

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE DELLA VIABILITA' DI COLLEGAMENTO	4
2.1. Viabilità di collegamento tra la S.C. "Salde Entra" ed il polo industriale di Finale Emilia (C-08).....	5
2.2. Caratteristiche geometriche e funzionali del tracciato.....	5
2.3. Piattaforma stradale e sezioni tipo	10
2.3.1. Svincoli e rotatorie	12
2.4. Andamento planimetrico	15
2.5. Andamento altimetrico	15
3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	17
3.1. Inquadramento Normativo	17
3.2. Criteri progettuali principali	18
3.2.1. Caratteristiche planimetriche	18
3.2.2. Caratteristiche altimetriche	23
3.2.3. Analisi di visibilità	24
3.2.4. Rappresentazione dei risultati	27
3.3. Progettazione delle intersezioni a rotatoria	27
3.3.1. Intersezioni a rotatoria	27
3.3.2. Tipologie	27
3.3.3. Larghezza delle corsie	28
3.3.4. Geometria delle rotatorie	29
3.4. Distanza e visibilità nelle intersezioni a raso	30
4. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	32
4.1. Assi stradali.....	32
4.1.1. Andamento planimetrico	32

4.1.2.	Andamento altimetrico	32
4.1.3.	Verifiche di visibilità	33
4.2.	Intersezioni a rotatoria	34
4.2.1.	Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie	34
4.2.2.	Analisi delle Visibilità	35
5.	ALLEGATI	38

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto definitivo della viabilità di collegamento, in variante alla S.P.468, dalla rotatoria C08-1 posta sulla variante di tracciato alla Strada comunale Salde-Entrà, e la rotatoria C08-2 in collegamento alla Strada Provinciale n°2 "Panaria Bassa". L'intervento in oggetto, individuato dalla C08, è compreso nell'ambito dell'intervento di realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana, infrastruttura stradale di categoria A, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova".



FIGURA 1-1 – L' AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA (BLU), INSERITA NELLA RETE AUTOSTRADALE NAZIONALE

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE DELLA VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

L'intervento si colloca nel comune di Finale Emilia e costituisce un tratto in variante della S.P. 468 che si sviluppa dalla rotatoria C08-R1 posta sull'asse della tratta in variante della Strada Comunale Salde-Entrà dalla quale si diramerà un ramo in direzione Est che seguirà, prima in affiancamento poi piegando verso Nord la sede Autostradale, per confluire in una seconda rotatoria, la C08-R2, dalla quale si raccorderà con la "Strada Provinciale n°2 Panaria Bassa".

La nuova viabilità si propone di realizzare un nuovo itinerario in variante alla S.P.468 che consentirà di collegare la Strada comunale Salde-Entrà con il Polo Industriale di Finale Emilia evitando l'utilizzo della viabilità esistente, e mettendo a disposizione una nuova infrastruttura libera dalle soggezioni imposte dall'antropizzazione preesistente e che risulterebbe inadeguata alle nuove necessità derivanti dalla realizzazione della nuova Autostrada.

Il nuovo itinerario presenta giacitura prevalente ovest-est e i capisaldi risultano individuati in prossimità delle rotatorie C08-1 e C08-2.

In particolare, gli interventi si possono suddividere:

1. Nuova rotatoria "C08-1" a raso, posizionata sull'asse della variante alla *Strada comunale Salde-Entrà* collegante la stessa con un tratto di viabilità in direzione Est inizialmente in affiancamento alla sede Autostradale. Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: assi C08-A, C08-B e C08-1-E;
2. Realizzazione di un tratto di viabilità di collegamento, *in variante alla S.P. 468*, con caratteristica di Categoria C2 tra la rotatoria "C08-1" e la rotatoria "C08-2" posta in sull'asse della *Strada Provinciale n°2 "Panaria Bassa"* ed ad essa raccordata. L'asse progettuale inserito nell'intervento è: asse C08-A;
3. Nuova rotatoria "C08-2" a raso, posizionata in prossimità dell'intersezione collegante la *nuova viabilità in variante alla S.P.468* alla *Strada Provinciale n°2 "Panaria Bassa"*. Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: asse C08-A, C08-C, C08-D e C08-2-F;

In relazione ai punti fissi definiti dalle rotatorie citate è possibile individuare i diversi assi stradali che concorrono a formare il sistema viario del "Collegamento tra la Strada comunale Salde-Entrà e il Polo Industriale di Finale Emilia".

Di seguito viene fatta una breve descrizione del tracciato.

2.1. VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO TRA LA S.C. "SALDE ENTRA" ED IL POLO INDUSTRIALE DI FINALE EMILIA (C-08)

L'intervento è caratterizzato da un tratto complanare all'autostrada in progetto per circa 1.725 m, previsto sul lato est della stessa, che consente il collegamento diretto tra l'autostazione di S.Felice sul Panaro – Finale Emilia e il Polo industriale di Finale Emilia; la realizzazione della nuova bretella consente di non transitare sulla S.P. n°468 di Mirandola, evitando così l'attraversamento dei centri abitati. L'inizio intervento è localizzato all'intersezione di S.C. Salde Entra con Strada Vicinale Santa Maria, con due curve di flesso si colloca parallelo al tracciato autostradale, scavalcando con un ponte il Cavo Vallicella, per poi proseguire verso est fino a collegarsi con uno svincolo a rotatoria alla S.P. n°2 Via Camposanto in prossimità della Zona industriale.

2.2. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FUNZIONALI DEL TRACCIATO

Il tracciato ha inizio con l'intersezione tra la nuova viabilità e la tratta in variante della S.C. "Salde Entra" compresa nell'intervento V-27, così come richiesto dai comuni, e termina con l'intersezione a "rotatoria" sulla S.P. n° 2 Panaria.

Asse A

L'asse A costituisce la parte principale dell'intervento e si sviluppa collegando la tratta in variante della strada comunale Salde Entrà con la tratta in variante della strada comunale Strada Provinciale n° 2 Panaria. L'asse A si origina da una intersezione a rotatoria che collega il vecchio sedime della strada comunale Salde Entrà con la tratta in variante della stessa che sottopassa la sede autostradale. Il tracciato si sviluppa rettilineo per 622 m. per poi piegare verso sud in parallelismo con il sedime autostradale con una curva circolare di 10500 m. di raggio. Il tracciato prosegue rettilineo per 1170 metri scavalcando con un ponte in acciaio il canale Vallicella. Dopo 1916 m. circa dall'origine, l'asse piega verso nord con una lunga curva di raggio pari a 757,09 interposta tra raccordi clotoïdali simmetrici di parametro pari a 220 e di sviluppo di 73,633 m., per poi proseguire rettilinea sino all'innesto con la rotatoria di collegamento alla S.P. 2 "Panaria Bassa" per 779 metri circa. Il tracciato dell'asse A, a partire dalla rotatoria sulla variante della strada comunale Salde-Entrà si sviluppa inizialmente in discesa con una livelletta della lunghezza di 174 m. con pendenza pari allo 0,143% per poi risalire con una livelletta della lunghezza di 305 m. con pendenza dello 0,525%. Per i successivi 250 m. la livelletta discende con una pendenza dello 0,2%, pendenza che si accentua nei successivi 125 m. arrivando allo 0,733%. Dopo un tratto di circa 320 m. in ulteriore discesa con pendenza pari allo 0,136%, l'asse inizia a risalire per lo scavalco del Cavo Vallicella con una livelletta della pendenza del 2,442% e della lunghezza di 543 m. circa. I raccordi verticali in questo scavalco sono pari a 15700 m. per quello convesso e rispettivamente a 10000 m. e a 5685,637 m. per quelli convessi a monte e a valle del Cavo Vallicella.

Superato il corso d'acqua, la livelletta inizia a scendere con una pendenza pari al 2.441% per circa 588m poi la pendenza si riduce allo 0,073% per circa 424 m. L'ultimo tratto dell'asse A è in leggerissima ascesa per 826 m. circa con una pendenza dello 0,040% sino ad inserirsi nella rotatoria che si collega con la S.P. 2 "Panaria Bassa". Altimetricamente l'asse A nella tratta compresa tra l'origine e l'inizio della rampa per lo scavalco dell'asse del Cavo Vallicella presenta quote comprese tra i 90 cm e i 2,50 m. rispetto al piano di campagna. Nel tratto per lo scavalco del suddetto corso d'acqua, questi dislivelli raggiungono quote notevoli (sino a 11,66 m) tanto è vero che si sono dovuti adottare rilevati con andamento trasversale a banche. Una volta superato il Cavo Vallicella, la quota rossa si porta ad un dislivello sempre inferiore, sino all'innesto con la rotatoria sulla S.P.2 "Panaria Bassa" che costituisce il limite dell'intervento, inferiore ad un metro.

Assi B ed E

L'asse B costituisce il raccordo con la sede esistente della S.C. Salde Entrà e la nuova rotatoria posta in asse alla variante alla stessa S.C. Salde Entrà. In questa rotatoria si innesta anche l'asse V27-C che non fa parte del presente intervento. L'asse E è l'asse della seconda rotatoria sulla S.C. Salde Entrà (la prima è compresa nella WBS V27). L'asse B si innesta a livello del piano stradale esistente della succitata strada comune che è posto a circa 50-70 cm rispetto al piano campagna per raccordarsi con la quota dell'anello della nuova intersezione che è posto ad una quota inferiore ad un metro dal piano di campagna.

Assi C, D ed F

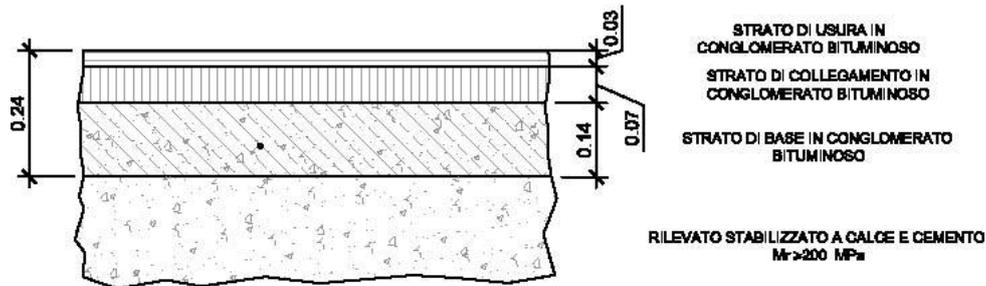
Gli assi C e D costituiscono i collegamenti tra l'asse A e la viabilità esistente costituita dalla S.P.2 "Panaria Bassa". L'asse F costituisce invece l'asse della rotatoria di collegamento tra le suddette viabilità. Questi assi si iniziano a livello del piano stradale esistente che è posto a circa 50-70 cm rispetto al piano campagna per raccordarsi con la quota dell'anello della nuova intersezione che è posto ad una quota inferiore ad un metro dal piano di campagna.

La sezione stradale è di tipo C2 - strada extraurbana secondaria, prevista bidirezionale a 1 carreggiata della larghezza di 9,50 m; la piattaforma stradale è organizzata con due corsie di marcia di 3,50 m oltre due banchine da 1,25 m per parte. L'arginello in terra è previsto di 1,30 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta quando richiesti dal quadro normativo vigente.

Al piede del rilevato è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di laminazione.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari ad $\frac{2}{3}$, il fosso laterale dovrà prevedere le stesse caratteristiche o sostituito da un collettore; in approccio alle intersezioni a raso questa configurazione permetterà l'omissione della barriera di sicurezza dando la richiesta distanza di visibilità; Le scarpate sono previste inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm. Per la formazione del rilevato è prevista la preparazione del piano di posa con la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm (scotico) con materiale anticappillare, bonifica di spessore variabile 30 cm mediante stabilizzazione a calce. Nei tratti in rilevato e in corrispondenza delle intersezioni a raso la sovrastruttura stradale prevede la seguente composizione.

PARTICOLARE PAVIMENTAZIONE



COMPOSIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Nei tratti in viadotto, invece, è prevista la realizzazione dei soli tappeto d'usura e del binder.

Caratteristiche geometriche e funzionali delle intersezioni a raso

Le intersezioni previste in progetto fra le viabilità di collegamento in raccordo alla viabilità locale sono risolte attraverso l'introduzione di intersezioni a raso a "rotatoria" con le caratteristiche geometriche di seguito specificate:

TIPO ROTATORIA	INTERSEZIONI CON STRADE	N° BRACCI	DIAMETRO (m)
A	S.C. "Salde Entra"	3	50
B	S.P. n° 2 "Panaria Bassa"	3	47

ELENCO DELLE ROTATORIE IN PROGETTO

Le rotatorie in progetto sono caratterizzate da un anello di circolazione costituito da un'unica corsia e da un anello non sormontabile con aiuola centrale sistemata a verde, di larghezza variabile in funzione del diametro della rotatoria. È prevista comunque la realizzazione delle banchine laterali di larghezza 0,50 m e dell'arginello esterno di larghezza 1.30 m, sul quale può eventualmente essere collocato il dispositivo di ritenuta. Le caratteristiche geometriche adottate per le rotatorie sono:

- anello di 7,00 metri di larghezza a una corsia (banchine comprese);
- ingressi con una corsia di marcia;
- uscite con una corsia di marcia;
- isole spartitraffico laterali sormontabili;
- isola centrale non valicabile a verde.

In particolare i valori assunti dai singoli elementi progettuali sono stati i seguenti:

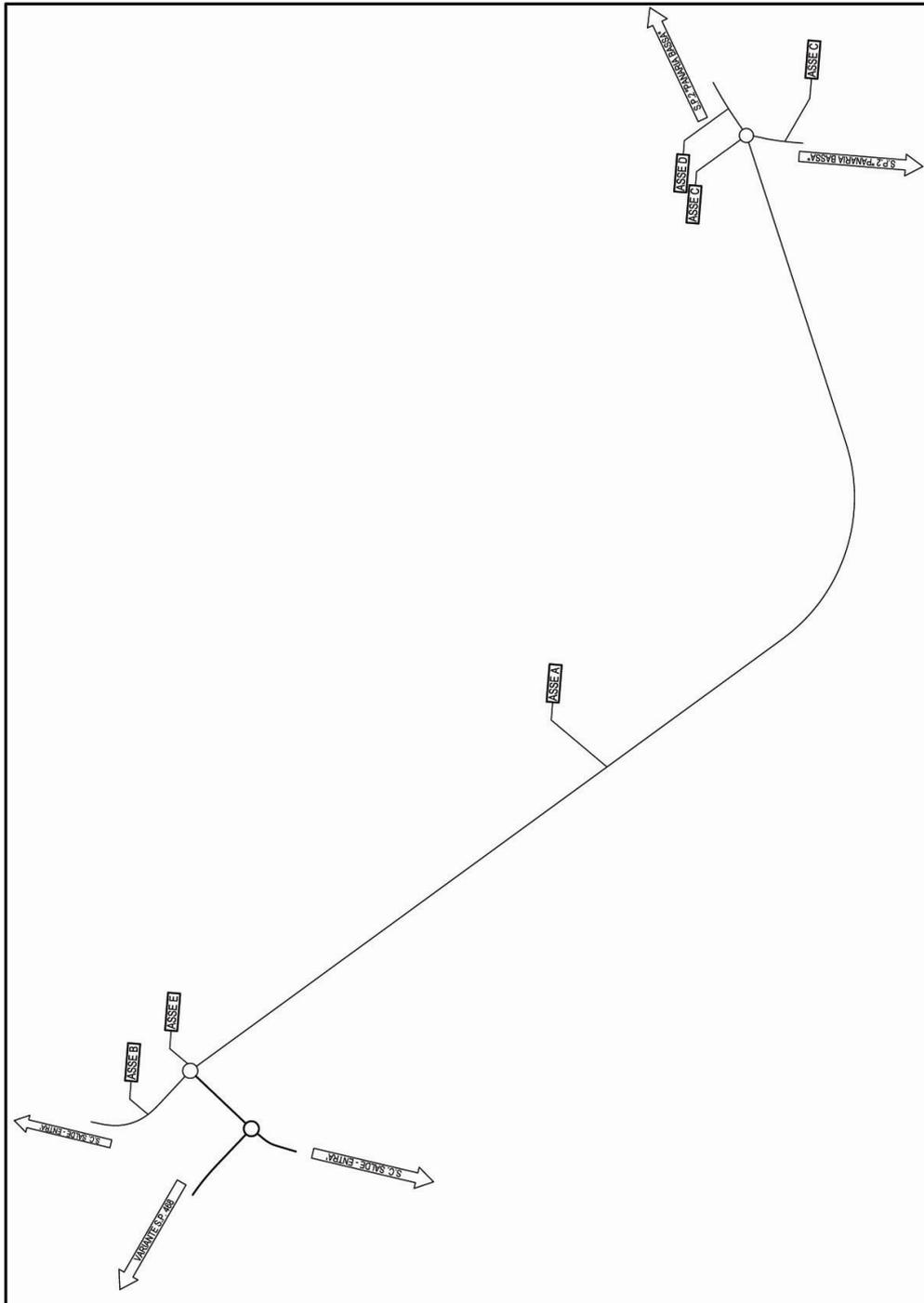
Parametro	Annotazione	Valori adottati diametro 47m	Valori adottati diametro 50 m
Raggio esterno	Rg	23.50 m	25.00 m
Larghezza anello	La	7.00 m	7.00 m
Raggio interno	Ri	16.50 m	18.00 m
Raggio entrata	Re	20.00 m	20.00 m
Larghezza via entrata	Le	5.00 m	5.00 m
Raggio uscita	Rs	30.00 m	30.00 m
Larghezza via uscita	Ls	5.50 m	5.50 m
Fascia sormontabile	Sf	0,00m	0,00m

PARAMETRI ROTATORIE

Tali geometrie consentono velocità nell'anello ridotte allo scopo di garantire un'adeguata sicurezza della circolazione a tutte le tipologie di utenti della strada ed una migliore protezione degli utenti "deboli".

Le intersezioni a raso sono previste illuminate con pali lungo il contorno secondo le indicazioni riportate nella relazione specifica sugli impianti, al fine di non costituire un ostacolo in caso di svio di un veicolo verso il centro della rotatoria.

KEY PLAN



SCHEMA ASSI DI TRACCIAMENTO

2.3. PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONI TIPO

Con riferimento alla sezione stradale tipo, secondo quanto previsto dalla normativa vigente del D.M. 05/11/2001 sono state adottate le seguenti piattaforme stradali: strada extraurbana secondaria Tipo C2 per l'asse principale "A", mentre, per i restanti assi secondari, trattandosi di collegamenti di raccordo alle rotoatorie con le viabilità comunali esistenti, sono state adottate delle piattaforme di categoria tipo F locali.

Strade tipo C2:

La piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre a banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a 9,50 m. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia (**figura 2.1**).

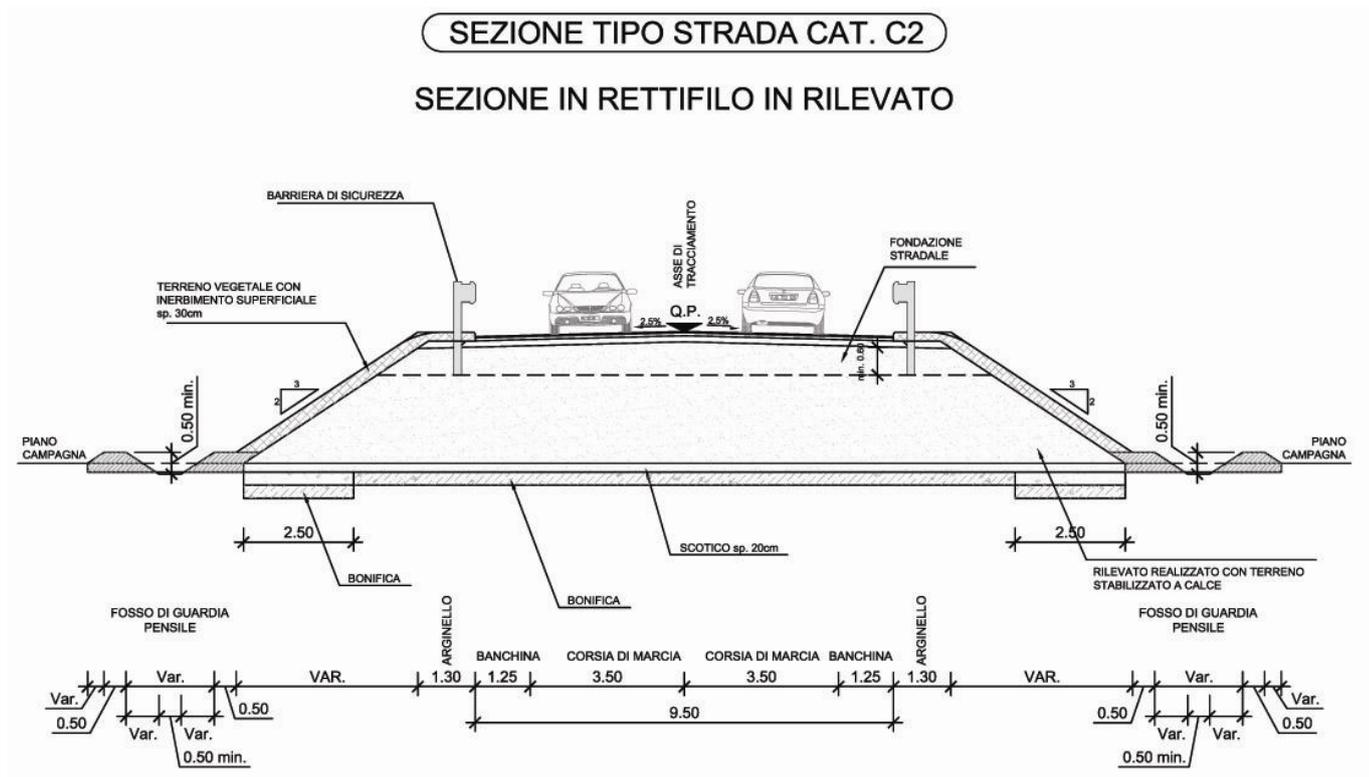


FIGURA 2.1 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO C2 IN RETTIFILO

Le due corsie sono di larghezza pari a 3,50 m, la banchina è di larghezza pari a 1,25 m. Detti calibri sono stati mantenuti sia per le tratte in sede naturale che in sede artificiale (ponti e sottopassi).

Per i tratti in cui si prevede il posizionamento delle piazzole di sosta, la sezione pavimentata sarà allungata di 3,50 m, per complessivi 13,00 m: la sistemazione degli elementi marginali risulta analoga alla sezione corrente.

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano la larghezza corrente della carreggiata; in alcuni punti del tracciato, a causa della composizione plano-altimetrica e della velocità di progetto, si è reso necessario operare allargamenti della sede stradale o degli elementi marginali al fine di garantire le visuali libere per l'arresto.

Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito e delimitati lungo il ciglio strada da cordolo bituminoso. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma. Sempre in corrispondenza degli arginelli troveranno collocazione i pozzetti di ispezione per gli impianti tecnologici e, dove previste, ed i corpi illuminanti.

Le scarpate sono realizzate con pendenza 2/3: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitarne l'inerbimento delle scarpate.

Strade tipo F locali:

Nel caso di strada tipo F locali, la piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre alla banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a:

1. Strada tipo F1 extraurbana (asse F):
 - Larghezza totale della piattaforma: L= 9,00 m;
 - Larghezza corsie: L= 3,50 m;
 - Banchine pavimentate: L= 1,00 m;
2. Strada tipo F2 extraurbana (asse H):
 - Larghezza totale della piattaforma: L= 8,50 m;
 - Larghezza corsie: L= 3,25 m;
 - Banchine pavimentate: L= 1,00 m;
3. Strada tipo F1 urbana (asse L):
 - Larghezza totale della piattaforma: L= 6,50 m;
 - Larghezza corsie: L= 2,75 m;
 - Banchine pavimentate: L= 0,50 m;

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,05 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito e delimitati lungo il ciglio strada da cordolo bituminoso. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma (**figura 2.2**).

SEZIONE TIPO STRADA CAT. F2 EXTRAURBANA

SEZIONE IN RETTIFILO IN RILEVATO H<1.00 m

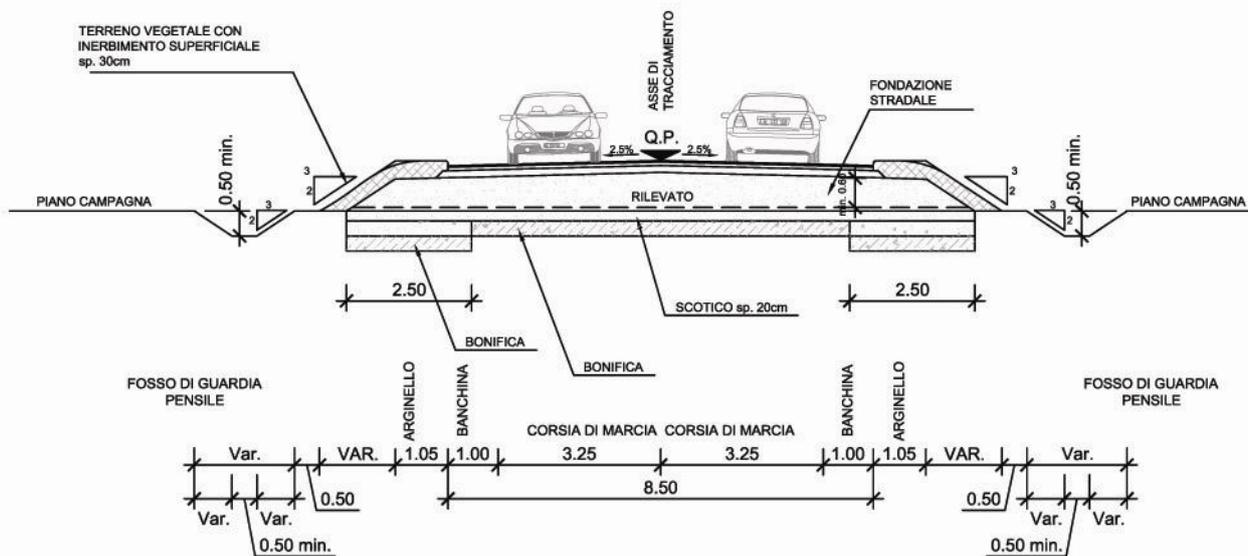


FIGURA 2.2 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO F LOCALE IN RETTIFILO

Le scarpate sono realizzate con pendenza 2/3: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitare l'inerbimento delle scarpate.

La raccolta delle acque avviene a seconda dei casi mediante caditoie carrabili o embrici. Il recapito finale è costituito dal fosso di guardia posizionato al piede del rilevato.

Per tutte le categorie di strada, il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico (sp= 20 cm) e bonifica (sp medio circa 30 cm) del terreno e successiva realizzazione di strato anticapillare avvolto di uno strato di geotessile.

2.3.1. Svincoli e rotatorie

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di due rotatorie; la prima è ubicata in corrispondenza dell'intersezione tra la variante alla strada Comunale Salde Entrà e la nuova viabilità oggetto dell'intervento ed è denominata rotatoria C08-1 e la seconda è posta in adiacenza alla S.P. n°2 "Panaria Bassa" ed è denominata C08-2.

La prima rotatoria (C08-1) è caratterizzata da un raggio interno pari a 18,00 metri (Rest= 25,00 m), con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 7,00 m costituita da una corsia giratoria di 6,00 m affiancata

da banchine in destra e sinistra pari a 0,50 metri. La pendenza trasversale corrente è pari al 2 % verso l'esterno.

La seconda rotatoria (C08-2) è caratterizzata da un raggio interno pari a 16,50 metri (Rest= 23,50 m), con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 7,00 m costituita da una corsia giratoria di 6,00 m affiancata da banchine in destra e sinistra pari a 0,50 metri. La pendenza trasversale corrente è pari al 2 % verso l'esterno.

L'isola centrale sarà delimitata da cordoli in cls a sezione trapezia. La sistemazione a verde della stessa avverrà con terreno di riporto proveniente dagli scavi ed arredata per mezzo specie arboree ed arbustive per la cui definizione si rimanda agli elaborati specifici.

Lungo il perimetro esterno sono previsti elementi marginali analoghi a quelli adottati per il tracciato principale: costituiti da un arginello inerbito di larghezza pari a 1,30 metri. Le scarpate saranno realizzate con pendenza al 2/3 e rivestite da uno strato di terreno vegetale dello spessore di 30 cm (figura 2.3.1 e figura 2.3.2).

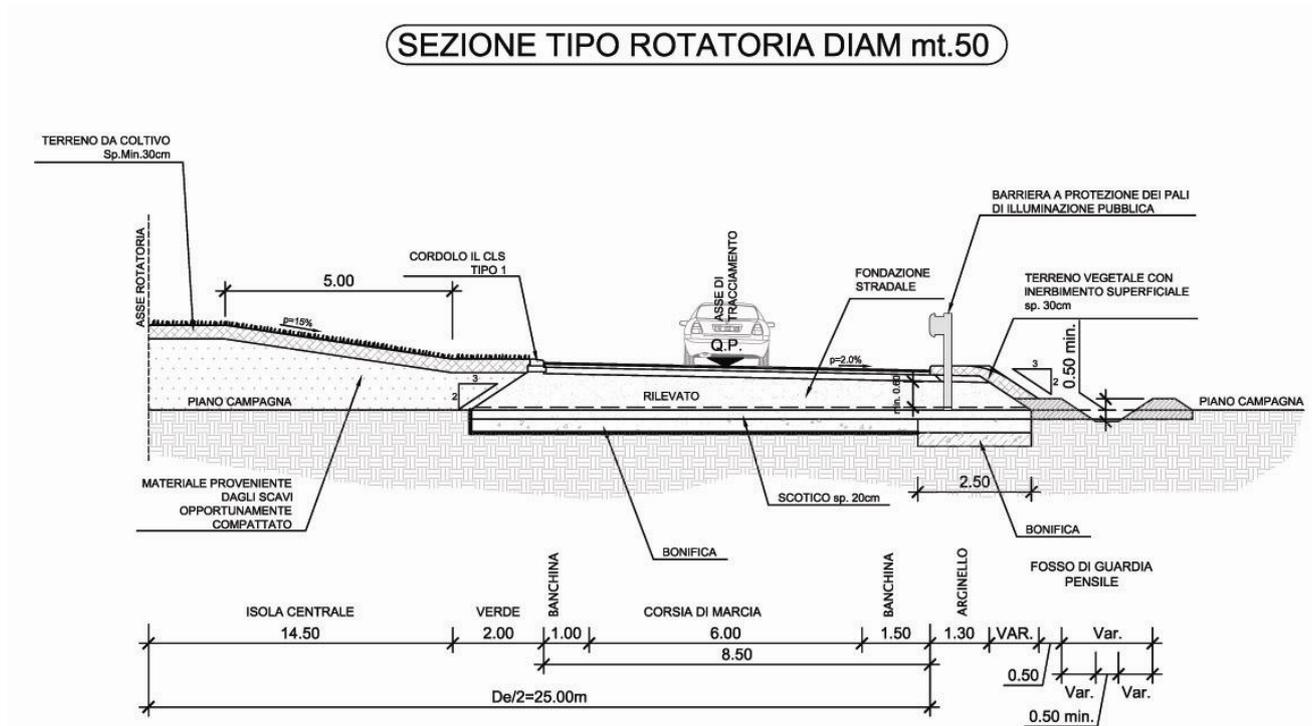


FIGURA 2.3.2 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO IN ROTATORIA DE 50M

SEZIONE TIPO ROTATORIA diam. 47 m

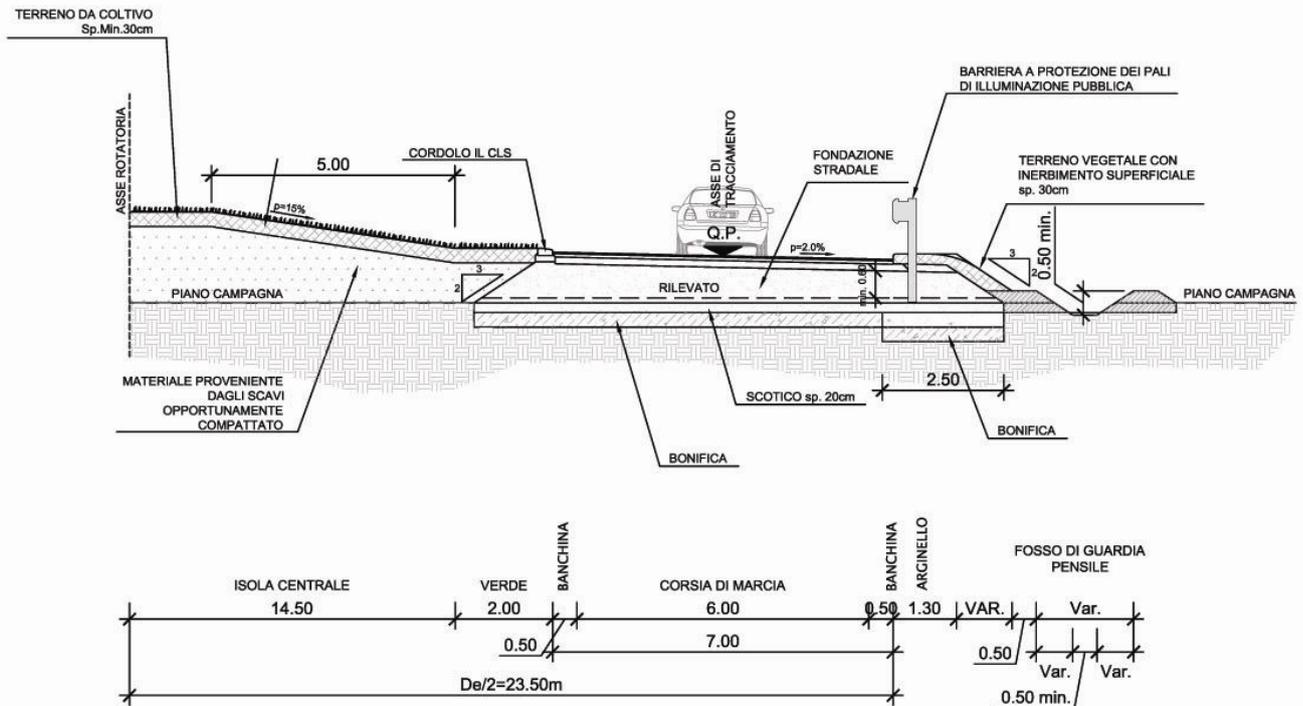


FIGURA 2.3.2 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO IN ROTATORIA DE 47M.

Per quanto riguarda la rotatoria C08-1, per i rami di ingresso ed uscita, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,00 m e 5,50 m così composta:

- Corsia in entrata L= 4,00 m;
- Corsia in uscita L= 4,50 m;
- Banchina in Sx L= 0,50 m;
- Banchina in Dx L= 0,50 m.

Anche per quanto riguarda la rotatoria C08-2, per i rami di ingresso ed uscita, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,00 m e 5,50 m così composta:

- Corsia in entrata L= 4,00 m;
- Corsia in uscita L= 4,50 m;
- Banchina in Sx L= 0,50 m;
- Banchina in Dx L= 0,50 m.

Gli elementi marginali rispettano quanto previsto per il rilevato e la trincea della viabilità principale.

2.4. ANDAMENTO PLANIMETRICO

Le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali sono riportate negli allegati alla presente relazione.

2.5. ANDAMENTO ALTIMETRICO

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi. I raccordi altimetrici si distinguono in convessi e concavi e sono realizzati mediante archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo (L) viene calcolato con la seguente espressione:

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

dove Δi , espressa in percentuale, è la variazione di pendenza fra le due livellette da raccordare e R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola.

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse stradale.

1. Asse A

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
1	25.000	14.250	7.000	7.000	-2.000	-0.140	7.001	7.001
2	195.000	14.000	170.000	153.209	-0.147	-0.250	170.000	153.209
3	500.000	15.600	305.000	270.094	0.525	1.600	305.004	270.098
4	750.000	15.100	250.000	206.128	-0.200	-0.500	250.000	206.129
5	875.850	14.200	125.850	65.221	-0.715	-0.900	125.853	65.223
6	1195.000	14.700	319.150	194.321	0.157	0.500	319.150	194.321
7	1737.850	27.759	542.850	75.331	2.406	13.059	543.007	75.353
8	2333.030	13.450	595.180	148.678	-2.404	-14.309	595.352	148.721
9	2850.000	13.750	516.970	446.931	0.058	0.300	516.970	446.931
10	3560.543	13.850	710.543	709.444	0.014	0.100	710.543	709.444

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	5000.000	0.672	33.583	178.209	211.791	33.582	70.320	635.921
5	Par	5000.000	-0.725	36.230	481.885	518.115	36.230	100.000	1286.0082
6	Par	10000.000	-0.515	51.514	724.243	775.757	51.514	100.000	1286.0082
7	Par	8000.000	0.872	69.745	840.978	910.722	69.744	100.000	1286.0082
8	Par	8000.000	2.249	179.933	1105.043	1284.957	179.914	100.000	1486.025
9	Par	15700.000	-4.810	755.197	1360.288	2115.412	755.124	100.000	8121.114
10	Par	5600.000	2.462	137.893	2264.090	2401.970	137.880	100.000	2463.381
11	Par	5000.000	-0.044	2.198	2848.901	2851.099	2.198	100.000	1286.0082

3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

3.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per quanto riguarda il quadro Normativo completo si rimanda al seguente elaborato:

PD_0_000_00000_0_GE_KT_01_A Elenco delle Normative di riferimento.

Prima di entrare nel dettaglio delle verifiche condotte nell'ambito della progettazione degli assi e bene fare comunque una premessa al quadro normativo applicato all'intervento.

Per i nuovi assi stradali il progetto è stato redatto nel pieno rispetto del D.M. del 5 Novembre 2001 n° 6792 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*".

Nel caso invece di tratti stradali configurabili come "riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti" il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792 oltre al rapporto a carattere prenormativo "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti", bozza del 21 marzo 2006.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della Norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (ricependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

Pertanto, l'intero progetto di adeguamento della viabilità esistente è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con la citata normativa, cercando le soluzioni tecnico-geometriche che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento di ampliamento.

In sintesi, per definire le modalità di adeguamento della sede esistente, sono stati adottati quindi i seguenti criteri:

1. minimizzare l'impatto con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;
2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;
3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi;
4. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio delle viabilità esistente durante i lavori.

Per la progettazione degli svincoli l'unico documento nazionale con valore prescrittivo è il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale ha introdotto i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.).

Fermo restando quanto detto sopra, il progetto di adeguamento delle strade esistenti e delle aree di svincolo è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con le citate normative, cercando le soluzioni tecnico-geometrico che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

Le situazioni di non conformità sono state circoscritte ai casi in cui le condizioni al contorno (vincoli territoriali, condizioni legate alla sicurezza della circolazione, il rispetto di accordi presi con le Amministrazioni interessate dall'intervento) non hanno consentito la piena rispondenza alle citate normative.

Queste situazioni verranno evidenziate nel dettaglio nel corso delle analisi sulle geometrie dei tracciati stradali studiati ed opportunamente commentate e giustificate.

3.2. CRITERI PROGETTUALI PRINCIPALI

3.2.1. Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

- (a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

Le curve circolari devono aver un raggio superiore al raggio minimo previsto dal DM 05/11/2001 che risulta:

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane secondarie TIPO C
- pari a 45 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO F

(b) *Relazione raggio della curva (R)/lunghezza del rettifilo (L) che la precede:*

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

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

Nel caso di passaggio da curve di raggio più grande a curve a curve di raggio più piccolo si dovrà fare riferimento all'abaco estratto dalla norma e riportato in figura 2;

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

$$L_{\max} = 22 \cdot V_{p,\max}$$

dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

La verifica è stata eseguita facendo riferimento alla tabella estratta dalla norma e riportata in Tabella 1; per velocità la norma intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato.

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

TABELLA 1 – LUNGHEZZA MINIMA DEI RETTIFILI IN RELAZIONE ALLA VELOCITÀ

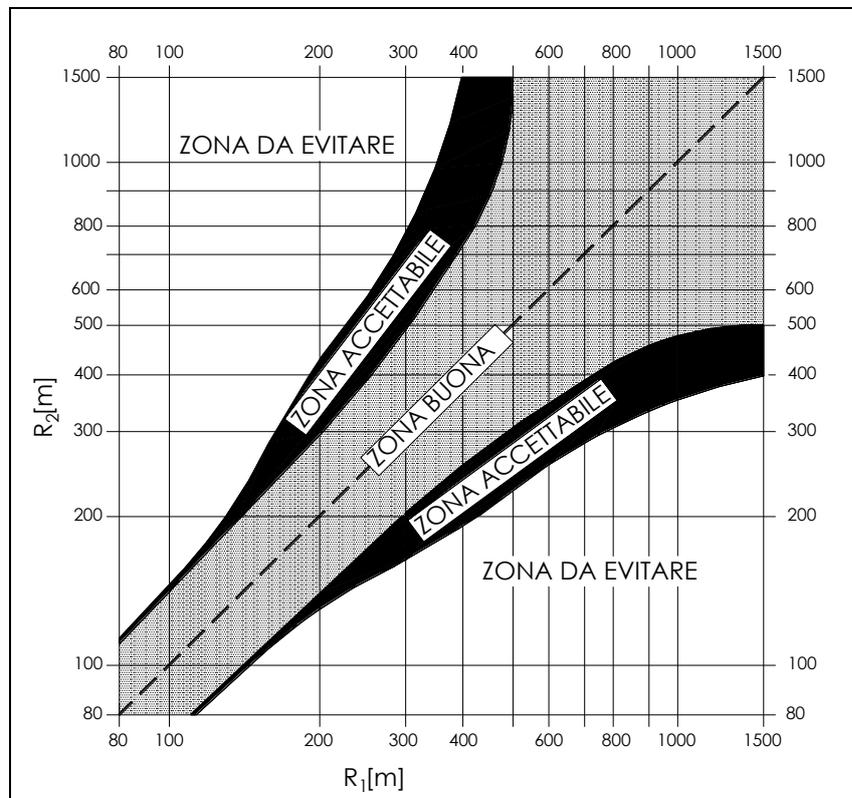


FIGURA 2 – ABACO DI KOPPEL (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

La norma prevede che per $V_{p,max} \leq 100$ km/h (e quindi per strade tipo C e F) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla $V_{p,max}$ a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h (f1). Inoltre, fra due curve successive (nel caso di $V_{p1} > V_{p2}$) tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h (f2).

La costruzione del diagramma di velocità lungo l'asse stradale è stata effettuata secondo quanto prescritto dal DM 05/11/2001 e di seguito riportato.

- La velocità è mantenuta costante lungo lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$;
- la velocità varia crescendo verso la velocità massima dell'intervallo di progetto lungo i rettifili, le clotoidi e gli archi con raggio non inferiore a $R_{2,5}$;
- Il valore di accelerazione e decelerazione è pari a 0,8 m/s². Tale valore è stato mantenuto invariato anche per i tratti in approccio alle intersezioni con schema a rotatoria.
- In corrispondenza delle rotatorie si è assunta una velocità di percorrenza pari a 30 km/h;
- La pendenza longitudinale non influenza la velocità di progetto.

(g) *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:

$$L_{c,\min} = 2.5 \cdot v_P$$

con v_P in m/s ed $L_{c,\min}$ in m.

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

Critero 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:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{g v R \cdot (q_f - q_i)}{c}}$$

dove:

- c = contraccollo;
- 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.

Ponendo $c = \frac{14}{v(m/s)} = \frac{50.4}{V(km/h)}$ si ottiene:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{v^4}{14} - \frac{g v^2 R \cdot (q_f - q_i)}{14}} = \frac{v}{\sqrt{14}} \sqrt{v^2 - g R \cdot (q_f - q_i)}$$

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

$$A_{\min} = \frac{V}{3,6\sqrt{14}} \sqrt{\frac{V^2}{12,96} - g R \cdot (q_f - q_i)}$$

Il DM 6792/2001 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_{\min} diventa, in questo caso:

$$A_{\min} = \frac{V^2}{12,96\sqrt{14}} = 0.0206125 \cdot V^2 \cong 0.021 \cdot V^2$$

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:

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

dove:

- B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;
- i_{\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;
- $q_i = \frac{i_{ci}}{100}$ dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale
- $q_f = \frac{i_{cf}}{100}$ con i_{cf} = pendenza trasversale finale
- $|q_i + q_f|$ è il valore assoluto della somma delle pendenze trasversali

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo e del successivo cerchio deve essere verificata 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.

Oltre ai criteri precedentemente descritti si è proceduto alla verifica del rapporto AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

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

3.2.2. Caratteristiche altimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo C (strade extraurbane secondarie), è pari al 7%.

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo F (strade extraurbane locali), è pari al 10%.

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica da effettuare di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

(j) *Raccordi verticali convessi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali convessi (dossi) viene determinato come di seguito:

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

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

- se invece $D > L$

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

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma $h_1 = 1.10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0.10$ m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1.10$ m.

(k) *Raccordi verticali concavi*

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot \rho + D \cdot \sin \vartheta}$$

se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta i} \cdot \left[D - \frac{100}{\Delta i} \cdot \rho + D \cdot \sin \vartheta \right]$$

dove:

- R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]
- D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento
- h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale
- ϑ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

Si pone di norma $h = 0.5$ m e $\vartheta = 1^\circ$.

La distanza di visibilità per il sorpasso è stata calcolata analogamente a quanto descritto per la verifica dei raccordi verticali convessi.

3.2.3. 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 dalle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (DM 05/11/2001, prot. N° 6792), lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, nel caso di strade ad unica carreggiata, con le seguenti distanze:

- **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.
- **Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso**, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra completa di sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

La **verifica di visibilità per l'arresto** consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto (determinate lungo l'intero sviluppo del tracciato sia in corsia di sorpasso che in corsia di marcia lenta adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di 0.10 m e collocando trasversalmente i punti di vista e di mira al centro della corsia) con le distanze di visuale libera per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale)

Il valore di aderenza adottato nel calcolo delle distanze di arresto è quello proposto dal D.M. 5/11/2001 (e precisati nello stesso testo della norma stessa, vedi anche tabella 2), riferito a condizioni di strada bagnata.

VELOCITA' (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
f_l	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

TABELLA 2 – DM 6792/2001, COEFFICIENTI DI ADERENZA IMPEGNABILE LONGITUDINALMENTE

Per il calcolo è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.2. del DM 05/11/2001. Si è valutata la distanza di arresto punto per punto (passo 10 metri) in funzione della velocità di progetto (secondo quanto specificato in precedenza) e della pendenza longitudinale con la seguente espressione:

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

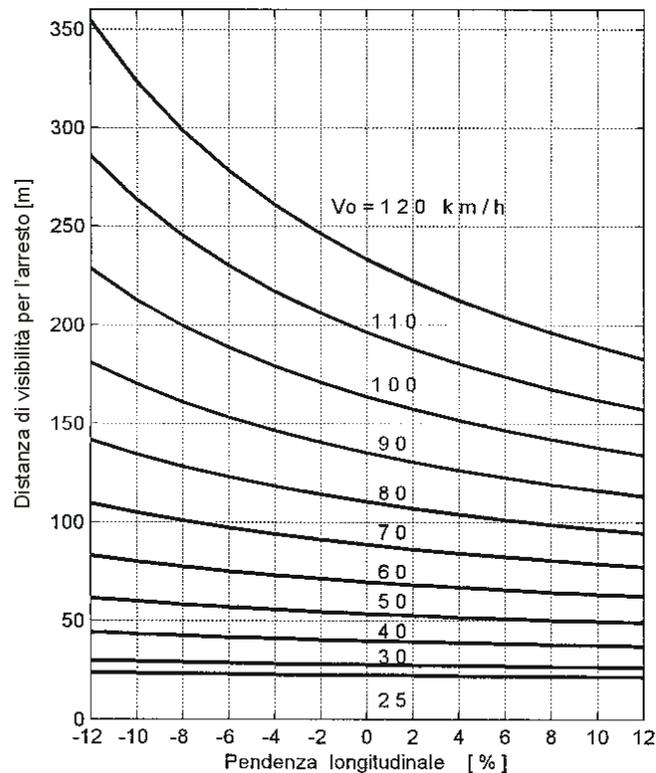
dove:

- D_1 = spazio percorso nel tempo τ
- D_2 = spazio di frenatura
- V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V_1 = velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
- τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s²]
- Ra = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- f_l = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r_0 = resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile [N/kg]

Per il tempo complessivo di reazione si sono assunti valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,4 s per 140 km/h, in considerazione della attenzione più concentrata alle alte velocità:

$$\tau = (2,8 - 0,01V) \quad [s] \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

Il D.M. 5/11/2001 definisce un abaco di correlazione tra la pendenza longitudinale e la distanza di arresto valido in condizione di pendenza costante. Nei tratti di variabilità di detta pendenza, ovvero in corrispondenza dei raccordi verticali, è stato assunto per essa il valore medio, così come suggerito dalla stessa normativa.



La **verifica di visibilità per il sorpasso** è stata condotta confrontando le distanze di visuale libera per il sorpasso con le corrispondenti distanze visibilità lungo tutto il tracciato.

Le distanze di visuale libera per il sorpasso sono state determinate considerando l'ostacolo mobile collocato nella corsia opposta, con altezza pari a 1,10.

Per il calcolo delle distanze di visibilità è stata utilizzata la formula riportata al paragrafo 5.1.3. del DM 05/11/2001:

$$D_s = 20 \times v = 5,5 V \quad [\text{m}]$$

dove:

- v = velocità del veicolo in [m/s], op. V in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità ed attribuita uguale sia per il veicolo in fase di sorpasso che per il veicolo proveniente in senso opposto.

3.2.4. Rappresentazione dei risultati

I risultati delle analisi sono riportati in forma tabulare nel capitolo che segue ed in forma grafica sintetica negli elaborati specifici allegati al presente progetto definitivo, nei quali sono riassunti, in funzione dello sviluppo longitudinale della strada, le seguenti informazioni:

- progressive;
- distanze ettometriche;
- andamento planimetrico;
- andamento altimetrico (profilo longitudinale);
- diagramma delle distanze di visuale libera e di visibilità per l'arresto e per il sorpasso per entrambi i sensi di marcia;
- diagramma delle velocità di progetto costruito secondo quanto prescritto dal D.M. 05/11/2001;
- rappresentazione grafica delle situazioni a norma (tratti in verde), fuori norma (tratti in rosso).

3.3. PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA

3.3.1. Intersezioni a rotatoria

Nella progettazione delle intersezioni a rotatoria vengono applicate le norme contenute nel DM 19 Aprile 2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

3.3.2. Tipologie

Si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna (limite della corona rotatoria, in riferimento alla Fig. 1):

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

Per sistemazioni con "circolazione rotatoria", che non rientrano nelle tipologie su esposte il dimensionamento e la composizione geometrica debbono essere definiti con il principio dei tronchi di scambio tra due bracci contigui. In questi casi le immissioni devono essere organizzate con appositi dispositivi.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di minirotatorie con diametro esterno compreso tra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordature non sormontabili dell'isola centrale.

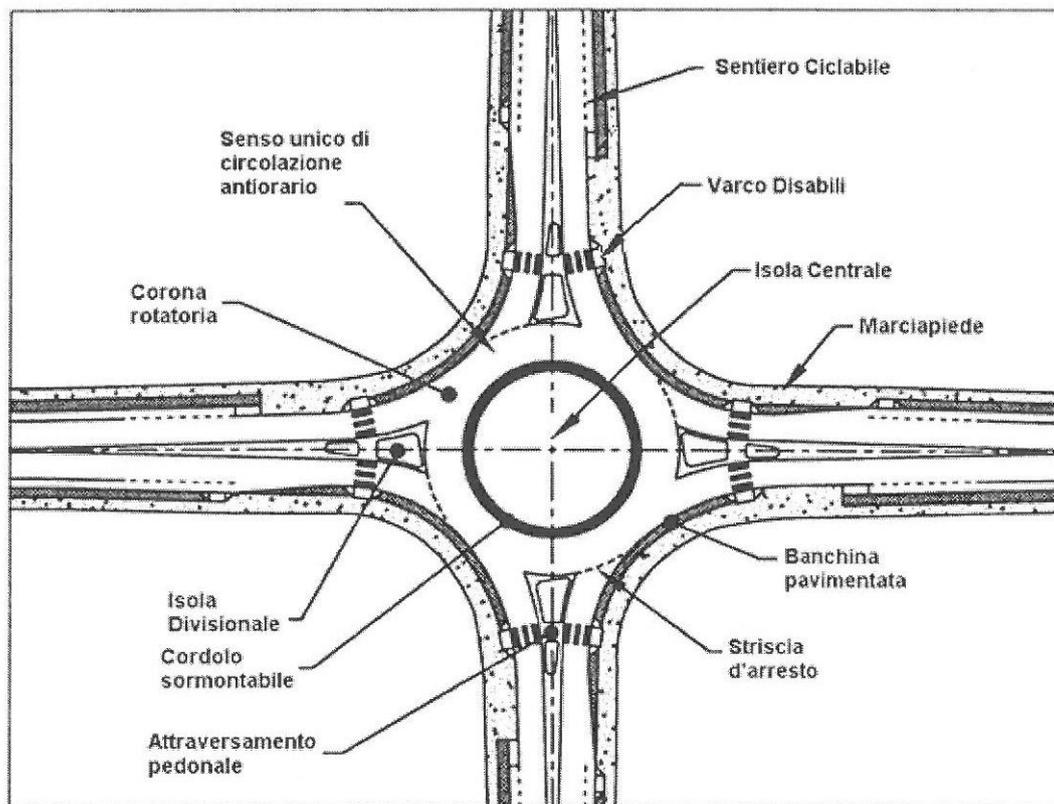


FIGURA 1

In base alla classificazione riportata nel capitolo 3 del DM 19 Aprile 2006, in ambito extraurbano l'adozione di minirotatorie viene limitata agli incroci di tipo F/F tra strade locali, mentre le rotatorie compatte sono consentite per gli incroci tipo C/C, C/F e F/C.

Un'intersezione stradale risolta a rotatoria va accompagnata da strumenti di regolazione della velocità nei rami di approccio, ipotizzando l'arresto del veicolo nei punti di ingresso, e sviluppando tutte le conseguenti verifiche di visibilità.

3.3.3. Larghezza delle corsie

Con riferimento alla figura 1, si definiscono le larghezze degli elementi modulari delle rotatorie, secondo quanto indicato nella Tabella 1.

<i>Elemento modulare</i>	<i>Diametro esterno della rotatoria (m)</i>	<i>Larghezza corsie (m)</i>
<i>Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia</i>	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00

	Compreso tra 25 e 40	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

(*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(**) organizzati al massimo con due corsie.

TABELLA 1

3.3.4. Geometria delle rotatorie

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

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β (vedi Fig.2). Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata $R_{e,2}$, un incremento b pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione β di almeno 45°

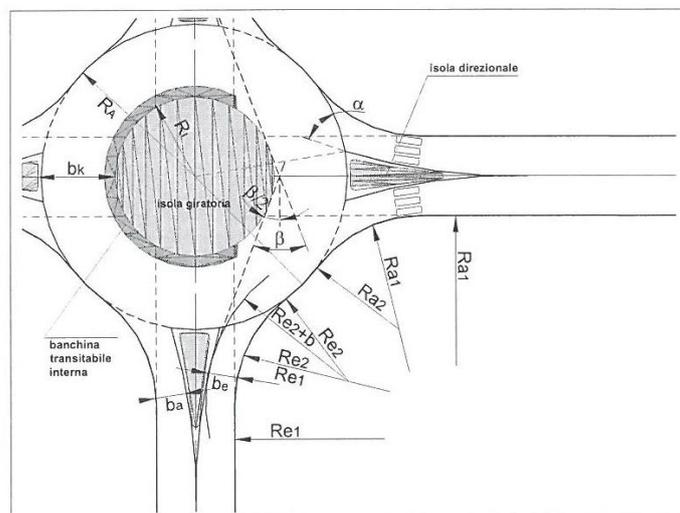


FIGURA 2 – ELEMENTI DI PROGETTO E TIPIZZAZIONE DELLE ROTATORIE

3.4. DISTANZA E VISIBILITÀ NELLE INTERSEZIONI A RASO

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

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

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

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

$$D = v \times t$$

In cui:

v = velocità di riferimento [m/s], pari al valore della velocità di progetto caratteristica del tratto considerato o, in presenza di limiti impositivi di velocità, dal valore prescritto dalla segnaletica;

t = tempo di manovra pari a:

- In presenza di manovre regolate da precedenza: 12 s
- In presenza di manovre regolate da stop: 6 s

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

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

All'interno del triangolo di visibilità non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato. Si considerano ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi la massima dimensione planimetrica superiore a 0,8 m.

Negli incroci a rotatoria, i conducenti che si approssimano alla rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata nella figura 3, posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

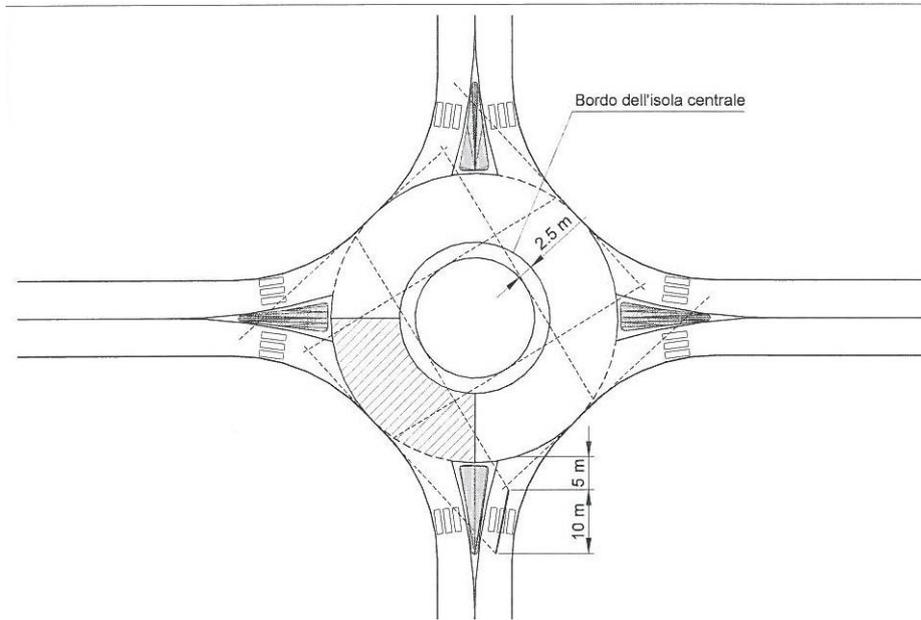


FIGURA 3 – CAMPI DI VISIBILITÀ IN UN INCROCIO A ROTATORIA.

4. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO

4.1. ASSI STRADALI

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05/11/2001.

4.1.1. Andamento planimetrico

I risultati di analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05/11/2001 sono riassunti negli allegati alla presente relazione.

4.1.2. Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette degli assi in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive per strade di categoria C – strade secondarie extraurbane di non superare la pendenza del 7% e per le strade di categoria F – strade extraurbane locali di non eccedere il 10%.

Nelle tabelle a seguire vengono riportati i risultati della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata con riferimento alla velocità desunta dal diagramma di velocità dell'asse stradale.

Risulta infatti che il valore del raggio del raccordo verticale è sempre maggiore a quello minimo imposto dalla normativa.

1. Asse A

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
1	25.000	14.250	7.000	7.000	-2.000	-0.140	7.001	7.001
2	195.000	14.000	170.000	153.209	-0.147	-0.250	170.000	153.209
3	500.000	15.600	305.000	270.094	0.525	1.600	305.004	270.098
4	750.000	15.100	250.000	206.128	-0.200	-0.500	250.000	206.129
5	875.850	14.200	125.850	65.221	-0.715	-0.900	125.853	65.223
6	1195.000	14.700	319.150	194.321	0.157	0.500	319.150	194.321

7	1737.850	27.759	542.850	75.331	2.406	13.059	543.007	75.353
8	2333.030	13.450	595.180	148.678	-2.404	-14.309	595.352	148.721
9	2850.000	13.750	516.970	446.931	0.058	0.300	516.970	446.931
10	3560.543	13.850	710.543	709.444	0.014	0.100	710.543	709.444

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	5000.000	0.672	33.583	178.209	211.791	33.582	70.320	635.921
5	Par	5000.000	-0.725	36.230	481.885	518.115	36.230	100.000	1286.0082
6	Par	10000.000	-0.515	51.514	724.243	775.757	51.514	100.000	1286.0082
7	Par	8000.000	0.872	69.745	840.978	910.722	69.744	100.000	1286.0082
8	Par	8000.000	2.249	179.933	1105.043	1284.957	179.914	100.000	1486.025
9	Par	15700.000	-4.810	755.197	1360.288	2115.412	755.124	100.000	8121.114
10	Par	5600.000	2.462	137.893	2264.090	2401.970	137.880	100.000	2463.381
11	Par	5000.000	-0.044	2.198	2848.901	2851.099	2.198	100.000	1286.0082

4.1.3. Verifiche di visibilità

La definizione dell'asse stradale ha seguito un percorso iterativo di successivi affinamenti finalizzati all'ottimizzazione del progetto in relazione:

- Alla congruenza geometrica degli elementi componenti il tracciato, sia per quanto riguarda la loro successione, sia per gli aspetti cinematici che regolano le effettive velocità di percorrenza dell'asse;
- Alla verifica delle visuali libere, attraverso la definizione degli opportuni allargamenti in curva.

In pratica, si è proceduto prima ad uno studio per l'ottimizzazione della composizione degli elementi del tracciato in modo tale che fossero coordinati e compatibili con le velocità di progetto, successivamente si è proceduto all'analisi delle visuali libere confrontando le distanze minime da garantire lungo il tracciato in base al diagramma di velocità e all'andamento altimetrico, confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate. La verifica da esisto positivo se la distanza minima calcolata è minore di quella disponibile. Di conseguenza sono state identificate le criticità di ostacolo e quindi definiti gli opportuni allargamenti della piattaforma stradale.

Questo processo è stato sviluppato per ogni curva del tracciato, su entrambe le direttrici di marcia.

La verifica delle visuali libere è stata sviluppata mediante l'utilizzo di un applicativo Autocad che, partendo da un modello 3D della strada, comprensivo degli ostacoli fissi limitanti la visibilità è in grado di stimare le distanze di visuali disponibili, valutando di fatto gli effetti combinati dell'andamento planimetrico e dell'altimetria del tracciato ai fini della percezione che l'utente ha della strada. Il programma traccia tutti i raggi di visione a partire dall'asse della singola corsia, arrestandole in corrispondenza del primo ostacolo incontrato, sia esso il pavimentato od un ostacolo posizionato marginalmente alla carreggiata. Di seguito, in base al diagramma di velocità ed all'andamento altimetrico, il programma calcola le relative distanze minime

da garantire lungo il tracciato, che saranno confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate secondo il procedimento grafico esposto prima.

In termini di visibilità planimetrica la distanza di visuale libera risulta quasi sempre compatibile con la distanza necessaria per l'arresto, ad eccezione della curve di raggio $R= 250,00$ m in cui si reso necessario allargare la piattaforma stradale. I valori dell'allargamento sono riportati negli appositi elaborati di progetto ('PD_0_C08_CCS08_0_SD_FL_01_A "PROFILI LONGITUDINALI 1" e PD_0_C08_CCS08_0_SD_SZ_01_A " SEZIONI TRASVERSALI ASTA PRINCIPALE - QUADERNO")

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche di ottemperanza al DM. 5/11/2001, sviluppati separatamente per le due corsie di marcia, vengono riportate le analisi di visuale libera svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva (vedi elaborato n° 'PD_0_C08_CCS08_0_SD_DV_01_A DIAGRAMMI DI VELOCITA' E VISIBILITA' ASTA PRINCIPALE).

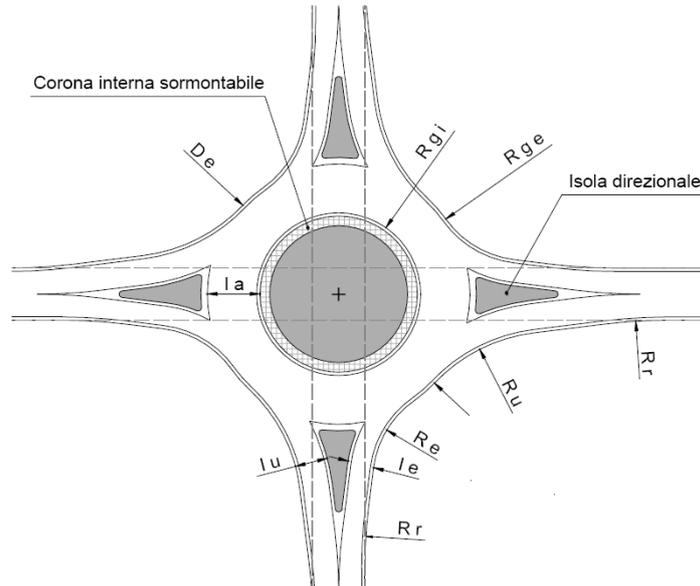
4.2. INTERSEZIONI A ROTATORIA

4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "C08-1" sull'intersezione tra la S.C. Salde Entrà e la nuova viabilità di collegamento al polo industriale di Finale Emilia; Rest= 25,00 m;
2. Rotatoria "C08-2" sull'intersezione tra la nuova viabilità di collegamento al polo industriale di Finale Emilia e la S.P.2 "Panaria Bassa"; Rest= 23,50 m;

Tutte le rotatorie presentano una larghezza dell'anello giratorio pari a 7.00 m composto da due banchine da 0.50 m e una corsia di circolazione pari a 6.00 m.



ELEMENTI DI PROGETTO DELLE ROTATORIE

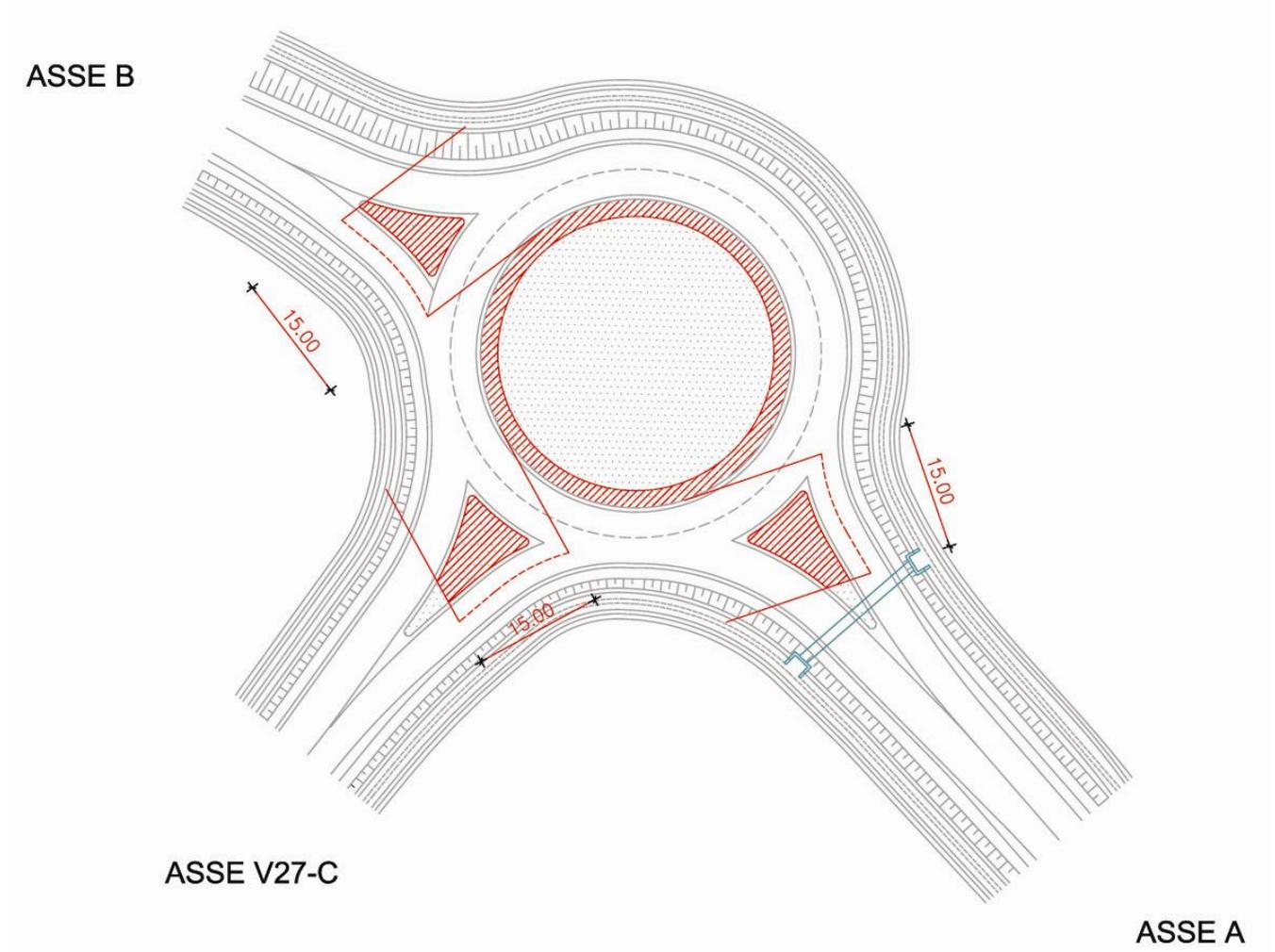
4.2.2. Analisi delle Visibilità

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

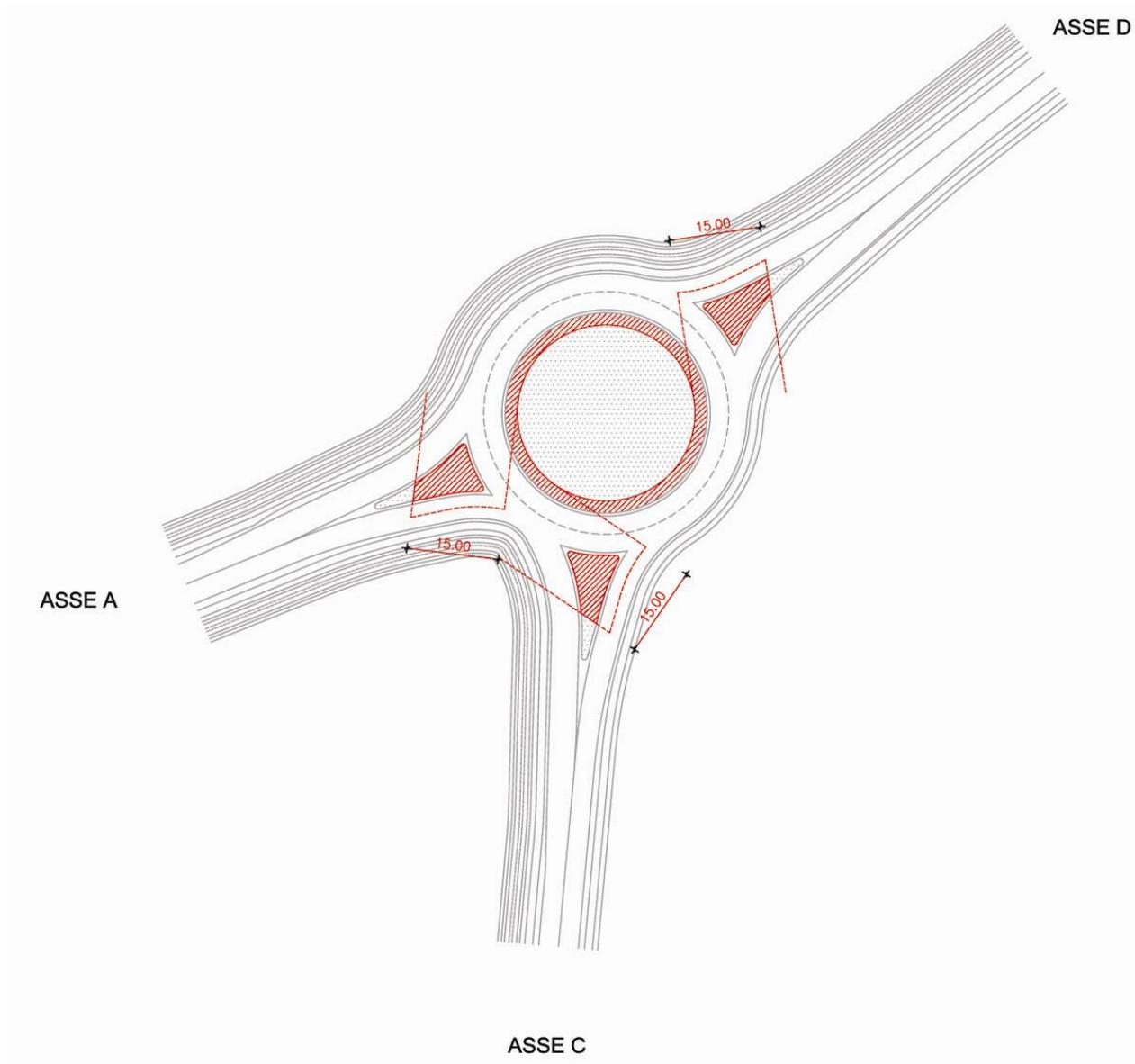
- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotonda (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

Nella corona giratoria è stato previsto comunque di lasciare libera da ogni tipologia di ostacolo una fascia di larghezza pari a 2.0m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile. Il risultato è rappresentato nelle figure riportate di seguito in cui sono rappresentate le superfici nelle quali non devono essere previsti ostacoli di altezza superiore ad 1.0m.

Verifica visibilità Rotatoria "C07-1":



Verifica visibilità Rotatoria "C07-2":



Dalle verifiche sopra effettuate si evince che nelle aree evidenziate non sono presenti ostacoli che impediscono la visibilità dei veicoli in ingresso in rotatoria.

Relativamente a dette aree, il progetto non prevede l'installazione di alcun dispositivo o la realizzazione di alcun manufatto che non consenta all'utente in approccio alla rotatoria di non avere una corretta percezione del quarto di anello alla sua sinistra.

Pertanto si ritengono verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.

5. ALLEGATI

C08 -A

Dati generali sul tracciato C08-01BIS

Progressiva Iniziale (m): 0.00000000
Progressiva Finale (m): 3584.04335224

Lunghezza (m) : 3584.04335224

Rettifilo 1 Progi 0.00000000 - ProgF 622.52880465

Coordinate P.to Iniziale X: 218730.54844862
Y: 200698.17298573

Coordinate P.to Finale X: 219137.69919780
Y: 200227.24795980

Lunghezza : 622.52880465

Azimut : 310.8459

Curva 2 Destra Progi 622.52880465 - ProgF 727.47197399

Coordinate vertice X: 219172.01732524

Coordinate I punto Tg X: 219137.69919780
Coordinate I punto Tg Y: 200227.24795980

Coordinate vertice Y: 200187.55439400

Coordinate II punto Tg X: 219205.93702443
Coordinate II punto Tg Y: 200147.51982089

Tangente Prim. 1: 52.47202147

TT1 Tangente 1: 52.47202147

Tangente Prim. 2: 52.47202147

TT2 Tangente 2: 52.47202147

Alfa Ang. al Vert.: 179.4274

Numero Archi : 1

C08 -A

Arco		ProgI 622.52880465 - ProgF 727.47197399			
Coordinate vertice	X:	219172.01732524	Coordinate I punto	Tg X:	219137.69919780
Coordinate vertice	Y:	200187.55439400	Coordinate I punto	Tg Y:	200227.24795980
Coordinate centro curva	X:	211194.75304751	Coordinate II punto	Tg X:	219205.93702443
Coordinate centro curva	Y:	193359.96272810	Coordinate II punto	Tg Y:	200147.51982089
Raggio	:	10500.00000000	Angolo al vertice	:	0.5726
Tangente	:	52.47202147	Sviluppo	:	104.94316935
Saetta	:	0.13110769	Corda	:	104.94273256
Pt (%)	:	0.0			

Rettifilo 3		ProgI 727.47197399 - ProgF 1923.766666543			
Coordinate P.to Iniziale	X:	219205.93702443	Coordinate P.to Finale	X:	219979.26259757
	Y:	200147.51982089		Y:	199234.78297673
Lunghezza	:	1196.29469143	Azimut	:	310.2733

C08 -A

Arco		ProgI 1990.43333209 - ProgF 2652.89201147				
Coordinate vertice	X:	220277.46850571	Coordinate I punto	Tg	X:	220023.28662946
Coordinate vertice	Y:	198916.47133831	Coordinate I punto	Tg	Y:	199184.73190404
Coordinate centro curva	X:	220458.82558132	Coordinate II punto	Tg	X:	220631.40759427
Coordinate centro curva	Y:	199597.41316289	Coordinate II punto	Tg	Y:	199022.76940472
Raggio	:	600.00000000	Angolo al vertice	:		63.2601
Tangente	:	369.55670382	Sviluppo	:		662.45867938
Saetta	:	89.12892014	Corde	:		629.31944117
Pt (%)	:	5.7				

Clotoide in uscita		ProgI 2652.89201147 - ProgF 2719.55867814				
Coordinate vertice	X:	220652.69695447	Coordinate I punto	Tg	X:	220631.40759427
Coordinate vertice	Y:	199029.16321060	Coordinate I punto	Tg	Y:	199022.76940472
Raggio	:	600.00000000	Coordinate II punto	Tg	X:	220694.49439660
Parametro N	:	1.00000000	Coordinate II punto	Tg	Y:	199044.29335959
Parametro A	:	200.00000000	Angolo	:		3.1831
Scostamento	:	0.30860796	Tangente lunga	:		44.45163188
Pti (%)	:	5.7	Tangente corta	:		22.22875641
			Sviluppo	:		66.66666667
			Pti (%)	:		-2.5

C08 -A

Rettifilo 5 Progi 2719.55867814 - ProgF 3584.04335224					
Coordinate P.to Iniziale	X: Y:	220694.49439660 199044.29335959	Coordinate P.to Finale X: Y:	221507.36102506 199338.54086783	
Lunghezza	:	864.48467410	Azimut	:	19.8996