

**S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"**  
**TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA**  
**1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PG143**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Federico Durastanti  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

**Il Responsabile di Progetto**

Arch. Pianificatore Marco Colazza

**Il Responsabile del Procedimento**

Dott. Ing.  
 Alessandro Micheli

**PROTOCOLLO**

**DATA**

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott.Ing. N.Granieri  
 Dott.Arch. N.Kamenicky  
 Dott.Ing. V.Truffini  
 Dott.Arch. A.Bracchini  
 Dott.Ing. F.Durastanti  
 Dott.Ing. E.Bartolucci  
 Dott.Geol. G.Cerquiglini  
 Geom. S.Scopetta  
 Dott.Ing. L.Sbrenna  
 Dott.Ing. E.Sellari  
 Dott.Ing. L.Dinelli  
 Dott.Ing. L.Nani  
 Dott.Ing. F.Pambianco  
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
 Dott. Ing. S.Sacconi  
 Dott. Ing. C.Consorti  
 Dott. Ing. E.Loffredo  
 Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani  
 Dott. Ing. F.Macchioni  
 Geom. C.Vischini  
 Dott. Ing. V.Piunno  
 Dott. Ing. G.Pulli  
 Geom. C.Sugaroni



**05.PROGETTO STRADALE**  
**05.01 ELABORATI GENERALI**

**Relazione di tracciamento asse principale**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	T00PS00TRARE01B		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00PS00TRARE01	B	-
B	Rev. A seguito istr. ANAS		Set 2023	M.De Tursi	F.Durastanti N.Granieri
A	Emissione		Ago 2023	M.De Tursi	F.Durastanti N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'ASSE PRINCIPALE .....</b>	<b>4</b>
2.1	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO .....	4
2.1.1	Compatibilità con il futuro adeguamento a categoria B .....	5
2.2	LO STATO ATTUALE .....	9
2.3	LO STATO DI PROGETTO.....	11
2.4	STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO STRADALE .....	13
2.5	LE SEZIONI TIPO DELLA STRADA DI PROGETTO ORIGINALE E QUELLA DEL 1° STRALCIO .....	14
<b>3</b>	<b>TRACCIATO PLANO-ALTIMETRICO .....</b>	<b>18</b>
3.1	ANDAMENTO PLANIMETRICO E VERIFICHE STRADA TIPO C2 .....	18
3.2	ANDAMENTO ALTIMETRICO E VERIFICHE STRADA TIPO C2 .....	22
3.3	ANDAMENTO PLANIMETRICO E VERIFICHE STRADA TIPO B .....	24
3.4	ANDAMENTO ALTIMETRICO E VERIFICHE STRADA TIPO B.....	27
<b>4</b>	<b>DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>DIAGRAMMI DI VISIBILITÀ.....</b>	<b>32</b>
5.1	DIAGRAMMA DI VISIBILITÀ PER L'ARRESTO.....	32
5.2	DIAGRAMMA DI VISIBILITÀ PER IL SORPASSO.....	33
5.3	VISIBILITÀ INTERSEZIONE RAMPE IMMISSIONE SVINCOLO BAIANO .....	35
<b>6</b>	<b>BARRIERE DI SICUREZZA .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>SEGNALETICA VERTICALE ED ORIZZONTALE .....</b>	<b>39</b>
7.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE .....	39
7.2	SEGNALETICA VERTICALE.....	40
<b>8</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE .....</b>	<b>42</b>
8.1	DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE ASSE PRINCIPALE.....	42
8.1.1	Verifica del pacchetto stradale con il metodo razionale .....	42
8.1.1.1	Carichi di traffico.....	42
8.1.1.2	Verifica (metodo razionale) .....	44
8.2	DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE VIABILITÀ SECONDARIE ASSE C E D .....	50
8.2.1	Verifica del pacchetto stradale con il metodo empirico AASHTO .....	50
8.2.1.1	Dati di input .....	50
8.2.1.2	Traffico di progetto .....	51
8.2.1.3	Calcolo degli esal's .....	53
8.2.1.4	Portanza del sottofondo.....	54
8.2.1.5	Spessore strati .....	55
<b>9</b>	<b>ALLEGATO: TABULATI DI TRACCIAMENTO C2 (CON VERIFICHE) .....</b>	<b>56</b>

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

**1 PREMESSA**

L'itinerario della strada delle "Tre Valli Umbre" tratto Acquasparta (E45) - Spoleto (SS3bis), regionalizzata nel 2001 e poi ritrasferita ad ANAS nel 2006, è stato a suo tempo inserito nell'elenco degli itinerari di "Legge Obiettivo".

Nel 2003, periodo di competenza gestionale della Regione, è stato sviluppato il Progetto Preliminare dell'intero tratto Acquasparta – Spoleto di sviluppo circa 21 km (di cui circa 9 km su opera d'arte) a 4 corsie, con categoria stradale tipo B ex DM 05.11.2001; questo venne approvato dal CIPE con delibera 146 del 02.12.2005. Tale approvazione contemplava il giudizio di compatibilità ambientale e il vincolo preordinato all'esproprio, approvando il progetto con prescrizioni e demandando alla successiva fase di PD la individuazione della copertura finanziaria.

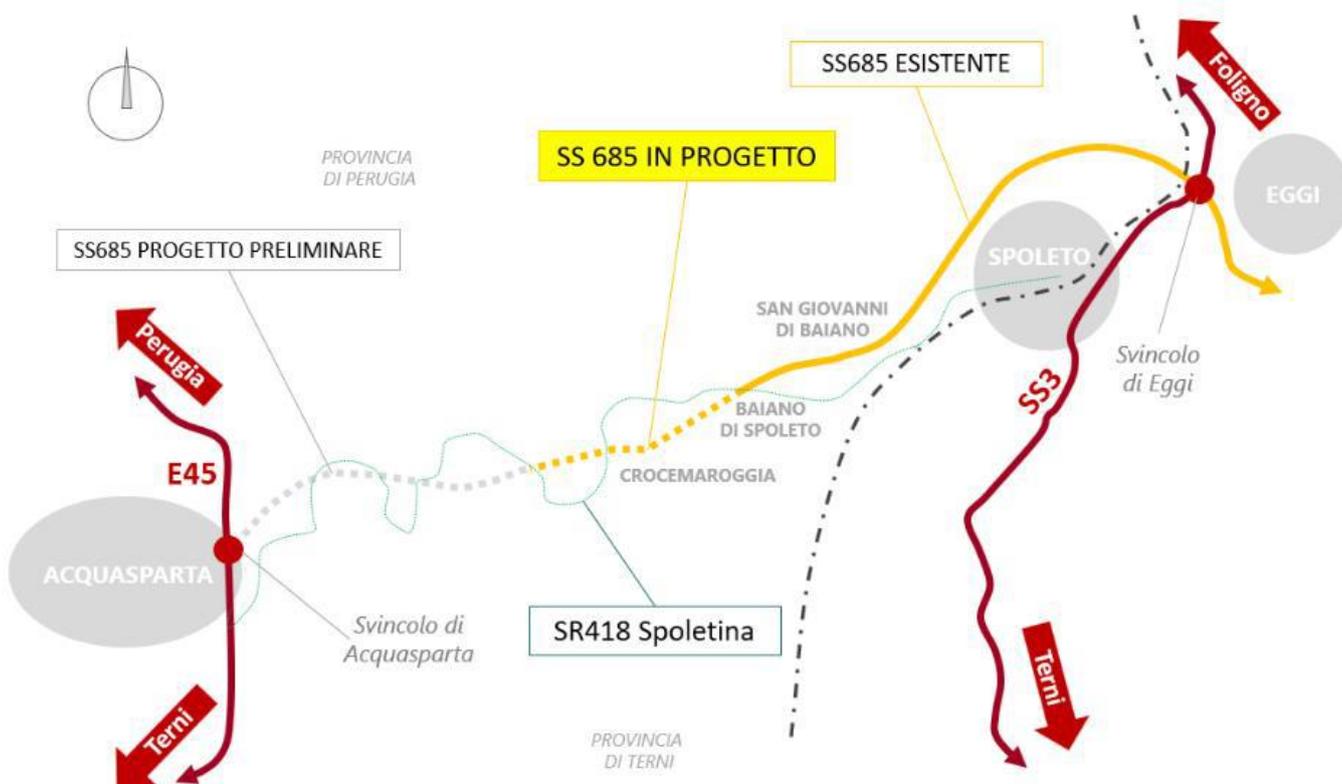


figura 1 - Il tracciato della strada delle tre Valli umbre (Progetto Preliminare)

Con successiva delibera del 6 marzo 2009 (di assegnazione fondi FAS 2007-2013), il CIPE inseriva nell'elenco delle opere da finanziare la realizzazione di un primo stralcio dell'itinerario, per un importo di 100,0 M€. In accordo con la Regione, come 1° stralcio è stata individuata la realizzazione a due corsie (Tipo C2 ex D.M. 05.11.2001) del tratto Firenzuola – Baiano, in

---

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

---

prosecuzione del tratto di circa 10 km già realizzato, sempre a due corsie, da Spoleto (Eggi) a S. Giovanni Baiano.

Predisposto dai medesimi progettisti regionali il progetto dello stralcio, nel 2012 Anas ha su di esso avviato le procedure di Legge Obiettivo (ex artt. 166 e 167 del D.lgs. 163/2006) di approvazione del Progetto Definitivo, con la pubblicazione dello stesso e l'invio ai Ministeri ed agli Enti (ottenendo alcuni pareri endoprocedimentali tra cui la Verifica di Ottemperanza). Tali procedure non hanno mai trovato compimento, stante l'intervenuta mancanza dei previsti finanziamenti.

L'intervento di 1° stralcio è stato inserito nel Contratto di Programma 2016-2020, con solo finanziamento per la progettazione.

Pertanto, il presente progetto definitivo è un aggiornamento del precedente alla normativa vigente (tra le quali si citano le NTC2018). Il tracciato sviluppa lo stralcio funzionale di 4+436 km a partire dalla progr. km 6+820 (con immissione diretta sulla S.R. 418 in corrispondenza dello svincolo Firenzuola), sino alla progr km 11+256 appena dopo lo svincolo di Baiano di Spoleto.

Lo stralcio è stato concepito come la naturale prosecuzione della tratta esistente a due corsie di marcia fra Baiano di Spoleto e Eggi in connessione alla SS3 Flaminia.

Pertanto, la realizzazione di questo ulteriore stralcio permetterà la chiusura di un unico tracciato ad una carreggiata che va da Firenzuola ad Eggi, completando il tracciato per circa 17 km dei 21 km previsti nel progetto preliminare.

## **2 DESCRIZIONE DELL'ASSE PRINCIPALE**

### **2.1 Inquadramento dell'intervento**

Il progetto originale preliminare prevedeva una nuova viabilità, categoria "B", di collegamento tra la nuova S.S. Flaminia a quattro corsie a Spoleto e la S.S. 3 bis ad Acquasparta, per il quale è stato redatto anche lo studio d'impatto ambientale, al quale si fa riferimento per il dettaglio.

Obiettivo del progetto è il completamento della strada delle "Tre Valli Umbre" di collegamento fra la S.S. 209 Valnerina e la S.S. n°3 bis Tiberina, consentendo quindi lo sviluppo sia nelle relazioni fra tre importanti Regioni (Umbria, Marche, Lazio) che la riorganizzazione degli accessi alla città di Spoleto e quindi ai servizi che questa importante città offre. Lo stesso P.R.G. vigente attribuisce fondamentale importanza alla S.S. delle "Tre Valli Umbre" per lo sviluppo della città di Spoleto, in quanto le consente tra l'altro di spostare definitivamente il traffico pesante fuori città.

La strada è attualmente realizzata con una sezione tipo IV CNR a singola carreggiata due corsie nei tratti fra la S.S. 209 Valnerina, (in corrispondenza di S. Anatolia di Narco), ed Eggi e fra S.Sabino e Madonna di Baiano; mentre il tratto fra Eggi e S. Sabino risulta di categoria C1. Lo stralcio si configura come una strada di categoria C2 fra lo svincolo di Baiano di Spoleto e lo svincolo Firenzuola di collegamento con la S.S. 418 Spoletina

Le indagini di sviluppo tendenziale del traffico hanno dimostrato la necessità di adeguare l'attuale carreggiata da tipo IV CNR a categoria B, (D.M. infrastrutture n.6792 del 5/11/2001) a doppia corsia in entrambi i sensi di marcia, non essendo la strada tipo IV una volta completata in grado di essere efficiente con livelli di servizio facilmente passabili da D ed E.

Essendo in presenza di uno stralcio funzionale che dovrà dare seguito all'attuale strada in esercizio ed essere compatibile con il futuro raddoppio è stato ritenuto idoneo progettare una strada di categoria C2 la cui sezione tipo consente una più semplice ed economica compatibilizzazione con la futura sezione di tipo B con una capacità non inferiore alla cat. C1 realizzata fra Eggi e S.Sabino; con riferimento alla normativa vigente (D.M. 5-11-2001) le strade di categoria C sono tutte classificate come Secondarie Extraurbane secondarie ed hanno le medesime caratteristiche sia come intervallo di velocità di progetto (60-100 km/h con  $V_{MAX}$  amministrativa = 90 km/h), che come Livello di servizio (C), che come Portata di servizio per corsia (600 autov. Eq./h).

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Le due tipologie di strade differiscono soltanto per le dimensioni delle corsie 3.75 per la C1 e 3.50 per la C2 e per la larghezza delle banchine 1.50 per la C1 e 1.25 per la C2; considerando che nella configurazione finale la strada avrà due carreggiate da  $(2 \text{ corsie da } 3.75+0.5+1.75) = 9.75 \text{ m}$  e confrontando questo dato con la larghezza totale della carreggiata della C1 (10.50 m) e della C2 (9.50) si è scelto di realizzare la carreggiata del progetto originale riorganizzando semplicemente al suo interno le corsie e le banchine in modo da ottenere una strada di categoria C2 con notevoli risparmi per l'amministrazione pubblica, a sostanziale parità di capacità della strada.

### 2.1.1 Compatibilità con il futuro adeguamento a categoria B

Per evidenziare la possibilità di adeguamento futuro alla categoria B, nel seguito si riportano delle sezioni trasversali tipologiche che danno evidenza della differenza di quota tra i due cigli stradali, nell'ipotesi che il progetto del futuro adeguamento conservi lo stesso ciglio interno dello stralcio funzionale ad oggi in progetto, pertanto la differenza planimetrica tra i due assi di tracciamento è pari a 4,875 m. Le sezioni riportate fanno riferimento ad i tratti curvilinei, ove c'è una differenza di pendenza trasversale, mentre i tratti in rettilineo sono già progettati con piattaforma ad unica falda.

In galleria la differenza di quota tra i cigli è di circa 10 cm (cat. C:  $R=1490.63 \text{ m}$   $i_t=3.20\%$  - cat.B:  $R=1495.5 \text{ m}$   $i_t= 4.18\%$ ), tale differenza è assorbibile senza modifiche strutturali:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

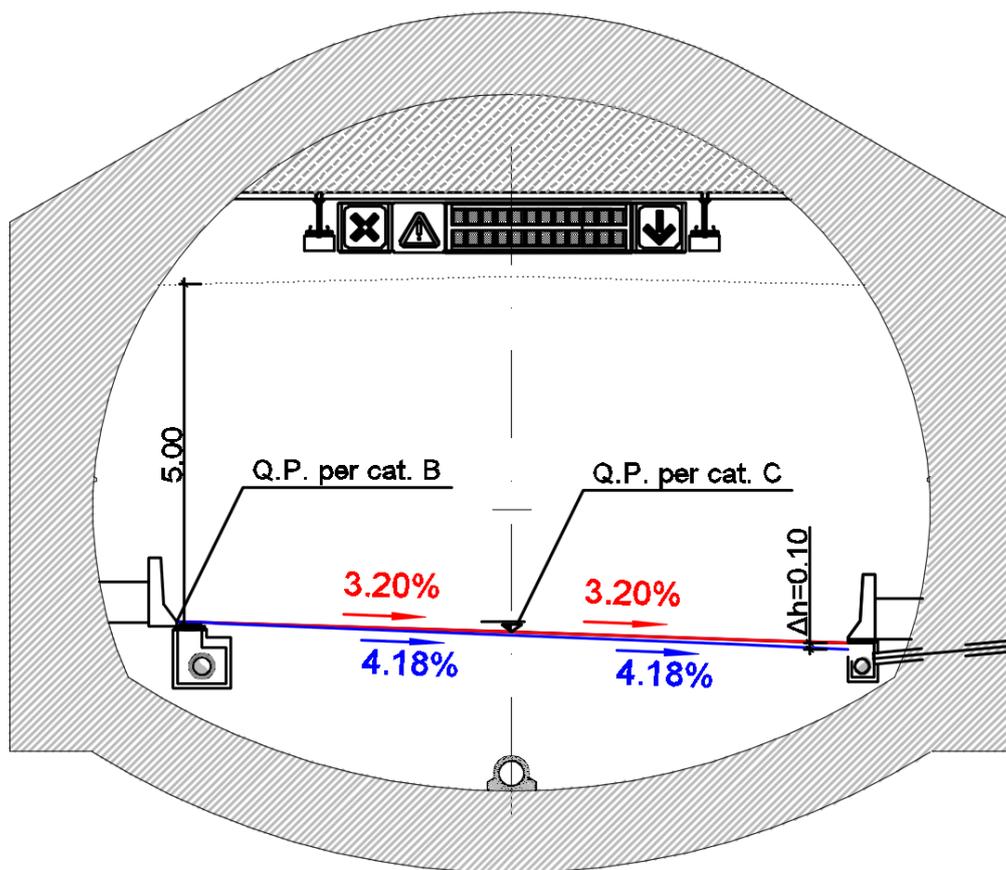


figura 2 - esempio di differenza di quota tra cigli in galleria

In viadotto la differenza di quota tra i cigli è di circa 10 cm (cat. C:  $R=1504.38$  m  $i_t=3.18\%$  - cat. B:  $R=1499.5$  m  $i_t=4.17\%$ ), tale differenza è assorbibile intervenendo solo sulla testa del cordolo con successivo riposizionamento del sicurvia:

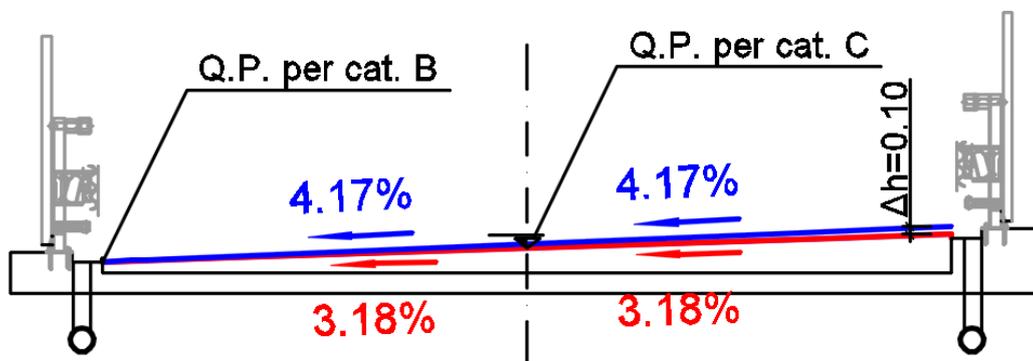


figura 3 - esempio di differenza di quota tra cigli in viadotto in interno curva

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Altro caso che si presenta in viadotto è quando la curva è in destra, in questo caso occorre calibrare il futuro profilo in modo da guadagnare circa 8 cm in asse, così che la differenza di quota sia assorbibile intervenendo solo sulla testa del cordolo in esterno curva (cat. C:  $R=1842.12\text{ m } i_t=2.79\%$  - cat. B:  $R=1847\text{ m } i_t= 3.65\%$ ):

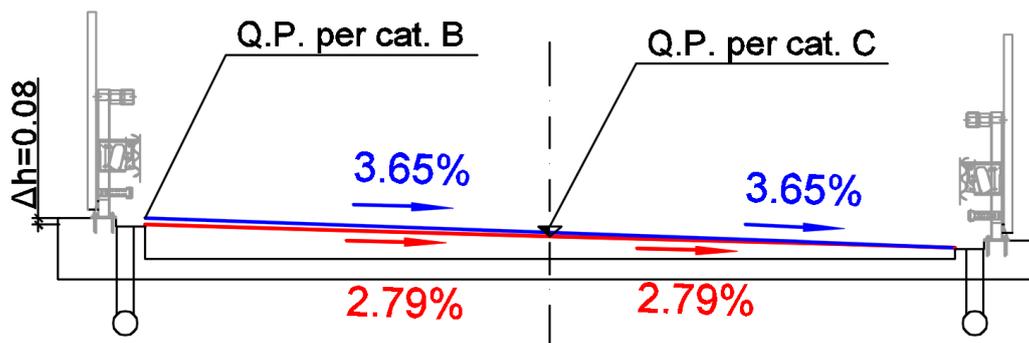


figura 4 - esempio di differenza di quota tra cigli in viadotto in esterno curva

Anche l'andamento altimetrico è tale da rispettare il dettato normativo per la strada in studio, dato che la massima livelletta di progetto è pari al 4%, inferiore al 6% max di norma, la successiva tabella mostra che i raccordi altimetrici adottati, per il futuro tratto di adeguamento, verificano le distanze per la visibilità per l'arresto:

raccordi verticali parabolici							
	raggio vert.	Delta i [%]	sviluppo	tipo	Vp [km/h]	Raggio Min.	verifica
V1	30000	2.257	677.450	concavo	120.000	1852	'OK'
V2	28000	-1.057	296.090	convesso	120.000	1852	'OK'
V3	15000	3.300	495.055	concavo	120.000	4190	'OK'
V4	17000	-3.500	595.077	convesso	120.000	8618	'OK'
V5	20000	1.217	243.554	concavo	120.000	1852	'OK'
V6	13000	1.296	168.486	concavo	120.000	1852	'OK'

figura 5 – verifica altimetrica asse categoria B

Rispetto al progetto dell'asse categoria C, le verifiche riportate nel presente paragrafo fanno riferimento ad un asse in cui per i primi 174 metri è estesa la livelletta al 4% che così tiene conto della prosecuzione altimetrica con l'asse del 2° stralcio. Nell'immagine seguente si riporta il diagramma di visibilità/velocità relativo al futuro adeguamento ad extraurbana principale di tipo B, per il calcolo della distanza di arresto si è utilizzato il coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente relativo alle autostrade.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Da : distanza di arresto richiesta in funzione dell'andamento plano-altimetrico,

Dva<sub>i</sub> : distanza di visuale libera disponibile per la carreggiata interna,

Dva<sub>e</sub> : distanza di visuale libera disponibile per la carreggiata esterna,

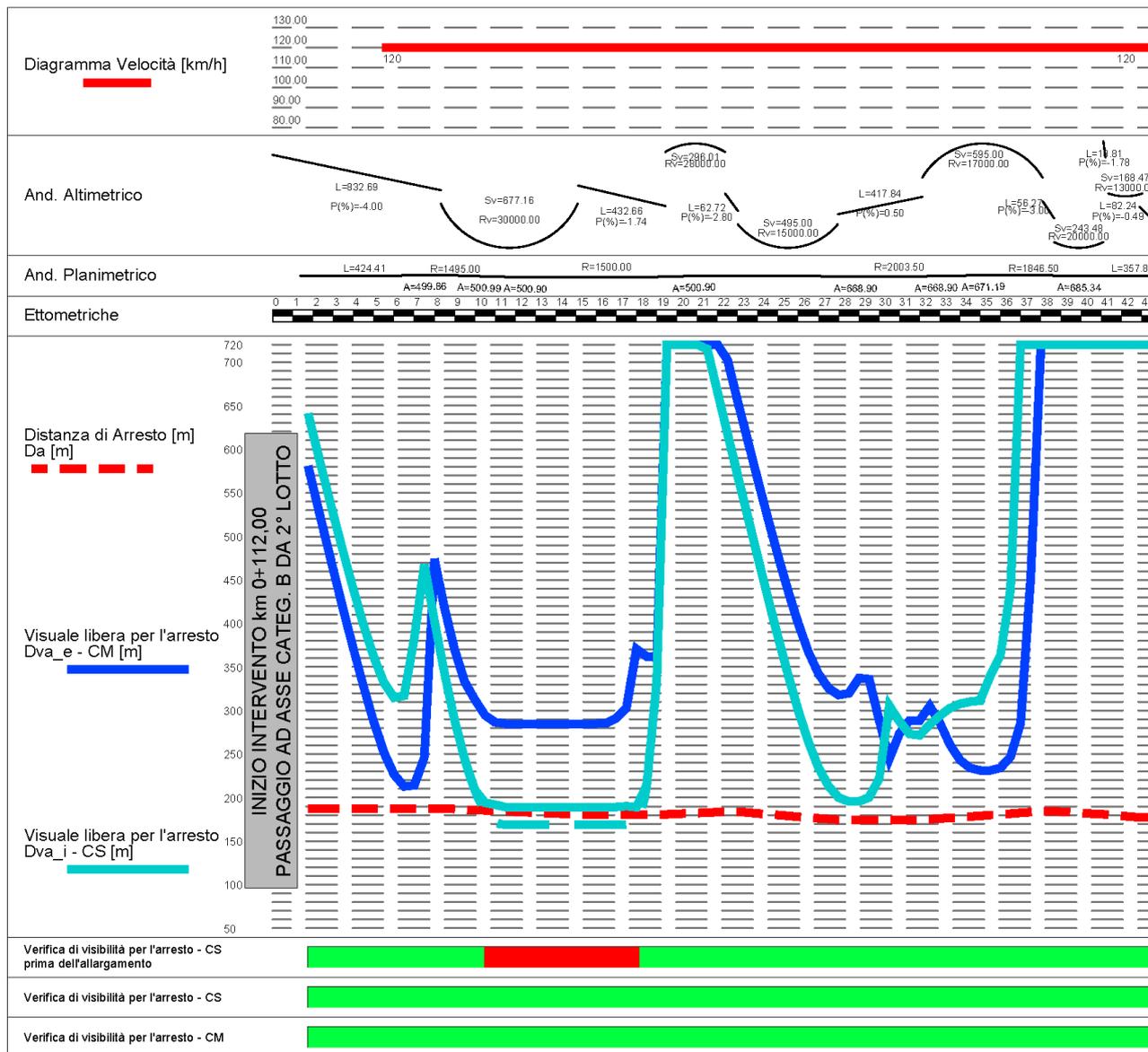


figura 6 – diagrammi visibilità per l'arresto asse categoria B

Da una prima verifica risulta che una parte del ciglio sinistro, ciglio banchina interna, necessita di allargamento, le ultime due finche rappresentano il risultato della verifica considerando un aumento della banchina interna di 0,60 m tra le progressive km 1+179 e km 1+939.

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

### 2.2 Lo stato attuale

Nel presente paragrafo si descrive lo stato attuale delle viabilità esistenti oggetto di modifica, allo scopo di analizzare gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza come richiesto all'articolo 4 del DM n° 67/S del DM 22/04/2004.

L'asse principale dal km 0+000 al km 4+000 circa risulta completamente su nuova sede, mentre nel tratto finale da km 4+000 a km 4+370.36 si collega alla viabilità esistente SS685 anch'essa di categoria C; il tratto ricade all'interno del nuovo svincolo di Baiano, per il quale occorre far riferimento alla relazione T00PS00TRARE02A.



*figura 7 – stato attuale innesto SS685 con SS418*

L'esistente SS685 si ricollega alla SS418 con un'intersezione a T, tramite una curva planimetrica di raggio  $R=225$  m con una pendenza del 1,5% circa in salita verso l'intersezione, la curva segue un rettilineo lungo circa 400 m, la velocità amministrativa è imposta a  $V_{lim} = 50$  km/h. Il corpo stradale è in rilevato, protetto da barriere di sicurezza che appaiono non di recente installazione, a differenza di quelle poste lungo il cordolo dell'opera di sottopasso esistente, come evidente nella successiva immagine.

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE



*figura 8 – stato attuale SS685*

Sono anche assenti allargamenti per visibilità ed attenuatori d'urto nei punti di cuspidi delle barriere per la rampa di uscita verso via Lenin.

In sintesi i maggiori fattori di rischio per il tratto di SS 685 esistente, oggetto di adeguamento, sono relativi a:

- curva di raggio modesto (225m) dopo un tratto di strada percorribile a velocità sostenuta;
- assenza di allargamenti per visibilità;
- barriere di sicurezza da verificare se rispondenti a quanto richiesto dall'allegato tecnico del D.M. Infrastrutture 21.06.2004.

Tali difformità sono tutte sanate dal nuovo progetto che prevede un nuovo svincolo a livelli sfalsati ed un nuovo tracciato che si collega al rettilineo esistente tramite una curva di ampio raggio  $R=1842.13m$ , e l'installazione di nuove barriere di sicurezza.

### 2.3 Lo stato di progetto

Il tracciato dello stralcio, a parte il tratto iniziale dello svincolo di testa, ricalca perfettamente l'asse di tracciamento della carreggiata lato Spoleto del progetto complessivo garantendo tutti gli standards relativi ad una strada di categoria B seppur limitando la velocità a 100 km/h.

I raggi risultano molto ampi ed assicurano la massima sicurezza dal punto di vista del moto dei veicoli e garantiscono anche la piena visibilità per la distanza di arresto alla velocità massima di progetto pari a 120 km/h.

Il tracciato di stralcio si divide dalla nuova rotatoria di svincolo con la S.S. 418 immediatamente a valle dell'abitato di Firenzuola in prossimità di una curva sinistrorsa.



*figura 9 – stato attuale SS418 in prossimità dell'inizio intervento*

Trattandosi di uno svincolo di testa non è stato necessario riproporre lo schema originale, previsto nel caso di viabilità di categoria B, che prevedeva lo svincolo a livelli sfalsati con l'introduzione di due gallerie artificiali di svincolo.

Il primo tratto è in discesa verso Spoleto con una pendenza del 4.0% tra tratti a mezza costa e due gallerie artificiali, la galleria Romanella e la galleria Colle del vento rispettivamente di 173 e 252.20 m, sempre sul versante sud della valle di Pino Palombaro, attualmente già impegnata

---

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

---

dalla SS n. 418 “Spoletina”, che sta scendendo dal Monte Rotondo e in questo tratto si sviluppa lungo il fondo valle.

Dopo l'ultima galleria artificiale del “Colle del Vento” si entra nella valle del Marroggia che sta scendendo dalla diga di Arezzo. Il viadotto Marroggia 1 attraversa il torrente con un angolo vicino a 90° e con un franco idraulico superiore a 12 m; dopo il torrente attraversa la strada di Mogliano, si dispone per un breve tratto parallelamente alla ferrovia, dopo “l'Osteria” attraversa anche la SS n. 418 e prosegue lungo la striscia di terreni liberi tra il corso del Marroggia e la SS n. 418. In questo tratto bisogna tenere il tracciato più possibile lontano dal torrente, che segna con la sua sponda sinistra il confine dell'area militare che richiede il franco di 100 m. Il franco di fatto risulta sempre soddisfatto.

Dopo un breve tratto in rilevato segue il viadotto “Molino vecchio” che arriva quasi al nuovo svincolo di S.Giovanni di Baiano dove termina il tratto del nuovo tracciato fuori sede. Quest'ultimo viadotto attraversa l'allacciamento ferroviario e l'ingresso veicolare della zona militare che rappresenta un vincolo altimetrico; successivamente il tracciato continua a scendere con una livelletta al 3,0% verso il nuovo svincolo e verso Spoleto.

Come ricordato nella premessa, alla progressiva km 4+370.358 circa, che corrisponde all'innesto con la S.S.685 esistente in prossimità dello svincolo di S.Giovanni di Baiano.

## 2.4 Standards progettuali e normative di riferimento del progetto stradale

La progettazione esecutiva recepisce quanto contenuto nel progetto definitivo e quanto prescritto nel decreto di compatibilità ambientale approvato dal CIPE ed è stata redatta ai sensi:

- D.Lgs 30.04.1992 n.285 e s.m.i. - “Nuovo codice della strada” e successive modifiche ed integrazioni
- D.P.R. 16.12.1992 n.495 e s.m.i. - “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada”
- D.M. Infrastrutture 5.11.2001 n.6792 - “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- Decreto 22/04/2004 n. 147 - Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»
- D.M. 19.04.2006 - “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”
- Norme UNI EN 1317 - “Barriere di sicurezza stradali”
- D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G:U: n. 63 del 16.03.92) – “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza”
- D.M. Infrastrutture 21.06.2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04) - “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale” e successive modifiche ed integrazioni
- Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Prot. 3065 del 25.08.2004. - “Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”
- DM 28.06.2011 (Gun. 233 del 06.10.2011) - "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale"
- D.M. 01/04/2019 - “Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM)”

Il progetto stradale dell’opera è stato eseguito in conformità a quanto prescritto dalla normativa vigente, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, Decreto 5 novembre 2001, che ha sostituito la normativa CNR 78 del 1980.

## 2.5 Le sezioni tipo della strada di progetto originale e quella del 1° stralcio

Per la nuova infrastruttura viene adottata una sezione tipo B, appartenente alla categoria delle strade extraurbane principali, secondo il DM 5/11/01 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”.

Tale sezione prevede due carreggiate distinte, una per senso di marcia, separate da uno spartitraffico di larghezza 2,50 m; ogni singola carreggiata prevede due corsie di larghezza 3,75 m, una banchina in destra di larghezza 1,75m e una banchina in sinistra di larghezza 0,50 m; la pendenza trasversale minima della carreggiata è pari al 2,5%.

La larghezza complessiva della infrastruttura è pari a 22,00 m.

Come precedentemente esposto la sezione tipo del 1° stralcio è essenzialmente quella della carreggiata direzione Spoleto del progetto originale, l’asse di tracciamento dello stralcio è posto al centro della carreggiata.

La larghezza della piattaforma è la medesima mentre viene riarticolata la suddivisione interna delle corsie all’interno della carreggiata, essendo la carreggiata di una **strada di categoria C2** ( $60 \leq V_p \leq 100 \text{ km/h}$ ) più stretta di 25 cm di quella della carreggiata della strada di categoria B; tale differenza verrà fatta assorbire dalle due banchine che quindi saranno larghe 1,375 m anzi che 1,25 m, come evidente dall’immagine di seguito nel caso di sezione tipo in rilevato.

In questo modo vengono completamente salvaguardate oltre la larghezza della carreggiata anche le rotazioni della sagoma stradale che seguiranno quelle del progetto della strada categoria B.

Nei tratti in rilevato è presente un arginello erboso di larghezza 1,75 m, rialzato rispetto al piano stradale, a tergo della barriera di sicurezza è posta una canaletta rettangolare che raccoglie le acque di piattaforma, convogliate da un embrice al disotto del sicurvia, la pendenza della scarpata è pari a 2/3.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

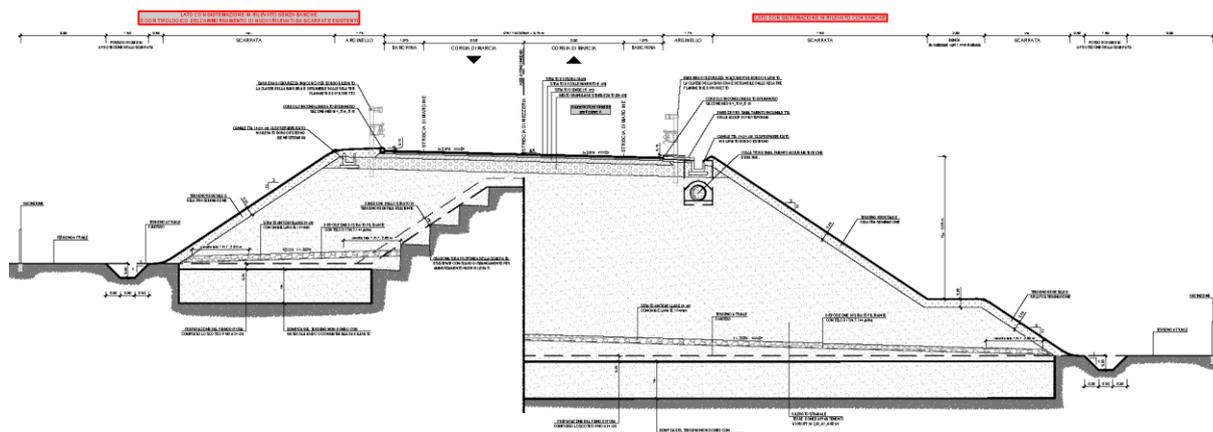


figura 10 – sezione tipo in rilevato

Le acque ricadenti sulla piattaforma stradale vengono convogliate a bordo strada in virtù della pendenza trasversale del nastro di norma pari al 2,5%. Le cunette rettangolari recapitano le acque ai fossi di guardia tramite embrici, nel caso in cui le acque di piattaforma non debbano essere sottoposte ad un trattamento depurativo, oppure ad un collettore di raccolta nel caso contrario.

Per altezze dei rilevati superiori a 5,00 m è prevista la realizzazione di una banca intermedia di larghezza 2,00 m, oltre cui riprende la scarpata fino a incontrare il piano di campagna. Sulla scarpata è prevista la stesa di uno spessore di 30 cm di terreno vegetale e relativo inerbimento. Ad una distanza minima di 50 cm dal piede della scarpata è ubicato un fosso di guardia in terra, di forma trapezia, con dimensioni interne pari a 50 cm; a distanza di 3,00 m da quest'ultimo è posta la recinzione metallica e ad una distanza di 1,00 m da quest'ultima viene posto un limite in pietra delimitante l'area soggetta a esproprio di proprietà ANAS.

La carreggiata è protetta da sicurvia metallici di tipo H3 (vedi D.M. del 21.06.2004) per il bordo ponte, di tipo H2 per il bordo rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano campagna è maggiore o uguale a 1,00 m.

Nei tratti in trincea la piattaforma pavimentata è raccordata direttamente alla cunetta alla francese in CLS di 100 cm di larghezza, al di sotto della quale è presente un collettore fognario per lo smaltimento delle acque, a tergo della cunetta vi è un tratto sub-orizzontale ampio 75 cm. La pendenza delle scarpate in scavo è pari a 1/1, mentre è sempre presente un fosso di guardia in terra, delle stesse dimensioni e caratteristiche di quello in rilevato, a protezione della scarpata e posto ad una distanza minima di 1,00 m dal ciglio della scarpata stessa.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

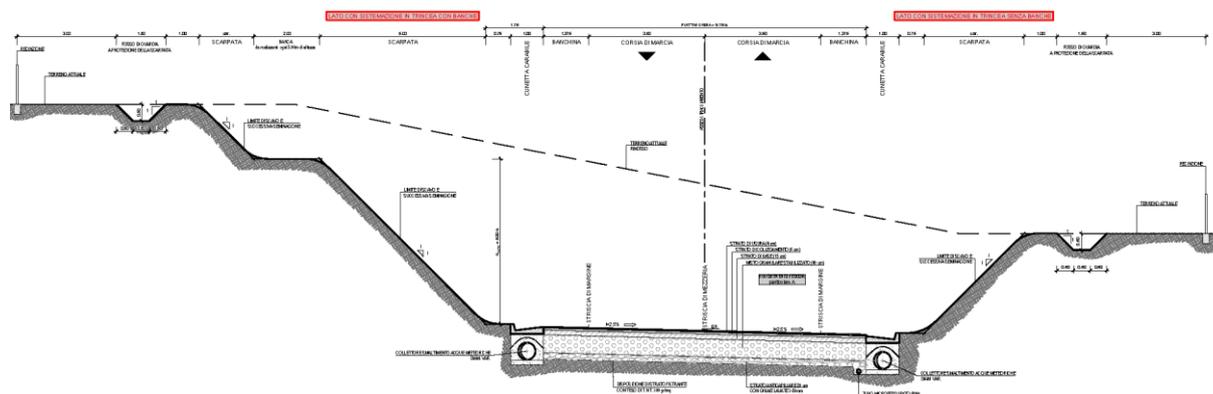


figura 11 – sezione tipo in trincea

Laddove la pendenza trasversale del terreno supera il 15% è prevista una gradonatura del piano di posa del rilevato stradale; quest'ultimo verrà preparato eseguendo uno scotico del terreno fino ad una profondità di 20 cm, quindi verrà effettuata al di sotto una bonifica del terreno con idoneo materiale arido o con materiale da rilevato; il piano di posa del rilevato verrà sagomato a schiena d'asino con una pendenza trasversale inferiore al 3%, al di sopra del quale verrà predisposto uno strato anticapillare di 20 cm con ghiaie lavate, pezzature 30-75 mm, separato dal piano di posa da uno strato filtrante in tessuto non tessuto rivoltato lateralmente per un tratto di 2,00 m al di sopra dello strato anticapillare; lo spessore di terreno soggetto a bonifica varia a seconda dei terreni interessati e viene riportato nel profilo geotecnica di progetto.

Il rilevato stradale verrà eseguito con terre idonee appartenenti ai gruppi A1a, A2-4, A2-5 e A3. La sovrastruttura della carreggiata presenta complessivamente uno spessore di 65 cm, è composta da fondazione di 40 cm di misto stabilizzato con legante naturale, 15 cm di strato di base in conglomerato bituminoso, 6cm di strato di collegamento in conglomerato bituminoso (binder) e 4 cm di tappetino di usura in conglomerato bituminoso.

La piattaforma stradale in viadotto mantiene identiche caratteristiche dimensionali rispetto ai tratti a raso, contraddistinta da due corsie di larghezza 3,50 m, una banchina laterale che misura 1,375 m, e infine da due elementi di bordo, di larghezza 70 cm, non pavimentati, su cui sono alloggiati le barriere di sicurezza (tipo H3 bordo ponte) e una rete di protezione, in totale presenta una larghezza complessiva dell'impalcato pari a 11,85 m.

La pavimentazione, al di sopra della soletta in cls, è costituita da una impermeabilizzazione in cappa di asfalto sintetico di 1 cm, sopra il quale sono previsti uno strato di collegamento in

---

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

---

conglomerato bituminoso di spessore 6 cm e il tappeto di usura in conglomerato bituminoso di altezza 4 cm. Lo smaltimento delle acque in viadotto è garantito da un tubo in acciaio che corre per tutta la lunghezza dell'opera al di sotto delle due banchine laterali, alimentato da bocchettoni che consentono la caduta delle acque dalla pavimentazione al tubo stesso, ed è fissato alla struttura metallica del viadotto stesso tramite profilati bullonati.

La sezione tipo in galleria artificiale conserva le larghezze delle corsie di marcia e di sorpasso e delle banchine in destra e sinistra ed è completata su ambo i lati dai profili ridirettivi come da DM2001. Oltre detti profili sono ricavati camminamenti laterali protetti, al di sotto dei quali sono ubicati i vari cavi per le comunicazioni, l'energia, i vari impianti di servizio e di sicurezza della galleria. La larghezza netta all'interno della galleria artificiale è pari a 9,75 m, con un'altezza libera minima pari a 5.00 m. Lo smaltimento delle acque all'interno della galleria sarà garantito da tubazioni su ambo i lati della carreggiata, con pozzetti in cls posizionati ad interasse 10 m e protetti da una griglia carrabile. L'acqua di deposito dell'arco rovescio sarà invece convogliata e raccolta tramite un tubo circolare ubicato nella parte inferiore della calotta.

Le sezioni tipo dell'asse principale sono riportate negli elaborati grafici: T00PS00TRAST01A, T00PS00TRAST02A, T00PS00TRADC01A, T00PS00TRADC02A

### 3 TRACCIATO PLANO-ALTIMETRICO

Il progetto è stato eseguito in conformità a quanto prescritto dalla normativa vigente, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, Decreto 5 novembre 2001, che ha sostituito la normativa CNR 78 del 1980.

La strada è stata progettata come appartenente alla categoria B (strade extraurbane principali), contraddistinta da un intervallo di velocità di progetto tra 70 e 120 km/h, sebbene essendo realizzata una sola delle due carreggiate verrà declassata a **categoria C2 con velocità massima di progetto pari a 100 km/h**.

La velocità di progetto condiziona le caratteristiche plano-altimetriche dell'asse stradale e le dimensioni dei vari elementi componenti la piattaforma, che rimangono definiti come segue.

#### 3.1 Andamento planimetrico e verifiche Strada Tipo C2

Le norme stabiliscono per le strade di categoria B un intervallo di velocità 70-120 km/h e un raggio planimetrico minimo pari a 178 m. Lungo il tracciato principale vi sono 5 curve circolari, tutte dotate dei relativi raccordi a curvatura variabile.

I raggi circolari consecutivi soddisfano sempre il rapporto del diagramma di Koppel, ricavato da dati sperimentati riguardanti la sicurezza di marcia.

Per le curve di raccordo è stata scelta la clotoide con fattore di forma  $n = 1$ . Per determinare il parametro A sono state fatte le diverse verifiche suggerite dalla normativa vigente:

Criterio n.1: (limitazione del contraccollo):

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{V^3}{c} - \frac{g V R (q_f - q_i)}{c}}$$

Formula approssimata:

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

Criterio n.2:(sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata):

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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Criterio n.3: (ottico):

$$A \geq R/3$$

$$e A \leq R$$

Si riportano di seguito la tabella riassuntiva con i dati di tracciamento dell'asse progettato (N.B. i parametri sono calcolati in previsione della futura strada di categoria "B", per cui  $V_{Pmax} = 120$  km/h)

Elemento	pr. Iniziale [m]	pr. Finale [m]	sviluppo [m]	Raggio o Parametro [m]	verso di percorrenza
1 ARCO	0.000	20.826	20.826	120	Sx
2 CLOTOIDE	20.826	140.826	120.000	120	Sx
3 RETTIFILO	140.826	564.251	423.424	-	
4 CLOTOIDE	564.251	731.136	166.885	498.762	Dx
5 ARCO	731.136	830.573	99.437	1490.625	Dx
6 CLOTOIDE	830.573	998.216	167.642	499.892	Dx
7 CLOTOIDE	998.216	1165.730	167.514	502	Sx
8 ARCO	1165.730	1896.722	730.992	1504.375	Sx
9 CLOTOIDE	1896.722	2064.236	167.514	502	Sx
10 RETTIFILO	2064.236	2667.709	603.473	-	
11 CLOTOIDE	2667.709	2891.279	223.570	670	Sx
12 ARCO	2891.279	3067.751	176.472	2007.875	Sx
13 CLOTOIDE	3067.751	3291.321	223.570	670	Sx
14 CLOTOIDE	3291.321	3535.007	243.686	670	Dx
15 ARCO	3535.007	3758.284	223.277	1842.125	Dx
16 CLOTOIDE	3758.284	4012.351	254.067	684.122	Dx
17 RETTIFILO	4012.351	4370.358	358.007	-	

*Elementi planimetrici dell'asse principale*

Di seguito si riporta il dettaglio delle verifiche dei singoli elementi.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

➤ RETTIFILI

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	L <= Lmax	L >= Lmin	Rprec >= Rmin	Rsucc >= Rmin	
3	RETTIFILO	140.826	564.251	423.424	423.424 <= 2200.000	423.424 > 150.000	120.00 >= 400.00	1490.63 >= 400.00
10	RETTIFILO	2064.236	2667.709	603.473	603.473 <= 2200.000	603.473 > 150.000	1504.38 >= 400.00	2007.88 >= 400.00
17	RETTIFILO	4012.351	4370.358	358.007	358.007 <= 2200.000	358.007 > 150.000	1842.13 >= 400.00	

verifica dei rettifili

➤ ARCHI DI CERCHIO

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	R >= Rmin	R >= RminRet	R>Rmin complessiva	Sv >= Smin	
1	ARCO	0.000	20.826	120.000 >= 118.110	120.00 >= 400.00	120.00 >= 118.11	20.83 >= 20.83
5	ARCO	731.136	830.573	1490.625 >= 118.110	1490.63 >= 400.00	1490.63 >= 118.11	99.44 >= 69.44
8	ARCO	1165.730	1896.722	1504.375 >= 118.110	1504.38 >= 400.00	1504.38 >= 118.11	730.99 >= 69.44
12	ARCO	2891.279	3067.751	2007.875 >= 118.110	2007.88 >= 400.00	2007.88 >= 118.11	176.47 >= 69.44
15	ARCO	3535.007	3758.284	1842.125 >= 118.110	1842.13 >= 400.00	1842.13 >= 118.11	223.28 >= 69.44

verifica delle curve circolari

➤ CLOTOIDI

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	A <= R	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	A/Au <= 3/2	A/Au >= 2/3	
2	CLOTOIDE	20.826	140.826	120.000	120.0 <= 120.0	120.0 >= 49.1	120.0 >= 40.1			
4	CLOTOIDE	564.251	731.136	166.885	498.8 <= 1490.6	498.8 >= 210.0	498.8 >= 75.9	498.8 >= 496.9	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67
6	CLOTOIDE	830.573	998.216	167.642	499.9 <= 1490.6	499.9 >= 210.0	499.9 >= 162.7	499.9 >= 496.9		
7	CLOTOIDE	998.216	1165.730	167.514	502.0 <= 1504.4	502.0 >= 210.0	502.0 >= 162.9	502.0 >= 501.5	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67
9	CLOTOIDE	1896.722	2064.236	167.514	502.0 <= 1504.4	502.0 >= 210.0	502.0 >= 217.8	502.0 >= 501.5		
11	CLOTOIDE	2667.709	2891.279	223.570	670.0 <= 2007.9	670.0 >= 210.0	670.0 >= 239.5	670.0 >= 669.3	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67
13	CLOTOIDE	3067.751	3291.321	223.570	670.0 <= 2007.9	670.0 >= 210.0	670.0 >= 171.5	670.0 >= 669.3		
14	CLOTOIDE	3291.321	3535.007	243.686	670.0 <= 1842.1	670.0 >= 210.0	670.0 >= 169.1	670.0 >= 614.0	0.98 <= 1.50	0.98 >= 0.67
16	CLOTOIDE	3758.284	4012.351	254.067	684.1 <= 1842.1	684.1 >= 210.0	684.1 >= 232.7	684.1 >= 614.0		

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	A<=Amax complessiva	A>=Amin complessiva	Ae/A <= 3/2	Ae/A >= 2/3	Ae/Au complessiva	
2	CLOTOIDE	20.826	140.826	120.000	120.00 <= 120.00	120.00 >= 49.10	0.00 <= 1.50	0.00 >= 0.67	0.00 >= 0.67
4	CLOTOIDE	564.251	731.136	166.885	498.80 <= 1490.60	498.80 >= 496.90			1.00 >= 0.67
6	CLOTOIDE	830.573	998.216	167.642	499.90 <= 1490.60	499.90 >= 496.90	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	1.00 >= 0.67
7	CLOTOIDE	998.216	1165.730	167.514	502.00 <= 1504.40	502.00 >= 501.50			1.00 >= 0.67
9	CLOTOIDE	1896.722	2064.236	167.514	502.00 <= 1504.40	502.00 >= 501.50	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	1.00 >= 0.67
11	CLOTOIDE	2667.709	2891.279	223.570	670.00 <= 2007.90	670.00 >= 669.30			1.00 >= 0.67
13	CLOTOIDE	3067.751	3291.321	223.570	670.00 <= 2007.90	670.00 >= 669.30	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	1.00 >= 0.67
14	CLOTOIDE	3291.321	3535.007	243.686	670.00 <= 1842.10	670.00 >= 614.00			0.98 >= 0.67
16	CLOTOIDE	3758.284	4012.351	254.067	684.10 <= 1842.10	684.10 >= 614.00	0.98 <= 1.50	0.98 >= 0.67	0.98 >= 0.67

verifica delle curve a raggio variabili - clotoidi

---

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

---

Il primo elemento del tracciato è caratterizzato da una curva che si innesta in rotatoria, il diagramma delle velocità viene fatto partire da una velocità di progetto pari a  $V=30$  km/h, pertanto inferiore la velocità minima per una strada di categoria C, in virtù di tale conformazione geometrica il tabulato presenta alcune difformità rispetto a quello che è il valore minimo teorico richiesto dalla norma, nel seguito si dà una breve spiegazione di tale difformità.

La curva iniziale termina direttamente in rotatoria e risulta assente di una clotoide (evidenziato in rosso per l'elemento 2), quindi formalmente non verifica il rapporto  $A_i/A_u$ , inoltre l'arco circolare ha un valore inferiore alla lunghezza del rettilo che precede evidenziato in rosso per l'elemento 1), per la direzione Acquasparta, ma tale configurazione è solo provvisoria poiché il tracciato dovrà continuare per raggiungere il corridoio E45 e lo svincolo di Firenzuola cambierà di configurazione.

A parte il tratto iniziale i restanti elementi rispettano le verifiche richieste.

### **3.2 Andamento altimetrico e verifiche Strada Tipo C2**

#### **PENDENZA MASSIMA DELLE LIVELLETTE**

Le norme stabiliscono per le strade di categoria B una pendenza longitudinale massima del 6%, mentre per una categoria C la pendenza massima adottabile è pari al 7%.

Le pendenze adottate nel nuovo tracciato sono sempre inferiori o uguali al 4%, rimanendo dunque sempre decisamente al di sotto del limite consentito.

#### **RACCORDI VERTICALI**

La verifica dei raggi verticali convessi e concavi è stata eseguita secondo la normativa vigente. Per i raccordi convessi (dossi) si è considerato il diagramma costruito per garantire la visibilità necessaria sia per l'arresto del veicolo di fronte ad un ostacolo fisso. Per i raccordi concavi (sacche) la verifica è stata effettuata utilizzando il diagramma in funzione della condizione notturna che deve garantire almeno una visibilità pari alla distanza di arresto con una massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo pari a 1°.

I raggi verticali adottati in sede di progetto, sono sempre superiori o uguali a 13000 metri, superando sempre i valori minimi.

Nella porzione iniziale del tracciato per l'attacco con la rotatoria di progetto dello svincolo Firenzuola esiste un raccordo verticale di raggio 500 metri, seguito da un raggio 2000 m, che dovrà essere convenientemente segnalato ma viene considerato accettabile data la limitazione di velocità dello svincolo a 30 km/h.

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati altimetrici e le verifiche corrispondenti:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0.000	395.618	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-
1	14.847	395.322	14.847	3.156	-2.000	-0.297	14.850	3.156	OK	-2.000% <= 7.000%
2	107.242	397.795	92.395	13.939	2.676	2.473	92.428	13.944	OK	2.676% <= 7.000%
3	1162.793	355.572	1055.550	650.207	-4.000	-42.222	1056.394	650.727	OK	-4.000% <= 7.000%
4	2073.934	339.693	911.142	424.557	-1.743	-15.879	911.280	424.621	OK	-1.743% <= 7.000%
5	2546.751	326.454	472.817	77.311	-2.800	-13.239	473.003	77.341	OK	-2.800% <= 7.000%
6	3509.020	331.265	962.269	417.269	0.500	4.811	962.281	417.274	OK	0.500% <= 7.000%
7	3970.658	317.416	461.638	42.397	-3.000	-13.849	461.846	42.416	OK	-3.000% <= 7.000%
8	4209.176	313.165	238.517	32.540	-1.783	-4.252	238.555	32.545	OK	-1.783% <= 7.000%
9	4370.358	312.380	161.182	76.945	-0.487	-0.784	161.184	76.946	OK	-0.487% <= 7.000%

verifica delle livellette

N	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Velocità	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)
1	Par	500.000	4.676	23.385	3.156	26.538	23.382	30.111	OK	500.000 >= 259.468
2	Par	2000.000	-6.676	133.557	40.477	174.007	133.530	53.634	OK	2000.000 >= 772.244
3	Par	30000.000	2.257	677.450	824.214	1501.371	677.156	100.000	OK	30000.000 >= 757.048
4	Par	28000.000	-1.057	296.090	1925.928	2221.940	296.013	100.000	OK	28000.000 >= 0.000
5	Par	15000.000	3.300	495.055	2299.251	2794.251	495.000	100.000	OK	15000.000 >= 2858.655
6	Par	17000.000	-3.500	595.077	3211.520	3806.520	595.000	100.000	OK	17000.000 >= 4708.922
7	Par	20000.000	1.217	243.553	3848.917	4092.400	243.482	100.000	OK	20000.000 >= 0.000
8	Par	13000.000	1.296	168.485	4124.939	4293.413	168.473	100.000	OK	13000.000 >= 0.000

N	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Velocità	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico	Raggio >= Rmin Ds (sorpasso)
1	Par	500.000	4.676	23.385	3.156	26.538	23.382	30.111	500.000 >= 116.602	500.000 >= 40.000	-
2	Par	2000.000	-6.676	133.557	40.477	174.007	133.530	53.634	2000.000 >= 369.931	2000.000 >= 20.000	2000.000 >= 9888.263
3	Par	30000.000	2.257	677.450	824.214	1501.371	677.156	100.000	30000.000 >= 1286.008	30000.000 >= 40.000	-
4	Par	28000.000	-1.057	296.090	1925.928	2221.940	296.013	100.000	28000.000 >= 1286.008	28000.000 >= 20.000	28000.000 >= 25312.724
5	Par	15000.000	3.300	495.055	2299.251	2794.251	495.000	100.000	15000.000 >= 1286.008	15000.000 >= 40.000	-
6	Par	17000.000	-3.500	595.077	3211.520	3806.520	595.000	100.000	17000.000 >= 1286.008	17000.000 >= 20.000	17000.000 >= 34375.000
7	Par	20000.000	1.217	243.553	3848.917	4092.400	243.482	100.000	20000.000 >= 1286.008	20000.000 >= 40.000	-
8	Par	13000.000	1.296	168.485	4124.939	4293.413	168.473	100.000	13000.000 >= 1286.008	13000.000 >= 40.000	-

verifica dei raccordi altimetrici parabolici

Le verifiche sono effettuate utilizzando il diagramma delle velocità di progetto, che parte da un'imposizione della  $V_p=30$  km/h dallo svincolo di Firenzuola, il secondo raccordo ricade all'interno della parte lineare della variazione del diagramma, pertanto necessita di un valore inferiore rispetto ai successivi.

Si ribadisce che in itinere, raccordi dal n.3 al n.8, i valori adottati sono tali da verificare la massima velocità di progetto relativa ad una viabilità di categoria B del quale si riportano i risultati di seguito.

### 3.3 Andamento planimetrico e verifiche Strada Tipo B

Le norme stabiliscono per le strade di categoria B un intervallo di velocità 70-120 km/h e un raggio planimetrico minimo pari a 178 m. Per la strada di categoria B del lotto in esame si considera la prosecuzione dell'asse di tipo B del lotto 2 adiacente che si allaccia al rettilineo del lotto in esame mediante clotoide di parametro  $A=461.12$  con allaccio alla pk 0+136.35, riferita al medesimo asse tipo B e mediante un prolungamento del rettilineo di 0.44m lato Acquasparta; ciò comporta lo stralcio d'asse del lotto in esame dalla pk 0+0.00 alla pk suddetta (tratto di approccio alla rotatoria SV Firenzuola). Si precisa come l'allaccio tra i due assi avvenga all'interno della GA Romanella del lotto in esame e che è già dimensionata per ospitare la strada di tipo in prosecuzione con il lotto 2.

Le verifiche successive fanno riferimento all'asse di tipo B a partire dalla suddetta progressiva.

Lungo il tracciato principale vi sono 4 curve circolari, tutte dotate dei relativi raccordi a curvatura variabile.

I raggi circolari consecutivi soddisfano sempre il rapporto del diagramma di Koppel, ricavato da dati sperimentati riguardanti la sicurezza di marcia.

Per le curve di raccordo è stata scelta la clotoide con fattore di forma  $n = 1$ . Per determinare il parametro A sono state fatte le diverse verifiche suggerite dalla normativa vigente:

Criterio n.1: (limitazione del contraccolpo):

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{V^3}{c} - \frac{g V R (q_f - q_i)}{c}}$$

Formula approssimata:

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

Criterio n.2:(sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata):

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

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Criterio n.3: (ottico):

$$A \geq R/3$$

$$e A \leq R$$

Si riportano di seguito la tabella riassuntiva con i dati di tracciamento dell'asse progettato per la strada di tipo B ( $V_{Pmax} = 120 \text{ km/h}$ )

	Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Raggio o Parametro [m]
1	RETTIFILO	136,350	561,192	424,842	-
2	CLOTOIDE	561,192	728,322	167,130	499,859
3	ARCO	728,322	828,296	99,975	1495,000
4	CLOTOIDE	828,296	996,185	167,888	500,992
5	CLOTOIDE	996,185	1163,455	167,270	500,905
6	ARCO	1163,455	1892,078	728,623	1500,000
7	CLOTOIDE	1892,078	2059,348	167,270	500,905
8	RETTIFILO	2059,348	2663,065	603,717	-
9	CLOTOIDE	2663,065	2886,391	223,326	668,905
10	ARCO	2886,391	3062,235	175,844	2003,500
11	CLOTOIDE	3062,235	3285,561	223,326	668,905
12	RETTIFILO	3285,561	3285,584	0,023	0,000
13	CLOTOIDE	3285,584	3529,559	243,975	671,193
14	ARCO	3529,559	3753,663	224,103	1846,500
15	CLOTOIDE	3753,663	4008,031	254,368	685,340
16	RETTIFILO	4008,031	4365,887	357,856	-

Elementi planimetrici dell'asse principale

Di seguito si riporta il dettaglio delle verifiche dei singoli elementi.

➤ RETTIFILI

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	$L < (A1 + A2) / 12.5$	$L \leq Lmax$	$L \geq Lmin$	$Rprec > Rmin$	$Rprec \geq Rmin$	$Rsucc > Rmin$	$Rsucc \geq Rmin$
1	RETTIFILO	136,350	561,192	424,842	$424.842 \leq 2640.000$	$424.842 > 250.000$		$1354.38 \geq 400.00$		$1495.00 \geq 400.00$
8	RETTIFILO	2059,348	2663,065	603,717	$603.717 \leq 2640.000$	$603.717 > 250.000$		$1500.00 \geq 400.00$		$2003.50 \geq 400.00$
12	RETTIFILO	3285,561	3285,584	0,023	$0.023 < 107.208$	$0.023 \leq 2640.000$		$2003.50 > 0.02$		$1846.50 > 0.02$
16	RETTIFILO	4008,031	4365,887	357,856	$357.856 \leq 2640.000$	$357.856 > 250.000$		$1846.50 \geq 400.00$		

verifica dei rettifili

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

➤ **ARCHI DI CERCHIO**

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	R >= Rmin	R >= RminRet	R>Rmin complessiva	Sv >= Smin	
3	ARCO	728,322	828,296	99,975	1495.000 >= 175.376	1495.00 >= 400.00	1495.00 >= 175.38	99.97 >= 83.33
6	ARCO	1163,455	1892,078	728,623	1500.000 >= 175.376	1500.00 >= 400.00	1500.00 >= 175.38	728.62 >= 83.33
10	ARCO	2886,391	3062,235	175,844	2003.500 >= 175.376	2003.50 >= 400.00	2003.50 >= 175.38	175.84 >= 83.33
14	ARCO	3529,559	3753,663	224,103	1846.500 >= 175.376	1846.50 >= 400.00	1846.50 >= 175.38	224.10 >= 83.33

verifica delle curve circolari

➤ **CLOTOIDI**

Elemento	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	A < R	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	A/Au <= 3/2	A/Au >= 2/3	A<Amax complessiva	A>Amin complessiva	Ae/A <= 3/2	Ae/A >= 2/3	Ae/Au complessiva	
2	CLOTOIDE	561,192	728,322	167,130	499.9 <= 1495.0	499.9 >= 297.0	499.9 >= 223.2	499.9 >= 498.3	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	499.90 <= 1495.00	499.90 >= 498.30			1.00 >= 0.67
4	CLOTOIDE	828,296	996,185	167,888	501.0 <= 1495.0	501.0 >= 243.1	501.0 >= 157.9	501.0 >= 498.3			501.00 <= 1495.00	501.00 >= 498.30	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	1.00 >= 0.67
5	CLOTOIDE	996,185	1163,455	167,270	500.9 <= 1500.0	500.9 >= 242.9	500.9 >= 158.1	500.9 >= 500.0	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	500.90 <= 1500.00	500.90 >= 500.00			1.00 >= 0.67
7	CLOTOIDE	1892,078	2059,348	167,270	500.9 <= 1500.0	500.9 >= 297.0	500.9 >= 223.6	500.9 >= 500.0			500.90 <= 1500.00	500.90 >= 500.00	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	1.00 >= 0.67
9	CLOTOIDE	2663,065	2886,391	223,326	668.9 <= 2003.5	668.9 >= 297.0	668.9 >= 258.4	668.9 >= 667.8	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	668.90 <= 2003.50	668.90 >= 667.80			1.00 >= 0.67
11	CLOTOIDE	3062,235	3285,561	223,326	668.9 <= 2003.5	668.9 >= 297.0	668.9 >= 258.4	668.9 >= 667.8			668.90 <= 2003.50	668.90 >= 667.80	1.00 <= 1.50	1.00 >= 0.67	1.00 >= 0.67
13	CLOTOIDE	3285,584	3529,559	243,975	671.2 <= 1846.5	671.2 >= 297.0	671.2 >= 248.1	671.2 >= 615.5	0.98 <= 1.50	0.98 >= 0.67	671.20 <= 1846.50	671.20 >= 615.50			0.98 >= 0.67
15	CLOTOIDE	3753,663	4008,031	254,368	685.3 <= 1846.5	685.3 >= 297.0	685.3 >= 248.1	685.3 >= 615.5			685.30 <= 1846.50	685.30 >= 615.50	0.98 <= 1.50	0.98 >= 0.67	0.98 >= 0.67

verifica delle curve a raggio variabili - clotoidi

### **3.4 Andamento altimetrico e verifiche Strada Tipo B**

#### **PENDENZA MASSIMA DELLE LIVELLETTE**

Le norme stabiliscono per le strade di categoria B una pendenza longitudinale massima del 6%, mentre per una categoria C la pendenza massima adottabile è pari al 7%.

Le pendenze adottate nel nuovo tracciato sono sempre inferiori o uguali al 4%, rimanendo dunque sempre decisamente al di sotto del limite consentito.

Per la strada di categoria B del lotto in esame si considera la prosecuzione della livelletta dell'asse di tipo B del lotto 2 adiacente di pendenza 4%; ciò comporta lo stralcio altimetrico del lotto in esame dalla pk 0+0.00 alla pk suddetta (tratto di approccio alla rotatoria SV Firenzuola). Si precisa come l'allaccio tra i due assi avvenga all'interno della GA Romanella del lotto in esame e che è già dimensionata per ospitare la strada di tipo in prosecuzione con il lotto 2.

Le verifiche successive fanno riferimento al profilo longitudinale di tipo B a partire dalla suddetta progressiva

#### **RACCORDI VERTICALI**

La verifica dei raggi verticali convessi e concavi è stata eseguita secondo la normativa vigente. Per i raccordi convessi (dossi) si è considerato il diagramma costruito per garantire la visibilità necessaria sia per l'arresto del veicolo di fronte ad un ostacolo fisso. Per i raccordi concavi (sacche) la verifica è stata effettuata utilizzando il diagramma in funzione della condizione notturna che deve garantire almeno una visibilità pari alla distanza di arresto con una massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo pari a 1°.

I raggi verticali adottati in sede di progetto, sono sempre superiori o uguali a 13000 metri, superando sempre i valori minimi.

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati altimetrici e le verifiche corrispondenti:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0,00	402,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
1	1171,26	355,23	1171,26	832,69	-4,00	-46,85	1172,20	833,35	OK	-4.000% <= 6.000%
2	2090,51	339,20	919,25	432,66	-1,74	-16,02	919,38	432,73	OK	-1.743% <= 6.000%
3	2548,73	326,37	458,22	62,72	-2,80	-12,83	458,40	62,74	OK	-2.800% <= 6.000%
4	3511,58	331,19	962,84	417,84	0,50	4,81	962,86	417,85	OK	0.500% <= 6.000%
5	3987,09	316,92	475,51	56,27	-3,00	-14,27	475,72	56,29	OK	-3.000% <= 6.000%
6	4203,88	313,06	216,79	10,81	-1,78	-3,86	216,83	10,82	OK	-1.783% <= 6.000%
7	4370,36	312,25	166,48	82,24	-0,49	-0,81	166,48	82,24	OK	-0.487% <= 6.000%

verifica delle livellette

N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0,00	402,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
1	1171,26	355,23	1171,26	832,69	-4,00	-46,85	1172,20	833,35	OK	-4.000% <= 6.000%
2	2090,51	339,20	919,25	432,66	-1,74	-16,02	919,38	432,73	OK	-1.743% <= 6.000%
3	2548,73	326,37	458,22	62,72	-2,80	-12,83	458,40	62,74	OK	-2.800% <= 6.000%
4	3511,58	331,19	962,84	417,84	0,50	4,81	962,86	417,85	OK	0.500% <= 6.000%
5	3987,09	316,92	475,51	56,27	-3,00	-14,27	475,72	56,29	OK	-3.000% <= 6.000%
6	4203,88	313,06	216,79	10,81	-1,78	-3,86	216,83	10,82	OK	-1.783% <= 6.000%
7	4370,36	312,25	166,48	82,24	-0,49	-0,81	166,48	82,24	OK	-0.487% <= 6.000%

N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Vel.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico	Dr >= Drmin >>>	Dr >= Drmin <<<
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Par	30000,00	2,26	677,45	832,69	1509,84	677,16	120,00	OK	30000.000 >= 1732.737	30000.000 >= 1851.852	30000.000 >= 40.000	-	-
2	Par	28000,00	-1,06	296,09	1942,50	2238,52	296,01	120,00	OK	28000.000 >= 1120.025	28000.000 >= 1851.852	28000.000 >= 20.000	-	-
3	Par	15000,00	3,30	495,06	2301,23	2796,23	495,00	120,00	OK	15000.000 >= 4189.835	15000.000 >= 1851.852	15000.000 >= 40.000	-	-
4	Par	17000,00	-3,50	595,08	3214,08	3809,08	595,00	120,00	OK	17000.000 >= 8617.716	17000.000 >= 1851.852	17000.000 >= 20.000	1000.000 >= 720.000	1044.506 >= 720.000
5	Par	20000,00	1,22	243,55	3865,35	4108,83	243,48	120,00	OK	20000.000 >= 0.000	20000.000 >= 1851.852	20000.000 >= 40.000	-	-
6	Par	13000,00	1,30	168,49	4119,64	4288,12	168,47	120,00	OK	13000.000 >= 0.000	13000.000 >= 1851.852	13000.000 >= 40.000	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

verifica dei raccordi altimetrici parabolici

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

4 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

Il diagramma delle velocità, come prescritto dal DM 05/11/2001 è redatto per ogni senso di marcia e rappresentano l'andamento delle velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale e delle condizioni al contorno.

L'intero tracciato ha come velocità di progetto massima 100 km/h (categoria "C2") tranne la zona di apprestamento allo svincolo di Firenzuola dove la velocità apprestamento è fissata a 30 km/h.

Il diagramma è riportato nell'elaborato (P00PS00TRADG01A) "Diagrammi di velocità e di visuale libera", di seguito se ne riporta un estratto.

Prog [m]	Vel [Km/h]	Acc Prec [m/s <sup>2</sup> ]	Acc Succ [m/s <sup>2</sup> ]	Esito
0.000	30.000	0.000	0.000	-
25.840	30.000	0.000	0.800	NO
464.690	100.000	0.800	0.000	NO
731.136	100.000	0.000	0.000	NO
830.573	100.000	0.000	0.000	OK
4370.358	100.000	0.000	0.000	OK
4370.358	100.000	0.000	0.000	-

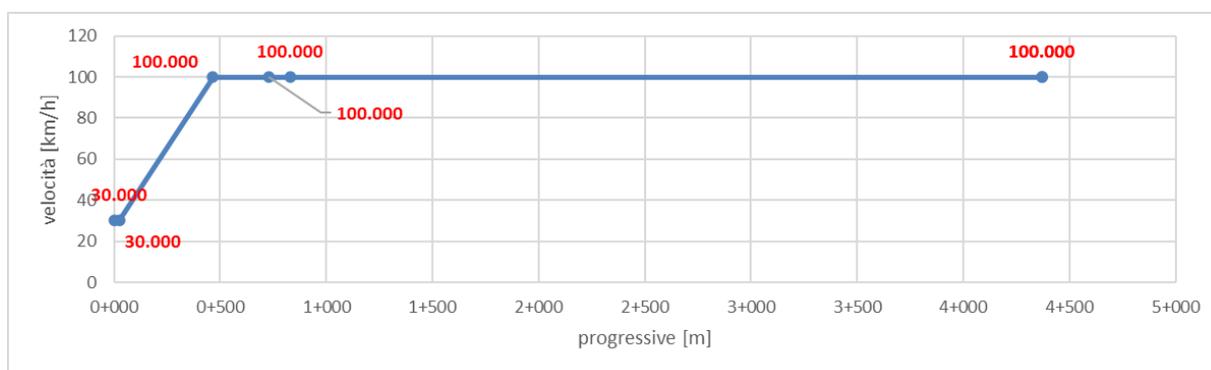


figura 12 – diagramma velocità asse principale 1° stralcio

I valori di accelerazione e decelerazione per il passaggio tra gli elementi caratterizzati da velocità diverse sono 0,8 m/s<sup>2</sup> come indicate dalle norme.

Come si evince dalle verifiche per ogni senso di marcia, risultano soddisfatte tutte le verifiche su distanza di riconoscimento e distanza di visuale libera e sulla variazione di velocità tra curve.

Non risultano invece soddisfatte le verifiche sulla variazione di velocità tra rettilo e curva per la prima curva per entrambi i sensi di marcia, per l'esame del diagramma il DM2001 al § 5.4

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

riporta: "Per  $V_{pmax} \geq 100$  km/h (autostrade, strade extraurbane principali e secondarie) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla  $V_{pmax}$  a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è consigliabile che non superi i 15 km/h".

Nel caso in studio l'imposizione di una velocità in prossimità della rotatoria paria a 30 km/h fa sì che il  $\Delta V$  effettivo sia superiore a quello indicato dalla norma:

$$\Delta V = |V_{p1} - V_{p2}| = 100 - 30 = 70 \text{ km/h} > \Delta V_{\text{max curve}} = 20 \text{ km/h}$$

Per la corsia direzione Acquasparta, nel tratto di avvicinamento alla rotatoria di svincolo, non è verificata neppure la verifica sulla distanza di riconoscimento, "Per distanza di riconoscimento  $D_r$  s'intende la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti. Essa è funzione della velocità e può essere calcolata in metri con la relazione:  $D_r = t \times v_p$ .

Secondo questo modello l'apprezzamento di una variazione di curvatura dell'asse, che consente al conducente di modificare la sua velocità, può avvenire solo all'interno della distanza di riconoscimento e quindi, per garantire la sicurezza della circolazione: in caso di decelerazioni la distanza di transizione deve avere una lunghezza non superiore alla distanza di riconoscimento"

$$D_T \leq D_r$$

Nel caso in esame  $D_T = 438.850 \text{ m} > D_r = 333.3333 \text{ m}$

Poiché le condizioni geometriche del tracciato non sono modificabili, si prevede di adottare delle misure di mitigazione in approccio alla curva per chi impegna la careggiata direzione Acquasparta:

- misure finalizzate a garantire l'utenza dallo svio in curva:
  - controllo con autovelox della velocità a circa 100 m a monte della curva in entrambe le direzioni oppure
  - realizzazione in corrispondenza della curva di un trattamento superficiale al fine di aumentare l'aderenza;
- misure integrative per il miglioramento della percettibilità ed avvistamento della curva:
  - delineatori modulari di curva ad avvistabili incrementata posizionati a distanza costante dal piano pavimentato;

---

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

---

- segnaletica orizzontale aggiuntiva (rallentatori ottici);
- segnaletica verticale di curva pericolosa;
- impiego di catadiottri (occhi di gatto) da posizionare a margine della striscia continua di corsia.

## 5 DIAGRAMMI DI VISIBILITÀ

### 5.1 Diagramma di visibilità per l'arresto

Il diagramma consiste nel confrontare la distanza di visuale libera ( $D_{va}$ ) con la distanza di visibilità per l'arresto ( $D_a$ ).

La  $D_{va}$  è la lunghezza del tratto di strada che il conducente può vedere davanti a sé al fine di arrestarsi di fronte ad un ostacolo fisso.

La  $D_a$  corrisponde allo spazio minimo utile al conducente per arrestare il veicolo in presenza di un ostacolo imprevisto e si ottiene dalla somma tra lo spazio di reazione e lo spazio di frenata.

La  $D_a$  è stata valutata secondo l'espressione riportata sul D.M. 05/11/2001 (par. 5.1.2):

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

La verifica è stata eseguita tenendo conto dell'andamento plano-altimetrico della carreggiata, adottando una sezione trasversale semplificata dove gli ostacoli sono stati posizionati in maniera continua alle estremità della banchina esterna. La velocità di progetto con cui è stata effettuata la verifica è desunta dal diagramma delle velocità per la categoria stradale C2 secondo il D.M. 05/11/2001. I risultati della verifica sono riportati nell'elaborato P00PS00TRADG01A "Diagrammi di velocità e di visuale libera".

#### **ESITO VERIFICA: ALLARGAMENTI**

Dall'analisi dei risultati delle verifiche effettuate, si è riscontrato che **le curve non necessitano di arretramento degli ostacoli**, pertanto non necessitano allargamenti della piattaforma per garantire la distanza per l'arresto.

Si rammenta che dal km 1+125,00 al km 1+925,00 è presente un allargamento della banchina sinistra, valore massimo 60 cm, dovuto alle verifiche per il futuro adeguamento a categoria B, si confronti il paragrafo 2.1.1 Compatibilità con il futuro adeguamento a categoria B.

## 5.2 Diagramma di visibilità per il sorpasso

Per quanto riguarda la distanza di visibilità per il sorpasso la normativa riporta *"In presenza di veicoli marcianti in senso opposto la distanza di visibilità completa per il sorpasso si valuta con la seguente 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 ed attribuita uguale sia per il veicolo sorpassante che per il veicolo proveniente dal senso opposto."*

Il diagramma consiste nel confrontare la distanza di visuale libera ( $D_{vs}$ ) con la distanza di visibilità per il sorpasso ( $D_s$ ).

La  $D_{vs}$  è la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé ai fini dell'esecuzione della manovra di sorpasso

La  $D_s$  è la lunghezza del tratto di strada necessaria per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto

La  $D_s$  è stata valutata secondo l'espressione riportata precedentemente.

### ESITO VERIFICA:

Il D.M. 6792/2001, relativamente alla distanza di visibilità per il sorpasso, riporta:

*"Nelle strade extraurbane a unica carreggiata con doppio senso di marcia, la distanza di visibilità per il sorpasso deve essere garantita per una conveniente percentuale di tracciato, in relazione al flusso di traffico smaltibile con il livello di servizio assegnato, in misura comunque non inferiore al 20%."*

Lo stralcio funzionale di 4+470.36 km che va dallo svincolo di Firenzuola sulla S.S.418 allo svincolo di Baiano di Spoleto è stato concepito come la naturale prosecuzione della tratta esistente a due corsie di marcia fra Baiano di Spoleto e S.Sabino, tenendo conto che è in esercizio la tratta sempre a due corsie fra S.Sabino ad Eggi.

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Pertanto lo stralcio individuato permetterà la chiusura di un unico tracciato ad una carreggiata che va da Firenzuola ad Eggi, per un'estensione di circa 14km.

La verifica della distanza di visibilità per la manovra di sorpasso è stata condotta tenendo dunque conto anche degli attuali tratti a sorpasso consentito esistenti; relativamente al tracciato esistente tra Eggi e Baiano di Spoleto, sono state individuate le seguenti porzioni di tracciato con striscia tratteggiata:

Sorpasso sx			Sorpasso dx		
pk iniziale	1731	540.48	pk iniziale	1631	553.13
pk finale	2271		pk finale	2184	
pk iniziale	4325	757.85	pk iniziale	4245	752.69
pk finale	5083		pk finale	4998	
pk iniziale	7062	806.54	pk iniziale	6977	766.54
pk finale	7868		pk finale	7743	
pk iniziale	8803	379.70	pk iniziale	8718	364.73
pk finale	9183		pk finale	9083	
L <sub>TOT</sub> [m]		2485	L <sub>TOT</sub> [m]		2437
% sorpasso		25.66%	% sorpasso		25.17%

**NOTA:** per "sorpasso sx" si intende lo sviluppo dei tratti lungo i quali è consentito il sorpasso per quanto riguarda la corsia sinistra (procedendo da Baiano di Spoleto a Eggi); con "sorpasso dx" lo sviluppo dei tratti lungo i quali è consentito il sorpasso per la corsia destra.

La percentuale è calcolata rispetto allo sviluppo totale dell'asse, pari a 9683m.

Lungo lo stralcio funzionale si hanno due tratti, uno per ciascuna corsia di marcia, lungo i quali risulta garantita la manovra di sorpasso:

sorpasso carreggiata sx direz. Firenzuola		
pk iniziale	2+381,63	L=535,54 m
pk finale	2+917,17	
L <sub>TOT</sub> STRALCIO =		4370.37 m
% sorpasso =		17.73 %

sorpasso carreggiata dx direz. Spoleto		
pk iniziale	1+841,29	L=530,49 m
pk finale	2+371,79	
L <sub>TOT</sub> STRALCIO =		4370.37 m
% sorpasso =		17.87 %

determinazione percentuale di visibilità per il sorpasso stralcio funzionale

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Integrando lo sviluppo dei tratti a sorpasso consentito del tracciato esistente con quelli dello stralcio di progetto si ottiene una percentuale rispetto allo sviluppo totale (9683m + 4370.37m = 14053.37) superiore al 20%, pertanto è rispettato il dettato normativo:

SORPASSO SX	
Stralcio esistente + Stralcio funzionale	
STRALCIO	LUNGHEZZA TRATTO SORPASSO
Esistente	2485.00
Funzionale	535.54
L <sub>TOT</sub>	3020.54
<b>% sorpasso =</b>	<b>21.49 %</b>

SORPASSO DX	
Stralcio esistente + Stralcio funzionale	
STRALCIO	LUNGHEZZA TRATTO SORPASSO
Esistente	2437.00
Funzionale	530.49
L <sub>TOT</sub>	2967.49
<b>% sorpasso =</b>	<b>21.12 %</b>

### 5.3 Visibilità intersezione rampe immissione svincolo Baiano

Il §4 del DM2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali” indica che per le viabilità di categoria C non sono ammesse le corsie di immissione, tabella 1 del DM2006:

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Tipo di strada principale	Tipologia di corsia specializzata		
	di uscita (o diversione)	di entrata (o immissione)	d'accumulo per svolta a sinistra
<b>strade extraurbane</b>			
A	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
B	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
C	Ammessa	Non ammessa	Ammessa
F	Ammessa	Non ammessa	Ammessa
<b>strade urbane</b>			
A	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
D	Ammessa	Ammessa	Non ammessa
E	Ammessa	Ammessa	Ammessa
F	Ammessa	Ammessa	Ammessa

In corrispondenza dell'immissione di dette rampe ci si trova di fronte ad una tipologia di intersezione del tipo 'a raso' per cui occorre verificarne la distanza di visibilità come richiesto al §4.6 del DM2006, *Al fine di garantire il regolare funzionamento delle intersezioni a raso, e come principio di carattere più generale, occorre procedere sempre ad una gerarchizzazione delle manovre in modo da articolare le varie correnti veicolari in principali e secondarie; ne consegue la necessita di introdurre segnali di precedenza o di stop per ogni punta 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'intera 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 difatti 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:*

$$D = v \times t$$

dove:

- v = velocità di riferimento [m/s], pari alla velocità di progetto della strada principale, oppure, in presenza di limiti di velocità, la massima velocità consentita;
- t = tempo di manovra = 6 s (tale tempo deve essere aumentato di 1 s per ogni punto percentuale in più della pendenza del ramo secondario, quando la stessa supera il 2%).

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Di seguito si riporta uno schema denominato dei triangoli di visibilità, che debbono essere liberi da qualsiasi ostacolo che impedirebbe ai veicoli di vedersi.

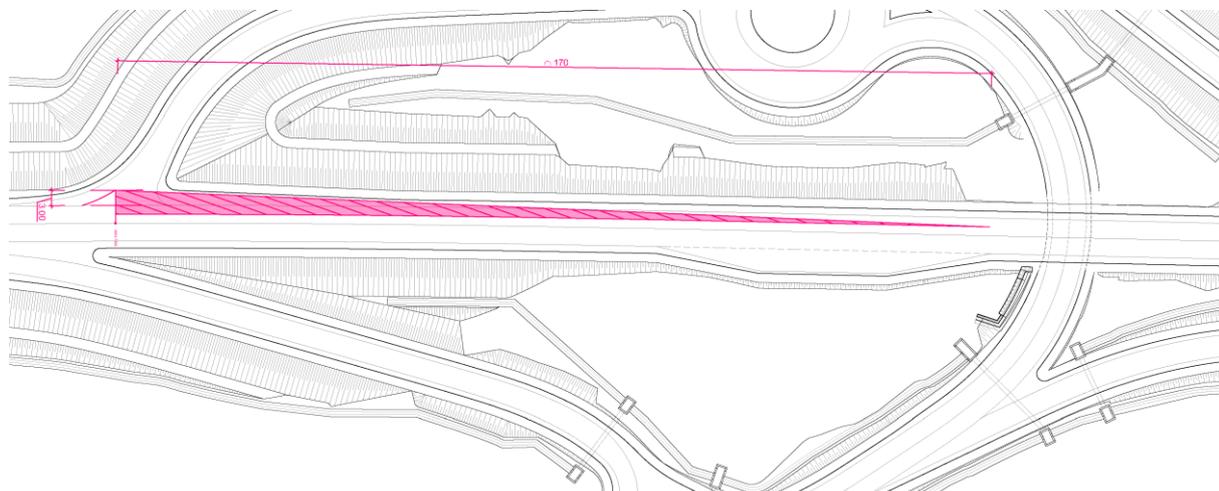


Nel progetto in studio l'immissione è regolata da STOP, il lato minore del triangolo misura 3 m dalla linea di arresto.

La determinazione analitica e grafica, stralcio dell'elaborato P00PS00TRADG02A, dei triangoli di visibilità è riportata di seguito:

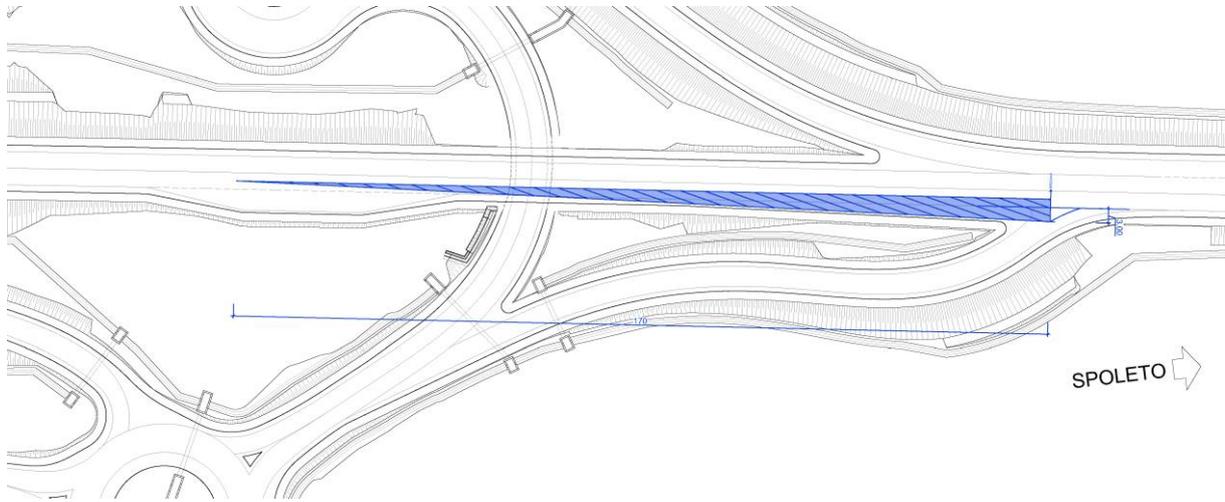
n.	INTERSEZIONE	VIABILITÀ PRINCIPALE	VIABILITÀ INTERFERENTE	REGOLAZIONE MANOVRA	V [km/h]		L [m]	t* [s]	D [m]
1	Intersezione a pr. 3+854.73	A.P. carreggiata per Acquasparta	Rampa per Acquasparta	STOP	$V_p$	100	3,00	6	167
2	Intersezione a pr. 4+148.64	A.P. carreggiata per Spoleto	Rampa per Spoleto	STOP	$V_p$	100	3,00	6	167

\* con eventuale incremento



**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

*figura 13 – intersezione a pr. 3+854.73 - Rampa per Acquasparta*



*figura 14 – intersezione a pr. 4+148.64 - Rampa per Spoleto"*

Per entrambe le intersezioni è risultato necessario allargare il ciglio stradale, in quanto la presenza di barriere di sicurezza, con altezza superiore ad 1,10 m, avrebbero rappresentato un ostacolo alla visibilità reciproca dei veicoli all'approssimarsi all'intersezione.

## **6 BARRIERE DI SICUREZZA**

In congruità con il D.M. 223 del 1992 e successive modificazioni e integrazioni, si prevede l'installazione di idonei dispositivi di ritenuta.

La scelta dei dispositivi da installare ed i tratti di installazione sono riportati nella relazione dedicata: P00PS01TRARE01A Relazione sui dispositivi di ritenuta

## **7 SEGNALETICA VERTICALE ED ORIZZONTALE**

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l'attività di guida è stata prevista una segnaletica stradale orizzontale e verticale conforme alle prescrizioni contenute nel Nuovo Codice della Strada (D.L. n° 285 del 30/04/1992 e s.m.i.).

Gli elaborati grafici relativi alla segnaletica sono i seguenti: P00PS01TRAPN01A e P00PS01TRAPN02A

### **7.1 Segnaletica orizzontale**

#### **Riferimenti normativi di dettaglio**

Il riferimento normativo di base è il Decreto Legislativo n° 285 del 30/04/1992 e s.m.i. (Nuovo Codice della Strada), nel quale all'art. 40 "Segnali orizzontali" sono riportate le tipologie e le relative funzioni.

Per quanto riguarda le modalità di realizzazione e posa della segnaletica il riferimento è il Regolamento di Esecuzione ed Attuazione, ovvero il D.P.R. n° 495 del 16/12/1992, modificato ed integrato dal D.P.R. n° 610 del 16/09/1996. All'art. 137 del D.P.R. n° 495 del 1992 è riportato in particolare che tutti i segnali devono essere realizzati con materiali che permettano la loro visibilità sia di giorno che di notte anche in presenza di pioggia o con fondo stradale bagnato e che garantiscano adeguate condizioni di antiscivolosità.

Per quanto concerne le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di durata, nonché i metodi di misura si rimanda alla norma tecnica europea EN 1436 contenente i requisiti tecnici qualitativi e quantitativi richiesti ai materiali utilizzati per la segnaletica orizzontale.

#### **Materiali**

---

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

---

I prodotti da utilizzare per la realizzazione della segnaletica stradale possono essere di più tipologie:

- Prodotti applicabili a freddo:
  - Monocomponente (pitture);
  - Bicomponente.
- Prodotti applicabili a caldo (termoplastici):
  - Termospazzati;
  - Termocolati.
- Prodotti preformati

Per le caratteristiche dei materiali, le prove di laboratorio, ecc si rimanda al Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS - Parte II "Norme Tecniche".

### Requisiti Prestazionali

Le prestazioni che la segnaletica orizzontale di colore bianco e giallo deve possedere per garantire all'utente della strada una buona funzionalità sono contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS, nella Parte II - Norme Tecniche, che richiama la norma EN 1436.

### 7.2 Segnaletica verticale

#### Riferimenti normativi di dettaglio

Come per la segnaletica orizzontale, la regolamentazione generale è contenuta nel Decreto Legislativo n° 285 del 30/04/1992 e s.m.i., Nuovo Codice della Strada, il quale all'art. 39 prescrive le diverse tipologie di segnale e che il successivo Regolamento avrebbe definito in dettaglio le forme, le dimensioni, i colori e i simboli e le loro modalità di impiego ed installazione.

Il relativo Regolamento di Esecuzione ed Attuazione, ovvero il D.P.R. n° 495 del 16/12/1992, modificato ed integrato dal D.P.R. n° 610 del 16/09/1996, dall'articolo 77 all'83 contiene le prescrizioni generali e più in dettaglio indicazioni sui colori, sulla visibilità dei segnali, sulla dimensione e i formati, sull'installazione, sui sostegni e supporti e infine in merito ai pannelli integrativi.

---

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

---

Il Disciplinare Tecnico (D.M. ex LL. PP. del 31/03/1995) definisce i requisiti tecnici qualitativi e quantitativi che obbligatoriamente le pellicole retroriflettenti sono chiamate a rispettare.

La Circolare dell'ex Ministero dei Lavori Pubblici (n° 3652/1344) ha definito obbligatoria la conformità dei prodotti finiti utilizzati per la realizzazione della segnaletica verticale stradale (in particolare le pellicole).

In campo europeo, la normativa si è sviluppata a partire dalla Direttiva CEE 89/106 del 21 dicembre 1988 sui prodotti da costruzione, recepita in Italia con il D.P.R. n° 246 del 21 aprile 1993.

Vi sono poi numerose norme tecniche europee (non cogenti) redatte dal CEN tra le quali la EN 12899 - parte 1, che trova il suo campo di applicazione alle pellicole a microsferi, suddividendole in due classi di prestazione.

### **Materiali**

Si distinguono principalmente tre diverse tipologie di pellicole:

- Pellicole a microsferi di Classe 1;
- Pellicole a microsferi di Classe 2;
- Pellicole microprismatiche.

Per le caratteristiche tecniche dei materiali si rimanda al Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS - Parte II "Norme Tecniche".

### **Requisiti Prestazionali**

I requisiti prestazionali della segnaletica verticale sono contenuti nel Capitolato Speciale d'Appalto dell'ANAS - Parte II "Norme Tecniche".

## 8 DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE

### 8.1 Descrizione pacchetto stradale asse principale

Per la sovrastruttura della viabilità di progetto si è adottata una pavimentazione flessibile costituita dai seguenti strati:

- Fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale – 40 cm.
- Strato di base in conglomerato bituminoso – 15 cm.
- Strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso – 6 cm.
- Strato di usura in conglomerato bituminoso – 4 cm.

Tale pacchetto stradale è stato predisposto anche per le rampe degli svincoli.

#### 8.1.1 Verifica del pacchetto stradale con il metodo razionale

##### 8.1.1.1 Carichi di traffico

Lo studio di traffico condotto prevede la seguente situazione sull'asse di progetto nell'anno 2025 (anno stimato per la messa in esercizio dell'infrastruttura):

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2025			
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
<b>Direzione Ovest</b>	<b>1122</b>	<b>157</b>	<b>1279</b>
<b>Direzione Est</b>	<b>2604</b>	<b>363</b>	<b>2967</b>
<b>Bidirezionale</b>	<b>3726</b>	<b>520</b>	<b>4246</b>

10 anni dopo (2035) l'incremento dei traffici attesi sulla tratta di progetto è di 0.8% per i veicoli leggeri e di 1.0% per quelli pesanti, come si evince dalla seguente tabella:

TASSI ANNUI																												
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Leggeri	100.0%	0.0%	-17.5%	10.3%	10.3%	1.8%	1.8%	1.8%	2.0%	2.0%	2.0%	2.2%	1.8%	1.5%	1.3%	1.2%	1.0%	0.8%	0.5%	0.3%	0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	1.2%	1.2%	1.2%
Pesanti	100.0%	0.0%	-12.9%	7.6%	7.6%	1.8%	2.0%	2.0%	2.2%	2.2%	2.2%	2.5%	2.1%	1.8%	1.5%	1.4%	1.2%	1.0%	0.7%	0.5%	0.5%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	1.4%	1.4%	1.4%

VALORE PERCENTUALE ASSOLUTO																												
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Leggeri	100	100.0	82.5	91.0	100.4	102.17	104.00	105.88	107.99	110.15	112.36	114.83	116.90	118.65	120.19	121.63	122.85	123.83	124.45	124.83	125.20	125.33	125.45	125.58	125.70	127.25	128.82	130.41
Pesanti	100	100.0	87.1	93.7	100.8	102.64	104.69	106.78	109.13	111.53	113.99	116.83	119.29	121.44	123.26	124.98	126.48	127.75	128.64	129.28	129.93	130.32	130.71	131.10	131.50	133.38	135.29	137.23

A partire da questi dati si deduce che la crescita media prevista del traffico pesante, all'anno 2042, è del 1,23% su base annua a partire dall'anno 2025.

Al fine di verificare la pavimentazione è necessario ricondurre i passaggi dei veicoli pesanti in passaggi di assi standard da 8,2t.

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Dal catalogo delle pavimentazioni è possibile ottenere le categorie di veicoli e le percentuali riferite alla strada di progetto:

TIPO DI STRADA	TIPO VEICOLI															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Autostrada extraurbana	12,2	0	24,4	14,6	2,4	12,2	2,4	4,9	2,4	4,9	2,4	4,9	0,1	0	0	12,2
2 Autostrade urbane	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
3 <b>Strade extraurbana principale e secondaria a forte traffico</b>	<b>0</b>	<b>13,1</b>	<b>39,5</b>	<b>10,5</b>	<b>7,9</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10,5</b>
4 Strade extraurbana secondaria ordinaria	0	0	58,8	29,4	0	5,9	0	2,8	0	0	0	0	0,2	0	0	2,9
5 Strade extraurbana secondaria turistiche	24,5	0	40,8	16,3	0	4,15	0	2	0	0	0	0	0,05	0	0	12,2
6 Strade urbane di scorrimento	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
7 Strade urbane di quartiere e locali	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
8 Corsie preferenziali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	53	0

A partire dal calcolo del coefficiente di equivalenza per ogni singolo asse si ottiene il coefficiente di equivalenza per la strada facendo una media pesata:

Tipo di veicolo	N° assi	Configurazione assi	F.E.	C_ordinarie
1) autocarri leggeri	2	10s* 20s	0.00338	0.00
2) " "	2	15s 30s	0.01900	0.00
3) autocarri medi e pesanti	2	40s 80s	1.05620	0.62
4) " " "	2	50s 110s	3.66110	1.08
5) autocarri pesanti	3	40s 160t**	1.43620	0.00
6) " "	2	60s 200t	3.59000	0.21
7) autotreni e autoarticolati	4	40s 90s 80s 80s	3.56620	0.00
8) " "	4	60s 100s 100s 100s	7.67000	0.21
9) " "	5	200T*** 160t	2.17300	0.00
10) " "	5	240T 200t	4.93000	0.00
11) " "	5	140t 240T	2.48000	0.00
12) " "	5	170t 270T	4.35000	0.00
13) mezzi d'opera	5	170t 390T	12.92737	0.03
14) autobus	2	40s 80s	1.05620	0.00
15) "	2	60s 100s	2.77000	0.00
16) "	2	50s 80s	1.13110	0.03
				2.18

Partendo dunque dall'informazione sul traffico giornaliero medio su base annua (TGM), è possibile risalire al numero di applicazioni dell'asse di riferimento nel corso della vita utile dell'opera tramite la seguente relazione:

$$N_{8,2t} = TGM \cdot 365 \cdot F^* \cdot \%VC \cdot C_{SN} \cdot D \cdot L$$

dove:

- TGM = Traffico Giornaliero Medio su base annua (4246); moltiplicato per 365 consente di ottenere l'informazione sul flusso di traffico annuale;
- F\* = fattore di crescita, determinabile come:

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

$$F^* = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

con:

- r = tasso di crescita annuale (1.23%);
- n = vita utile dell'infrastruttura.
- %VC = percentuale veicoli commerciali (12.3%);
- C<sub>SN</sub> = fattore di equivalenza dell'intera flotta di veicoli commerciali (2,18);
- D = percentuale di traffico nella singola direzione (80%);
- L = percentuale di veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo. Nel caso in esame, trattandosi di una strada ad una corsia per senso di marcia, è stato considerato il 100%.

Per una vita utile di 25 anni si ottiene un numero di passaggi dell'asse equivalente pari a 9.673.559.

### 8.1.1.2 Verifica (metodo razionale)

I metodi fondati su una valutazione "razionale", cioè "per via di calcolo", si basano sullo studio del comportamento tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione attraverso cui si perviene alla verifica di "resistenza" della sovrastruttura, intesa come la capacità della stessa di garantire adeguati livelli di servizio entro un predefinito periodo temporale (vita utile); superato questo periodo di tempo, la degradazione subita dalla pavimentazione ne rende necessario il rifacimento.

Il processo progettuale "razionale" per il dimensionamento strutturale di una pavimentazione stradale si basa principalmente sui seguenti passaggi:

- la conoscenza dei dati di traffico;
- la conoscenza delle condizioni climatiche di esercizio;
- la definizione preliminare degli spessori di ogni singolo strato;
- la scelta dei materiali da impiegare;
- il calcolo dello stato tenso-deformativo indotto dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

In particolare, la durata di una pavimentazione viene correlata al numero massimo di passaggi dell'asse standard che è in grado di sopportare prima di raggiungere il collasso strutturale. Nota pertanto la classe di traffico assunta come riferimento, si determinerà il relativo stato tenso-deformativo indotto risolvendo la sovrastruttura tramite opportuni modelli di calcolo. Si evidenzia che la vita utile della pavimentazione non esclude la necessità di interventi manutentivi non strutturali relativi al ripristino delle condizioni superficiali di regolarità e aderenza. È opportuno sottolineare che non si tratta di metodi puramente razionali, in quanto l'empirismo non è del tutto eliminato: vi si rifà infatti per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali e per lo studio delle leggi di degrado.

### TRAFFICO DI PROGETTO

§ par.8.2.1. Dal calcolo si perviene ad un numero di passaggi dell'asse di riferimento pari a 9.673.559.

### CONDIZIONI CLIMATICHE

Le proprietà meccaniche di alcuni materiali impiegati nella realizzazione delle pavimentazioni stradali (conglomerati bituminosi) risentono fortemente delle variazioni di temperatura, poiché essa influenza i valori del modulo complesso. Risulta necessario dunque suddividere l'anno in periodi caratterizzati da una temperatura media dell'aria pressoché uniforme (tipicamente 4 periodi della durata di 3 mesi ciascuno, corrispondenti alle 4 stagioni).

Nel caso in esame ci si è riferiti alle situazioni climatiche medie dell'Italia Centrale suggerite dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali; nella tabella sottostante è riportata una sintesi della tabella presente nel Catalogo.

Periodo	[°C]	[°F]
Inverno	4,5	40,1
Primavera	11,5	52,7
Estate	22	71,6
Autunno	14	57,2

### PAVIMENTAZIONE PROPOSTA

Si rimanda al paragrafo 8.1.

### PARAMETRI DI CALCOLO ASSUNTI

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

I metodi razionali per il calcolo delle pavimentazioni, come detto, si basano sulla determinazione dello stato tenso-deformativo all'interno della sovrastruttura stessa.

lo schema di riferimento è quello del multistrato elastico, caratterizzato da una serie di strati di spessore predefinito al di sopra di un semispazio elastico. Le ipotesi alla base di tale modello sono le seguenti:

- materiali elastici, omogenei ed isotropi;
- spessore costante dei singoli strati;
- sottofondo considerato come semispazio;
- perfetta aderenza tra gli strati;
- i carichi applicati sono considerati circolari (impronta di carico circolare con pressione uniforme).

Al fine di poter procedere al calcolo tenso-deformativo, risulta dunque necessario assegnare, ai diversi strati, dei parametri meccanici che meglio rappresentino il loro comportamento sotto carico.

- Per il sottofondo si è fatto ricorso al valore intermedio presente nel Catalogo delle Pavimentazioni Italiane, corrispondente a 90 MPa.
- Il modulo dello strato di fondazione in misto granulare è stato stimato in riferimento alla relazione proposta da Shell Institute, secondo cui il modulo dello strato in misto granulare è influenzato dallo spessore dello strato stesso e dal modulo del sottofondo:

$$E_{mg} = 0,2 \cdot h_{mg}^{0,45} \cdot E_{sf}$$

dove:

- $E_{mg}$  = modulo elastico dello strato in misto granulare;
- $h_{mg}$  = spessore dello strato in misto granulare (40 cm);
- $E_{sf}$  = modulo elastico del sottofondo (90 MPa).

Si ottiene dunque un valore di  $E_{mg}$  pari a 267 MPa.

- Per gli strati in conglomerato bituminoso è necessario ricorrere a formulazioni empiriche che consentono di stimare il modulo complesso del materiale partendo da informazioni

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

circa le proprietà meccaniche del bitume (penetrazione e temperatura di rammollimento), la volumetria della miscela e la temperatura della pavimentazione (ricavabile dalle informazioni sulla temperatura dell'aria).

I parametri meccanici adottati per i diversi strati della pavimentazione sono riportati nella tabella seguente:

Modulo Elastico [Mpa]				
	inverno	primavera	estate	autunno
Usura	6297	4010	1208	3240
Binder	8894	5430	1659	4349
Base	8981	5660	1928	4611
Fondazione	267			
Sottofondo	90			
Coeff. Poisson				
Usura	0,35			
Binder	0,35			
Base	0,35			
Fondazione	0,40			
Sottofondo	0,45			

**VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE**

Una volta fissati i parametri di calcolo, è possibile determinare lo stato tenso-deformativo all'interno della pavimentazione mediante il software BISAR. Ottenuta la risposta della pavimentazione sotto carico, è necessario correlarla alla performance della pavimentazione stessa; ciò è possibile mediante le Leggi di Degrado.

In riferimento a specifici ammaloramenti della pavimentazione, si determina il numero di passaggi dell'asse standard che porta a condizioni ultime la pavimentazione relativamente al fenomeno di degrado considerato. Tale numero di passaggi "consentiti" (N<sub>c</sub>) è poi paragonato al numero di passaggi "previsto" (N<sub>p</sub>) al fine di verificare la pavimentazione di progetto; la pavimentazione risulterà verificata se il rapporto tra N<sub>p</sub> e N<sub>c</sub> è minore di 1.

Le verifiche devono essere condotte in riferimento ai periodi in cui è stato suddiviso l'anno; nel caso in esame è stata prevista una ripartizione omogenea del traffico nei 4 periodi considerati. La verifica sarà dunque del tipo:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\binom{N_x}{k}}{N_i} \leq 1$$

La pavimentazione manifesterà un certo numero di applicazioni dell'asse standard che la porta in condizioni ultime in termini dei diversi fenomeni di degrado associati ai diversi strati; la verifica

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

dovrà essere condotta sulla base della condizione più gravosa, ossia del fenomeno di degrado che si sviluppa in corrispondenza del minor numero di applicazioni dell'asse standard.

### •Sottofondo

La natura ciclica dei carichi che transitano sulla superficie stradale è tale da produrre sulla sommità del terreno di sottofondo delle tensioni verticali  $\sigma_z$  che possono creare avvallamenti sul piano viabile per effetto di accumulo di deformazioni plastiche  $\varepsilon_z$ . Tale evenienza è tanto più probabile quanto più elevato è il livello tenso-deformativo trasferito dalla sovrastruttura. La legge di degrado adottata per la verifica del sottofondo stradale riprende il modello sviluppato dal Transport Research Laboratory (TRL):

$$\log N_z = -7.21 - 3.95 \cdot \log \varepsilon_z$$

dove:

- $N_z$  = numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti;
- $\varepsilon_z$  = deformazione verticale di compressione sulla sommità del sottofondo.

### •Fondazione in misto granulare

Per lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato è stata utilizzata la legge di fatica proposta dal South African Mechanistic Pavement Design and Analysis (SAMPDAM):

$$N_B = 10^{(2.605122 F + 3.480098)}$$

dove  $N_B$  è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti ed F è un fattore di sicurezza che si determina con le formule seguenti:

$$F = \frac{\sigma_3 \left[ K \left( \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right) \right] + 2 K C \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)}{(\sigma_1 - \sigma_3)}$$

$$F = \frac{\sigma_3 \phi_{\text{term}} + C_{\text{term}}}{(\sigma_1 - \sigma_3)}$$

dove:

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- $\sigma_1, \sigma_3$  = tensioni principali determinate alla profondità intermedia dello strato di fondazione;
- $C$  = coesione (assunta pari a 100 kPa per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- $\Phi$  = angolo di attrito interno (assunto pari a  $45^\circ$  per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- $C_{term}$  = coefficiente tabulato in funzione del tipo di materiale granulare (115 per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- $\Phi_{term}$  = coefficiente tabulato in funzione del tipo di materiale granulare (3,30 per materiale di classe G5 e condizioni di umidità moderata);
- $K$  = costante che dipende dalle condizioni di umidità (0,8 per condizioni di umidità moderata).

### •Strati in conglomerato bituminoso

Il fenomeno di degrado associato agli strati legati a bitume è la fessurazione per fatica. Il fenomeno è governato dalla massima deformazione di trazione orizzontale che si manifesta alla base dei suddetti strati.

La legge di fatica considerata nella presenta analisi è la legge di Finn:

$$N_t = 10^{-3.083} \cdot \varepsilon_t^{-3.291} \cdot E^{-0.854}$$

dove:

- $N_t$  = numero di cicli di applicazione del carico, riferito all'asse standard considerato, che causa la fessurazione del 10% della superficie stradale;
- $\varepsilon_t$  = deformazione orizzontale di trazione massima alla base degli strati legati a bitume;
- $E$  = modulo elastico (espresso in MPa) dello strato più profondo in conglomerato bituminoso riferito alla temperatura effettiva dello strato stesso.

I risultati delle diverse verifiche sono riportati nella seguente tabella:

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

VERIFICHE			
	Conglomerato Bituminoso	Misto Granulare	Sottofondo
$N_p/N_c$ inverno	0.0400	0.0000	0.0067
$N_p/N_c$ primavera	0.0752	0.0000	0.0145
$N_p/N_c$ estate	0.2401	0.0059	0.0662
$N_p/N_c$ autunno	0.0976	0.0000	0.0198
$N_p/N_c$ TOT	<b>0.4529</b>	0.0060	0.1072
	<b>VERIFICATA</b>	<b>VERIFICATA</b>	<b>VERIFICATA</b>

Dai risultati delle diverse verifiche si può notare come la pavimentazione proposta risulti ben dimensionata; infatti, il rapporto tra i cicli di carico previsti e i cicli di carico a rottura, per ciascuno strato, si mantiene al di sotto dell'unità.

La legge di degrado che mette in luce la maggiore criticità è quella relativa alla rottura per fatica degli strati in conglomerato bituminoso.

Si può concludere dicendo che la pavimentazione proposta risulta verificata essendo in grado di sopportare un numero di cicli di carico di assi standard da 8,2 t superiore a quello previsto per i primi 25 anni di esercizio.

## 8.2 Descrizione pacchetto stradale viabilità secondarie asse C e D

Per la sovrastruttura della viabilità di progetto si è adottata una pavimentazione flessibile costituita dai seguenti strati:

- Fondazione in misto granulare stabilizzato con legante naturale – 30 cm.
- Strato di base-binder in conglomerato bituminoso – 15 cm.
- Strato di usura in conglomerato bituminoso – 4 cm.

### 8.2.1 Verifica del pacchetto stradale con il metodo empirico AASHTO

#### 8.2.1.1 Dati di input

L'obiettivo che ci si prefigge nella progettazione della sovrastruttura è di assicurare attraverso normali operazioni di manutenzione un livello minimo di funzionalità, per un prefissato periodo di tempo; poiché:

- le caratteristiche dei materiali utilizzati non si mantengono costanti nel tempo,

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- i carichi sono dispersi per posizione ed entità,  
- il fenomeno stesso della rottura per fatica risulta essere un fenomeno aleatorio, l'obiettivo deve essere definito in termini probabilistici. Il dimensionamento di una sovrastruttura stradale dipende dalla composizione e dall'entità del traffico, valutato tra l'entrata in esercizio e il termine del periodo di progetto dell'infrastruttura. Il Periodo di riferimento per il progetto della pavimentazione, entro il quale deve mantenere adeguati livelli di prestazione senza interventi programmati di manutenzione, è pari a 25 anni. Il PSI (Present Serviceability Index) rappresenta una misura del grado di ammaloramento della sovrastruttura, in termini di sicurezza e comfort. Il livello di funzionalità finale PSIf ritenuto generalmente accettabile per la pavimentazione flessibile, prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione è 2. Utilizzando un metodo sperimentale, occorre eseguire alcune considerazioni di carattere probabilistico, introducendo una variabile come l'Affidabilità (%), la quale rappresenta la probabilità che il numero di passaggi di assi singoli equivalenti che la pavimentazione possa sopportare, prima di raggiungere un prefissato grado di ammaloramento finale, sia maggiore o uguale al numero di passaggi che realmente si verificano sulla corsia più carica durante il periodo di progetto. L'Affidabilità comprende sia l'errore che si può commettere sulla valutazione del traffico sia la variabilità delle prestazioni della pavimentazione. I valori assunti dipendono dal tipo di strada e dalla sua ubicazione, in relazione alla strada in esame risulta pari a:

<b>AFFIDABILITÀ</b>	<b>90</b>
<b>DEVIAZIONE STANDARD</b>	<b>0.45</b>

### 8.2.1.2 Traffico di progetto

Nell'analisi del traffico devono tenersi in considerazione solo i veicoli pesanti, ossia quei veicoli che scaricano per asse più di 3 tonnellate, ciò significa supporre che i veicoli leggeri al loro passaggio non arrechino alcun danno alla sovrastruttura. Il traffico giornaliero medio TGM previsto è 1 000 con una percentuale di Veicoli Commerciali pari a 10 % e considerando un tasso di incremento annuale del traffico del 2 % (tab seguente)

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

TIPOLOGIA STRADA	Strada urbana locale
LEGGE DI INCREMENTO DEL TRAFFICO	Costante
TGM	1 000
PERCENTUALE DEI VEICOLI COMMERCIALI	10 %
TASSO INCREMENTO ANNUALE DEL TRAFFICO	2 %
PERIODO DI PROGETTO	25
TRAFFICO DI PROGETTO (365 giorni lavorativi annui)	912 500
TRAFFICO IN NUMERO DI VEICOLI COMMERCIALI SULLA CORSIA PIÙ TRAFFICATA	456 250
CLASSE DI TRAFFICO	L (leggero)

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

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

associando ad essa opportuni spettri di traffico per tipologia di strada, per questo progetto è stata scelta la seguente tipologia di strada: **Strada urbana locale**

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

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

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

8.2.1.3 Calcolo degli esal's

L'incidenza del traffico viene quasi sempre considerata mediante una semplificata ed ampiamente accettata procedura basata sull'utilizzo di fattori di equivalenza che permettono di convertire ogni gruppo di carico in un singolo asse equivalente. La *Metodologia degli assi equivalenti (ESAL)* permette di ricondurre le diverse tipologie di assi reali transitanti sulla strada ad un asse di riferimento da 80 KN (8,2 t); conseguentemente all'utilizzo di opportuni coefficienti di equivalenza, è possibile valutare il danno a fatica prodotto dal numero di passaggi dei carichi reali. Il numero di  $ESAL_{tot}$  ottenuto risulta essere pari a 193 998 passaggi.

Infine introducendo due ulteriori parametri  $D_i$  e  $D_d$ , che derivano dalle seguenti considerazioni:

- $D_d$  è funzione della distribuzione del traffico nelle due direzioni.  
Nel caso del progetto in esame si è scelto il valore pari a  $D_d = 0.5$
- $D_i$  è funzione della distribuzione del traffico tra le corsie nelle due direzioni.  
Indubbiamente la condizione di traffico più gravosa si manifesterà nella corsia più lenta, adibita al transito dei veicoli commerciali:

NUMERO DI CORSIE NELLE DUE DIREZIONI	$D_L$
1	1

## RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Il numero di assi standard da 80 KN equivalenti al traffico sulla corsia più caricata della strada in progetto è:

$$ESAL_{\text{progetto}} = ESAL_{\text{tot}} * D_d * D_l = 96\,999 \text{ Passaggi}$$

### 8.2.1.4 Portanza del sottofondo

Il *sottofondo* è quella parte di terreno posto al di sotto della fondazione della sovrastruttura, il cui stato tensionale può ancora essere causa di cedimenti. Il parametro che caratterizza il sottofondo è la *portanza*, o capacità portante, ossia il carico massimo sopportabile, in determinate condizioni, che realizza un prestabilito cedimento. Il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia nei tratti in trincea che in quelli in rilevato, dovrà garantire un valore minimo della portanza del sottofondo, individuato attraverso il Modulo di Resiliente,  $M_r = 90 \text{ N/mm}^2$ .

La capacità portante della sovrastruttura 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.

Il termine:

- $a_1 h_1$  rappresenta la capacità portante fornita dagli strati superficiali → usura + binder,
- $a_2 h_2 m_2$  rappresenta la capacità portante dello strato di base,
- $a_3 h_3 m_3$  rappresenta la capacità portante della fondazione.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

<b>SN = 1.88</b>			
STRATO	TIPO MATERIALE	METODO DI CALCOLO	COEFFICIENTE STRUTTURALE
USURA	Conglomerato bituminoso	Stabilita' Marshall	a <sub>1</sub> = 0.410
BINDER	Conglomerato bituminoso	Stabilita' Marshall	
BASE	Conglomerato bituminoso	Stabilita' Marshall	a <sub>2</sub> = 0.276
FONDAZIONE	Misto granulare	Modulo resiliente fondazione	a <sub>3</sub> = 0.095

I coefficienti di drenaggio  $m_i$  tengono conto dell'effetto dell'acqua sulle proprietà dei materiali e quindi sulla capacità portante della pavimentazione, sono funzione della qualità del drenaggio dei materiali e della percentuale di tempo in cui la pavimentazione è esposta ad un grado d'umidità prossimo alla saturazione.

Il coefficiente di drenaggio viene considerato solo per il misto granulare sciolto dello strato di fondazione e/o base:  $m_3 = 1$

#### 8.2.1.5 Spessore strati

La pavimentazione progettata è tenuta ad assolvere le seguenti funzioni:

- Ripartire sul sottofondo le azioni dei veicoli in modo che siano compatibili con le caratteristiche di portanza,
- Mantenimento della regolarità e dell'aderenza del piano viabile affinché il moto avvenga in condizioni di comfort e sicurezza
- Protezione degli strati sottostanti dall'azione degli agenti atmosferici

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

**9 ALLEGATO: tabulati di tracciamento C2 (con verifiche)**

Curva 1 Sinistra ProgI 0.0000 - ProgF 140.8262					
Coordinate vertice	X:	2325744.5330	Coordinate I punto Tg	X:	2325702.2540
Coordinate vertice	Y:	4732296.2252	Coordinate I punto Tg	Y:	4732322.8393
Tangente Prim. 1:		42.0136	Coordinate II punto Tg	X:	2325839.2462
Tangente Prim. 2:		42.0136	Coordinate II punto Tg	Y:	4732306.8520
Alfa Ang. al Vert.:		157.12035g	TI1 Tangente	1:	49.9583
			TI2 Tangente	2:	95.3075
			Numero Archi	:	1

Arco ProgI 0.0000 - ProgF 20.8262					
Coordinate vertice	X:	2325711.0886	Coordinate I punto Tg	X:	2325702.2540
Coordinate vertice	Y:	4732317.2780	Coordinate I punto Tg	Y:	4732322.8393
Coordinate centro curva	X:	2325766.1812	Coordinate II punto Tg	X:	2325720.7509
Coordinate centro curva	Y:	4732424.3938	Coordinate II punto Tg	Y:	4732313.3258
Raggio	:	120.0000	Angolo al vertice	:	11.04866g
Tangente	:	10.4393	Sviluppo	:	20.8262
Saetta	:	0.4515	Corda	:	20.8001
Pt (%)	:	0.0			

Clotoide in uscita ProgI 20.8262 - ProgF 140.8262					
Coordinate vertice	X:	2325758.6784	Coordinate I punto Tg	X:	2325720.7509
Coordinate vertice	Y:	4732297.8123	Coordinate I punto Tg	Y:	4732313.3258
Raggio	:	120.0000	Coordinate II punto Tg	X:	2325839.2462
Parametro N	:	1.0000	Coordinate II punto Tg	Y:	4732306.8520
Parametro A	:	120.0000	Angolo	:	31.83099g
Scostamento	:	4.9556	Tangente lunga	:	81.0733
Pti (%)	:	2.5	Tangente corta	:	40.9776
			Sviluppo	:	120.0000
			Ptf (%)	:	2.5
Vp (Km/h) = 30.0					
R >= Rmin	=	118.110	OK		
Sv >= Smin	=	20.830	OK		
Pt >= Ptmin	=	7.000	No		
	=	0.000			

Rettifilo 2 ProgI 140.8262 - ProgF 564.2507					
Coordinate P.to Iniziale	X:	2325839.2462	Coordinate P.to Finale	X:	2326260.0304
	Y:	4732306.8520		Y:	4732354.0641
Lunghezza	:	423.4245	Azimuth	:	7.11313g
Vp (Km/h) = 100.0					
L >= Lmin	=	150.0000	OK	Rprec =	120.0000
L <= Lmax	=	2200.0000	OK	Rsucc =	1490.6300
				Rprec >= Rmin	= 400.0000 No
				Rsucc >= Rmin	= 400.0000 OK

Curva 3 Destra ProgI 564.2507 - ProgF 998.2156					
Coordinate vertice	X:	2326475.9266	Coordinate I punto Tg	X:	2326260.0304
Coordinate vertice	Y:	4732378.2877	Coordinate I punto Tg	Y:	4732354.0641
Tangente Prim. 1:		133.7074	Coordinate II punto Tg	X:	2326692.9862
Tangente Prim. 2:		133.7074	Coordinate II punto Tg	Y:	4732363.6823
Alfa Ang. al Vert.:		188.60967g	TI1 Tangente	1:	217.2509
			TI2 Tangente	2:	217.5504
			Numero Archi	:	1

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Clotoide in entrata ProgI 564.2507 - ProgF 731.1361					
Coordinate vertice	X:	2326370.6117	Coordinate I punto Tg X: 2326260.0304		
Coordinate vertice	Y:	4732366.4713	Coordinate I punto Tg Y: 4732354.0641		
			Coordinate II punto Tg X: 2326426.1703		
			Coordinate II punto Tg Y: 4732369.5722		
Raggio	:	1490.6250	Angolo	:	3.56369g
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	111.2752
Parametro A	:	498.7620	Tangente corta	:	55.6451
Scostamento	:	0.7784	Sviluppo	:	166.8854
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	-3.2
Vp (Km/h) = 100.0					
A >=	0.021*Vp^2	= 210.000 OK	A/Au	=	1.000
A >=	radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 75.900 OK	A/Au	>=	2/3 = 0.670 OK
A >=	R/3	= 496.900 OK	A/Au	<=	3/2 = 1.500 OK
A <=	R	=1490.600 OK			

Arco ProgI 731.1361 - ProgF 830.5732					
Coordinate vertice	X:	2326475.8300	Coordinate I punto Tg X: 2326426.1703		
Coordinate vertice	Y:	4732372.3438	Coordinate I punto Tg Y: 4732369.5722		
Coordinate centro curva	X:	2326509.2363	Coordinate II punto Tg X: 2326525.5640		
Coordinate centro curva	Y:	4730881.2634	Coordinate II punto Tg Y: 4732371.7990		
Raggio	:	1490.6250	Angolo al vertice	:	4.24678g
Tangente	:	49.7370	Sviluppo	:	99.4371
Saetta	:	0.8291	Corda	:	99.4186
Pt (%)	:	3.2			
Vp (Km/h) = 100.0					
R >=	Rmin	= 118.110 OK			
Sv >=	Smin	= 69.440 OK			
Pt >=	Ptmin	= 3.195 OK			

Clotoide in uscita ProgI 830.5732 - ProgF 998.2156					
Coordinate vertice	X:	2326581.4583	Coordinate I punto Tg X: 2326525.5640		
Coordinate vertice	Y:	4732371.1867	Coordinate I punto Tg Y: 4732371.7990		
			Coordinate II punto Tg X: 2326692.9862		
			Coordinate II punto Tg Y: 4732363.6823		
Raggio	:	1490.6250	Angolo	:	3.57986g
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	111.7801
Parametro A	:	499.8920	Tangente corta	:	55.8976
Scostamento	:	0.7855	Sviluppo	:	167.6424
Pti (%)	:	-3.2	Ptf (%)	:	0.0
Vp (Km/h) = 100.0					
A >=	0.021*Vp^2	= 210.000 OK	Ae/A	=	1.000
A >=	radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 162.700 OK	Ae/A	>=	2/3 = 0.670 OK
A >=	R/3	= 496.900 OK	Ae/A	<=	3/2 = 1.500 OK
A <=	R	=1490.600 OK			

Curva 4 Sinistra ProgI 998.2156 - ProgF 2064.2359			
Coordinate vertice	X:	2327238.8418	Coordinate I punto Tg X: 2326692.9863
Coordinate vertice	Y:	4732326.9531	Coordinate I punto Tg Y: 4732363.6823
			Coordinate II punto Tg X: 2327710.8537
			Coordinate II punto Tg Y: 4732603.5611
Tangente Prim. 1:	463.1022	IT1 Tangente 1:	547.0898
Tangente Prim. 2:	463.1022	IT2 Tangente 2:	547.0898
Alfa Ang. al Vert.:	161.97711g	Numero Archi	1

Clotoide in entrata ProgI 998.2156 - ProgF 1165.7297					
Coordinate vertice	X:	2326804.4285	Coordinate I punto Tg X: 2326692.9863		
Coordinate vertice	Y:	4732356.1836	Coordinate I punto Tg Y: 4732363.6823		
			Coordinate II punto Tg X: 2326860.2793		
			Coordinate II punto Tg Y: 4732355.5407		
Raggio	:	1504.3750	Angolo	:	3.54442g
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	111.6942
Parametro A	:	502.0000	Tangente corta	:	55.8545
Scostamento	:	0.7771	Sviluppo	:	167.5141
Pti (%)	:	0.0	Ptf (%)	:	3.2
Vp (Km/h) = 100.0					
A >=	0.021*Vp^2	= 210.000 OK	A/Au	=	1.000
A >=	radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 162.900 OK	A/Au	>=	2/3 = 0.670 OK
A >=	R/3	= 501.500 OK	A/Au	<=	3/2 = 1.500 OK
A <=	R	=1504.400 OK			

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Arco ProgI 1165.7297 - ProgF 1896.7218			
Coordinate vertice X:	2327233.1160	Coordinate I punto Tg X:	2326860.2793
Coordinate vertice Y:	4732351.2490	Coordinate I punto Tg Y:	4732355.5407
Coordinate centro curva X:	2326877.5949	Coordinate II punto Tg X:	2327564.8011
Coordinate centro curva Y:	4733859.8161	Coordinate II punto Tg Y:	4732521.5740
Raggio :	1504.3750	Angolo al vertice :	30.93404g
Tangente :	372.8614	Sviluppo :	730.9921
Saetta :	44.1816	Corda :	723.8218
Pt (%) :	3.2		
Vp (Km/h) = 100.0			
R >= Rmin =	118.110 OK		
Sv >= Smin =	69.440 OK		
Pt >= Ptmin =	3.176 OK		

Clotoide in uscita ProgI 1896.7218 - ProgF 2064.2359			
Coordinate vertice X:	2327614.4874	Coordinate I punto Tg X:	2327564.8011
Coordinate vertice Y:	4732547.0887	Coordinate I punto Tg Y:	4732521.5740
		Coordinate II punto Tg X:	2327710.8537
		Coordinate II punto Tg Y:	4732603.5611
Raggio :	1504.3750	Angolo :	3.54442g
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	111.6942
Parametro A :	502.0000	Tangente corta :	55.8545
Scostamento :	0.7771	Sviluppo :	167.5141
Pti (%) :	3.2	Ptf (%) :	-2.5
Vp (Km/h) = 100.0			
A >= 0.021*Vp^2	= 210.000 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 217.800 OK		
A >= R/3	= 501.500 OK	Ae/A = 1.000	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=1504.400 OK	Ae/A = 1.000	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

Rettifilo 5 ProgI 2064.2359 - ProgF 2667.7093			
Coordinate P.to Iniziale X:	2327710.8537	Coordinate P.to Finale X:	2328231.5116
Coordinate P.to Iniziale Y:	4732603.5611	Coordinate P.to Finale Y:	4732908.6767
Lunghezza :	603.4734	Azimuth :	33.74569g
Vp (Km/h) = 100.0			
L >= Lmin =	150.0000 OK	Rprec =	1504.3800
L <= Lmax =	2200.0000 OK	Rsucc =	2007.8800
		Rprec >= Rmin =	400.0000 OK
		Rsucc >= Rmin =	400.0000 OK

Curva 6 Sinistra ProgI 2667.7093 - ProgF 3291.3206			
Coordinate vertice X:	2328501.1803	Coordinate I punto Tg X:	2328231.5116
Coordinate vertice Y:	4733066.7077	Coordinate I punto Tg Y:	4732908.6767
		Coordinate II punto Tg X:	2328734.2369
		Coordinate II punto Tg Y:	4733274.9856
Tangente Prim. 1:	200.6851	IT1 Tangente 1:	312.5620
Tangente Prim. 2:	200.6851	IT2 Tangente 2:	312.5620
Alfa Ang. al Vert.:	187.31622g	Numero Archi :	1

Clotoide in entrata ProgI 2667.7093 - ProgF 2891.2790			
Coordinate vertice X:	2328360.1251	Coordinate I punto Tg X:	2328231.5116
Coordinate vertice Y:	4732984.0466	Coordinate I punto Tg Y:	4732908.6767
		Coordinate II punto Tg X:	2328422.2435
		Coordinate II punto Tg Y:	4733025.2570
Raggio :	2007.8750	Angolo :	3.54427g
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	149.0707
Parametro A :	670.0000	Tangente corta :	74.5452
Scostamento :	1.0371	Sviluppo :	223.5697
Pti (%) :	-2.5	Ptf (%) :	2.6
Vp (Km/h) = 100.0			
A >= 0.021*Vp^2	= 210.000 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 239.500 OK		
A >= R/3	= 669.300 OK	A/Au = 1.000	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=2007.900 OK	A/Au = 1.000	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Arco ProgI 2891.2790 - ProgF 3067.7509			
Coordinate vertice X:	2328495.8177	Coordinate I punto Tg X:	2328422.2435
Coordinate vertice Y:	4733074.0674	Coordinate I punto Tg Y:	4733025.2570
Coordinate centro curva X:	2327312.2423	Coordinate II punto Tg X:	2328564.8235
Coordinate centro curva Y:	4734698.4155	Coordinate II punto Tg Y:	4733129.1474
Raggio :	2007.8750	Angolo al vertice :	5.59524g
Tangente :	88.2928	Sviluppo :	176.4719
Saetta :	1.9384	Corda :	176.4151
Pt (%) :	2.6		
Vp (Km/h) = 100.0			
R >= Rmin =	118.110 OK		
Sv >= Smin =	69.440 OK		
Pt >= Ptmin =	2.641 OK		

Clotoide in uscita ProgI 3067.7509 - ProgF 3291.3206			
Coordinate vertice X:	2328623.0849	Coordinate I punto Tg X:	2328564.8235
Coordinate vertice Y:	4733175.6513	Coordinate I punto Tg Y:	4733129.1474
		Coordinate II punto Tg X:	2328734.2369
		Coordinate II punto Tg Y:	4733274.9856
Raggio :	2007.8750	Angolo :	3.54427g
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	149.0707
Parametro A :	670.0000	Tangente corta :	74.5452
Scostamento :	1.0371	Sviluppo :	223.5697
Pti (%) :	2.6	Ptf (%) :	0.0
Vp (Km/h) = 100.0			
A >= 0.021*Vp^2	= 210.000 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 171.500 OK		
A >= R/3	= 669.300 OK	Ae/A = 1.000	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=2007.900 OK	Ae/A = 1.000	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK

Curva 7 Destra ProgI 3291.3206 - ProgF 4012.3507			
Coordinate vertice X:	2329002.5431	Coordinate I punto Tg X:	2328734.2368
Coordinate vertice Y:	4733514.7654	Coordinate I punto Tg Y:	4733274.9855
		Coordinate II punto Tg X:	2329326.6828
		Coordinate II punto Tg Y:	4733680.6438
Tangente Prim. 1:	237.3779	II1 Tangente 1:	359.8370
Tangente Prim. 2:	237.3779	II2 Tangente 2:	364.1184
Alfa Ang. al Vert.:	183.68284g	Numero Archi :	1

Clotoide in entrata ProgI 3291.3206 - ProgF 3535.0065			
Coordinate vertice X:	2328855.3981	Coordinate I punto Tg X:	2328734.2368
Coordinate vertice Y:	4733383.2649	Coordinate I punto Tg Y:	4733274.9855
		Coordinate II punto Tg X:	2328919.4366
		Coordinate II punto Tg Y:	4733433.2916
Raggio :	1842.1250	Angolo :	4.21077g
Parametro N :	1.0000	Tangente lunga :	162.4946
Parametro A :	670.0000	Tangente corta :	81.2625
Scostamento :	1.3430	Sviluppo :	243.6860
Pti (%) :	0.0	Ptf (%) :	-2.8
Vp (Km/h) = 100.0			
A >= 0.021*Vp^2	= 210.000 OK		
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 169.100 OK		
A >= R/3	= 614.000 OK	A/Au = 0.980	A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	=1842.100 OK	A/Au = 0.980	A/Au <= 3/2 = 1.500 OK

Arco ProgI 3535.0065 - ProgF 3758.2839			
Coordinate vertice X:	2329007.5207	Coordinate I punto Tg X:	2328919.4366
Coordinate vertice Y:	4733502.1026	Coordinate I punto Tg Y:	4733433.2916
Coordinate centro curva X:	2330053.4815	Coordinate II punto Tg X:	2329103.2786
Coordinate centro curva Y:	4731981.6144	Coordinate II punto Tg Y:	4733559.7585
Raggio :	1842.1250	Angolo al vertice :	7.71624g
Tangente :	111.7756	Sviluppo :	223.2774
Saetta :	3.3818	Corda :	223.1407
Pt (%) :	2.8		
Vp (Km/h) = 100.0			
R >= Rmin =	118.110 OK		
Sv >= Smin =	69.440 OK		
Pt >= Ptmin =	2.790 OK		

**RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE**

Clotoide in uscita ProgI 3758.2839 - ProgF 4012.3507					
Coordinate vertice	X:	2329175.8643	Coordinate I punto Tg	X:	2329103.2786
Coordinate vertice	Y:	4733603.4625	Coordinate I punto Tg	Y:	4733559.7585
			Coordinate II punto Tg	X:	2329326.6828
			Coordinate II punto Tg	Y:	4733680.6438
Raggio	:	1842.1250	Angolo	:	4.39015g
Parametro N	:	1.0000	Tangente lunga	:	169.4201
Parametro A	:	684.1220	Tangente corta	:	84.7273
Scostamento	:	1.4598	Sviluppo	:	254.0669
Pti (%)	:	2.8	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 100.0					
A >= 0.021*Vp^2 = 210.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 232.700 OK					
A >= R/3 = 614.000 OK					
A <= R = 1842.100 OK					
			Ae/A = 0.980	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK	
			Ae/A = 0.980	Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK	

Rettifilo 8 ProgI 4012.3507 - ProgF 4370.3576					
Coordinate P.to Iniziale	X:	2329326.6828	Coordinate P.to Finale	X:	2329645.3821
	Y:	4733680.6438		Y:	4733843.7380
Lunghezza	:	358.0069	Azimut	:	30.11231g
Vp (Km/h) = 100.0					
L >= Lmin = 150.0000 OK					
L <= Lmax = 2200.0000 OK					
			Rprec = 1842.1300	Rprec >= Rmin = 400.0000 OK	