isole divisionali e i marciapiedi;
- tipo 4 per l'ammorsamento tra la pavimentazione nuova e la pavimentazione esistente (oltre alla fresatura dello strato di usura è prevista la scarifica dello strato di binder per una larghezza di 60 cm);
- tipo 5 per l'ammorsamento tra la pavimentazione esistente ed il ripristino della pavimentazione in corrispondenza del taglio per la posa del cordolo del nuovo marciapiede di viale Alfa Romeo (oltre alla fresatura dello strato di usura è prevista la scarifica dello strato di binder per una larghezza di 60 cm);
- tipo 6 in corrispondenza degli attraversamenti ciclopedonali rialzati;
- tipo 7 in corrispondenza dei raccordi ai percorsi ciclopedonali.

La pavimentazione di tipo 3 è conforme a quanto già previsto in analoghi interventi.

Le pavimentazioni previste nel presente progetto sono indicate nella sottostante immagine.

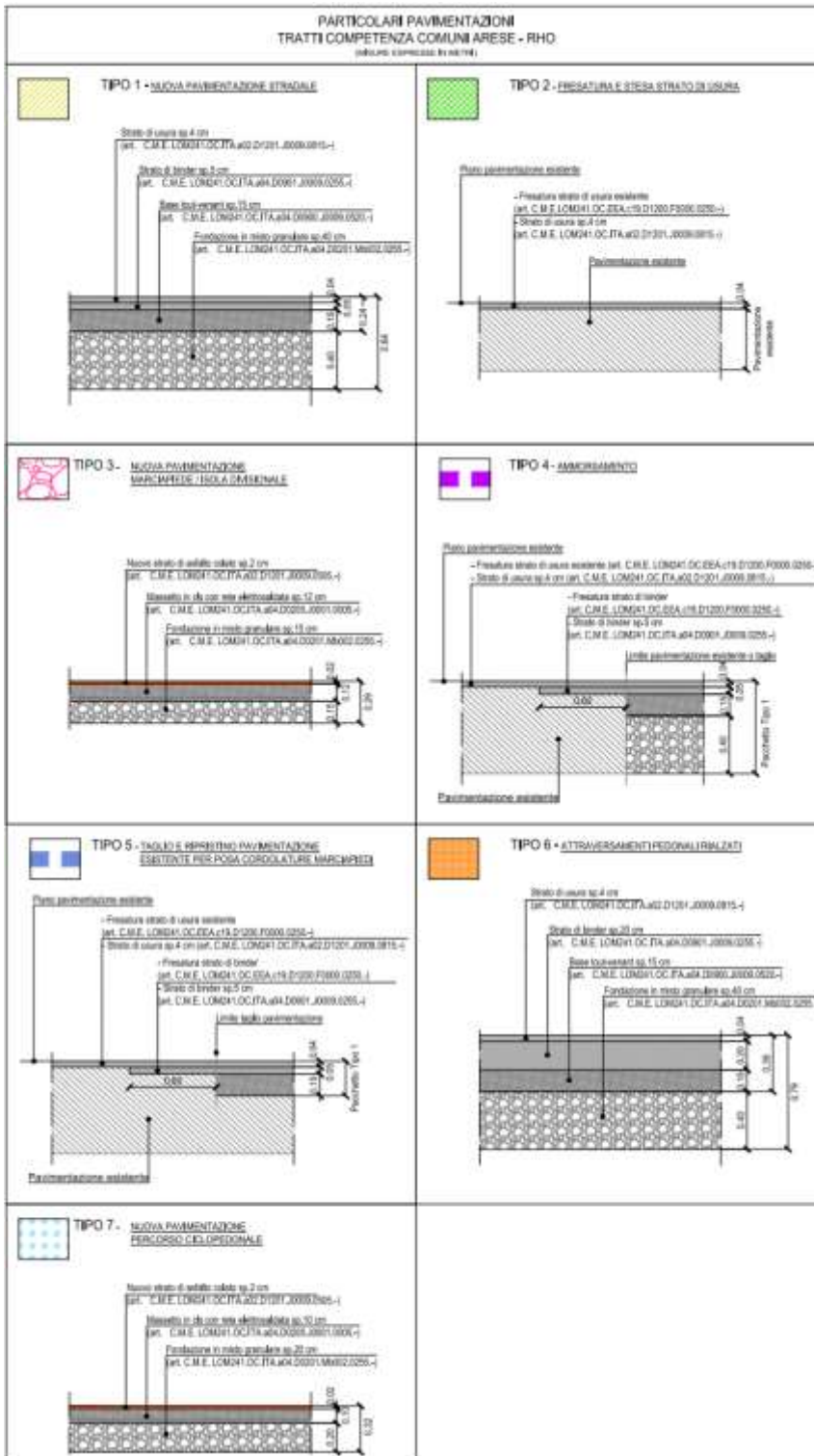


Figura 19: Stratigrafie in progetto

L'obiettivo che ci si prefigge nella progettazione della sovrastruttura è di assicurare attraverso normali operazioni di manutenzione un livello minimo di funzionalità, per un prefissato periodo di tempo. Dato che le caratteristiche dei materiali utilizzati non si mantengono costanti nel tempo, i carichi sono dispersi per posizione ed entità, il fenomeno stesso della rottura per fatica risulta essere un fenomeno aleatorio, l'obiettivo deve

essere definito in termini probabilistici. Il dimensionamento di una sovrastruttura stradale dipende dalla composizione e dall'entità del traffico, valutato tra l'entrata in esercizio e il termine del periodo di progetto dell'infrastruttura. Il Periodo di riferimento per il progetto della pavimentazione, entro il quale deve mantenere adeguati livelli di prestazione senza interventi programmati di manutenzione è pari a 20 anni.

Il metodo dell'AASHTO prevede che venga tenuto conto dell'affidabilità delle soluzioni (ossia della loro probabilità di sopravvivenza al termine della vita utile) e dell'indice di funzionalità PSI che assume valori compresi tra 5 (pavimentazioni in ottime condizioni) e 0 (pavimentazione in pessime condizioni).

Il PSI (Present Serviceability Index) rappresenta una misura del grado di ammaloramento della sovrastruttura, in termini di sicurezza e comfort. Il livello di funzionalità finale PSI_{fin} ritenuto generalmente accettabile per la pavimentazione flessibile, prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione.

Per tener conto delle imperfezioni costruttive il PSI_{in} viene assunto pari a 4,2 mentre per il PSI_{fin} si assumono i seguenti valori (si veda Bollettino CNR n. 178 del 1995):

- 2,5 = strade extraurbane principali e secondarie a forte traffico (affidabilità 90%);
- 2,0 = strade di quartiere e locali (affidabilità 90%)

Nel nostro caso si assumono i valori $PSI_{in} = 4,2$ e $PSI_{fin} = 2,0$.

Utilizzando un metodo sperimentale, occorre eseguire alcune considerazioni di carattere probabilistico, introducendo una variabile come l'Affidabilità (%), la quale rappresenta la probabilità che il numero di passaggi di assi singoli equivalenti che la pavimentazione possa sopportare, prima di raggiungere un prefissato grado di ammaloramento finale, sia maggiore o uguale al numero di passaggi che realmente si verificano sulla corsia più carica durante il periodo di progetto. L'Affidabilità comprende sia l'errore che si può commettere sulla valutazione del traffico sia la variabilità delle prestazioni della pavimentazione. I valori assunti dipendono dal tipo di strada e dalla sua ubicazione, in relazione alla strada in esame l'affidabilità sarà pari a 90% con conseguente deviazione standard pari a 0,45.

Nell'analisi del traffico devono tenersi in considerazione solo i veicoli pesanti, ossia quei veicoli che scaricano per asse più di 3 tonnellate, ciò significa supporre che i veicoli leggeri al loro passaggio non arrechino alcun danno alla sovrastruttura.

Dallo studio viabilistico redatto in data 15/12/2022 dallo studio MIC, nello scenario di progetto a breve termine dell'ora di punta del sabato pomeriggio per l'asse stradale A in progetto, viene previsto un flusso di 1.035 veic/h. Tale valore si assume pari all'8% del traffico giornaliero medio (TGM), da cui si ricava quest'ultimo corrispondente a 12.937 a.e./gg; si assume inoltre una percentuale di Veicoli Commerciali prevista pari al 5% e considerando un tasso di incremento annuale del traffico del 2%.

La classificazione dei veicoli è in genere effettuata in funzione del numero di assi e del peso per asse. La procedura di classificazione più utilizzata è standardizzata dalla norma ASTM E1572-93 per la classificazione dei veicoli partendo dal numero e dalla interdistanza degli assi. Riferendosi ai veicoli commerciali (massa complessiva, corrispondente al peso totale a terra, maggiore o uguale a 3 t) il catalogo italiano delle pavimentazioni stradali adotta la seguente classificazione, associando ad essa opportuni spettri di traffico per tipologia di strada:

Tipo di veicolo	N° Assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN			
1) autocarri leggeri	2	↓10	↓20		
2) " "	"	↓15	↓30		
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40	↓80		
4) " " "	"	↓50	↓110		
5) autocarri pesanti	3	↓40	↓80	↓80	
6) " "	"	↓60	↓100	↓100	
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40	↓90	↓80	↓80
8) " "	"	↓60	↓100	↓100	↓100
9) " "	5	↓40	↓80	↓80	↓80
10) " "	"	↓60	↓90	↓90	↓100
11) " "	"	↓40	↓100		↓80
12) " "	"	↓60	↓110		↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120		↓130
14) autobus	2	↓40	↓80		
15) " "	2	↓60	↓100		
16) " "	2	↓50	↓80		

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Autostrada extraurbana	12,2	0	24,4	14,6	2,4	12,2	2,4	4,9	2,4	4,9	2,4	4,9	0,1	0	0	12,2
Autostrada urbana	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
Strada extraurb. Princ. e second. a forte traffico	0	13,1	39,5	10,5	7,9	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,6	2,6	0,5	0	0	10,5
Strada extraurbana secondaria ordinaria	0	0	58,8	29,4	0	5,9	0	2,8	0	0	0	0	0,2	0	0	2,9
Strada extraurbana secondaria-turistica	24,5	0	40,8	16,3	0	4,15	0	2	0	0	0	0	0,05	0	0	12,2
Strada urbana di scorrimento	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
Strade urbane di quartiere e locali	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Corsie preferenziali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	53	0

Il traffico è stato convertito in un numero di passaggi di assi standard equivalenti impiegando il criterio suggerito dall'AASHTO.

L'incidenza del traffico viene quasi sempre considerata mediante una semplificata ed ampiamente accettata procedura basata sull'utilizzo di fattori di equivalenza che permettono di convertire ogni gruppo di carico in un singolo asse equivalente. La Metodologia degli assi equivalenti (ESAL) permette di ricondurre le diverse tipologie di assi reali transitanti sulla strada ad un asse di riferimento da 80 kN (8,2 t); conseguentemente all'utilizzo di opportuni coefficienti di equivalenza, è possibile valutare il danno a fatica prodotto dal numero di passaggi dei carichi reali.

Infine introducendo due ulteriori parametri DI e Dd , che derivano dalle seguenti considerazioni:

- Dd è funzione della distribuzione del traffico nelle due direzioni.
- Nel caso del progetto in esame si è scelto il valore pari a $Dd = 0,5$
- DI è funzione della distribuzione del traffico tra le corsie nelle due direzioni.

Il traffico di progetto W_t risulterà pari a **99.046,24 ESAL**

Relazione tecnica stradale

Al fine di valutare la conformità della pavimentazione ai carichi di progetto, si ricaverà il modulo resiliente del terreno in situ partendo dal modulo elastico ricavato dalla relazione geotecnica in possesso. Questo valore caratterizzerà la portanza del sottofondo stradale, ossia il carico massimo sopportabile, in determinate condizioni, che realizza un prestabilito cedimento.

Il sottofondo è quella parte di terreno posto al di sotto della fondazione della sovrastruttura, il cui stato tensionale può ancora essere causa di cedimenti. Il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia nei tratti in trincea che in quelli in rilevato, dovrà garantire un valore minimo della portanza del sottofondo, individuato attraverso il California Bearing Ratio, C.B.R. = 5%.

Per tutti gli assi stradali in progetto, si prevede il ricorso ad una pavimentazione di tipo semirigido mediante ricorso a leganti idraulici (cemento) nello strato di fondazione. Nello specifico i “pacchetti” costituenti le sovrastrutture dei vari tratti stradali che verranno verificati, sono i seguenti:

- Usura (bitume per strato di usura) = 4 cm
- Binder (bitume per strato di base) = 5 cm;
- Base (bitume per strato di base) = 15 cm;
- Strato di fondazione in misto stabilizzato = 40 cm;

Lo “structural number” SN è un parametro che tiene conto della “resistenza strutturale” della pavimentazione e dipende da:

- spessori degli strati s_i ; (in cm);
- “resistenza” di ciascun strato del pacchetto, espressa attraverso i “coefficienti strutturali di strato” a_i (n° puro);
- sensibilità all’acqua di ogni strato espressa tramite i “coefficienti di drenaggio” m_i assegnando, per i coefficienti di drenaggio “ m_i ” i valori:
 - $m_i = 1$ per strati legati con bitume;
 - $m_i = 0,98$ per gli strati della fondazione legati;

si ottiene un valore **SN = 6,22 IN**

Da questo valore è possibile ricavare il traffico di progetto sopportabile dalla pavimentazione stradale, tramite la seguente relazione:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.50} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_r - 8.07$$

Da cui, per la pavimentazione in progetto, si ricava un valore **$W_{18} = 90.860.484,44$ ESAL**

Essendo **$W_{18} > W_t$** la pavimentazione risulta verificata per i carichi in progetto.

8. SICUREZZA STRADALE

8.1. SEGNALETICA

Per i dettagli relativi alla segnaletica, di ogni tipo, si faccia riferimento a quanto contenuto nelle tavole di progetto, sia per quanto riguarda le planimetrie che i tipologici, nonché per le indicazioni contenute nel capitolato speciale d'appalto.

Il presente progetto prevede l'installazione di segnaletica verticale e orizzontale.

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l'attività di guida, si prevede la realizzazione di una segnaletica stradale conforme alle prescrizioni contenute nel Nuovo Codice della Strada e succ. mod. e int., nonché nel suo Regolamento di Esecuzione e Attuazione e succ. mod. e int.

La segnaletica di progetto tiene conto delle scelte progettuali di carattere geometrico e funzionale. Ogni modifica o integrazione dovrà essere valutata in base alle effettive caratteristiche progettuali della viabilità in essere, senza pregiudicare il livello di sicurezza ottenuta; a titolo di esempio si riporta come le limitazioni di velocità derivino dall'intervallo di velocità di progetto e quindi dalle caratteristiche geometriche di progetto della strada, per cui imporre un limite sia minore che maggiore comporterebbe la mancata verifica delle condizioni di sicurezza per cui il tratto di strada è stato progettato.

La segnaletica riportata negli elaborati è indicativa e rappresenta un requisito minimo da garantire.

L'Ente proprietario della strada, che ha il compito di apporre e mantenere idonea segnaletica atta a garantire la sicurezza e la fluidità della circolazione, dovrà far propria la segnaletica di cui al presente progetto, verificandola preventivamente ed apportando le integrazioni che dovesse ritenere opportuno senza incorrere nella modifica delle condizioni di traffico per cui la strada è stata dimensionata.

8.1.1. SEGNALETICA VERTICALE

Per la segnaletica verticale l'art. 77 del "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" (D.P.R. n. 495/92) in attuazione all'art 39 del "Nuovo codice della Strada" (D. Lgs. n. 285/92) stabilisce le informazioni che deve contenere il progetto e in particolare deve:

- fornire le informazioni agli utenti della strada al fine di ottenere un sistema armonico, integrato e efficace a garanzia della sicurezza e della fluidità della circolazione;
- tener conto delle caratteristiche delle strade e della loro classificazione tecnico-funzionale, delle velocità praticate e dei prevalenti spettri di traffico a cui la segnaletica è rivolta;
- comunicare con sufficiente anticipo agli utenti della strada la presenza di pericoli, prescrizioni, indicazioni ed altre informazioni utili al fine di scongiurare comportamenti scorretti, andamenti incerti e pericolosi spesso causa di sinistri.

Inoltre nello stesso articolo si stabilisce che le informazioni da fornire agli utenti della strada per mezzo dei segnali stradali devono essere stabilite dagli enti proprietari secondo uno specifico progetto, di concerto con gli enti proprietari delle strade limitrofe e vieta l'uso di segnali diversi da quelli previsti nel Regolamento.

I successivi articoli definiscono:

- art. 78 colore
- art. 79 visibilità
- art. 80 dimensione e formato
- art. 81 installazione – posizionamento
- art. 82 caratteristiche dei sostegni

I segnali sono installati di norma sul lato destro della strada. Possono inoltre essere installati anche

- su isole spartitraffico;
- al di sopra della carreggiata;

- ripetuti sul lato sinistro della strada;

per motivi di sicurezza o nel caso sia previsto esplicitamente dalla normativa relativa al segnale.

Per i segnali laterali la distanza tra il bordo verticale lato strada ed il ciglio del marciapiede o del bordo esterno della banchina deve essere:

- minimo 30 cm;
- massimo 100 cm.

Sono ammesse distanze inferiori in caso di limitazione di spazio a condizione che il segnale non sporga sulla carreggiata.

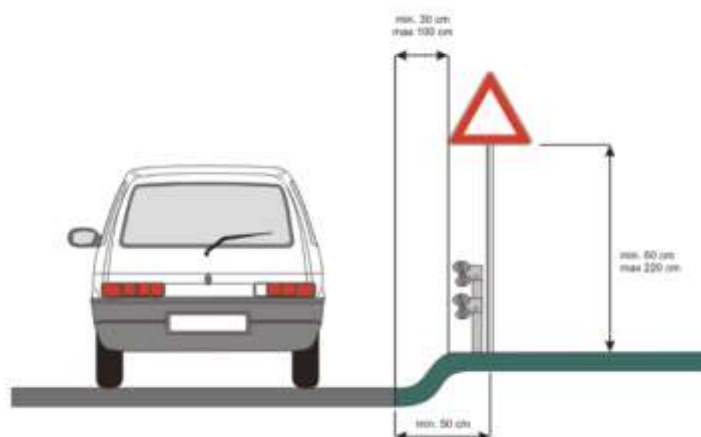
I sostegni dei segnali devono essere collocati a distanza non inferiore a 50 cm dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina.

L'altezza dal suolo, intendendo quella del bordo inferiore del segnale o del pannello integrativo più basso deve essere, ad eccezione dei segnali mobili:

- minimo 60 cm;
- massimo 220 cm.

Per i segnali previsti in progetto si faccia riferimento alle seguenti tavole:

22_158_PE_N08_OPC_F_PL_001_00 – Planimetria di progetto segnaletica orizzontale e verticale – Tav. 1



22_158_PE_N08_OPC_F_PL_002_00 – Planimetria di progetto segnaletica orizzontale e verticale – Tav. 2

22_158_PE_N08_OPC_F_PC_001_00 - Tipologici segnaletica orizzontale e verticale

8.2. SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale deve essere tracciata sul manto stradale in conformità al D.P.R. 16 Dicembre 1992 n°495 Paragrafo 4 (artt.137-155) in termini di simboli, dimensioni, spessori, materiali e loro proprietà. L'art.137 del Regolamento infatti recita che: "Tutti i segnali orizzontali devono essere realizzati con materiali tali da renderli visibili sia di giorno che di notte anche in presenza di pioggia o con fondo stradale bagnato; nei casi di elevata frequenza di condizioni atmosferiche avverse possono essere utilizzati materiali particolari". In particolare, "i segnali orizzontali devono essere realizzati con materiali antisdrucchiolevoli e non devono sporgere più di 3 mm dal piano della pavimentazione.

Le dimensioni e le tipologie della segnaletica orizzontale prevista sono indicate nella tavola "22_158_PE_N08_OPC_F_PC_001_00 - Tipologici segnaletica orizzontale e verticale". Sono previste:

- strisce di margine continue di spessore 12 cm (strada F);

- strisce longitudinali discontinue di spessore 10 cm e tipo c (strada F, separazione delle corsie con velocità di progetto non superiore a 50 km/h); negli ultimi 30 m del ramo in entrata nella rotatoria la striscia è continua; la striscia è continua per la separazione delle direzioni di traffico;
- strisce longitudinali discontinue di spessore 12 cm e tipo f (strada F, interruzione strisce di margine in corrispondenza di accessi laterali);
- strisce trasversali di arresto discontinue per strada di tipo F;
- triangolo “dare precedenza” per strada di tipo F;
- attraversamenti pedonali di larghezza 3,00 m;
- zebratura delle isole non materializzate con inclinazione 45° e dimensione 0,30 m (spazio 0,60 m);
- strisce di delimitazione della fermata dei veicoli in servizio di trasporto pubblico collettivo di linea di spessore 12 cm e colore giallo secondo l'intero schema riportato nei particolari.

8.3. BARRIERE DI SICUREZZA

Non sono previsti dispositivi di ritenuta stradale in quanto le strade sono di categoria F urbana con velocità amministrativa limitata a 50 km/h e i margini sono protetti da cordoli in calcestruzzo non sormontabili rialzati di 15 cm rispetto al piano stradale. Inoltre lungo l'asse A, il dislivello fra la sommità dell'arginello ed il fondo del fosso di guardia, si mantiene sempre inferiore a 1,00 m, pertanto ai sensi del DM 21/06/2004 non è necessaria l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale lungo tale tratto.