



**DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO  
PUBBLICO LOCALE**

# **S.R. n° 69 "Di Val d'Arno" Variante in riva destra d'Arno LOTTO 5**

*Provincia di Firenze e Arezzo  
Comune di Figline e Incisa Valdarno, Castelfranco  
Piandiscò e San Giovanni Valdarno*



## **PROGETTO DEFINITIVO**

### **RELAZIONE TECNICA**

NOME FILE: 2021\_07\_30\_prog01\_tris

C.U.P. D31B1800053002

**R.U.P.: Ing. Antonio De Crescenzo**

**EL. N.**

**DB0201\_0**

**SCALA:**

-

*Data revisione elaborato:*

**29/07/2021**

**PROGETTISTA:**

*Ing. Alessio Gensini*

**COLLABORATORI:**

**SETTORE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE VIABILITA' REGIONALE  
FIRENZE - PRATO - PISTOIA**

## Indice generale

1 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	1
2 - ASPETTI GENERALI DEL PROGETTO.....	2
3 - ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE.....	3
4 - GEOMETRIA DEL TRACCIATO – CRITERI GENERALI.....	4
4.1 DISTANZE DI VISIBILITA’ .....	4
4.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL’ASSE STRADALE.....	5
4.3 CURVE A RAGGIO VARIABILE.....	6
4.4 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL’ASSE.....	7
5 - CRITERI COMPOSITIVI DELL’ASSE.....	8
6 - TRACCIATI - SOLUZIONE PROGETTUALE.....	9
6.1 TRATTO 1.....	9
6.2 TRATTO 2_1.....	11
6.3 TRATTO 2_2.....	13
6.4 TRATTO 3.....	14
7 - INTERSEZIONI DI TIPO ROTATORIO.....	15
8 - SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	16
8.1 Piano di posa del rilevato/sovrastuttura stradale e caratterizzazione terreno di scotico.....	16
8.2 Strati della pavimentazione e coefficienti di progetto.....	16
8.3 Calcolo del numero di assi equivalenti.....	17
8.4 Dimensionamento della sovrastruttura.....	19

### 1 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il presente progetto definitivo si sviluppa dalla intersezione a sud dell’abitato di Matassino tra la via Vallerempoli-Borrattino e la Via Amendola posta nel Comune di Figline e Incisa Valdarno e la rotatoria realizzata su Via degli Urbini, nella zona più a nord del Comune di San Giovanni Valdarno.

La lunghezza totale del tratto, che dunque è compreso tra due intersezioni di tipo rotatorio e ne comprende al suo interno altre tre è approssimativamente 4,4 km.

Da nord a sud la variante stradale in oggetto si compone di:

- Rotatoria n.1 – Diametro esterno 50 m (ai sensi del D.M. 19.04.2006) – Rotatoria di tipo “convenzionale”: Nella zona di intersezione tra le vie Amendola-Borrattino-Vallerempoli (zona sud di Matassino);
- Tratto n.1 – Lunghezza tracciato 1.267,89 m: Tra Rot.1 e Rot.2, tracciato stradale in variante che si sviluppa in buona parte in affiancamento al rilevato arginale della cassa di espansione Pizziconi 1;
- Rotatoria n.2 – Diametro esterno 50 m (ai sensi del D.M. 19.04.2006) – Rotatoria di tipo “convenzionale” : Nella zona di intersezione tra la Strada Provinciale n.9 “Fiorentina” e Via degli Urbini (zona sud-ovest di Montalpero);
- Tratto n.2\_1 – Lunghezza tracciato 947,35 m: Tra Rot.2 e Rot.3, tracciato stradale in adeguamento che attraversa il torrente Faella ad est dell’attuale ponte “Del Bernino” e si sviluppa con andamento sinuoso intorno all’attuale tracciato di Via degli Urbini, allontanandosi, per quanto possibile, dagli immobili prospicienti l’attuale viabilità;
- Rotatoria n.3 – Diametro esterno 50 m (ai sensi del D.M. 19.04.2006) – Rotatoria di tipo “convenzionale”: Immediatamente a sud del Fosso Volpaie e ad ovest di Via degli Urbini;
- Tratto n.2\_2 – Lunghezza tracciato 1.023,97 m: Tra Rot.3 e Rot.4, tracciato stradale in adeguamento che si sviluppa inizialmente a valle dell’attuale viabilità, si sposta poi a monte in prossimità del complesso Casa Nuova II e infine, con andamento rettilineo, ritorna a valle e prosegue fino a Rot.4;

- Rotatoria n.4 – Diametro esterno 50 m (ai sensi del D.M. 19.04.2006) – Rotatoria di tipo “convenzionale”: Posta immediatamente a valle di Via degli Urbini, a nord dell’omonimo gruppo di edifici;
- Tratto n.3 – Lunghezza tracciato 944,69 m: Tra Rot.4 e Rot.5 (posta nel Comune di San Giovanni Valdarno), tratto in adeguamento che si sviluppa interamente ad ovest di Via degli Urbini.

Il tracciato stradale è stato progettato in base alle dimensioni e alle caratteristiche geometriche previste, ai sensi del D.M. 5.11.2001, per una strada extraurbana secondaria di tipo C1. Alla classica sezione prevista dalla norma si è aggiunta una pista ciclabile su sede propria, che affianca quasi interamente l'intero tracciato sul lato di valle.

## 2 - ASPETTI GENERALI DEL PROGETTO

Le categorie di traffico ammesse sulla strada, la loro localizzazione esterna o interna alla carreggiata e gli spazi assegnati in piattaforma sono riassunti nella tabella seguente:

<i>Categorie di Traffico</i>	<i>Localizzazione in piattaforma</i>	<i>Spazi assegnati in piattaforma</i>
Pedoni	Esterna alla carreggiata (in piattaforma)	Banchina
Animali	Esterna alla carreggiata (in piattaforma)	Corsia/Banchina
Veicoli a braccia e a trazione animale	In carreggiata	Corsia
Velocipedi	In carreggiata	Corsia
Ciclomotori	In carreggiata	Corsia
Autovetture	In carreggiata	Corsia
Autobus	In carreggiata	Corsia
Autocarri	In carreggiata	Corsia
Autotreni e Autoarticolati	In carreggiata	Corsia
Macchine operatrici	In carreggiata	Corsia
Veicoli su rotatia	Non ammessi in piattaforma	-
Sosta di emergenza	Parzialmente in carreggiata	Corsia/Banchina
Sosta	Esterna alla carreggiata (in piattaforma)	In appositi spazi
Accessi privati diretti	Si	Passi carrabili

Si è già detto della scelta di dotare la strada di un percorso ciclabile su sede propria.

Il progetto della sezione stradale, con l'organizzazione della piattaforma stradale e dei suoi margini, è stato effettuato tenendo conto della domanda di trasporto supposta, in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista, secondo le indicazioni del D.M. 5,11,2001.

La composizione della carreggiata, i limiti dell'intervallo di velocità di progetto (di riferimento), le dimensioni da assegnare ai singoli elementi modulari e i flussi massimi smaltibili in relazione ai livelli di servizio indicati sono riassunti nella tabella seguente:

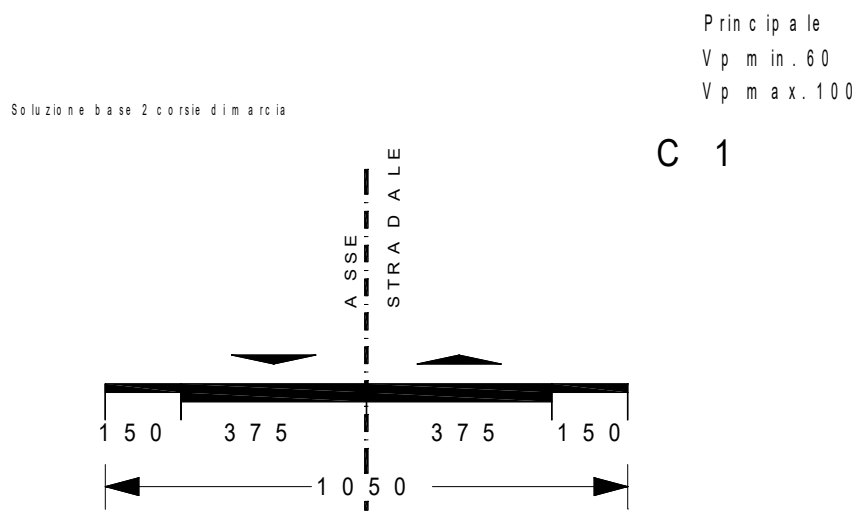
<b>Strada Extraurbana Secondaria - Categoria C1</b>	
Limite di velocità (km/h)	90 km/h
Numero delle corsie per senso di marcia	1
Limite inferiore velocità di progetto (km/h)	60 km/h

Limite superiore velocità di progetto (km/h)	100 km/h
Larghezza della corsia di marcia (m)	3,75 m
Larghezza minima dello spartitraffico (m)	-
Larghezza minima della banchina in sinistra (m)	-
Larghezza minima della banchina in destra (m)	1,50 m
Larghezza della corsia di emergenza (m)	-
Larghezza minima del margine interno (m)	-
Larghezza minima del margine laterale (m)	-
LIVELLO DI SERVIZIO	C (1 corsia)
Portata di servizio per corsia (flussi bilanciati nei due sensi)	600 autoveicoli equiv./ora
Larghezza minima dei marciapiedi (m)	-
Regolazione della sosta	Ammessa in piazzole di sosta
Regolazione dei mezzi pubblici	Fermate in apposite aree al fianco delle carreggiate
Regolazione del traffico pedonale	In banchina
Accessi	Ammessi

Principali caratteristiche di progetto della strada

### 3 - ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE

#### C A T E G O R I A C      E X T R A U R B A N E S E C O N D A R I E



Organizzazione della piattaforma stradale per categoria C1 (D.M. 5.11.2001)

- In sede naturale la piattaforma è composta dagli elementi descritti nel paragrafo precedente, al lato dei quali verranno posti gli elementi di raccolta delle acque ed i dispositivi di ritenuta, ove necessari, oltre a questi troveranno collocazione le eventuali opere d'arte necessarie al contenimento delle scarpate o dei rilevati.
- Sulle opere di scavalco (ponti e viadotti), saranno mantenute invariate le dimensioni degli elementi componenti la piattaforma stradale definiti in precedenza.  
A margine della piattaforma della strada saranno predisposti dispositivi di ritenuta secondo quanto disposto dal D.M. n.2367 del 21.06.2004 e successive modifiche ed integrazioni; al di là di queste, su entrambi i lati, sarà collocato un marciapiede di servizio avente anche funzione di passaggio pedonale di emergenza della larghezza di 0,75 m (Circ. Min. n.34233 – Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali) con parapetti di altezza non inferiore a m. 1,20.

- Le banchine saranno raccordate con gli elementi marginali contigui dello spazio stradale (scarpate, cunette, marciapiedi) mediante elementi di raccordo che possono essere costituiti, a seconda delle situazioni, da arginelli, o fasce di raccordo, destinati ad accogliere gli eventuali dispositivi di ritenuta. Nelle sezioni in trincea verranno adottate cunette di conformazione "alla francese", la cui sezione verrà dimensionata nelle fasi di progettazione successive sulla base di calcoli idraulici, accostate direttamente alla banchina; infatti l'adozione di questa tipologia consente di evitare l'installazione di dispositivi di ritenuta antistanti. Nei tratti in cui la sede stradale è associata ad opere d'arte, in presenza di ostacoli fissi e comunque in tutte le "zone da proteggere", verranno installati dispositivi di ritenuta della classe idonea (D.M. n.2367 21.06.2004 e successive modifiche ed integrazioni).
- Data la lunghezza di ciascun tratto stradale e la presenza di intersezioni che dividono l'intero tracciato in tratti della lunghezza "netta" inferiore o poco superiore ai 1000 m, non si prevedono piazzole di sosta, in considerazione dell'indicazione del punto 4.3.6 del D.M. 5.11.2001 di disporle distanziandole "ad intervalli di circa 1.000 m lungo ciascuno dei due sensi di marcia". Viste le difficoltà di visibilità presenti lungo una curva di Tr\_1, nella successiva fase di progettazione, verrà valutata la possibilità di favorire la percezione degli ostacoli anche attraverso la creazione di uno spazio "aggiuntivo" che potrebbe essere destinato a tale funzione.

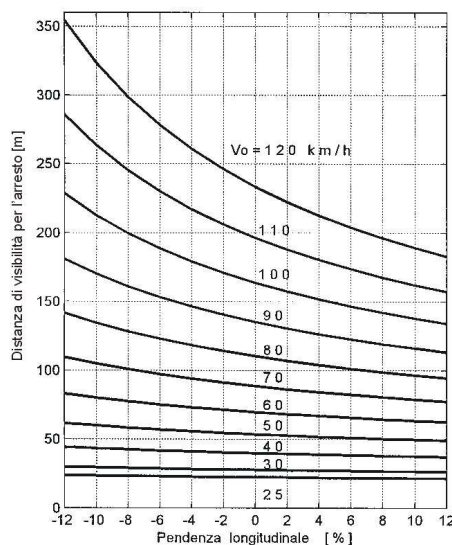
#### 4 - GEOMETRIA DEL TRACCIATO – CRITERI GENERALI

##### 4.1 DISTANZE DI VISIBILITA'

La distanza di visuale libera lungo il tracciato stradale è stata verificata in relazione alle esigenze delle manovre di arresto, sorpasso e cambiamento di corsia.

La distanza di visibilità per l'arresto, pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto, è stata valutata, per le verifiche che seguono, con la seguente espressione:

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



Distanze di visibilità (D.M. 05.11.2001)

In fase di progettazione definitiva del tracciato verrà verificato che la visuale libera lungo tutto il tracciato risulti sempre superiore alla distanza di visibilità per l'arresto, come precedentemente determinata, anche nei riguardi dei raccordi verticali e dell'arretramento degli ostacoli laterali.

A livello di progettazione definitiva inoltre, dovrà essere verificato che per almeno il 20% del tracciato le visuali libere siano tali da permettere l'esecuzione della manovra di sorpasso mediante la relativa distanza, calcolata con l'espressione

$$D_s = 20 \times v = 5.5 \times V \quad [m]$$

Dove  $v$  (m/s) oppure  $V$ (km/h) è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma della velocità.

Nei tratti di carenza di visibilità per il sorpasso, tale manovra sarà interdetta con apposita segnaletica.

Infine in prossimità delle intersezioni a raso non provviste di corsie di accumulo per la svolta a sinistra, dovrà essere verificata l'esistenza della distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia, da calcolarsi con l'espressione:

$$D_c = 9,5 \times v = 2,6 V \quad [m]$$

dove  $v$  = velocità del veicolo in [m/s], oppure  $V$  in [km/h], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità.

Su ogni elemento plano-altimetrico omogeneo, le distanze di visibilità per l'arresto, per il sorpasso e per il cambiamento di corsia dovranno essere valutate nelle successive fasi di progettazione con riferimento al valore massimo della velocità del veicolo su quell'elemento, desunto dal diagramma delle velocità.

#### 4.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE STRADALE

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali, quali i rettifili, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile, composti secondo i criteri di seguito elencati.

1. Tra due elementi a curvatura costante (cerchi o rettifili) sono state inserite curve di raccordo a raggio variabile;
2. I rettifili hanno una lunghezza  $L_r$  inferiore al valore limite:

$$L_r = 22 \times V_{p_{MAX}} = 2200 \text{ m}$$

dove  $V_{p_{MAX}}=100$  km/h è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, onde evitare il superamento delle velocità consentite.

3. Allo scopo di poter essere correttamente percepiti dall'utente i rettifili devono avere lunghezza non inferiore ai valori riportati nella tabella (ad eccezione dei rettifili di cui al punto 5.2.5. del D.M. 05.11.01), in cui per velocità si intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettifilo considerato:

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

4. Le curve circolari devono avere uno sviluppo minimo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con la velocità di progetto della curva stessa ;
5. I rapporti tra i raggi  $R_1$  e  $R_2$  di due curve circolari che si succedono lungo il tracciato si devono collocare all'interno della "zona accettabile" (punto 5.2.2. del D.M. 05.11.01);
6. Tra un rettifilo di lunghezza  $L_r$  ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate allo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, è rispettata la relazione:
 

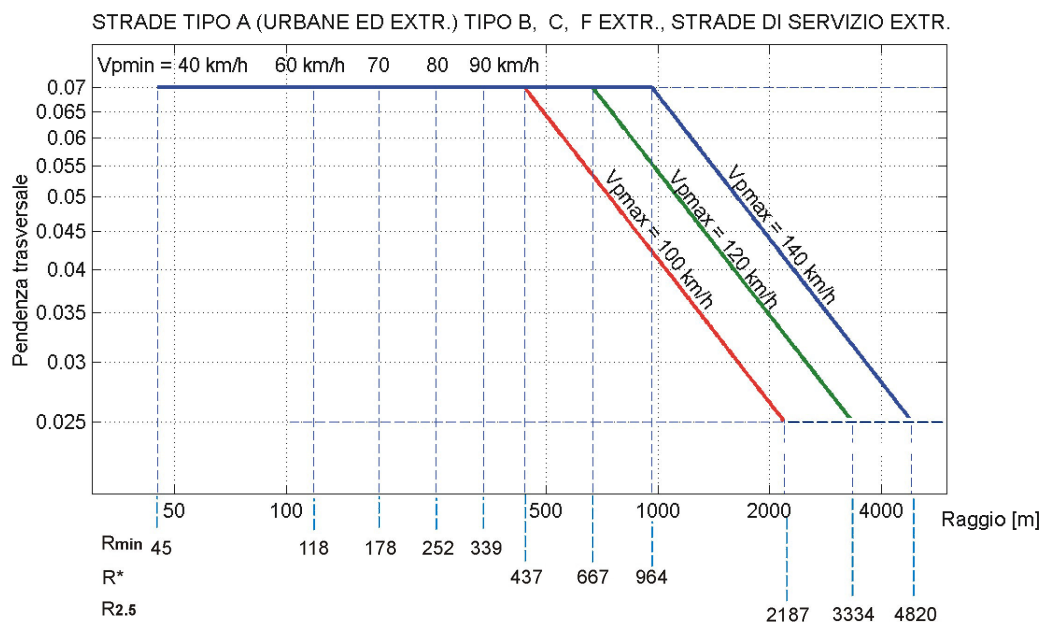
$R$	$>$	$L_R$	per	$L_R$	$<$	300 m
$R$	$\geq$	400 m	per	$L_R$	$\geq$	300 m
7. In rettifilo la pendenza trasversale minima per l'allontanamento dell'acqua superficiale è del 2.5% ( $q = 0.025$ ) e la sistemazione della carreggiata è a due falde. Valori inferiori sono previsti solo nei tratti di transizione tra elementi caratterizzati da opposte pendenze trasversali.

8. La pendenza trasversale massima in curva è del 7% ( $q=0,07$ ) verso l'interno della carreggiata ed è costante su tutto lo sviluppo dell'arco di cerchio.
9. La pendenza trasversale in curva è assegnata in funzione del raggio, considerando il legame tra la velocità di progetto  $V_p$ , la pendenza trasversale in curva  $i_c$  e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente  $f_t$ , secondo la relazione

$$\frac{V_p^2}{R \times 127} = q + f_t$$

e quanto indicato al punto 5.2.4. del D.M. 05.11.01;

10. Sulla base di quanto sopra il raggio minimo per la strada in progetto è  $R_{\min} = 118$  m, calcolato adottando la pendenza trasversale massima ( $q_{\max} = 0.07$ ), la velocità di progetto minima  $V_{p,\min} = 60$  km/h ed aderenza trasversale massima, pari a  $f_{t,\max} = 0.17$ ;
11. Il raggio  $R^*$  al di sopra del quale sono utilizzate pendenze trasversali della carreggiata minori di  $q_{\max} = 0.07$ , calcolato con l'espressione citata al punto 9 per  $V_{p,\max} = 100$  km/h, per  $q_{\max} = 0.07$  e per  $f_{t,\max} = 0.11$  risulta pari a :  $R^* = 437$  m (v. anche figura seguente)



Relazione fra raggio della curva e pendenza trasversale di progetto (Fig.5.2.4.a D.M. 05.11.01).

12. La pendenza geodetica  $J$  risultante dalla combinazione della pendenza trasversale  $i_c$  e di quella longitudinale  $i_l$ , assumendo una pendenza longitudinale massima pari al 7% e la pendenza trasversale massima  $i_c = 7\%$  è uguale a:

$$J = \sqrt{i_l^2 + i_c^2} = 9.9\%$$

risulta inferiore al valore limite del 12%;

#### 4.3 CURVE A RAGGIO VARIABILE

Le curve a raggio variabile utilizzate per il raccordo di elementi planimetrici di curvatura diversa sono clotoidi, descritte dall'equazione

$$r \times s = A^2$$

dove:

- $r =$  raggio di curvatura nel punto P generico
- $s =$  ascissa curvilinea nel punto P generico
- $A =$  parametro di scala

I criteri di verifica nella scelta del parametro della clotoide sono i seguenti:

1. Criterio della limitazione del contraccolpo  
Per garantire una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccolpo) contenuta entro valori accettabili, deve risultare

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

dove V è la massima velocità in km/h, desunta dal diagramma di velocità;

2. Criterio della sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità carreggiata  
Per garantire la limitazione della pendenza (o sovrappendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma deve risultare

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

dove:  $B_i$  = distanze fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile [m]

$\Delta i_{\max}$  (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano  $B_i$  dall'asse di rotazione;

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100} \quad (i_{ci} = \text{pendenza trasversale iniziale, in valore assoluto})$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100} \quad (i_{cf} = \text{pendenza trasversale finale, in valore assoluto})$$

Nei calcoli di verifica si è posto:

- $(q_i + q_f) = 0,025 + 0,07 = 0,095$  nel caso di raccordi di transizione
- $(q_i + q_f) = 0 + 0,07 = 0,07$  nel caso di clotoidi di flessione;
- $(q_i - q_f) = 0,07$  nel caso di clotoidi di continuità, con approssimazione a vantaggio di sicurezza.

3. Criterio ottico

Per garantire la corretta percezione ottica del raccordo a raggio variabile e dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere verificata la relazione:

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

#### 4.4 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL'ASSE

Il profilo altimetrico è costituito da tratti a pendenza costante (livellette) collegati da raccordi verticali convessi e concavi.

La pendenza massima adottabile per la strada in progetto (classe C) secondo quanto indicato dal D.M. 05.11.01 è  $i_{\max} = 7\%$ , con la possibilità di aumento di una unità qualora verifiche specifiche risultino che tale adozione non penalizzi la qualità della circolazione.

I raccordi verticali sono stati eseguiti con archi di parabola quadratica ad asse verticale, il cui sviluppo viene calcolato con l'espressione

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

dove  $i$  è la variazione di pendenza in percento delle livellette da raccordare ed  $R_v$  è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola, determinato come al punto 5.3. del D.M. stesso, in base alle casistiche che si presentano punto per punto, in relazione a quale distanza di visibilità si sta verificando, a quali sono le livellette da raccordare, allo sviluppo del raccordo stesso.

Il valore minimo del raggio  $R_v$  è stato determinato in modo da garantire:



- che nessuna parte del veicolo (eccetto le ruote) abbia contatti con la superficie stradale:
  - $R_v \geq R_{vMIN} = 20 \text{ m}$  nei dossi
  - $R_v \geq R_{vMIN} = 40 \text{ m}$  nelle sacche
- che per il comfort dell'utenza l'accelerazione verticale  $a_v$  non superi il valore  $a_{lim} = 0,6 \text{ m/s}^2$ ;
- che venga garantita la distanza di visibilità per l'arresto di cui in precedenza.

A quest'ultimo scopo, il raggio minimo del raccordo viene calcolato secondo le seguenti indicazioni.

Per i raccordi verticali convessi (dossi), detti:

$R_v$  = raggio del raccordo verticale convesso [m]

$D$  = distanza di visibilità da realizzare [m]

$\Delta_i$  = 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 distinguono due casi:

a) se  $D$  è inferiore allo sviluppo  $L$  del raccordo si ha

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

b) se invece  $D > L$

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

In via generale si pone  $h_1 = 1,10 \text{ m}$ , mentre per  $h_2$  si pone:

- $h_2 = 0,10 \text{ m}$  in caso di visibilità per l'arresto;
- $h_2 = 1,10 \text{ m}$  in caso di visibilità necessaria per il sorpasso.

Per i raccordi verticali concavi (sacche), il raggio minimo del raccordo viene determinato con riferimento alla sola distanza di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, nell'ipotesi di mancanza di luce naturale.

In tal caso, detti:

$R_v$  = 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]

$\Delta_i$  = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

$h$  = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale

$\theta$  = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo

si distinguono due casi:

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

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

- se invece  $D > L$

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

ponendo  $h = 0,5 \text{ m}$  e  $\theta = 1^\circ$  si hanno i valori di  $R_v$  riportati nel diagramma 5.3.4.a del D.m. 5,11,2001.

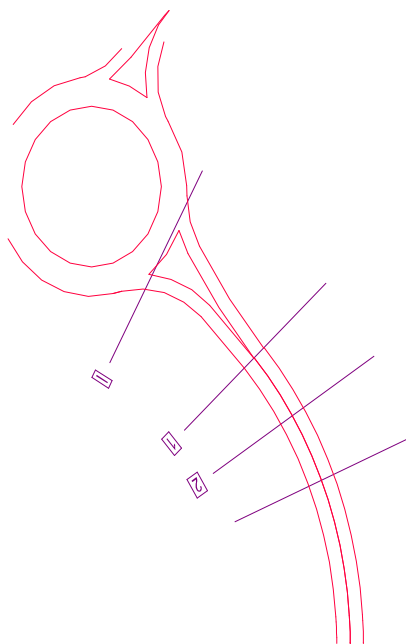
## 5 - CRITERI COMPOSITIVI DELL'ASSE

Tutto l'asse del tracciato di progetto è stato geometrizzato mediante gli elementi geometrici di cui al paragrafo precedente, quindi inserendo tutti quegli elementi di transizione che nei tracciati attuali non sono presenti.

La geometria planimetrica del tracciato, elaborata mediante apposito software, è strutturata in singoli tracciati interrotti da intersezioni a rotatoria che costituiscono dei punti di snodo, nei quali i tracciati hanno inizio e fine. A questo proposito è stato necessario stabilire il punto in cui il tracciato in quanto tale può essere definito; appare abbastanza chiaro che un elemento come una rotatoria costituisce una interruzione del tracciato per tutte le particolarità geometriche e funzionali che la distinguono: velocità di percorrenza (all'interno della rotatoria non è possibile associare un diagramma della velocità come previsto dal D.M. 5.11.2001), geometria (non vengono utilizzati elementi come clotoidi o rettifili) etc...

A questo va aggiunto che la rotatoria in quanto intersezione fra due tracciati ovviamente non è costituita da un punto, ma da un'insieme di elementi con un loro ingombro planimetrico, pertanto anche i rami di accesso ed uscita all'anello costituiscono parte integrante della rotatoria stessa.

Da quanto detto sopra si può definire come inizio e fine effettivo di tracciato il punto in cui questo cessa di esistere fisicamente, vale a dire quando il veicolo che percorre la strada non segue più il percorso definito dall'asse della stessa.



*Esempio di inizio e fine tracciato*

Questo accade nel punto dove nasce l'isola spartitraffico di separazione dei rami di accesso ed uscita dalla rotatoria stessa, pertanto in riferimento alla figura precedente, esemplificativa di quanto appena descritto, il tracciato stradale ha inizio nella sezione 1, mentre la sezione "I" ha la mera utilità di reperimento di informazioni progettuali per l'intersezione stessa e di raccordo con il tracciato planimetrico dell'asse stradale.

## 6 - TRACCIATI - SOLUZIONE PROGETTUALE

### 6.1 TRATTO 1

Il tratto in oggetto è in variante, le caratteristiche geometriche costituenti l'asse del tracciato stradale sono le seguenti:

Tipo	Prog.l. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio l. [m]	Raggio F. [m]	Verso
ARCO	0,000	131,803	131,803	0,000	150,000	150,000	Sx
CLOT. FLESSO E	131,803	281,482	149,680	149,840	150,000	0,000	Sx
CLOT. FLESSO U	281,482	481,055	199,573	199,786	0,000	200,000	Dx
ARCO	481,055	575,982	94,927	0,000	200,000	200,000	Dx
CLOT. FLESSO E	575,982	762,316	186,335	193,046	200,000	0,000	Dx
CLOT. FLESSO U	762,316	845,777	83,461	158,235	0,000	300,000	Sx
ARCO	845,777	910,886	65,109	0,000	300,000	300,000	Sx
CLOT. FLESSO E	910,886	995,690	84,804	159,503	300,000	0,000	Sx
CLOT. FLESSO U	995,690	1080,359	84,668	159,503	0,000	300,480	Dx
ARCO	1080,359	1141,189	60,831	0,000	300,480	300,480	Dx
CLOT. FLESSO E	1141,189	1178,893	37,703	106,438	300,480	0,000	Dx
CLOT. FLESSO U	1178,893	1219,189	40,297	85,151	0,000	179,931	Sx
ARCO	1219,189	1267,898	48,709	0,000	179,931	179,931	Sx

All'interno del tracciato sono presenti due intersezioni: una alla progr. 0+190 circa in dx ed una alla progr. 0+705 circa in sinistra. In entrambi i casi le manovre di uscita e di immissione sono limitate alla corsia in adiacenza all'intersezione, quindi sono vietate le manovre di attraversamento, sia in entrata che in uscita.

- Intersezione SX progr.0+190 circa: viene prevista per permettere il collegamento con il parcheggio di previsione in prossimità della cassa e dell'area attrezzata che si prevede di realizzare al suo interno;
- Intersezione DX progr. 0+705 circa: è stata progettata per permettere l'accesso e l'uscita dei mezzi afferenti le attività di impresa che si esercitano nelle aree limitrofe. Esse interferiscono notevolmente con l'abitato prospiciente Via Amendola (loc. Ontaneto), anche in considerazione della geometria della viabilità attuale.

### Criteria geometrici

Il diagramma di velocità nel tratto, in considerazione che alle estremità del tratto sono presenti due rotatorie, è stato costruito con velocità iniziale e finale pari a 50 km/h. Per il resto non sono state imposte limitazioni.

Avendo imposto 50 km/h alla curva iniziale lato Matassino si verifica una non conformità geometrica legata alla differenza di velocità con la curva successiva, non potrebbe essere altrimenti vista la velocità imposta giocoforza per la presenza dell'intersezione, dunque tale non conformità è non significativa.

Prog [m]	Vel [Km/h]	Acc Prec [m/s <sup>2</sup> ]	Acc Succ [m/s <sup>2</sup> ]
0,000	50,000	0,000	0,000
42,742	50,000	0,000	0,800
332,057	92,191	0,800	-0,800
481,055	73,550	-0,800	0,000
575,982	73,550	0,000	0,800
758,694	95,908	0,800	-0,800
845,777	85,980	-0,800	0,000
910,886	85,980	0,000	0,801
947,065	90,240	0,801	-0,800
1219,189	50,000	-0,800	0,000
1267,898	50,000	0,000	0,000

### Visibilità

Per la presenza di intersezioni nel tratto stradale, con l'aggiunta di problematiche collegate alla difficoltà di percezione degli ostacoli indotti dalle barriere si sceglie di limitare (per la percorrenza da Firenze verso Arezzo) la velocità permessa sul tratto, come da indicazioni seguenti:

- DX: fino a progr. 0+570: 60 km/h;  
da 0+570 a termine tracciato: 70 km/h.
- SX: in assenza di barriera non è necessaria nessuna limitazione di velocità.

### Altimetria

Per quanto concerne gli aspetti altimetrici del tracciato si riportano di seguito i vertici che individuano la livelletta stradale:

PROGRESSIVA	QUOTA	DIST. PARZ.	i (%)	Dislivello	Lunghezza
0,0000	124,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
660,0000	124,8609	660,0000	0,1001	0,6609	660,0003
1110,0000	125,1866	450,0000	0,0724	0,3257	450,0001
1267,8900	126,2206	157,8900	0,6549	1,0340	157,8934

I due raccordi verticali previsti sono definiti dai seguenti elementi:

TIPO	Raggio vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Progr. Iniziale	Progr. Finale
Parabolico	1000,00	-0,0278	0,2776	659,8612	660,1388
Parabolico	1000,00	0,5825	5,8249	1107,0876	1112,9124

### 6.2 TRATTO 2 1

Il tratto in oggetto è in adeguamento, le caratteristiche geometriche costituenti l'asse del tracciato stradale sono le seguenti:

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso
ARCO	0,000	20,186	20,186	0,000	80,000	80,000	Sx
CLOT. FLESSO E	20,186	74,641	54,455	66,003	80,000	0,000	Sx
CLOT. FLESSO U	74,641	121,748	47,107	97,064	0,000	200,000	Dx
ARCO	121,748	211,231	89,482	0,000	200,000	200,000	Dx
CLOTOIDE	211,231	314,355	103,124	143,613	200,000	0,000	Dx
RETTIFILO	314,355	408,020	93,665	0,000	0,000	0,000	
CLOTOIDE	408,020	504,553	96,533	121,879	0,000	153,880	Sx
ARCO	504,553	550,842	46,289	0,000	153,880	153,880	Sx
CLOT. FLESSO E	550,842	617,068	66,226	100,950	153,880	0,000	Sx
CLOT. FLESSO U	617,068	702,324	85,256	127,542	0,000	190,802	Dx
ARCO	702,324	764,104	61,781	0,000	190,802	190,802	Dx
CLOT. FLESSO E	764,104	831,454	67,349	113,360	190,802	0,000	Dx
CLOT. FLESSO U	831,454	915,435	83,981	112,237	0,000	150,000	Sx
ARCO	915,435	947,356	31,921	0,000	150,000	150,000	Sx

### Criteri geometrici

Il diagramma di velocità per il tratto è stato realizzato, in base alle considerazioni precedenti, con velocità iniziale e finale pari a 50 km/h.

Trattandosi di un tratto in adeguamento si è limitato la velocità di progetto a 70 km/h. Dal diagramma delle velocità, di cui qui di seguito è riportato un estratto tabellare, non emergono non conformità significative se non quelle limitate alla sequenza delle prime due curve del tracciato, la prima delle quali può considerarsi pressochè compresa interamente nel tratto di raccordo tra tracciato e rotatoria, rendendo quindi non significative tali non conformità.

In ogni caso, a scopo precauzionale, il limite legale di velocità che si prevede di imporre nel tratto per ambo i versi è pari a 60 km/h.

Prog [m]	Vel [Km/h]	Acc Prec [m/s <sup>2</sup> ]	Acc Succ [m/s <sup>2</sup> ]
0,000	50,000	0,000	0,000
20,186	50,000	0,000	0,800
135,927	70,000	0,800	0,000
211,231	70,000	0,000	0,000
482,091	70,000	0,000	-0,800
504,553	66,590	-0,800	0,000
550,842	66,590	0,000	0,800
573,304	70,000	0,800	0,000
702,324	70,000	0,000	0,000
764,104	70,000	0,000	0,000
799,694	70,000	0,000	-0,800
915,435	50,000	-0,800	0,000
947,356	50,000	0,000	0,000

### Visibilità

In considerazione del limite di velocità che si prevede di imporre sul tratto, pari a 60 km/h, la distanza di visibilità per l'arresto è garantita in entrambi i versi.

Qualora venisse valutato di eliminare tale limite di velocità per prevedere il 70 km/h come da velocità prevista in base ai criteri geometrici in direzione Firenze la distanza sarebbe garantita, ci sarebbero delle difficoltà in direzione Arezzo nelle due curve "destre" poste all'interno del tracciato dove dovrebbe comunque essere imposto il limite di 60 km/h.

### Altimetria

Per quanto concerne gli aspetti altimetrici del tracciato si riportano di seguito i vertici che individuano la livelletta stradale:

PROGRESSIVA	QUOTA	DIST. PARZ.	i (%)	Dislivello	Lunghezza
0,0000	126,8477	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
204,5567	135,0300	204,5567	4,0000	8,1223	204,7203
405,0000	127,0000	200,4433	-4,0061	-8,0300	200,6041
785,0000	127,0000	380,0000	0,0000	0,0000	380,0000
952,3555	129,8085	167,3555	1,6782	2,8085	167,3791

I tre raccordi verticali previsti sono definiti dai seguenti elementi:

TIPO	Raggio vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Progr. Iniziale	Progr. Finale
Parabolico	2160,00	-8,0061	172,9784	118,0906	291,0228
Parabolico	3000,00	4,0061	120,2158	344,9082	465,0918
Parabolico	2000,00	1,6782	33,5652	768,2182	801,7818

### Tracciati secondari

Nel tratto sono presenti due tracciati secondari di nuova realizzazione, essi risultano necessari per riconnettere alla viabilità di progetto le attività e gli insediamenti altrimenti interclusi (Secondaria "Bernino nord" e Secondaria "Bernino sud"). Alcuni tratti di viabilità secondarie sono poi ricavati dal sedime della attuale Via Urbinese, essi sono collegati alla viabilità di progetto in modo da evitare che le manovre di immissione o di uscita siano sempre eseguite "di mano", quindi senza necessità di attraversare un flusso di traffico ma semplicemente immettendosi o uscendo da esso. Ciò a meno che non sia stato possibile collegare la viabilità secondaria direttamente su una rotatoria, come si è potuto procedere nel caso della Rotatoria 2, nella quale ad ovest si è potuto progettare un braccio di collegamento per la "Secondaria Bernino nord" o per la Rotatoria

3 nella quale a nord-est si è predisposto il collegamento verso l'abitato di "Volpaie". Per maggiori dettagli circa tali tracciati si vedano gli elaborati grafici di riferimento.

### 6.3 TRATTO 2 2

Il tratto in oggetto, in analogia a quello adiacente lato nord, è in adeguamento, le caratteristiche geometriche costituenti l'asse del tracciato stradale sono le seguenti:

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso
ARCO	0,000	199,710	199,710	0,000	275,000	275,000	Sx
CLOT. FLESSO E	199,710	322,299	122,588	183,608	275,000	0,000	Sx
CLOT. FLESSO U	322,299	380,826	58,527	153,006	0,000	400,000	Dx
ARCO	380,826	451,254	70,428	0,000	400,000	400,000	Dx
CLOTOIDE	451,254	496,817	45,562	135,000	400,000	0,000	Dx
RETTIFILLO	496,817	1023,974	527,157	0,000	0,000	0,000	

#### Criteri geometrici

Il diagramma di velocità per il tratto è stato realizzato, al solito, con velocità iniziale e finale pari a 50 km/h. Trattandosi di un tratto in adeguamento si è limitato la velocità di progetto a 80 km/h. I criteri geometrici risultano soddisfare tutti i requisiti previsti dal D.M. 5.11.2001, anche per quanto riguarda il diagramma delle velocità, di cui qui di seguito è riportato un estratto tabellare, non emergono non conformità.

In ogni caso, a scopo precauzionale, il limite legale di velocità che si prevede di imporre nel tratto per ambo i versi è pari a 70 km/h (in analogia al tratto precedente si sceglie di limitare la velocità di 10 km/h rispetto a quella di progetto).

Prog [m]	Vel [Km/h]	Acc Prec [m/s <sup>2</sup> ]	Acc Succ [m/s <sup>2</sup> ]
0,000	50,000	0,000	0,800
188,079	80,000	0,800	0,000
451,254	80,000	0,000	0,000
835,895	80,000	0,000	-0,800
1023,974	50,000	-0,800	0,000

#### Visibilità

In considerazione del limite di velocità che si prevede di imporre sul tratto, pari a 70 km/h, la distanza di visibilità per l'arresto è garantita in entrambi i versi.

#### Altimetria

Per quanto concerne gli aspetti altimetrici del tracciato si riportano di seguito i vertici che individuano la livelletta stradale:

PROGRESSIVA	QUOTA	DIST. PARZ.	i (%)	Dislivello	Lunghezza
0,0000	129,4088	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
210,0000	129,0000	210,0000	-0,1947	-0,4088	210,0004
371,7185	132,6200	161,7185	2,2385	3,6200	161,7590
496,8169	128,7000	125,0984	-3,1335	-3,9200	125,1598
759,7997	128,6000	262,9828	-0,0380	-0,1000	262,9828
1028,9741	130,5695	269,1744	0,7317	1,9695	269,1817

I quattro raccordi verticali previsti sono definiti dai seguenti elementi:

TIPO	Raggio vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Progr. Iniziale	Progr. Finale
Parabolico	1500,00	2,4331	36,5000	191,7514	228,2486
Parabolico	3390,00	-5,3720	182,1342	280,6632	462,7738
Parabolico	2190,00	3,0955	67,8029	462,9210	530,7127
Parabolico	1500,00	0,7697	11,5459	754,0268	765,5726

### Tracciati secondari

Come nel tratto precedente, alcuni tratti di viabilità secondarie sono ricavati dal sedime della attuale Via Urbinese, essi sono collegati alla viabilità di progetto in modo da evitare che le manovre di immissione o di uscita siano sempre eseguite "di mano", quindi senza necessità di attraversare un flusso di traffico ma semplicemente immettendosi o uscendo da esso. Ciò a meno che non sia stato possibile collegare la viabilità secondaria direttamente su una rotatoria, come si è potuto procedere nel caso della Rotatoria 4, nella quale da nord/est si è potuto progettare un braccio di collegamento per l'abitato di "Burrone". Per maggiori dettagli circa tali tracciati si vedano gli elaborati grafici di riferimento.

### 6.4 TRATTO 3

Il tratto in oggetto è in variante, le caratteristiche geometriche costituenti l'asse del tracciato stradale sono le seguenti:

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso
ARCO	0,000	60,439	60,439	0,000	300,000	300,000	Sx
CLOTOIDE	60,439	168,410	107,971	179,976	300,000	0,000	Sx
RETTIFILO	168,410	468,162	299,753	0,000	0,000	0,000	
CLOTOIDE	468,162	580,409	112,246	195,068	0,000	339,000	Dx
ARCO	580,409	669,249	88,840	0,000	339,000	339,000	Dx
CLOT. FLESSO E	669,249	741,200	71,952	156,178	339,000	0,000	Dx
CLOT. FLESSO U	741,200	819,485	78,285	141,980	0,000	257,500	Sx
ARCO	819,485	944,694	125,209	0,000	257,500	257,500	Sx

### Criteri geometrici

Come evidenziato per i tratti precedenti, il diagramma di velocità, in considerazione che alle estremità del tracciato sono presenti due rotatorie, è stato costruito con velocità iniziale e finale pari a 50 km/h. Per il resto non sono state imposte limitazioni.

Avendo imposto 50 km/h alle curve di estremità, si verificano delle non conformità geometriche legate alla differenza di velocità con le curve adiacenti, non potrebbe essere altrimenti vista la velocità imposta giocoforza per la presenza delle intersezioni, dunque tali non conformità sono non significative.

Il diagramma di velocità nel tratto è:

Prog [m]	Vel [Km/h]	Acc Prec [m]	Acc Succ [m]
0,000	50,000	0,000	0,800
361,690	100,000	0,800	0,000
491,999	100,000	0,000	-0,800
580,409	90,370	-0,800	0,000
669,257	90,370	0,000	0,800
669,955	90,450	0,800	-0,798
944,694	50,000	-0,798	0,000

### Visibilità

In considerazione delle problematiche connesse alla difficoltà di percezione degli ostacoli indotte dalla presenza delle barriere, si sceglie di limitare la velocità in direzione Arezzo ad 80 km/h, in modo da risolvere le criticità afferenti la curva “destra” interna al tracciato.

Dunque le limitazioni previste (per la percorrenza da Firenze verso Arezzo) risultano dalle indicazioni seguenti:

- DX: fino a progr. 0+420: nessuna limitazione di velocità;  
da 0+420 a termine tracciato: 80 km/h.
- SX: nessuna limitazione di velocità.

### Altimetria

Per quanto concerne gli aspetti altimetrici del tracciato si riportano di seguito i vertici che individuano la livelletta stradale:

PROGRESSIVA	QUOTA	DIST. PARZ.	i (%)	Dislivello	Lunghezza
0,0000	130,7876	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
242,0475	130,4019	242,0475	-0,1593	-0,3857	242,0478
470,6818	128,0037	228,6342	-1,0489	-2,3982	228,6468
814,8492	129,8818	344,1675	0,5457	1,8781	344,1726
949,6941	132,3798	134,8448	1,8525	2,4980	134,8680

I tre raccordi verticali previsti sono definiti dai seguenti elementi:

TIPO	Raggio vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Progr. Iniziale	Progr. Finale
Parabolico	3000,00	-0,8896	26,6874	228,7041	255,3909
Parabolico	3000,00	1,5946	47,8384	446,7629	494,6007
Parabolico	3000,00	1,3068	39,2079	795,2469	834,4516

## 7 - INTERSEZIONI DI TIPO ROTATORIO

Il presente progetto prevede la realizzazione di 4 nuove intersezioni di tipo rotatorio, oltre alla quinta già presente al termine del tracciato, sul lato di Arezzo.

Esse sono progettate con le stesse caratteristiche geometriche (di tipo planimetrico) dell’anello, secondo le previsioni del D.M. 19.04.2006, per quanto si riferisce alle rotatorie “convenzionali”. Tali caratteristiche hanno permesso di “uniformare” le 4 nuove intersezioni con quella già esistente nel Comune di San Giovanni Valdarno.

Per quanto si riferisce alle connessioni con le viabilità confluenti, naturalmente ciascun “braccio” sarà caratterizzato da specifici elementi. Essi sono desumibili dagli elaborati redatti e afferenti ciascuna rotatoria, sia quelli planimetrici (contenenti anche i riferimenti per i tracciamenti), sia profili e sezioni trasversali, che sono state estratte per ciascun anello rotatorio e per ciascun braccio confluyente nell’intersezione.

Per ciò che concerne gli aspetti altimetrici ogni rotatoria è stata impostata in modo che ciascun anello appartenga ad uno stesso piano e non si abbiano dunque cambiamenti di pendenza.

La rotatoria 1 è stata impostata su piano orizzontale, le altre, per favorire il contenimento delle livellette e l’inserimento ambientale delle nuove opere, si trovano su piani inclinati.

La pendenza trasversale di ciascun anello è pari al 2% rispetto al piano di imposta, essa fa sì che la corona centrale sia rialzata rispetto al bordo esterno dell’anello. E’ da notare che la pendenza trasversale effettiva dell’anello, a seconda delle sezioni, risulti dalla combinazione della pendenza del piano di imposta della rotatoria e della pendenza trasversale “fissa” del 2%.

Per specifiche ulteriori si vedano gli elaborati afferenti tali elementi.



## 8 - SOVRASTRUTTURA STRADALE

### 8.1 Piano di posa del rilevato/sovrastuttura stradale e caratterizzazione terreno di scotico

Il progetto prevede uno scotico di 0,30 m al disotto dell'impronta del corpo stradale (scotico). Dunque a seguito di questo scavo preliminare verrà dato inizio alle lavorazioni per la preparazione del piano di posa del rilevato stradale o della sovrastuttura stradale, a seconda del tipo di sezione nella quale si opera.

Per avere indicazioni sulle caratteristiche che il terreno in sito è in grado di offrire, si è testata la rispondenza del suolo ad una prova di carico su piastra, oltre ad effettuare prelievo di campioni per la caratterizzazione granulometrica AASHTO e quella di tipo chimico (essendo la progettazione orientata al riutilizzo parziale delle terre da scavo).

Dalle suddette prove, effettuate in vari punti del tracciato (per la individuazione dei quali si rimanda all'apposito allegato), sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Prova	Classificazione	Indice di gruppo	Modulo di deformazione (kg/cmq)	Limo + argilla (%)
PA1	A7-6	18	156	97,5
PA2	A7-6	11	127	64,6
PA3	A6	6	356	54,7
PA5	A6	5	155	54,2
PA7	A6	2	352	41,5
PA10	A6	7	222	57,4

Le prove su piastra hanno dato indicazioni soddisfacenti per il raggiungimento, in fase di realizzazione dell'infrastruttura, della necessaria portanza.

Oltre alle postazioni riportate sopra, allo scopo di valutare le caratteristiche chimiche dei terreni che saranno interessati dalla variante stradale, si è proceduto al prelievo di un numero totale di 10 campioni di terreno (rimaneggiati con escavatore), in corrispondenza di altrettante posizioni distribuite lungo il tracciato, per la successiva analisi chimica con verifica del rispetto delle CSC di legge.

I campioni, rappresentativi dei primi 0,4-0,5 m di terreno, sono stati analizzati e su ciascun campione è stato ricercato il set di cui alla tabella 4 del DPR 13 giugno 2017 n 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo". Dai risultati ottenuti si può vedere, negli appositi allegati, come tutti i campioni hanno mostrato il rispetto dei valori limite fissati sia per la colonna A (Residenziale-Verde Pubblico) che per la B (Industriale-Commerciale) di cui al D.Lgs 152/2006.

### 8.2 Strati della pavimentazione e coefficienti di progetto

Per dimensionare la sovrastuttura stradale ci avvaliamo del metodo AASHTO, il quale attribuisce coefficienti di struttura e di drenaggio ai singoli strati per calcolarne la portanza.

La capacità portante della sovrastuttura è rappresentata dallo *Structural Number (SN)*. L'AASHTO fornisce una relazione che tiene conto delle caratteristiche strutturali dei diversi strati, consentendo di ripartire tra di essi la capacità portante complessiva.

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Dove:

- $h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo ( valori incogniti da determinare );
- $a_i$  = coefficienti strutturali che indicano l'aliquota di resistenza fornita dal materiale costituente lo strato;
- $m_i$  = coefficiente che tiene conto delle condizioni del drenaggio.

La pavimentazione di progetto è di tipo semirigida.

Dai dati a disposizione per le caratteristiche dei materiali corrispondenti valgono questi coefficienti:

Strato	Materiale	Coeff. Struttura $a_i$
Tappeto usura	Conglomerato bituminoso	0.45
Binder	Conglomerato bituminoso	0.43
Base	Misto Cementato	0.20
Fondazione	Misto Granulare	0.13

### 8.3 Calcolo del numero di assi equivalenti

Il dato di partenza è il numero di passaggi totali di veicoli commerciali previsti nei 20 anni di vita utile della pavimentazione. Tale numero, calcolato sulla base dei rilievi di traffico effettuato e sulla loro proiezione futura, risulta essere **VCT= 7.582.550**.

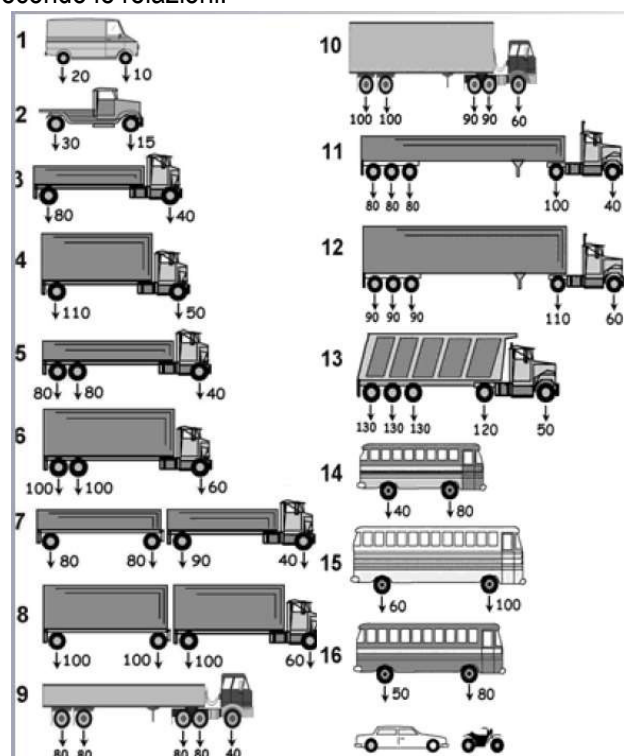
Questo numero va trasformato in "numero di passaggi equivalenti di un asse da 8,2 t".

Dal catalogo delle pavimentazioni prendiamo la tabella che caratterizza i carichi per asse dei vari tipi di veicoli commerciali:

Tab. 2 - Tipi di veicoli commerciali, numero di assi, distribuzione dei carichi per asse.

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

Trasformiamo i kN in kips secondo le relazioni:



1 kN = 0,1 tonnellate

8,2 t = 18 kips

Sempre dal catalogo delle pavimentazioni prendiamo la tabella che mostra la distribuzione del traffico per ogni tipo di strada, fra cui la tipo 4) strada extraurbana secondaria ordinaria:

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	---	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	---	---	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	---	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	---	---	10.5
4) strade extraurb. second. ordin.	---	---	58.8	29.4	---	5.9	---	2.8	---	---	---	---	0.2	---	---	2.9
5) " extr. second.-turistiche	24.5	---	40.8	16.3	---	4.15	---	2	---	---	---	---	0.05	---	---	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.6	18.2	27.3	---
7) " " di quartiere e locali	80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	20	---	---
8) corsie preferenziali	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	47	53	---

Tipo di veicolo	Nr. assi	Distribuzione dei carichi per asse in kips				% di veicoli di questo tipo per le strade extraurbane secondarie ordinarie		
3) Autocarri medi e pesanti	2	↓8,782	↓17,563			58,8		
4) Autocarri medi e pesanti	2	↓10,977	↓24,149			29,4		
6) Autocarri pesanti	3	↓13,172	↓21,954		↓21,954	5,9		
8) Autotreni e autoarticolati	4	↓13,172	↓21,954	↓21,954	↓21,954	2,8		
13) Mezzi d'opera	5	↓10,977	↓26,345	↓28,54		↓28,54	↓28,54	0,2
16) Autobus	2	↓10,977	↓17,563			2,9		

Ogni asse ha un coefficiente di equivalenza, funzione dello Structural Number (circa 5-6 cm), del PSI finale (2,5) e del tipo di asse, indicato nelle tabelle seguenti. Nei casi in cui si debba scegliere tra due valori, si sceglierà a vantaggio di sicurezza.

Carico		SN [pollici]					
kips	kN	1"	2"	3"	4"	5"	6"
2.25	10	0.00072	0.00085	0.00076	0.00055	0.00042	0.00042
4.49	20	0.00498	0.00721	0.00721	0.00547	0.00398	0.00373
6.74	30	0.01879	0.02813	0.02961	0.02339	0.01890	0.01716
8.99	40	0.05475	0.07420	0.08414	0.07117	0.06071	0.05523
11.24	50	0.13364	0.16135	0.18662	0.17062	0.15044	0.13935
13.48	60	0.28670	0.31670	0.35512	0.34282	0.31586	0.29915
17.98	80	0.99555	0.99579	0.99615	0.99614	0.99590	0.99572
20.22	90	1.70812	1.66135	1.56669	1.53992	1.58556	1.63458
22.47	100	2.76607	2.64243	2.38751	2.27914	2.38096	2.52933
24.72	110	4.28050	4.03010	3.52928	3.25727	3.41167	3.70568
26.97	120	6.37481	5.95258	5.07910	4.53882	4.71882	5.20556

**Tabella 4: Fattori di equivalenza in funzione del carico per asse (asse singolo e PSIfin = 2.5)**

Carico		SN [pollici]					
kips	kN	1"	2"	3"	4"	5"	6"
35.96	160	1.37305	1.37348	1.37413	1.37413	1.37370	1.37348
40.45	180	2.33406	2.27503	2.15699	2.12022	2.17699	2.24601
44.94	200	3.77409	3.60572	3.26898	3.12588	3.26006	3.45789

**Tabella 5: Fattori di equivalenza in funzione del carico per asse (asse tandem e PSIfin = 2.5)**

Carico		SN [pollici]					
kips	kN	1"	2"	3"	4"	5"	6"
53.93	240	1.65153	1.65185	1.65283	1.65283	1.65250	1.65185
60.67	270	2.81210	2.73533	2.59503	2.54827	2.62503	2.70518
87.64	390	15.11526	14.05085	11.70424	10.23983	10.45763	11.72203

**Tabella 6: Fattori di equivalenza in funzione del carico per asse (asse triplo e PSIfin = 2.5)**

Tipo di Veicolo	Numero Veicoli	Asse Singolo [kN]	
Autobus	96	40	80
Autocarri medi	2	50	110
Autocarri pesanti	10	15	30
	108		

**Tabella 7: Traffico Giornaliero Medio discretizzato in base alle Categorie (CNR): ad ognuna di esse corrisponde una configurazione di assi, diversa per numero, tipologia e carico [kN]**

A questo punto occorre moltiplicare VCT per le percentuali di ogni tipo di veicolo e il carico per asse (in kips) per il proprio coefficiente di equivalenza, risultando:

Numero di passaggi equivalenti di un asse da 8,2 t = 16.849.791

#### 8.4 Dimensionamento della sovrastruttura

Gli strati della sovrastruttura avranno queste caratteristiche:

Strato	Materiale	Coeff. Struttura $a_i$	Coeff. drenaggio	Spessore [cm]
Tappeto usura	Conglomerato bituminoso	0.44 (*0,9)	1	3
Binder	Conglomerato bituminoso	0.41 (*0,9)	1	7
Base	Misto Cementato	0.20	1	23
Fondazione	Misto Granulare	0.13	0.9	35

Affidabilità =	85 %
$Z_R =$	-1,032
$S_0 =$	0,45
$PSI_{INIZ} =$	4,2
$PSI_{FIN} =$	2,5
$\Delta_{PSI} =$	1,7
CBR =	6
$M_R =$	9000 psi
$M_R =$	60 N/mm <sup>2</sup>
Md =	300 daN/cm <sup>2</sup>
	30 N/mm <sup>2</sup>

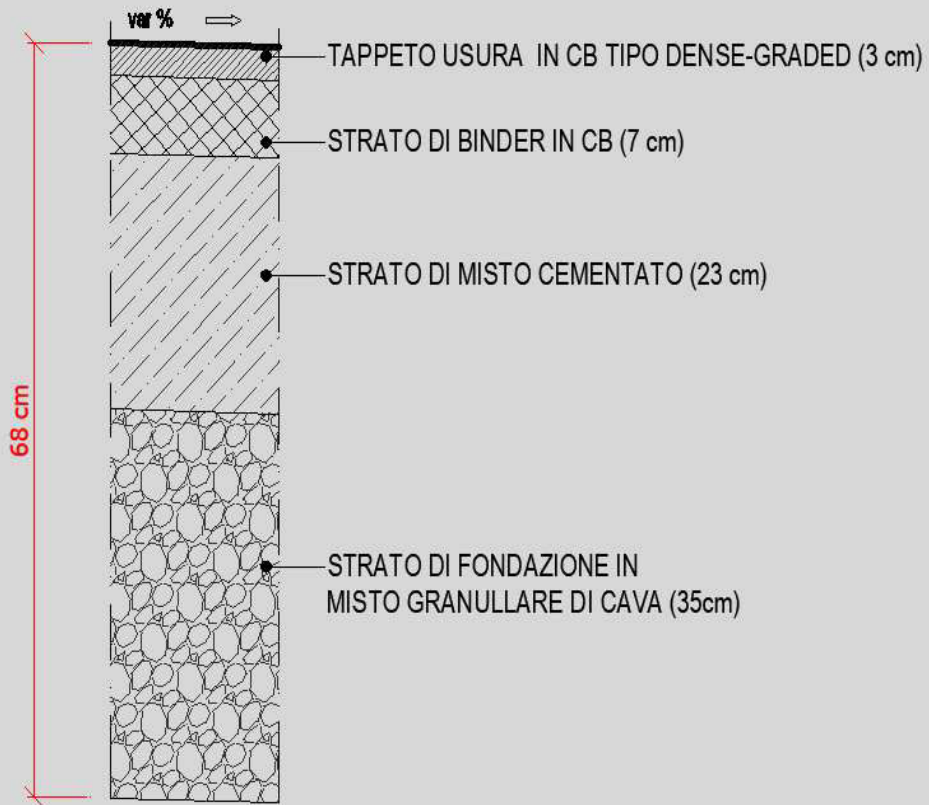
log W18 =	7,26
W18 =	18.403.434
N° passaggi =	16.849.791

La pavimentazione risulta verificata in quanto  $W18 > N^\circ$  passaggi previsto nella vita utile.

## SOVRASTRUTTURA STRADALE

### SEZIONE

SCALA 1:10



## SOVRASTRUTTURA STRADALE

### SU OPERA D'ARTE

sezione

SCALA 1:10

