

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

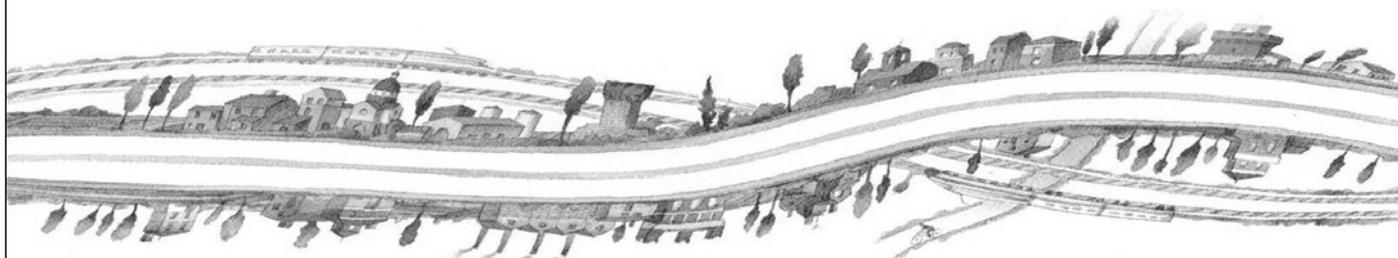
### ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI)

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' INTERFERITA

V27 - VIABILITA' DI COLLEGAMENTO TRA LA SP 468 E LA SC SALDE ENTRA'

RELAZIONE DESCRITTIVA DEL TRACCIATO



IL PROGETTISTA

Ing. Antonio De Fazio  
Albo Ina Prov. Bologna n°3696



RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE	Azzolini	De Fazio	Salsi
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
1825	PD	0	V27	VCS27	0	SD	RG	01	A

DATA: MAGGIO 2012

SCALA: -

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	3
<b>2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE</b> .....	4
2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo .....	9
2.1.1. Svincoli e rotatorie .....	12
2.2. Andamento planimetrico .....	13
2.3. Andamento altimetrico .....	13
<b>3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI</b> .....	15
3.1. Inquadramento Normativo .....	15
3.2. Criteri progettuali principali .....	16
3.2.1. Caratteristiche planimetriche .....	16
3.2.2. Caratteristiche altimetriche .....	20
3.2.3. Analisi di visibilità .....	22
3.2.4. Rappresentazione dei risultati .....	25
3.3. Progettazione delle intersezioni a rotatoria rotatoria .....	25
3.3.1. Intersezioni a rotatoria .....	25
3.3.2. Tipologie .....	25
3.3.3. Larghezza delle corsie .....	26
3.3.4. Geometria delle rotatorie .....	27
3.4 Distanza e visibilità nelle intersezioni a raso .....	28
<b>4. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	30
4.1. Assi stradali .....	30
4.1.1. Andamento planimetrico .....	30
4.1.2. Andamento altimetrico .....	30
4.1.3. Verifiche di visibilità .....	31
4.2. Intersezioni a rotatoria .....	32

4.2.1.	Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie .....	32
4.2.2.	Analisi delle Visibilità .....	33
<b>5.</b>	<b>ALLEGATI</b> .....	<b>35</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto definitivo della viabilità di collegamento della rotatoria prospiciente il casello di San Felice sul Panaro – Finale Emilia sino alla rotatoria posta sul lato nord dell'asse Autostradale posta sull'asse della variante Strada comunale Salde-Entrà. L'intervento in oggetto, individuato dalla WBS V27, è inserito 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

---

L'intervento si colloca nel comune di Massa Finalese e costituisce un tratto di variante della S.P. 468 che si sviluppa dalla rotatoria posta all'accesso della *nuova autostazione di San Felice sul Panaro – Finale Emilia* raggiungendo una prima rotatoria posta sull'asse della *Strada Comunale Salde-Entrà* dalla quale si diramerà un ramo, in variante, in direzione Nord che sottopasserà la sede Autostradale per raggiungere una seconda rotatoria, sempre sull'asse della *Strada comunale Salde-Entrà*, facente parte della WBE C-08.

La nuova viabilità si propone di realizzare un nuovo itinerario atto a favorire la fruibilità del succitato casello drenando nel contempo il traffico dalla viabilità esistente, 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 della rotatoria di accesso all'autostazione di *San Felice sul Panaro – Finale Emilia* e l'immissione nella seconda rotatoria sull'asse della *strada comunale Salde-Entrà* facente parte della WBE C08.

In particolare, gli interventi si possono suddividere:

1. Realizzazione di un tratto di viabilità di collegamento, con caratteristica di Categoria C2 tra la rotatoria di accesso all'*autostazione di San Felice Sul Panaro – Finale Emilia* e la rotatoria "V27-1" posta sull'asse della *Strada comunale Salde-Entrà*. L'asse progettuale inserito nell'intervento è: asse V27-A;
2. Nuova rotatoria "V27-1" a raso, posizionata sull'asse della *strada comunale Salde-Entrà* collegante la stessa con i tratti di viabilità di cui al precedente punto 1. Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: asse V27-A, V27-B, V27-C e V27-1-D;
3. Realizzazione di un tratto di viabilità di collegamento, in variante alla *strada comunale Salde-Entrà*, con caratteristica di Categoria C2 tra la rotatoria "V27-1" e la rotatoria "C08-1", quest'ultima facente parte della WBE C-08. L'asse progettuale inserito nell'intervento è: asse V27-C.

In relazione ai punti fissi definiti dalle rotatorie citate è possibile individuare i diversi assi stradali che concorrono a formare il sistema viario del "Variante alla Strada Provinciale n°468 di Correggio".

Di seguito viene fatta una breve descrizione dell'intervento.

Caratteristiche geometriche e funzionali del tracciato

Il tracciato ha inizio con l'intersezione tra la nuova viabilità e la rotatoria di servizio dell'Autostazione di San Felice Sul Panaro – Finale Emilia e termina all'ingresso della seconda rotatoria posta sul tratto in variante della S.C. "Salde Entra" a nord del sedime autostradale.

#### Asse A

L'asse A costituisce la parte principale dell'intervento e si sviluppa tra la rotatoria di collegamento all'Autostazione di San Felice Sul Panaro – Finale Emilia e termina all'innesto nella prima rotatoria posta sul tratto in variante della S.C. "Salde Entra". La nuova viabilità si stacca dalla rotatoria nei pressi dell'Autostazione e dopo un breve rettilineo di circa 138 metri piega verso nord con una curva di 245 m di raggio interposta tra raccordi clotoïdali simmetrici per poi proseguire sempre in direzione nord-est con un rettilineo della lunghezza di 147 m che immette in un'ampia curva con sviluppo in direzione sud-est di raggio pari a 320 m. interposta tra raccordi clotoïdali simmetrici, di parametro pari 142,70 e di sviluppo di 63,46, che la pone parallela alla sede autostradale. Proseguendo verso Est il tracciato si sviluppa sempre parallelamente all'autostrada sovrappassando una pista ciclabile, per poi allontanarsi dalla stessa dopo circa 1.350 m. dall'origine dell'asse, piegando leggermente verso sud con una curva di 600 m di raggio interposta tra raccordi clotoïdali simmetrici di parametro pari a 200 e di sviluppo di 66,67 m., per confluire tramite un preve rettilineo in una prima nuova rotatoria posta sull'asse della S.C. "Salde Entra". Per quanto riguarda l'andamento altimetrico, l'asse A presenta dalla sua origine un'andamento discendente per i primi 650 m. circa con una pendenza pari allo 0,396%. Da quel punto il tracciato inizia a risalire per sovrappassare la pista ciclabile interferente posta alla 1+036,57 prima con un livelletta della lunghezza di 227 m. circa con una pendenza pari allo 0,744% poi con una seconda della lunghezza di 163,50 circa con una pendenza del 2,21% scavalcando la ciclabile. I raggi di raccordo verticale adottati per questo scavalco sono pari a 3800 m. per quello convesso e rispettivamente a 2000 m. e 3700 m. per quelli concavi. Il tracciato ridiscende con una livelletta con pendenza del 3% della lunghezza di circa 186 m. per portarsi ad una quota prossima al piano di campagna per poi raggiungere la rotatoria sulla strada Salde Entrà con una livelletta in leggera salita (pendenza 0,138%) della lunghezza di circa 385 m. Il tracciato è compreso completamente in rilevato. Altimetricamente la quota rossa, per la tratta tra l'Autostazione di San Felice Sul Panaro – Finale Emilia e la prima rotatoria sulla S.C. "Salde Entrà", si mantiene entro valori compresi tra i 70 cm ed 1 m rispetto al piano campagna; la livelletta si alza solamente per sovrappassare la pista ciclabile interferente raggiungendo valori massimi di poco superiori ai 4,80 m. per poi riportarsi nuovamente ai valori predetti.

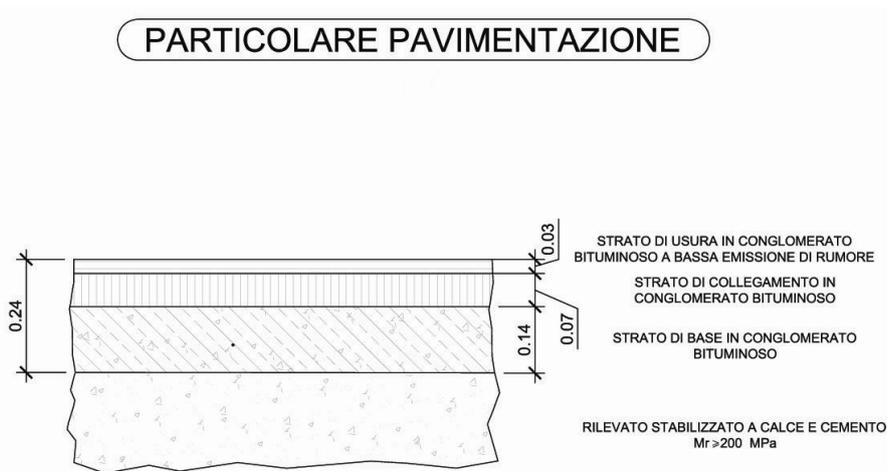
#### Assi B, C e D

Gli assi B e C costituiscono rispettivamente un tratto in di collegamento tra la S.C. Salde Entrà e la nuova rotatoria e un tratto in variante alla stessa S.C. Salde Entrà che sottopasserà la sede autostradale confluendo nella rotatoria C08-1 non compresa nel presente intervento. L'asse D è l'asse della prima rotatoria sulla S.C. Salde Entrà. 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 evapotraspirazione.

Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista pari ad 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 anticapillare, 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.



**FIGURA 1-2 - COMPOSIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE**

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

**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 potrà 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:

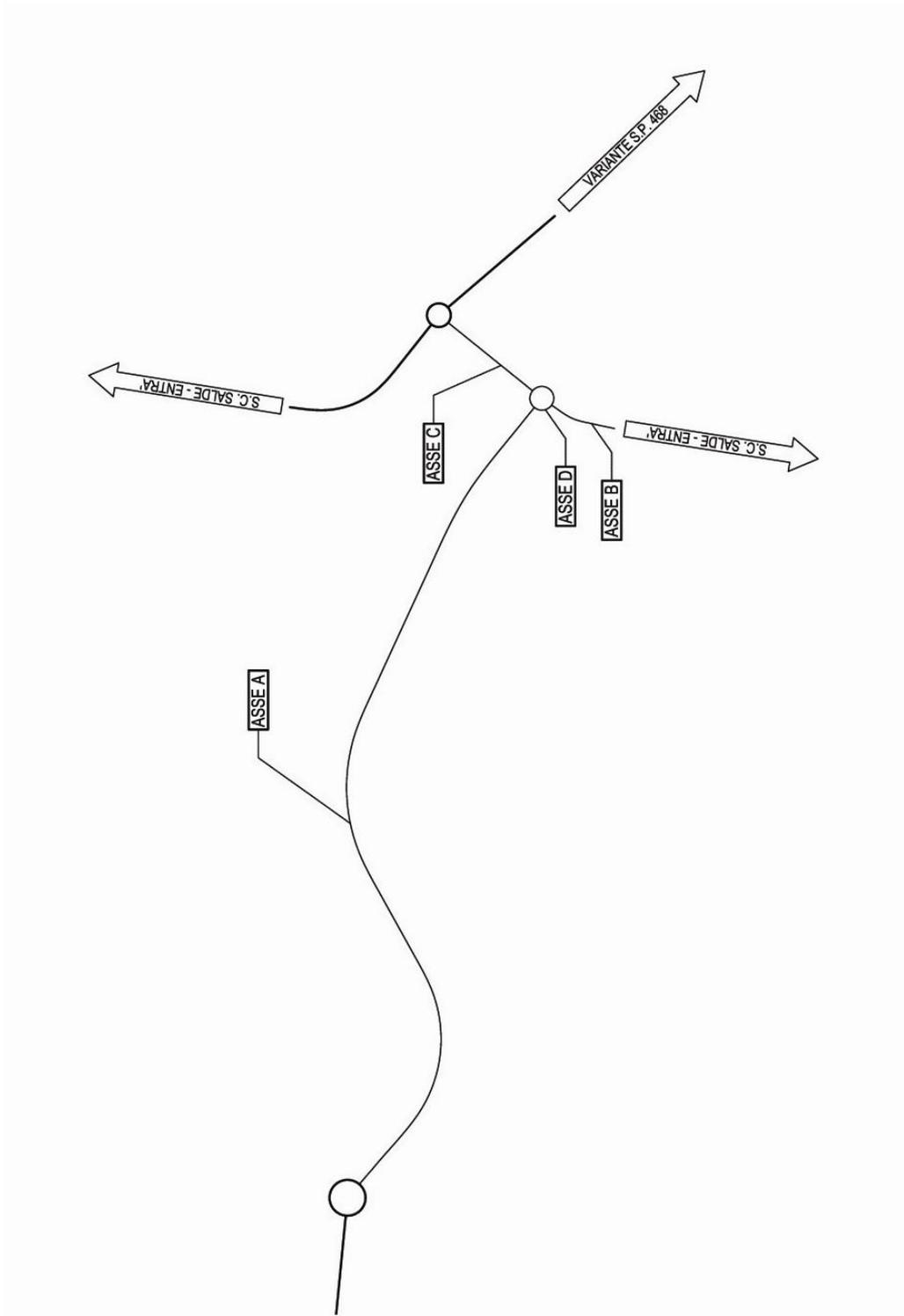
<b>Parametro</b>	<b>Annotazione</b>	<b>Valori adottati diametro 50 m</b>
Raggio esterno	Rg	25.00 m
Larghezza anello	La	7.00 m
Raggio interno	Ri	18.00 m
Raggio entrata	Re	20.00 m
Larghezza via entrata	Le	5.00 m
Raggio uscita	Rs	30.00 m
Larghezza via uscita	Ls	5.50 m
Fascia sormontabile	Sf	0,00m

**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



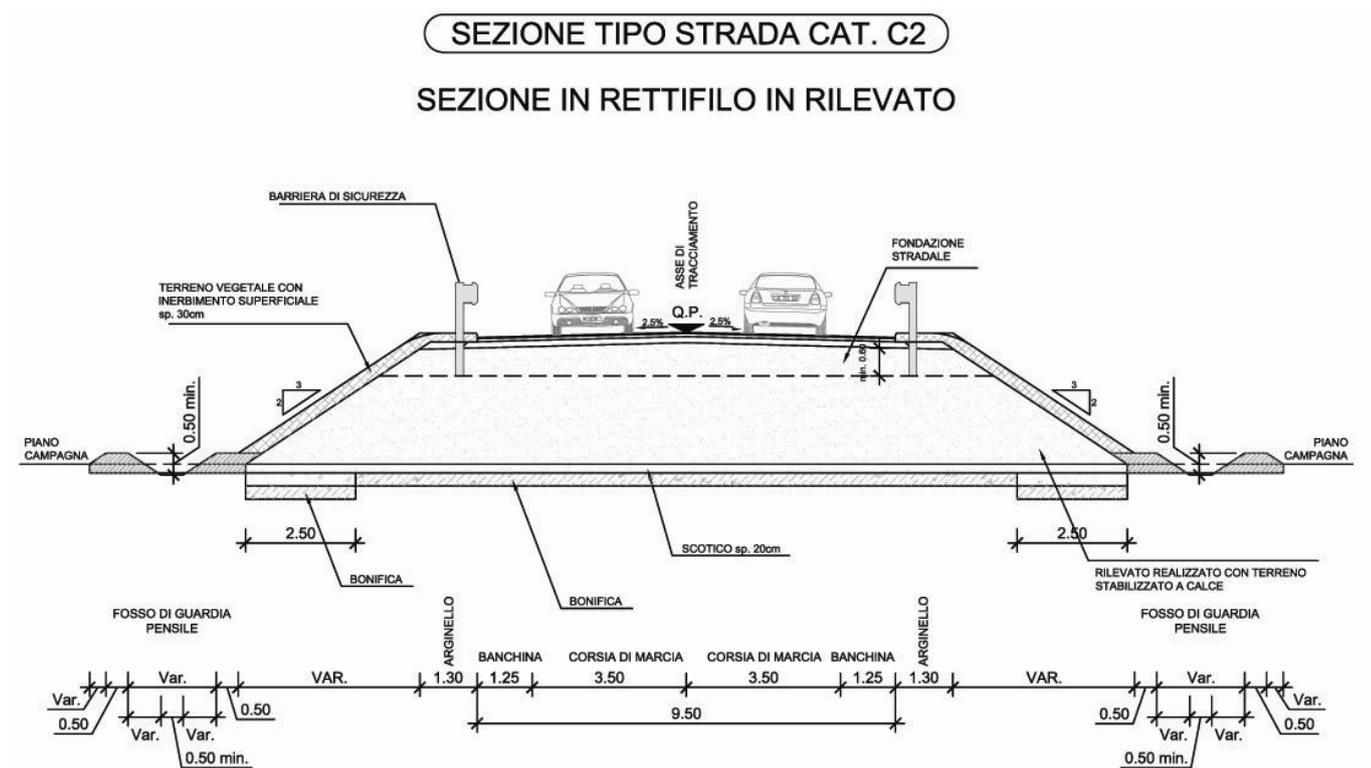
*Schema assi di tracciamento*

## 2.1. 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 gli assi principale "A" e "C", 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 2.1-1- 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:

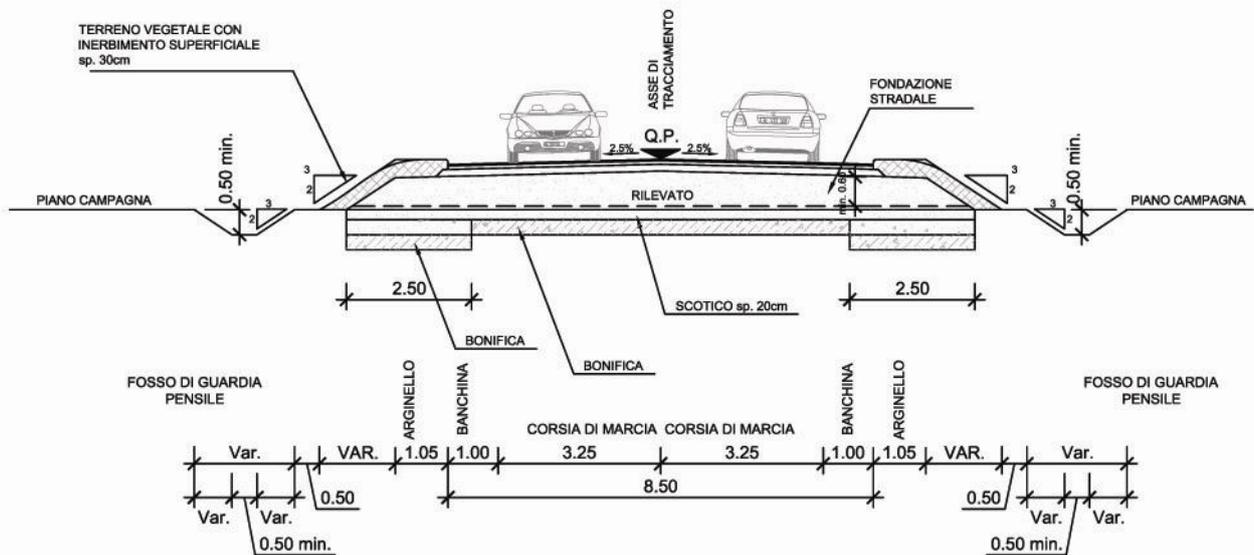
1. Strada tipo F1 extraurbana (asse F):
  - Larghezza totale della piattaforma: L= 9,00 m;
  - Larghezza corsie: L= 3,50 m;
  - Banchine pavimentate: L= 1,00 m;
2. Strada tipo F2 extraurbana (asse H):
  - Larghezza totale della piattaforma: L= 8,50 m;
  - Larghezza corsie: L= 3,25 m;
  - Banchine pavimentate: 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 2.1-2- 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.

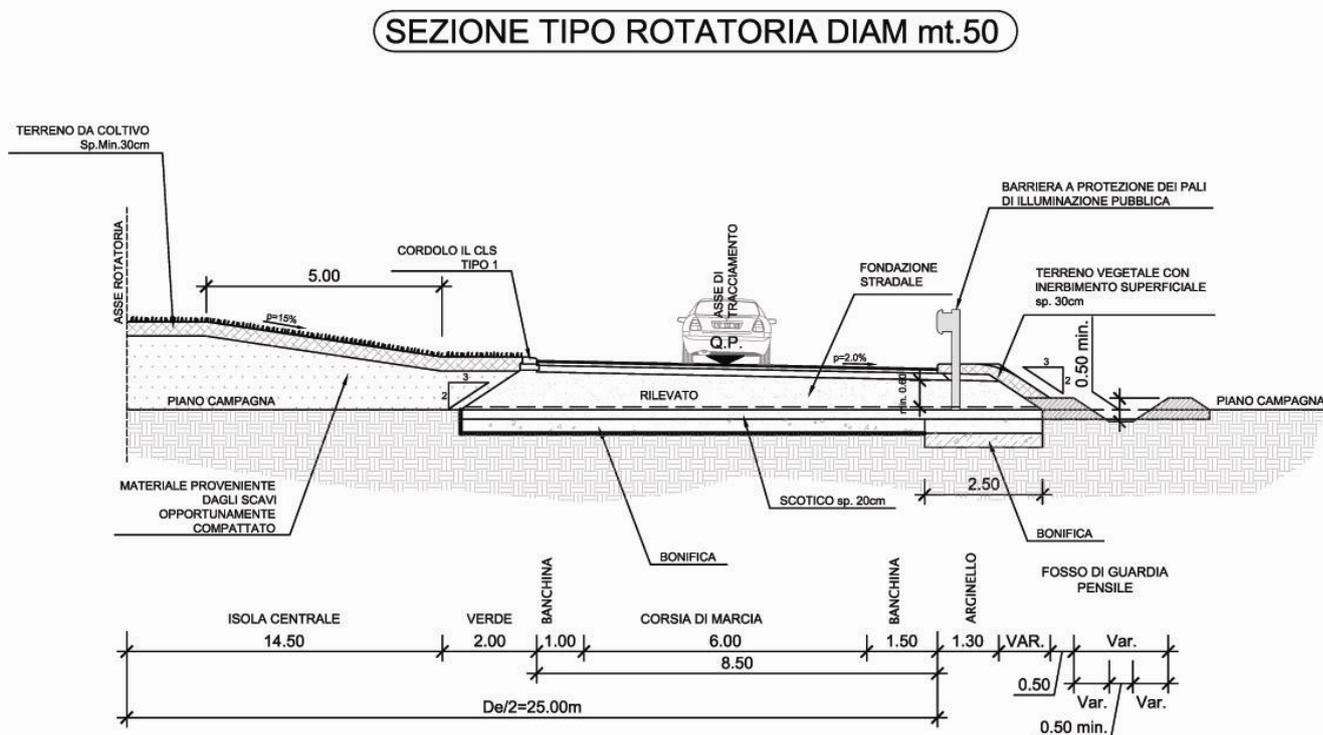
**2.1.1. Svincoli e rotonde**

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una rotonda a raso ubicata in prossimità dell'attraversamento in sottopasso della sede autostradale da parte del tratto in variante della strada comunale Salde Entrà ed è denominata V27-1.

La rotonda è caratterizzata da raggio un 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.

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).



**FIGURA 2.1.1-3- ESEMPIO DI SEZIONE TIPO IN ROTATORIA DE 50M.**

Per i rami di ingresso ed uscita delle rotonde, 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.

## 2.2. ANDAMENTO PLANIMETRICO

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

## 2.3. 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  $\Delta i$ , 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	32.4930	16.5800	0.1500	0.1500	-113.333	-0.170	0.2267	0.2267
2	40.4930	16.4200	8.0000	8.0000	-2.0000	-0.160	8.0016	8.0016
3	647.9867	13.9497	607.4937	595.6860	-0.4066	-2.470	607.4987	595.6909
4	874.5470	15.7036	226.5603	200.3926	0.7741	1.7539	226.5671	200.3986
5	1038.0855	19.3180	163.5385	50.1859	2.2101	3.6144	163.5784	50.1981
6	1224.0488	13.7391	185.9633	28.9171	-3.0000	-5.578	186.0470	28.9301
7	1608.6365	14.2700	384.5877	326.5341	0.1380	0.5309	384.5880	326.5344

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	$\Delta i$ (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	2000.0000	1.1808	23.6156	636.1790	659.7944	23.6154	96.1420	1188.6930
5	Par	2000.0000	1.4360	28.7235	860.1870	888.9071	28.7201	88.2800	1002.2323
6	Par	3800.0000	-5.210	198.0091	939.0929	1137.0781	197.9852	80.0000	3697.7376
7	Par	3700.0000	3.1380	116.1239	1165.9952	1282.1024	116.1072	96.1420	1188.6930

**2. Asse B**

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
3	25.0000	14.2700	7.0000	7.0000	-2.0000	-0.1400	7.0014	7.0014
4	52.1500	13.2500	27.1500	11.5947	-3.7569	-1.0200	27.1692	11.6029
5	97.6300	13.3100	45.4800	25.8971	0.1319	0.0600	45.4800	25.8971
6	141.5600	13.2500	43.9300	30.9282	-0.1366	-0.0600	43.9300	30.9282
7	213.8488	13.8000	72.2888	63.3146	0.7608	0.5500	72.2909	63.3165

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	$\Delta i$ (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	800.0000	3.8888	31.1177	36.5947	67.7053	31.1107	40.0000	430.3356
5	Par	3000.0000	-0.2685	8.0552	93.6024	101.6576	8.0552	100.0000	1286.0082
6	Par	2000.0000	0.8974	17.9485	132.5858	150.5342	17.9484	100.0000	1286.0082

### 3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

---

#### 3.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

---

Prima di entrare nel dettaglio delle verifiche condotte nell'ambito della progettazione degli assi e bene fare una premessa di inquadramento normativo dell'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 esistenti 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 rettilo (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 3.2.1-;

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

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

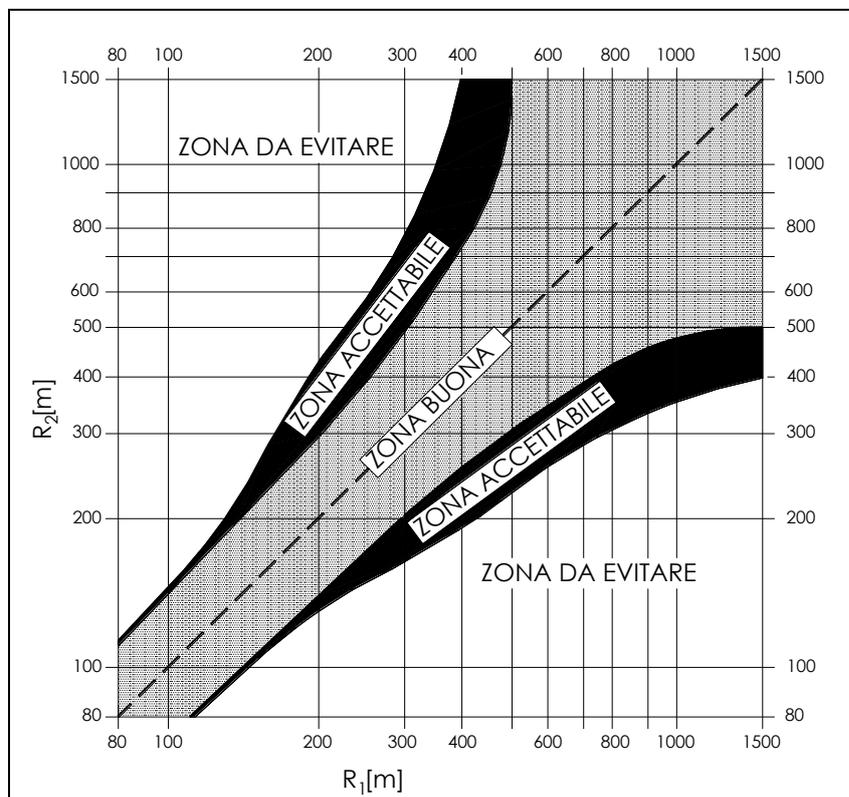
dove V è la velocità massima dell'intervallo delle velocità dei progetto, espressa in km/h ed L si ottiene in metri.

(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 3.2.1-1 – 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 rettili, 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/s<sup>2</sup>. 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)*

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

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

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

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:

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

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:

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

Critero 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  $A_E/A_U$  delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto  $A_1/A_2$  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 almetriche**

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:

- Rv = 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
- h1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si pone di norma h1 = 1.10 m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone h2 = 0.10 m. In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone h2 = 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

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

se invece D > L

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

dove:

- Rv = 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  $h = 0.5 \text{ m}$  e  $\theta = 1^\circ$ .

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:

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

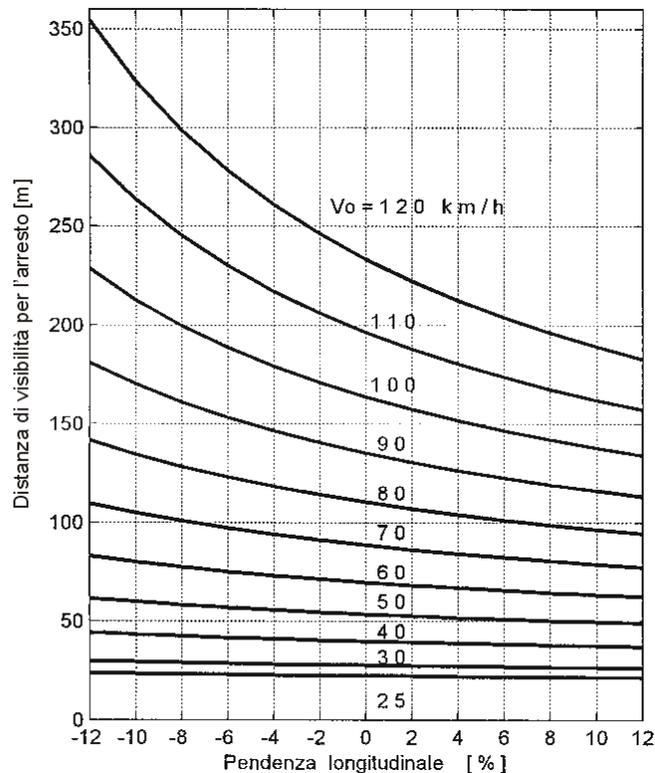
dove:

- D1 = spazio percorso nel tempo  $\tau$
- D2 = spazio di frenatura
- V0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura [km/h]
- V1 = velocità finale del veicolo, in cui V1 = 0 in caso di arresto [km/h]
- i = pendenza longitudinale del tracciato [%]
- $\tau$  = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione) [s]
- g = accelerazione di gravità [m/s<sup>2</sup>]
- Ra = resistenza aerodinamica [N]
- m = massa del veicolo [kg]
- fl = quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura
- r0 = 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:

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

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 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".

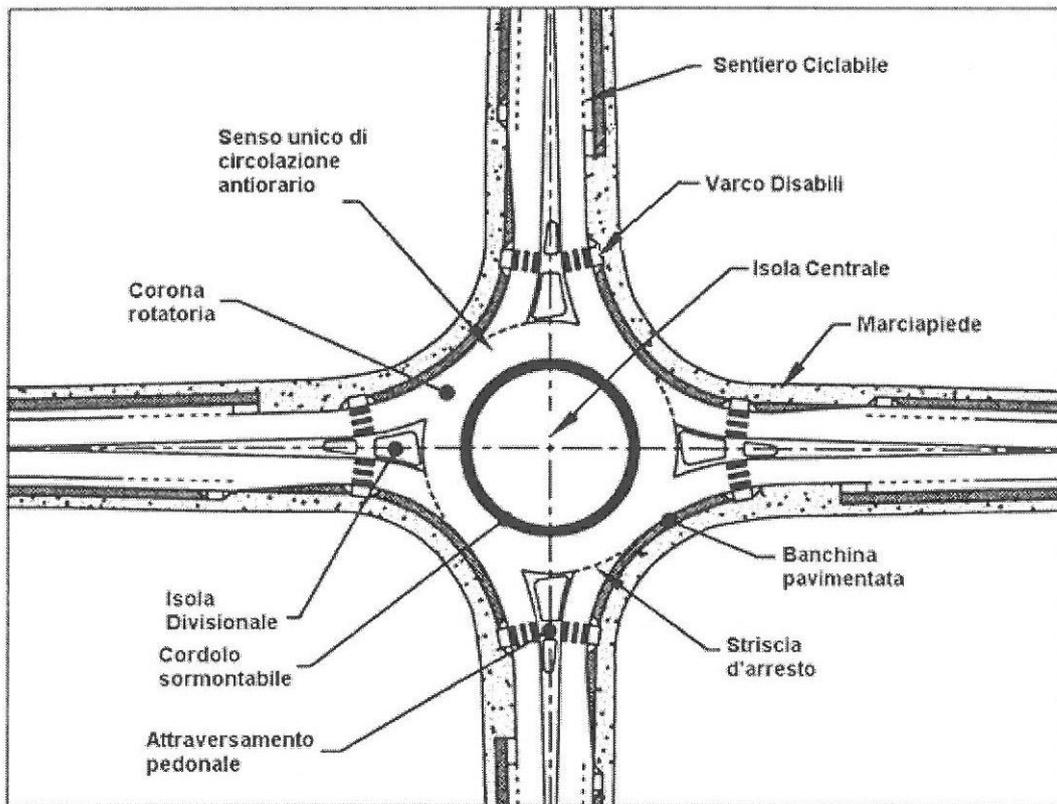
### **3.3.2. Tipologie**

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 minirotorie 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 3.3.2-1**

In base alla classificazione riportata nel capitolo 3 del DM 19 Aprile 2006, in ambito extraurbano l'adozione di miniroatorie 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.

<b>Elemento modulare</b>	<b>Diametro esterno della rotatoria (m)</b>	<b>Larghezza corsie (m)</b>
<b>Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia</b>	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00 - 8,00

<b>Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie</b>	$\geq 40$	9,00
	$< 40$	8,50 - 9,00
<b>Bracci di ingresso (**)</b>		3,50 per una corsia
		6,00 per due corsie
<b>Bracci di uscita (*)</b>	$< 25$	4,00
	$\geq 25$	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  $\beta$  (vedi Fig.2). Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione  $\beta$ , 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  $\beta$  di almeno  $45^\circ$

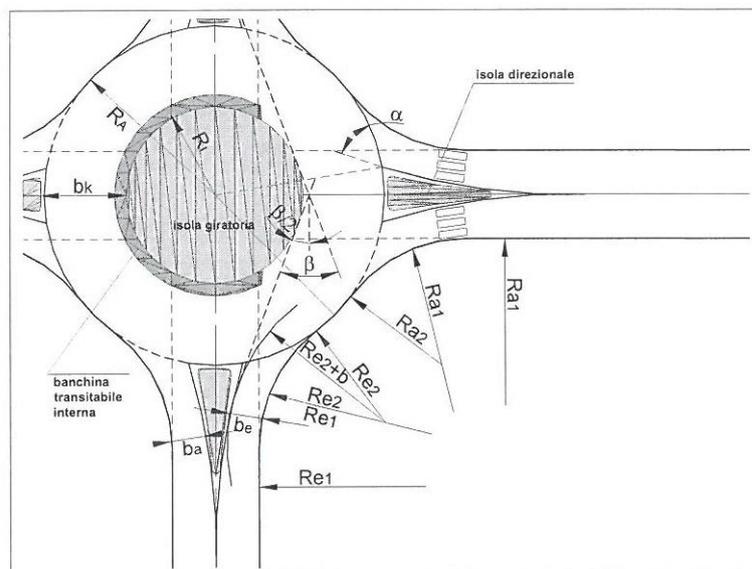


FIGURA 3.3.4-2 – ELEMENTI DI PROGETTO E TIPIZZAZIONE DELLE ROTATORIE

### 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.

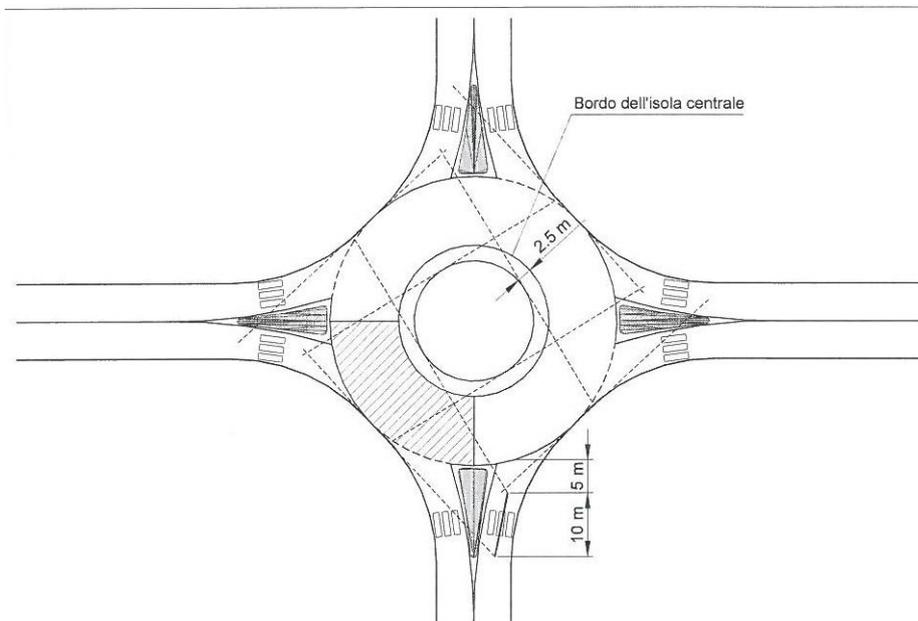


FIGURA 3.4-1 – CAMPI DI VISIBILITÀ IN UN INCROCIO A ROTATORIA.

## 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	32.4930	16.5800	0.1500	0.1500	-113.333	-0.170	0.2267	0.2267
2	40.4930	16.4200	8.0000	8.0000	-2.0000	-0.160	8.0016	8.0016
3	647.9867	13.9497	607.4937	595.6860	-0.4066	-2.470	607.4987	595.6909
4	874.5470	15.7036	226.5603	200.3926	0.7741	1.7539	226.5671	200.3986
5	1038.0855	19.3180	163.5385	50.1859	2.2101	3.6144	163.5784	50.1981

6	1224.0488	13.7391	185.9633	28.9171	-3.0000	-5.578	186.0470	28.9301
7	1608.6365	14.2700	384.5877	326.5341	0.1380	0.5309	384.5880	326.5344

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	$\Delta i$ (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	2000.0000	1.1808	23.6156	636.1790	659.7944	23.6154	96.1420	1188.6930
5	Par	2000.0000	1.4360	28.7235	860.1870	888.9071	28.7201	88.2800	1002.2323
6	Par	3800.0000	-5.210	198.0091	939.0929	1137.0781	197.9852	80.0000	3697.7376
7	Par	3700.0000	3.1380	116.1239	1165.9952	1282.1024	116.1072	96.1420	1188.6930

## 2. Asse B

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
3	25.0000	14.2700	7.0000	7.0000	-2.0000	-0.1400	7.0014	7.0014
4	52.1500	13.2500	27.1500	11.5947	-3.7569	-1.0200	27.1692	11.6029
5	97.6300	13.3100	45.4800	25.8971	0.1319	0.0600	45.4800	25.8971
6	141.5600	13.2500	43.9300	30.9282	-0.1366	-0.0600	43.9300	30.9282
7	213.8488	13.8000	72.2888	63.3146	0.7608	0.5500	72.2909	63.3165

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	$\Delta i$ (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	800.0000	3.8888	31.1177	36.5947	67.7053	31.1107	40.0000	430.3356
5	Par	3000.0000	-0.2685	8.0552	93.6024	101.6576	8.0552	100.0000	1286.0082
6	Par	2000.0000	0.8974	17.9485	132.5858	150.5342	17.9484	100.0000	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\_V27\_CCS27\_0\_SD\_FL\_01\_A "PROFILI LONGITUDINALI 1" e PD\_0\_V27\_CCS27\_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\_V27\_CCS27\_0\_SD\_DV\_01\_A DIAGRAMMI DI VELOCITA' E VISIBILITA' ASTA PRINCIPALE ).

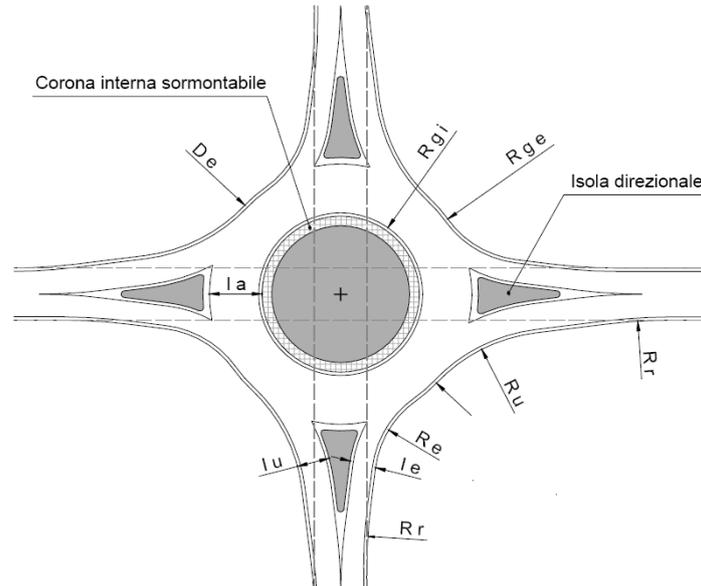
## **4.2. INTERSEZIONI A ROTATORIA**

### **4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie**

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

1. Rotatoria "V27-1" sull'intersezione tra la variante alla S.P.468 e la S.C. Salde Entrà; Rest= 25,00 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

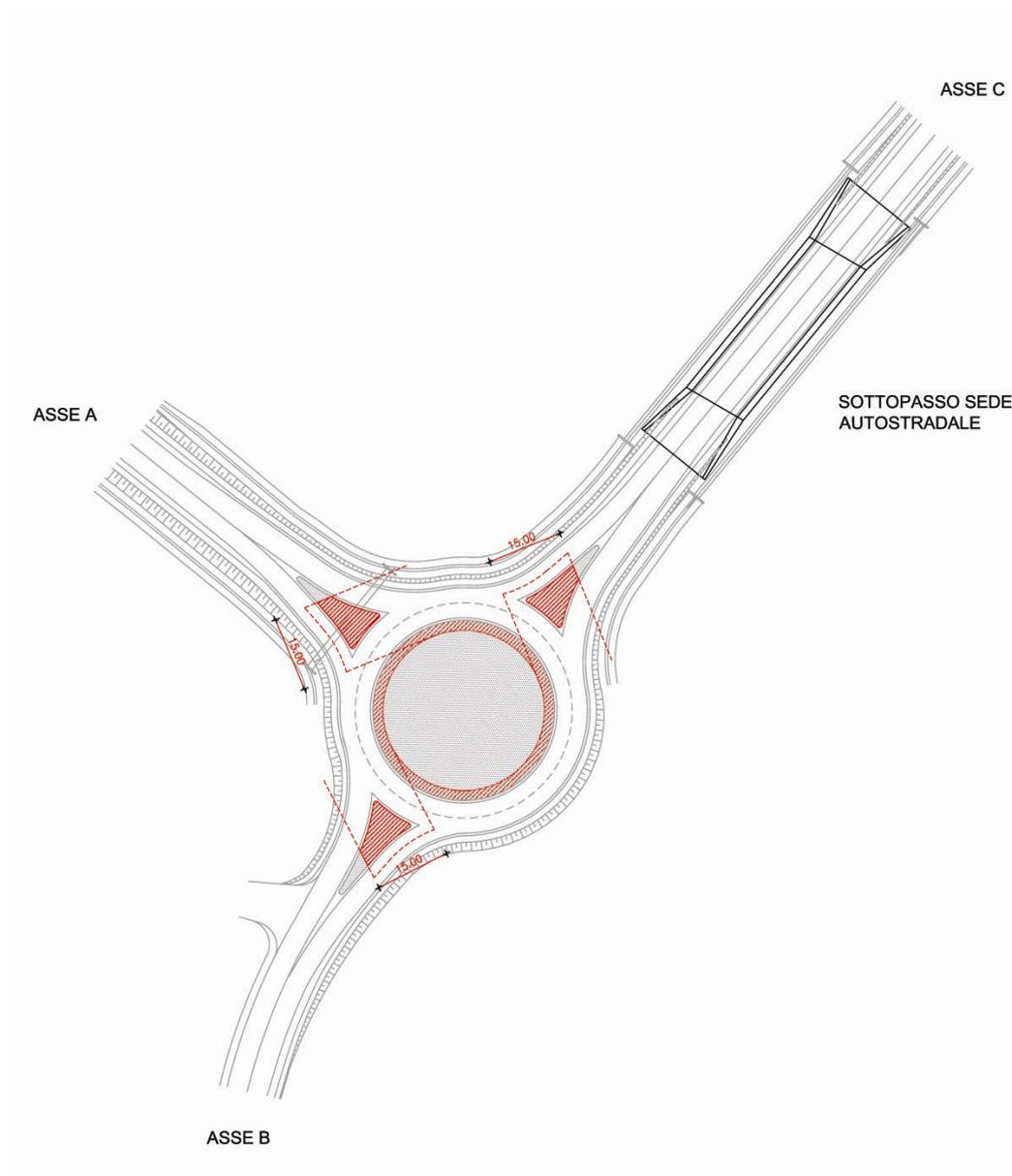
#### 4.2.2. Analisi delle Visibilità

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 mezziera 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 deflessione Rotatoria "V27-1":



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

---

V27-A

Dati generali sul tracciato V27-1VAR

Progressiva Iniziale (m): 0.0000  
Progressiva Finale (m): 1633.6365  
Lunghezza (m) : 1633.6365

Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 138.6597

Coordinate P.to Iniziale X: Y:	217130.7746 200862.6056	Coordinate P.to Finale X: Y:	217235.9374 200772.2324
-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------	----------------------------

Lunghezza : 138.6597 Azimut : 319.3254

Curva 2 Sinistra ProgI 138.6597 - ProgF 495.1348

Coordinate vertice X:	217387.6657	Coordinate I punto Tg X:	217235.9374
Coordinate vertice Y:	200641.8424	Coordinate II punto Tg X:	217562.8483

Tangente Prim. 1:	170.1251	TT1 Tangente 1:	200.0575
Tangente Prim. 2:	170.1251	TT2 Tangente 2:	200.0575
Alfa Ang. al Vert.:	110.4487	Numero Archi :	1

V27-A

Clotoide in entrata		ProgI 138.6597 - ProgF 197.7295	
Coordinate vertice	X: 217265.8267	Coordinate I punto	X: 217235.9374
		Coordinate I punto	Y: 200772.2324
Coordinate vertice	Y: 200746.5465	Coordinate II punto	X: 217282.2176
		Coordinate II punto	Y: 200735.5872
Raggio	: 245.0000	Angolo	: 6.9070
Parametro N	: 1.0000	Tangente lunga	: 39.4099
Parametro A	: 120.3000	Tangente corta	: 19.7172
Scostamento	: 0.5931	Sviluppo	: 59.0698
Pti (%)	: -2.5	Ptf (%)	: 7.0

Arco		ProgI 197.7295 - ProgF 436.0651	
Coordinate vertice	X: 217389.9117	Coordinate I punto	X: 217282.2176
Coordinate vertice	Y: 200663.5806	Coordinate I punto	Y: 200735.5872
Coordinate centro curva	X: 217418.3948	Coordinate II punto	X: 217510.0532
Coordinate centro curva	Y: 200939.2555	Coordinate II punto	Y: 200712.0469
Raggio	: 245.0000	Angolo al vertice	: 55.7372
Tangente	: 129.5491	Sviluppo	: 238.3356
Saetta	: 28.4147	Corde	: 229.0484
Pt (%)	: 7.0		

V27 -A

Clotoide in uscita ProgI 436.0651 - ProgF 495.1348

Coordinate vertice	X:	217528.3386	Coordinate I punto	Tg	X:	217510.0532
	Y:	200719.4235	Coordinate I punto	Tg	Y:	200712.0469
Coordinate vertice			Coordinate II punto	Tg	X:	217562.8483
			Coordinate II punto	Tg	Y:	200738.4555
Raggio	:	245.0000	Angolo	:		6.9070
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:		39.4099
Parametro A	:	120.3000	Tangente corta	:		19.7172
Scostamento	:	0.5931	Sviluppo	:		59.0698
Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)	:		-2.5

Rettifilo 3 ProgI 495.1348 - ProgF 642.4664

Coordinate P.to Iniziale	X:	217562.8483	Coordinate P.to Finale	X:	217691.8608
	Y:	200738.4555		Y:	200809.6058
Lunghezza	:	147.3316	Azimuth	:	28.8767

V27 -A

Curva 4 Destra Progi 642.4664 - ProgF 1004.5789

Coordinate vertice	X:	217861.0062	Coordinate I punto	Tg	X:	217691.8608
Coordinate vertice	Y:	200902.8895	Coordinate I punto	Tg	Y:	200809.6058
Tangente Prim. 1:	161.0907		Coordinate II punto	Tg	X:	218036.6856
Tangente Prim. 2:	161.0907		Coordinate II punto	Tg	Y:	200822.5854
Alfa Ang. al Vert.:	126.5579		TT1 Tangente	1:	193.1632	
			TT2 Tangente	2:	193.1632	
			Numero Archi	:	1	

Clotoide in entrata Progi 642.4664 - ProgF 706.1017

Coordinate vertice	X:	217729.0286	Coordinate I punto	Tg	X:	217691.8608
Coordinate vertice	Y:	200830.1039	Coordinate I punto	Tg	Y:	200809.6058
Raggio	:	320.0000	Coordinate II punto	Tg	X:	217748.5464
Parametro N	:	1.0000	Coordinate II punto	Tg	Y:	200838.4611
Parametro A	:	142.7000	Angolo	:	5.6969	
Scostamento	:	0.5271	Tangente lunga	:	42.4455	
Pti (%)	:	-2.5	Tangente corta	:	21.2318	
			Sviluppo	:	63.6353	
			Ptf (%)	:	7.0	

V27-A

Arco		ProgI 706.1017 - ProgF 940.9436		Coordinate I punto		Coordinate II punto	
Coordinate vertice	X:	217861.6091	Tg	X:	217748.5464		
Coordinate vertice	Y:	200886.8726	Tg	Y:	200838.4611		
Coordinate centro curva	X:	217874.5041	Tg	X:	217977.9911		
Coordinate centro curva	Y:	200544.2933	Tg	Y:	200847.0976		
Raggio	:	320.0000	Angolo al vertice	:	42.0483		
Tangente	:	122.9912	Sviluppo	:	234.8419		
Saetta	:	21.3026	Corde	:	229.6072		
Pt (%)	:	7.0					

Clotoide in uscita		ProgI 940.9436 - ProgF 1004.5789		Coordinate I punto		Coordinate II punto	
Coordinate vertice	X:	217998.0820	Tg	X:	217977.9911		
Coordinate vertice	Y:	200840.2313	Tg	Y:	200847.0976		
Raggio	:	320.0000	Angolo	:	5.6969		
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	42.4455		
Parametro A	:	142.7000	Tangente corta	:	21.2318		
Scostamento	:	0.5271	Sviluppo	:	63.6353		
Pti (%)	:	7.0	Ptf (%)	:	-2.5		

V27 -A

Rettifilo 5 Progi 1004.5789 - ProgF 1299.7423					
Coordinate P.to Iniziale	X: Y:	218036.6856 200822.5854	Coordinate P.to Finale	X: Y:	218305.1330 200699.8765
Lunghezza	:	295.1634	Azimut	:	335.4346

Curva 6 Destra Progi 1299.7423 - ProgF 1516.3995					
Coordinate vertice	X:	218404.0460	Coordinate I punto Tg	X:	218305.1330
Coordinate vertice	Y:	200654.6628	Coordinate I punto Tg	Y:	200699.8765
Tangente Prim. 1:	75.3883		Coordinate II punto Tg	X:	218488.6991
Tangente Prim. 2:	75.3883		Coordinate II punto Tg	Y:	200586.3845
Alfa Ang. al Vert.:	165.6770		TT1 Tangente	1:	108.7570
			TT2 Tangente	2:	108.7570
			Numero Archi	:	1

V27-A

Clotoide in entrata ProgI 1299.7423 - ProgF 1366.4089

Coordinate vertice	X:	218345.5611	Coordinate I punto	Tg	X:	218305.1330
			Coordinate I punto	Tg	Y:	200699.8765
Coordinate vertice	Y:	200681.3965	Coordinate II punto	Tg	X:	218365.2336
			Coordinate II punto	Tg	Y:	200671.0470
Raggio	:	600.0000	Angolo	:		3.1831
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:		44.4516
Parametro A	:	200.0000	Tangente corta	:		22.2288
Scostamento	:	0.3086	Sviluppo	:		66.6667
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:		5.7

Arco ProgI 1366.4089 - ProgF 1449.7328

Coordinate vertice	X:	218402.1638	Coordinate I punto	Tg	X:	218365.2336
Coordinate vertice	Y:	200651.6183	Coordinate I punto	Tg	Y:	200671.0470
Coordinate centro curva	X:	218085.8786	Coordinate II punto	Tg	X:	218436.0489
Coordinate centro curva	Y:	200140.0472	Coordinate II punto	Tg	Y:	200627.2646
Raggio	:	600.0000	Angolo al vertice	:		7.9568
Tangente	:	41.7290	Sviluppo	:		83.3239
Saetta	:	1.4458	Corda	:		83.2569
Pt (%)	:	5.7				

V27 -A

Clotoide in uscita ProgI 1449.7328 - ProgF 1516.3995

Coordinate vertice	X:	218454.0993	Coordinate I punto	Tg	X:	218436.0489
	Y:	200614.2915	Coordinate I punto	Tg	Y:	200627.2646
Coordinate vertice			Coordinate II punto	Tg	X:	218488.6991
			Coordinate II punto	Tg	Y:	200586.3845
Raggio	:	600.0000	Angolo	:		3.1831
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:		44.4516
Parametro A	:	200.0000	Tangente corta	:		22.2288
Scostamento	:	0.3086	Sviluppo	:		66.6667
Pti (%)	:	5.7	Ptf (%)	:		-2.5

Rettilino 7 ProgI 1516.3995 - ProgF 1633.6365

Coordinate P.to Iniziale	X:	218488.6991	Coordinate P.to Finale	X:	218579.9529
	Y:	200586.3845		Y:	200512.7823
Lunghezza	:	117.2370	Azimuth	:	321.1115

V27-C

Dati generali sul tracciato V27-2

Progressiva Iniziale (m): 0.0000  
Progressiva Finale (m): 238.8488

Lunghezza (m) : 238.8488

Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 238.8488

Coordinate P.to Iniziale X: 218579.9529  
Y: 200512.7823

Coordinate P.to Finale X: 218730.5484  
Y: 200698.1730

Lunghezza : 238.8488

Azimut : 50.9125