

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

SUPPORTO AGGIORNAMENTO PROG. DEFINITIVO

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° 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. G.Cordua
 Dott. Ing. V.De Gori
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. F.Dominici

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



TRACCIATI E CORPO STRADALE
PROGETTO STRADALE - ASSE PRINCIPALE
Relazione di tracciamento asse principale

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

CODICE ELAB.

LOPG143 D 2007

P00PS00TRA RE01

A

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Emissione	30/11/2020	S.Scopetta	F.Durastanti	N.Granieri

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELL'ASSE PRINCIPALE	4
2.1	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO	4
2.1.1	<i>Compatibilità con il futuro adeguamento a categoria B</i>	<i>5</i>
2.2	LO STATO ATTUALE	9
2.3	LO STATO DI PROGETTO.....	10
2.4	STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO STRADALE	12
2.5	LE SEZIONI TIPO DELLA STRADA DI PROGETTO ORIGINALE E QUELLE DELLO STRALCIO	13
3	TRACCIATO PLANO-ALTIMETRICO	17
3.1	ANDAMENTO PLANIMETRICO E VERIFICHE	17
3.1	ANDAMENTO ALTIMETRICO E VERIFICHE	24
4	DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ	26
5	DIAGRAMMI DI VISIBILITÀ.....	29
5.1	DIAGRAMMA DI ARRESTO	29
5.2	DIAGRAMMA PER SORPASSO	29
5.3	VISIBILITÀ INTERSEZIONE RAMPE IMMISSIONE SVINCOLO BAIANO	33
6	BARRIERE DI SICUREZZA.....	37
7	SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE.....	40
7.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	40
7.2	SEGNALETICA VERTICALE.....	41
8	DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE	43
8.1	DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE	43
8.2	VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE.....	43
8.2.1	<i>Carichi di traffico</i>	<i>43</i>
8.2.2	<i>Verifica (metodo razionale).....</i>	<i>45</i>

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 stata sviluppavo 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.

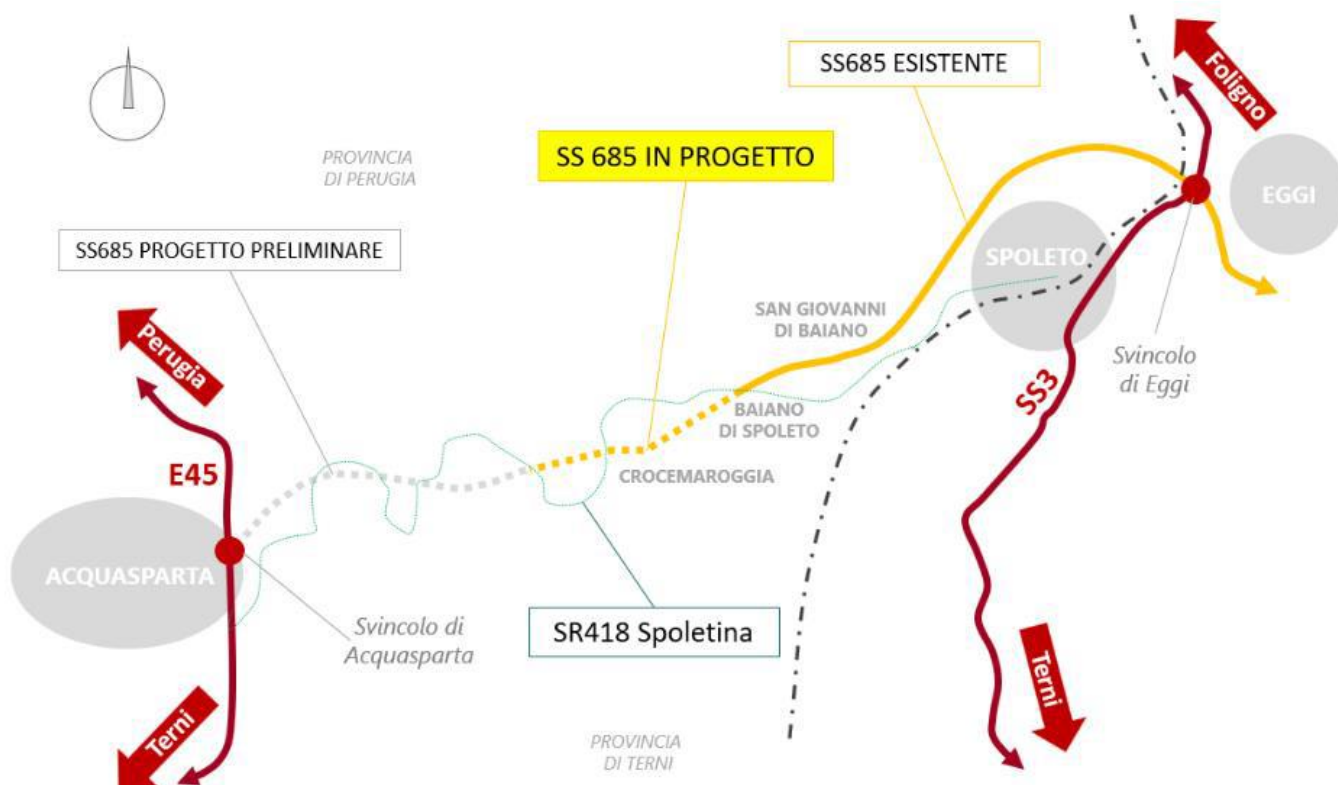


Fig.1 – Il tracciato della strada delle tre Valli umbre (Progetto Preliminare)

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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 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, tipo "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 (l'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 eseguita 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 tipo B, (D.M. infrastrutture 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 C1

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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 ed hanno le medesime caratteristiche sia come intervallo di velocità di progetto (60-100 km/h con $V_{MAX} amministrativa = 90\text{km/h}$), che come Livello di servizio (C), che come Portata di servizio per corsia (600 autov. Eq./h).

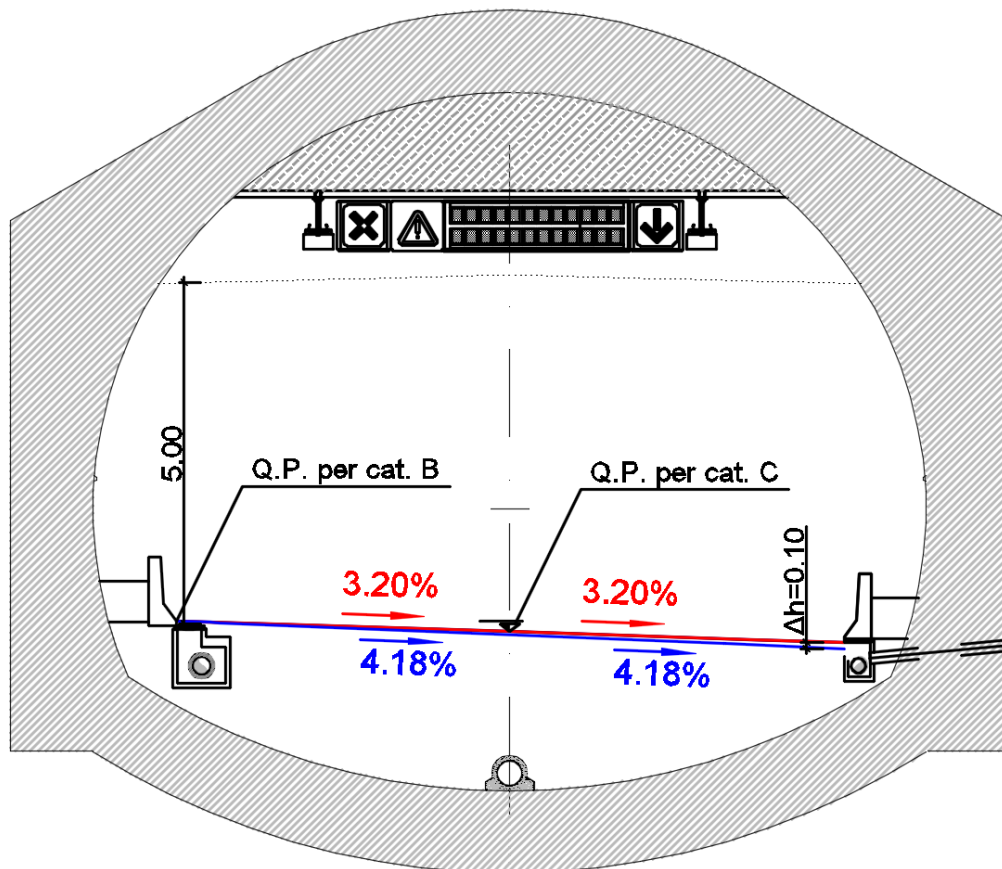
Le due tipologie di strade differiscono soltanto per le dimensioni delle corsie 3.75 per la C1 e 3.50 per la C2 e per la larghezza delle banchine 1.50 per la C1 e 1.25 per la C2; considerando che nella configurazione finale la strada avrà due carreggiate da $(3.75*2+0.5+1.75) = 9.75$ m e confrontando 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.

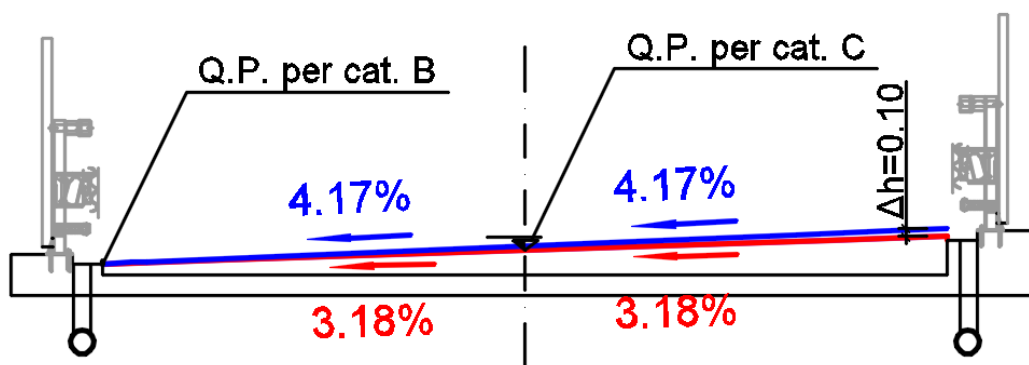
In galleria la differenza di quota tra i cigli è di circa 10 cm (cat. C: $R=1490.63$ m $i_t=3.20\%$ - cat. B: $R=1495.5$ m $i_t= 4.18\%$), tale differenza è assorbibile senza dover modifiche strutturali:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE



esempio di differenza di quota tra cigli in galleria

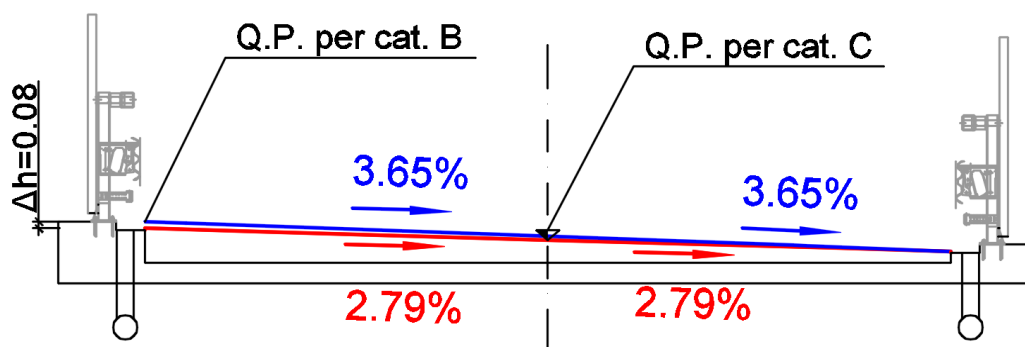
In viadotto la differenza di quota tra i cigli è di circa 10 cm (cat. C: $R=1504.38$ m $i_t=3.18\%$ - cat. B: $R=1499.5$ m $i_t=4.17\%$), tale differenza è assorbibile intervenendo solo sulla testa del cordolo con successivo riposizionamento del sicurvia:



RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

esempio di differenza di quota tra cigli in viadotto in interno curva

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: $R=1847\text{ m } i_t= 3.65\%$):



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:

raggio vert.	Delta i [%]	sviluppo	tipo	Vp [km/h]	Raggio Min.	verifica
30000	2.257	677.450	concavo	120.000	1852	'OK'
17500	-1.333	233.333	convesso	120.000	6421	'OK'
15000	3.576	536.435	concavo	120.000	4351	'OK'
17000	-3.500	595.077	convesso	120.000	8618	'OK'
20000	1.217	243.553	concavo	120.000	1852	'OK'
13000	1.296	168.485	concavo	120.000	1852	'OK'

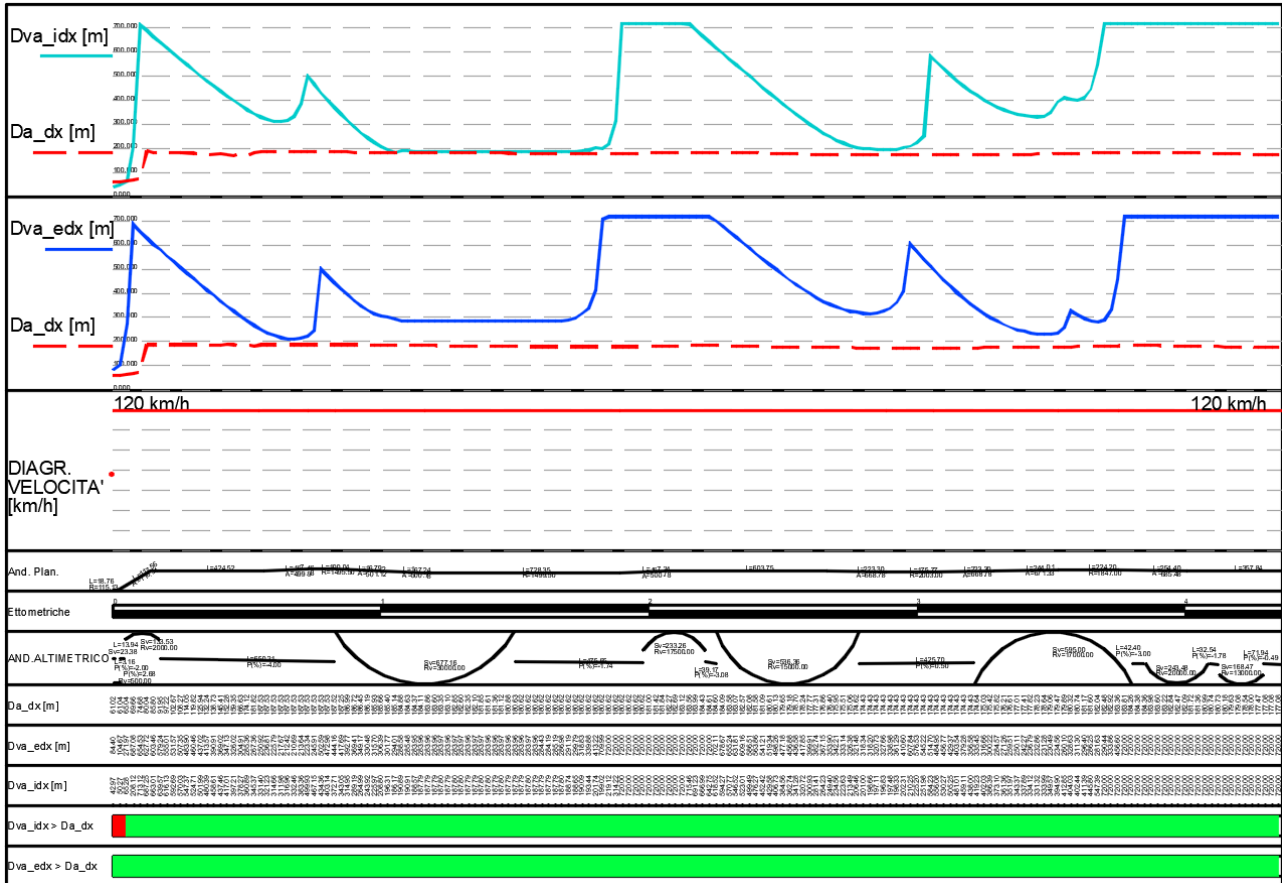
Nell'immagine seguente si riporta il diagramma di visibilità/velocità relativo al futuro adeguamento ad extraurbana principale di tipo B in considerazione di un'eventuale presenza di allargamenti esterni ed interni,

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

D_a : distanza di arresto richiesta in funzione dell'andamento piano-altimetrico,

D_{va_i} : distanza di visuale libera disponibile per la carreggiata interna,

D_{va_e} : distanza di visuale libera disponibile per la carreggiata esterna,



Il primo tratto, da km 0+000 a km 0+100 risente della curva di collegamento allo svicolo di Firenzuola, tali elementi non faranno parte del tracciato futuro pertanto la parte in rosso nell'esito della verifica, non ricade all'interno del tracciato adeguato a categoria B. La restante parte risulta tutta verificata, 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 P00-SV00-TRA-RE01.



L'esistente SS685 si ricollega alla SS418 con un'intersezione a T, tramite una curva planimetrica di raggio $R=225m$ con una pendenza del 1,5% circa in salita verso l'intersezione, la curva segue un rettilo lungo circa 400m, 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



Sono anche assenti allargamenti per visibilità ed attenuatori d'urto nei punti di cusvide 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 rettilo 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 anche 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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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.

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 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 fatti 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 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

Il progetto è stato redatto seguendo L'istruzione tecnica ANAS - "Capitolato d'oneri – Prescrizioni per la redazione del Progetto definitivo da appalto".

La progettazione definitiva recepisce quanto contenuto nel progetto preliminare 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"

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- 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 quelle dello 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".

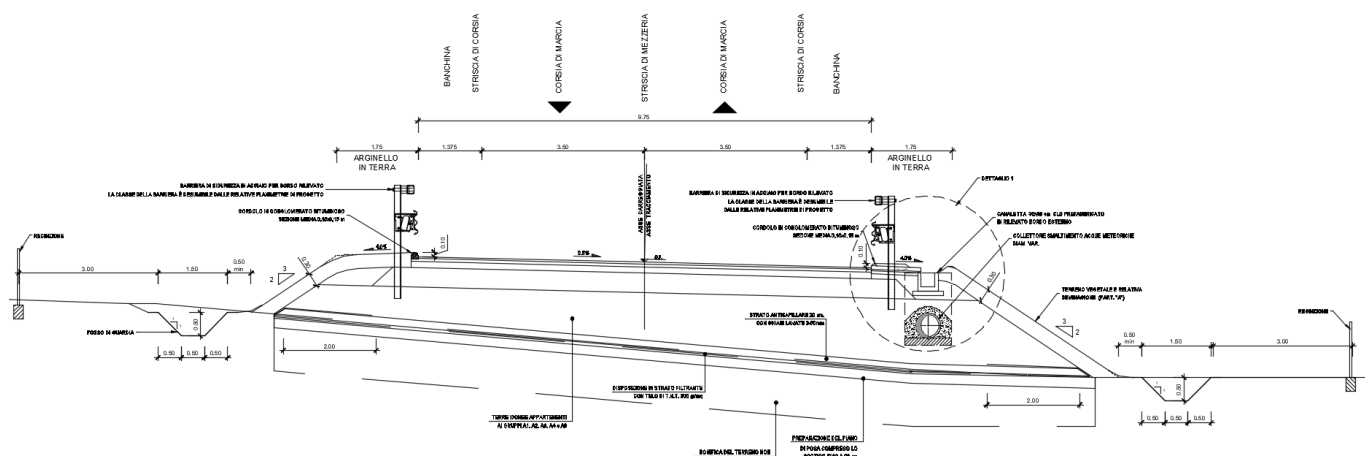
Tale sezione prevede due carreggiate distinte, una per senso di marcia, separate da uno spartitraffico di larghezza 2,50m; ogni singola carreggiata prevede due corsie di larghezza 3,75m, una banchina in destra di larghezza 1,75m e una banchina in sinistra di larghezza 0,50m; la pendenza trasversale minima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

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

Come sopra esposto la sezione tipo dello stralcio è essenzialmente quella della carreggiata direzione Spoleto del progetto originale, l'asse di tracciamento dello stralcio è posto al centro della carreggiata. Nei tratti in rilevato è presente un arginello erboso di larghezza 1,75m, 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.

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 più stretta di 25cm di quella della carreggiata della strada di categoria B; tale differenza verrà fatta assorbire dalle due banchine che quindi saranno larghe 1,375m anzi che 1,25m, come evidente dall'immagine di seguito nel caso di sezione tipo in rilevato.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE



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.

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.

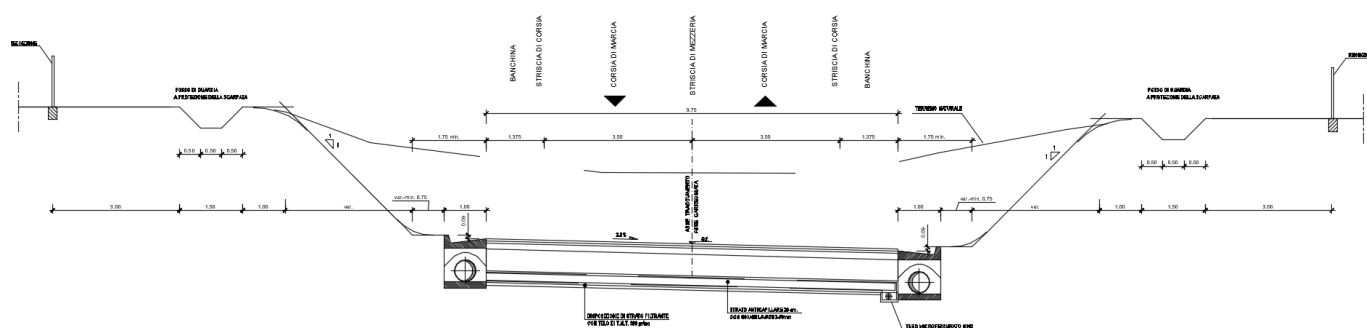
Per altezze dei rilevati superiori a 5,00 m è prevista la realizzazione di una banca intermedia di larghezza 2,00 m, oltre cui riprende la scarpata fino a incontrare il piano di campagna. Sulla scarpata è prevista la stesa di uno spessore di 30 cm di terreno vegetale e relativo inerbimento.

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 1,00m.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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.



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 20cm con ghiaie lavate, pezzature 30-75 mm, separato dal piano di posa da uno strato filtrante in tessuto non tessuto risvoltato lateralmente per un tratto di 2,00m 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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

base in conglomerato bituminoso, 6cm di strato di collegamento in conglomerato bituminoso (binder) e 4 cm di tappetino di usura (tipo split-mastix).

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 alloggiate 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 conglomerato bituminoso di spessore 6 cm e il tappeto di usura (tipo split-mastix) 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 nell'elaborato grafico P00-PS00-TRA-ST02.

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 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

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): $A \geq \sqrt{[(V^3 - gVR(qf - qi))/c]}$

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

$$A \geq \sqrt{R \cdot 100 \cdot Bi \cdot (qi + qf) / \Delta i_{max}}$$

Criterio n.3: (ottico):

$$A \geq R/3$$

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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	-	

Di seguito si riporta il tabulato di tracciamento dettagliato con verifiche:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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			

Clotoidi 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
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg	X:	2325839.2462
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg	Y:	4732306.8520
Raggio :		120.0000	Angolo :		31.83099g
Parametro N :		1.0000	Tangente lunga :		81.0733
Parametro A :		120.0000	Tangente corta :		40.9776
Scostamento :		4.9556	Sviluppo :		120.0000
Pti (%) :		2.5	Ptf (%) :		2.5
Vp (Km/h) = 30.0					
R >= Rmin		= 118.110 OK			
Sv >= Smin		= 20.830 OK			
Pt >= Pmin		= 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
Coordinate P.to Iniziale	Y:	4732306.8520	Coordinate P.to Finale	Y:	4732354.0641
Lunghezza :		423.4245	Azimut :		7.11313g
Vp (Km/h) = 100.0					
L >= Lmin	=	150.0000 OK	Rprec =	120.0000	Rprec >= Rmin = 400.0000 No
L <= Lmax	=	2200.0000 OK	Rsucc =	1490.6300	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
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg	X:	2326692.9862
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg	Y:	4732363.6823
Tangente Prim. 1:		133.7074	TI1 Tangente 1:		217.2509
Tangente Prim. 2:		133.7074	TI2 Tangente 2:		217.5504
Alfa Ang. al Vert.:		188.60967g	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 I punto Tg Y: 4732354.0641		
Coordinate vertice	Y:	4732366.4713	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 >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 75.900 OK					
A >= R/3 = 496.900 OK					
A <= R = 1490.600 OK					
A/Au = 1.000 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Au = 1.000 A/Au <= 3/2 = 1.500 OK					

Arco ProgI 731.1361 - ProgF 830.5732					
Coordinate vertice	X:	2326475.8300	Coordinate I punto Tg X: 2326426.1703 Coordinate I punto Tg Y: 4732369.5722		
Coordinate vertice	Y:	4732372.3438	Coordinate II punto Tg X: 2326525.5640 Coordinate II punto Tg Y: 4732371.7990		
Coordinate centro curva	X:	2326509.2363			
Coordinate centro curva	Y:	4730881.2634			
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 I punto Tg Y: 4732371.7990		
Coordinate vertice	Y:	4732371.1867	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					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 162.700 OK					
A >= R/3 = 496.900 OK					
A <= R = 1490.600 OK					
Ae/A = 1.000 Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK					
Ae/A = 1.000 Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK					

Curva 4 Sinistra ProgI 998.2156 - ProgF 2064.2359					
Coordinate vertice	X:	2327238.8418	Coordinate I punto Tg X: 2326692.9863 Coordinate I punto Tg Y: 4732363.6823		
Coordinate vertice	Y:	4732326.9531	Coordinate II punto Tg X: 2327710.8537 Coordinate II punto Tg Y: 4732603.5611		
Tangente Prim. 1:		463.1022	TT1 Tangente 1:		547.0898
Tangente Prim. 2:		463.1022	TT2 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 I punto Tg Y: 4732363.6823		
Coordinate vertice	Y:	4732356.1836	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 >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 162.900 OK					
A >= R/3 = 501.500 OK					
A <= R = 1504.400 OK					
A/Au = 1.000 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Au = 1.000 A/Au <= 3/2 = 1.500 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	Azimut :	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	IT1 Tangente 1:	359.8370
Tangente Prim. 2:	237.3779	IT2 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	Ae/A = 0.980	Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A <= R	= 1842.100 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
Coordinate P.to Iniziale Y:	4733680.6438	Coordinate P.to Finale Y:	4733843.7380
Lunghezza :	358.0069	Azimut :	30.11231g
Vp (Km/h) = 100.0			
L >= Lmin	= 150.0000 OK	Rprec = 1842.1300	Rprec >= Rmin = 400.0000 OK
L <= Lmax	= 2200.0000 OK		

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 1 termina direttamente in rotatoria e risulta assente di una clotoide, quindi formalmente non verifica il rapporto A_i/A_u , inoltre l'arco circolare ha uno valore inferiore alla lunghezza del rettifilo che precede, 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.

3.1 Andamento altimetrico e verifiche

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.

Nella tabella seguente si riportano i dati altimetrici e le verifiche corrispondenti:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

livellette						
progressiva	quota	i [%]	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza residua	verifica
0.000	395.618		0.000	0.000	0.000	
14.847	395.322	-2.000	-0.297	14.850	3.156	'OK'
107.242	397.795	2.676	2.473	92.428	13.944	'OK'
1162.793	355.572	-4.000	-42.222	1056.394	650.727	'OK'
2093.654	339.349	-1.743	-16.223	931.003	475.724	'OK'
2517.641	326.309	-3.076	-13.041	424.187	39.192	'OK'
3509.020	331.265	0.500	4.957	991.392	425.704	'OK'
3970.658	317.416	-3.000	-13.849	461.846	42.416	'OK'
4209.176	313.165	-1.783	-4.252	238.555	32.545	'OK'
4370.358	312.380	-0.487	-0.784	161.184	76.946	'OK'

raccordi verticali parabolici							
	raggio vert.	Delta i [%]	sviluppo	tipo	Vp [km/h]	Raggio Min.	verifica
V1	500	4.676	23.385	concavo	30.111	259	'OK'
V2	2000	-6.676	133.557	convesso	53.634	772	'OK'
V3	30000	2.257	677.450	concavo	100.000	1286	'OK'
V4	17500	-1.333	233.333	convesso	100.000	1286	'OK'
V5	15000	3.576	536.435	concavo	100.000	3012	'OK'
V6	17000	-3.500	595.077	convesso	100.000	4709	'OK'
V7	20000	1.217	243.553	concavo	100.000	1286	'OK'
V8	13000	1.296	168.485	concavo	100.000	1286	'OK'

Tab.3 – Dati di tracciamento altimetrico asse

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 i valori adottati sono tali da verificare la massima velocità di progetto relativa ad una viabilità di categoria B.

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 (P00-PS00-TRA-DG01) "Diagrammi di velocità e di visuale libera", di seguito se ne riporta un estratto.

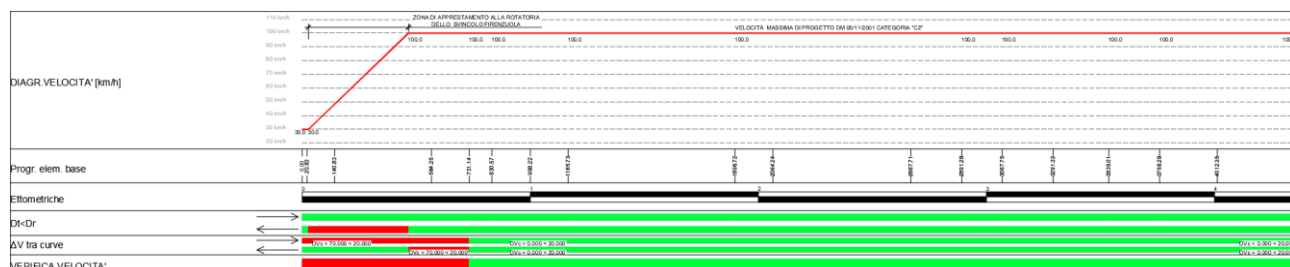


Diagramma delle velocità dell'asse in progetto

I valori di accelerazione e decelerazione per il passaggio tra gli elementi caratterizzati da velocità diverse sono 0,8 m/s² 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 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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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 ΔV 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:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- delineatori modulari di curva ad avvistabili incrementata posizionati a distanza costante dal piano pavimentato;
- 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 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).

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 (P00-PS00-TRA-DG01) "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.

5.2 Diagramma per 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:*

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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

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.

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; relativamente al tracciato esistente

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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 _{TOT} [m]		2485	L _{TOT} [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 sx		
pk iniziale	2380.80	541.68
pk finale	2922.49	
L _{TOT} [m]		3026
% sorpasso		21.53%

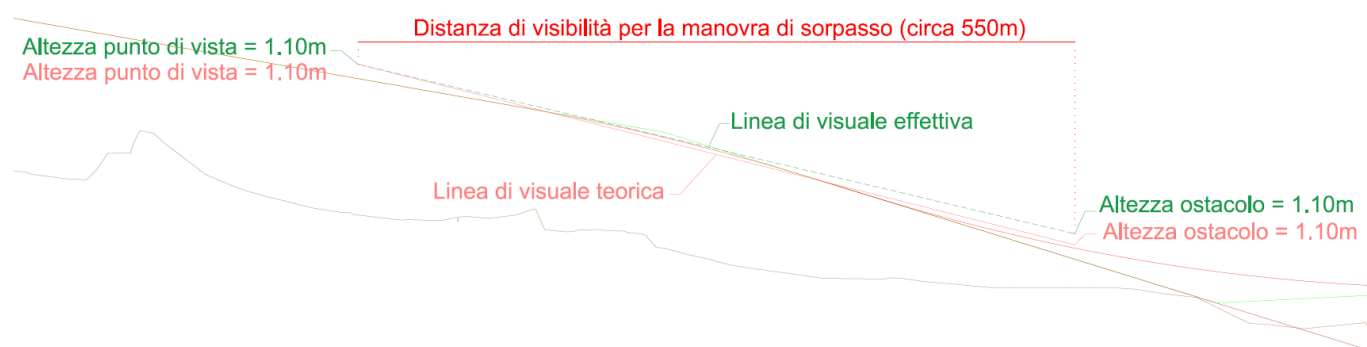
Sorpasso dx		
pk iniziale	1830.00	542.28
pk finale	2372.28	
L _{TOT} [m]		2979
% sorpasso		21.20%

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) superiore al 20%; tuttavia, la porzione di tracciato che garantirebbe, dal punto di vista planimetrico, il sorpasso per la corsia destra si sviluppa in corrispondenza del raccordo verticale convesso di raggio 17500m il quale, per un Δi di -1.33%, non risulta sufficiente per garantire una distanza di visibilità compatibile con la manovra di sorpasso (R_{min} sorpasso = 32995m).

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

D'altro canto, la livelletta in uscita di pendenza -3.076% è caratterizzata da uno sviluppo molto ridotto, alla luce della presenza del successivo raccordo concavo; quest'ultimo comporta un miglioramento in termini di visibilità in quanto l'ostacolo viene a trovarsi ad una quota superiore rispetto al caso teorico di livelletta di maggiore estensione.

L'immagine seguente mette in evidenza quanto dichiarato:



Come si può notare, questa configurazione garantisce il soddisfacimento della verifica di visibilità.

Nello specifico, la progressiva dalla quale si ha il soddisfacimento della verifica di visibilità per il sorpasso è la1+859.10.

Incrociando la verifica planimetrica con quella altimetrica, si ottengono i seguenti tratti a sorpasso consentito:

Sorpasso sx		
pk iniziale	2380.80	533.12
pk finale	2913.92	
L _{TOT} [m]		3018
% sorpasso		21.47%

Sorpasso dx		
pk iniziale	1854.10	518.18
pk finale	2372.28	
L _{TOT} [m]		2955
% sorpasso		21.03%

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:

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

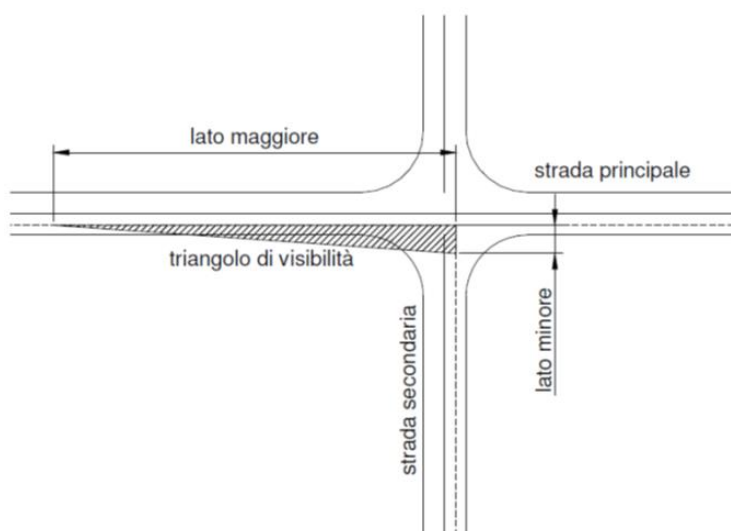
$$D = v \times t$$

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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%).

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

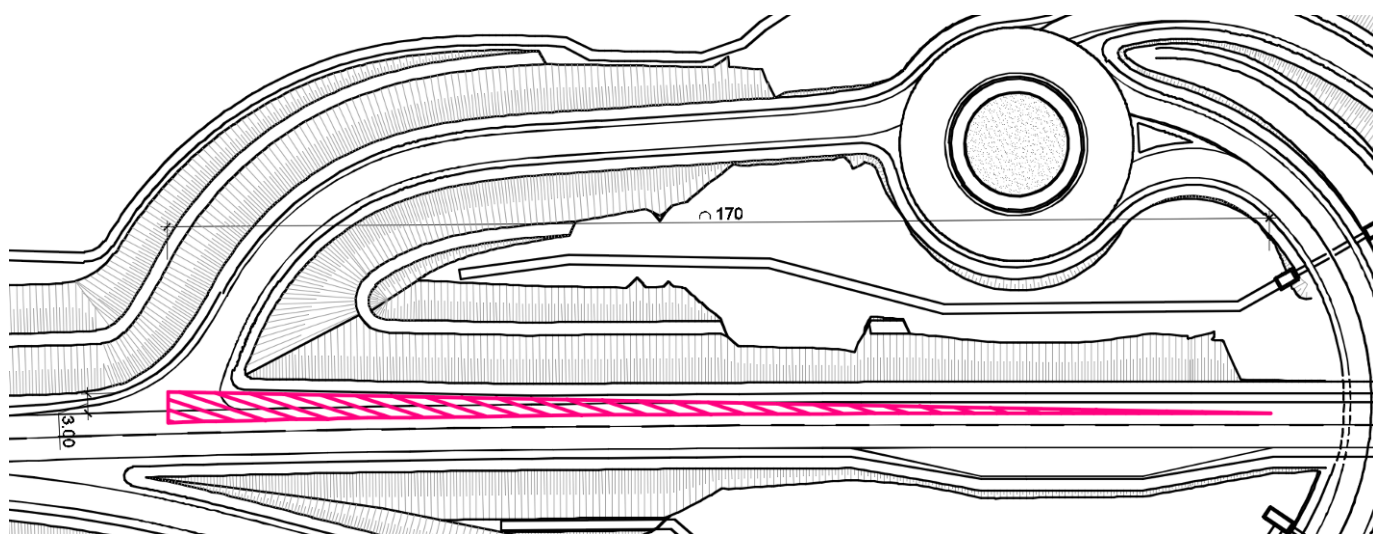


Nel progetto in studio l'immissione è regolata da STOP, il lato minore del triangolo misura 3 m dalla linea di arresto.

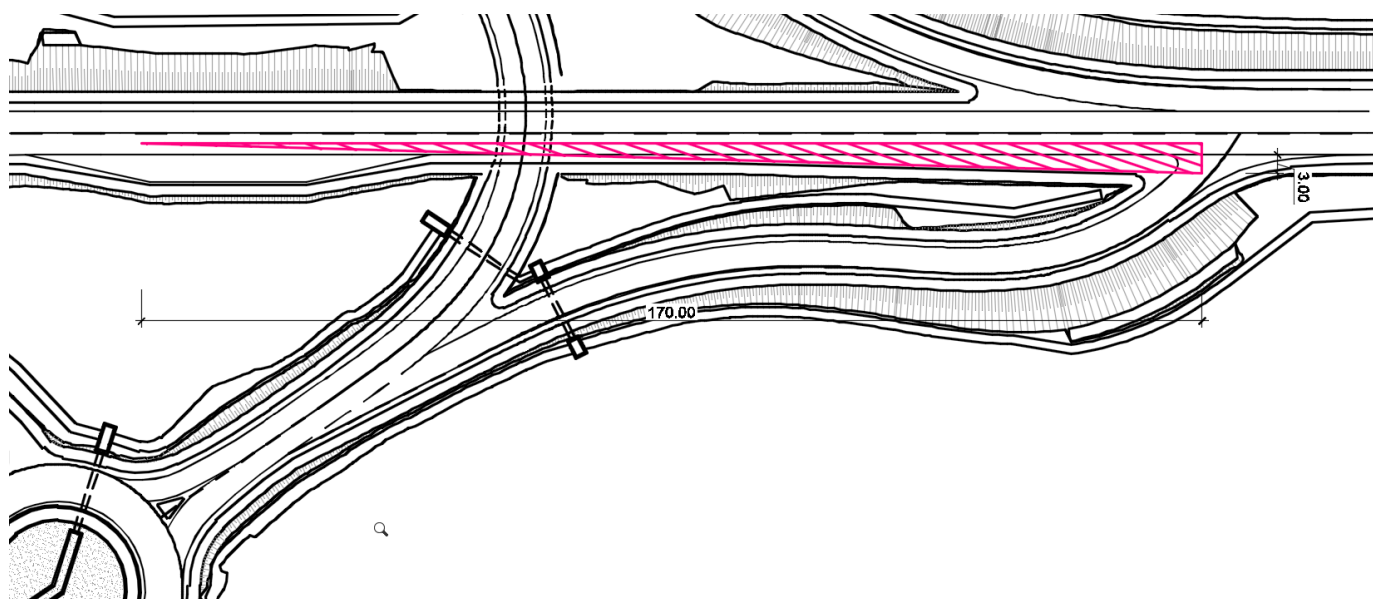
La determinazione analitica e grafica dei triangoli di visibilità è riportata di seguito:

n.	INTERSEZIONE	VIABILITÀ PRINCIPALE	VIABILITÀ INTERFERENTE	REGOLAZIONE MANOVRA	V [km/h]		L [m]	t * [s]	D [m]
					V_p	100			
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



Intersezione a pr. 3+854.73 - Rampa per Acquasparta



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.



*Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori*

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE
Tratto Eggi-Acquasparta – 1° Stralcio Baiano-Firenzuola

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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.

I parametri prestazionali (classe) delle barriere da utilizzare, sono stati definiti in funzione della tipologia di strada ed il livello di traffico, in base alla tabella riportata dall'Art.6 del vigente D.M. 21/06/2004 - "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta per le costruzioni stradali".

Ai fini applicativi il traffico sarà classificato in ragione dei volumi di traffico e della prevalenza dei mezzi che lo compongono, distinto nei seguenti livelli:

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤ 1000	Qualsiasi
I	> 1000	≤ 5
II	> 1000	$5 < n \leq 15$
III	> 1000	> 15

In accordo allo studio di traffico effettuato nell'ambito del suddetto progetto, si rileva un TGM (Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi) pari circa a 5000 veic.eq con una percentuale di traffico pesante circa pari al 12%.

Le classi minime dei dispositivi di ritenuta da adottare, da normativa vigente, sono riportate nella seguente tabella:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte **
Autostrada (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 *	H2-H3 *	H3-H4 *
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

* La scelta fra le due classi viene determinata dal progettista

** Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri, per luci minori sono equiparate al bordo laterale

In funzione allo studio di traffico, la condizione in cui ricade il progetto è di tipo II. Per la viabilità in studio sono state comunque adottate le barriere richieste per la condizione tipo III, tenuto conto dell'elevata percentuale di traffico pesante.

Di seguito le tipologie dei dispositivi di ritenuta adottati:

- **bordo laterale: classe H2 e classe H3, in approccio alle opere nei tratti in cui non sono presenti le condizioni necessarie all'installazione della barriera per la sua lunghezza minima nei tratti su terra (H2 bordo laterale) o su opera (H3 bordo ponte);**
- **bordo ponte: classe H3;**
- **Attenuatori d'urto: Attenuatore d'urto Classe 80 ($90\text{km/h} \leq V < 130\text{km/h}$), previsto in corrispondenza delle cuspidi presenti sullo svincolo di Baino.**

In corrispondenza del viadotto "Molino Vecchio", in seguito a studi di mitigazione, è stato previsto l'utilizzo di barriere bordo ponte di classe H3 integrate con fonoassorbente nei tratti riportati di seguito:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

Direzione	Prog. iniziale	Prog. finale	L [m]
Est	Km 2+896.15	Km 3+198.15	302
	Km 3+398.15	Km 3+664.15	266
Ovest	Km 3+509.15	Km 3+346.15	166

Lungo la galleria artificiale “Colle del vento” e “Romanella” è stato previsto per entrambi i sensi l'utilizzo di un profilo ridirettivo.

Lungo l'asse principale e in corrispondenza degli svincoli sono state adottate barriere tipo ANAS delle classi sopra citate.

Sulle viabilità secondarie di ricucitura sono state adottate barriere commerciali, di tipo H2 bordo laterali e H2 bordo ponte, considerato il volume di traffico ridotto rispetto all'asse principale.

Per garantire la visibilità delle intersezioni occorre prevedere delle barriere con altezza non superiore al metro.

L'ubicazione delle barriere è riportata negli elaborati grafici: P00-PS00-TRA-PN04 e P00-PS00-TRA-PN05.

7 SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE

Allo scopo di consentire una buona leggibilità del tracciato in tutte le condizioni climatiche e di visibilità e garantire informazioni utili per l'attività di guida 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 P00-PS00-TRA-PN01, P00-PS00-TRA-PN02, P00-PS00-TRA-PN03.

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

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

- Prodotti applicabili a freddo:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- 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

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.

8.2 VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE

8.2.1 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
Direzione Ovest	1122	157	1279
Direzione Est	2604	363	2967
Bidirezionale	3726	520	4246

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%	0.8%	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	125.56	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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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

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 Strade extraurbana principale e secondaria 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
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:

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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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:

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

con:

- r = tasso di crescita annuale (1.23%);
- n = vita utile dell'infrastruttura.
- %VC = percentuale veicoli commerciali (12.3%);
- C_{SN} = 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.

8.2.2 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;

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- la scelta dei materiali da impiegare;
- il calcolo dello stato tenso-deformativo indotto dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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

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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

- 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 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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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_c) è poi paragonato al numero di passaggi "previsto" (N_p) al fine di verificare la pavimentazione di progetto; la pavimentazione risulterà verificata se il rapporto tra N_p e N_c 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:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k}\right)}{N_i} \leq 1$$

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 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 σ_z che possono creare avvallamenti sul piano viabile per effetto di accumulo di deformazioni plastiche ε_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;

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

– ε_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:

- σ_1, σ_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);
- ϕ = angolo di attrito interno (assunto pari a 45° 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);
- ϕ_{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).

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

• **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.

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

$$3. \quad N_f = 10^{-3.083} \cdot \varepsilon_f^{-3.291} \cdot E^{-0.854}$$

dove:

- N_f = numero di cicli di applicazione del carico, riferito all'asse standard considerato, che causa la fessurazione del 10% della superficie stradale;
- ε_f = 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:

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	0.4529	0.0060	0.1072
	VERIFICATA	VERIFICATA	VERIFICATA

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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO ASSE PRINCIPALE

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.