

S.S. N. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO-ACQUASPARTA
2° stralcio: Firenzuola - Acquasparta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. PG373

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - ENGEKO - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giorgio Guiducci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n° 14035

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

Dott. Ing. Rita Gandolfo

IL R.U.P.

Dott. Ing. Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

 Sintagma

Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Ing. L. Spaccini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Ing. L. Casavecchia
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Ing. M. Abram
Dott. Arch. C. Presciutti
Dott. Agr. F. Berti Nulli
Geom. S. Scopetta
Geom. M. Zucconi

MANDANTI:

 GPI INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

Dott. Ing. G. Guiducci
Dott. Ing. E. Moscatelli
Dott. Ing. A. Signorelli
Dott. Ing. A. Belà
Dott. Ing. G. Lucibello
Dott. Arch. G. Guastella
Dott. Geol. M. Leonardi
Dott. Ing. G. Parente

 engeko
Dott. Ing. C. Muller

 GEOTECHNICAL
DESIGN GROUP

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

 ICARIA
società di ingegneria

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. G. Verini
Dott. Ing. V. Piuino
Dott. Ing. G. Pulli



05.PROGETTO STRADALE
05.01 ELABORATI GENERALI

Relazione tecnica di tracciato

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:	
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00PS00TRARE01B			
D P P G 3 7 3	D 2 2	CODICE ELAB. T 0 0 P S 0 0 T R A R E 0 1	B	-	
B	Rev. a seguito istr. ANAS Gen. 2023	Feb 2023	M.De Tursi	F.Durastanti	G.Guiducci
A	Emissione per CdS	Gen 2023	M.De Tursi	F.Durastanti	G.Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELL'ASSE PRINCIPALE	5
2.1	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO	5
2.2	LO STATO DI PROGETTO.....	7
2.3	STANDARDS PROGETTUALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO STRADALE	9
2.4	LE SEZIONI TIPO DELLA STRADA DI PROGETTO ORIGINALE E QUELLE DELLO STRALCIO	11
2.5	SEZIONI TIPO RAMPE DI SVINCOLO	15
2.6	TRACCIATO PLANO-ALTIMETRICO.....	17
2.6.1	Andamento planimetrico e verifiche Ax DX	18
2.6.2	Andamento altimetrico e verifiche AX DX.....	25
2.6.3	Andamento planimetrico e verifiche Ax SX.....	26
2.6.4	Andamento altimetrico e verifiche AX SX	28
3	SVINCOLO S.G.C. E45.....	30
3.1	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO	30
3.2	RAMPA R1 DI IMMISSIONE SULLA E45 DIREZ. PERUGIA.....	33
3.2.1	Tracciamento planimetrico e altimetrico	34
3.3	RAMPA R2 DI USCITA DALLA CORSIA DIREZ. PERUGIA - TERNI DELLA E45	36
3.3.1	Tracciamento planimetrico e altimetrico	38
3.4	RAMPA R3 DI IMMISSIONE SULLA E45 DIREZ. TERNI	41
3.4.1	Tracciamento planimetrico e altimetrico	42
3.5	RAMPA R4 DI USCITA DALLA CORSIA DIREZ. TERNI-PERUGIA DELLA E45	44
3.5.1	Tracciamento planimetrico e altimetrico	46
3.6	DIMENSIONAMENTO RAMPE DI SVINCOLO	48
3.6.1	Calcolo corsie accelerazione - Tratto funzionale.....	48
3.6.1.1	Metodo Cinematico.....	48
3.6.1.2	Metodo Probabilistico di Erlang – stima analitica.....	50
3.6.2	Calcolo corsie di decelerazione – Tronco di decelerazione.....	55
4	DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ	56
4.1	DIAGRAMMA DI VELOCITÀ ASSE PRINCIPALE	56
4.2	DIAGRAMMA DI VELOCITÀ RAMPE DI SVINCOLO	57
4.2.1	Rampa 1.....	57
4.2.2	Rampa 2.....	59
4.2.3	Rampa 3.....	60
4.2.4	Rampa 4.....	61
5	DIAGRAMMI DI VISIBILITÀ.....	62
5.1	DIAGRAMMA DI ARRESTO	62
5.2	DIAGRAMMA PER SORPASSO	63
6	ANALISI DELLO SCENARIO DI PROGETTO: I LIVELLI DI SERVIZIO.....	67
6.1	VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DELLE STRADE DI TIPO C.....	68
6.2	LIVELLI DI SERVIZIO IN ASSE PER LA VERIFICA DELL'INTERVENTO DI PROGETTO.....	69
7	BARRIERE DI SICUREZZA.....	73

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

8	SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE	76
8.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	76
8.2	SEGNALETICA VERTICALE.....	77
9	DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE	79
9.1	DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE	79
9.2	VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE.....	79
9.2.1	<i>Carichi di traffico</i>	79
9.2.2	<i>Verifica (metodo razionale)</i>	81

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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 sviluppata 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.

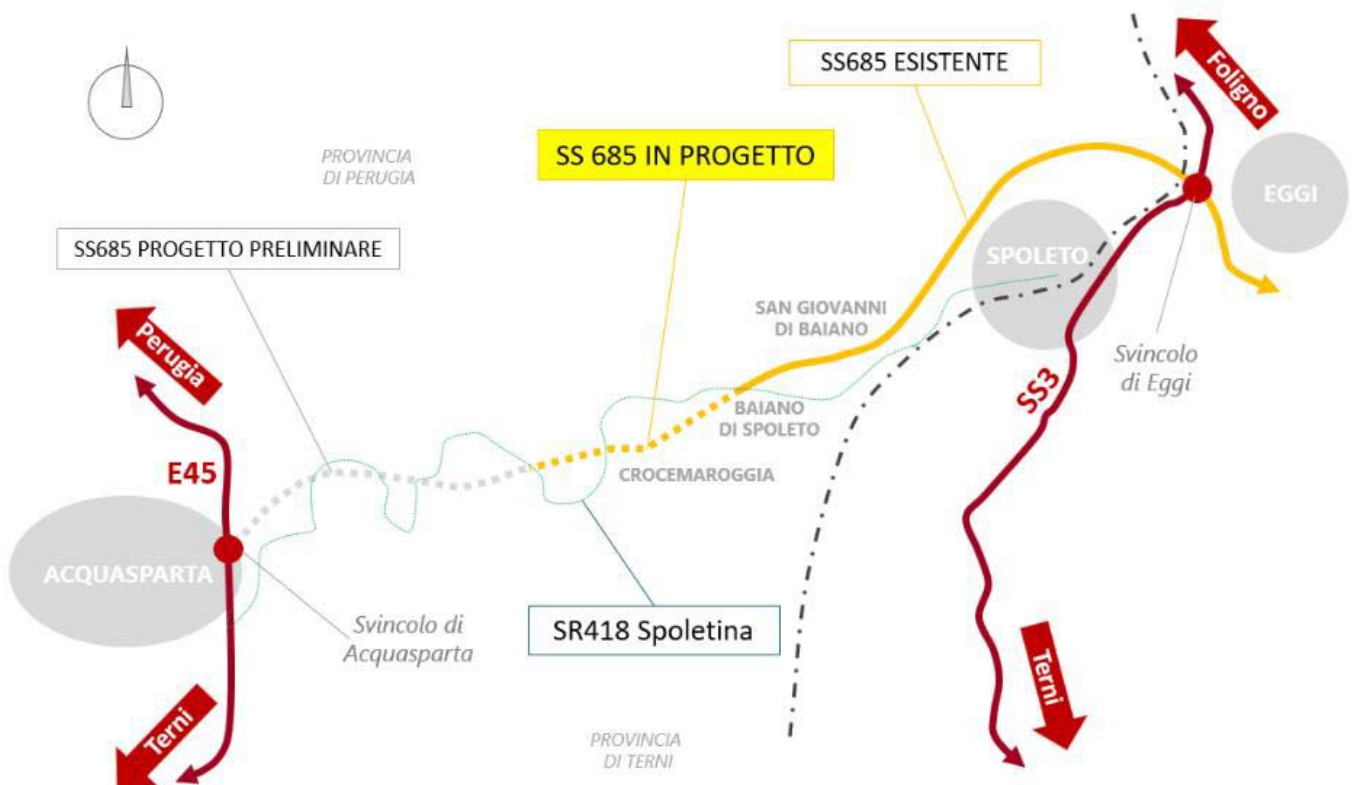


Fig. - 1– Il tracciato della strada delle tre Valli umbre (Progetto Preliminare)

L'intervento di 2° stralcio è stato inserito nell'Ordinanza del Commissario Straordinario del Governo n.1 del 16.12.2021 a valere sulla sub misura A4 "infrastrutture" della macro-misura A

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

“Città e paesi sicuri, sostenibili e connessi” del progetto “interventi per le aree del terremoto del 2009 e 2016” del Fondo Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza PNNR 8 stralcio Sisma.

Pertanto, il presente progetto definitivo è lo sviluppo del Progetto Preliminare del 2003 considerando una sola carreggiata (Tipo C2 ex D.M. 05.11.2001) adeguato alla normativa vigente (tra le quali si citano le NTC2018). Il tracciato sviluppa lo stralcio funzionale di circa 7 km a partire dallo svincolo di Acquasparta km 0+000, dalla progr. km 6+820 (dove nel PD 1° stralcio veniva prevista immissione diretta sulla S.R. 418).

Lo stralcio è stato concepito come la naturale prosecuzione della tratta esistente a due corsie di marcia fra Firenzuola e Eggi in connessione alla SS3 Flaminia completando di fatto l'itinerario originario di 21 km seppur a due corsie.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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).

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 di collegamento fra Firenzuola e la E45 nel comune di Acquasparta.

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 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).

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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.

Sugli assi stradali che compongono il secondo stralcio del Tratto Eggi-Acquasparta della Strada delle Tre Valli Umbre, per i flussi assegnati in ora di punta annua dal modello di simulazione al 2032 (anno ipotizzato per l'entrata in esercizio della strada), pari a circa 1.280 veicoli equivalenti, si registrano livelli di servizio di tipo A e di tipo D (al limite con un livello di tipo C); si precisa che la matrice oraria è stata calibrata sui valori di punta di ciascuna sezione degli anni 2017-2022, quindi nella condizione di massima pressione possibile per ciascuna viabilità (si è operato, pertanto, in favore di sicurezza). Il traffico riferito all'ora di punta annua, **riportato al dato giornaliero, è di circa 8.500 veicoli equivalenti. La percentuale di veicoli pesanti sull'asse di progetto è inferiore al 2% (circa 1,4%).**

Si sono calcolati, inoltre, i livelli di servizio rispetto a dei flussi di traffico riportati all'ora di punta generica (e non quella annua), pari a circa l'8% del TGM. Rispetto all'ora di punta generica, la viabilità di progetto registra livelli di servizio di tipo A per il tratto a 4 corsie e C/B per il restante tratto a due corsie.

Si evidenzia come, per tutte le restanti ore dell'anno ad eccezione di quelle di punta annua, i traffici sulla rete si riducono notevolmente e, di conseguenza, l'infrastruttura di progetto potrà garantire livelli di servizio migliori rispetto a quelli registrati nelle condizioni di maggiore carico sulla rete (ora di punta annua), come evidenziato dal calcolo dei LOS rispetto all'ora di punta generica. (confronta capitolo 8)

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

2.2 Lo stato di progetto

Il tracciato dello stralcio, a parte il tratto iniziale dello svincolo di testa, ricalca praticamente 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.

Il tracciato di stralcio si diparte dalla E45 (SS3bis), lo svincolo è stato realizzato nel rispetto del D.M. 19.04.2006 - "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", esso è stato progettato secondo per la connessione di due Viabilità di categoria B.

Lo svincolo è stato rivisto rispetto alle previsioni di PP poiché l'adeguamento alle Normative attuali avrebbe determinato un eccessivo impatto di quella tipologia di svincolo nell'ambito della sua collocazione geografica in vicinanza di aree boscate e dell'alveo del Torrente Naia.



Fig. - 2 Planimetria di progetto

Il tracciato, con uno sviluppo di circa 6810 m,

L'itinerario parte dal nuovo svincolo sulla SGC E 45, a nord di Acquasparta, nel punto in cui la E 45 attraversa una piccola depressione che permette l'inserimento del sottovia sotto il rilevato

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

esistente e lo sviluppo delle rampe su un campo in leggera salita tra il rilevato e la incisione del Torrente Naia.

Lo svincolo attraversa un colle di modeste altezze che nel progetto preliminare veniva completamente scavato per profondità fino a 12 m per restituire la funzionalità anche alle viabilità di carattere locale esistenti e diminuire l'impatto paesaggistico ed ambientale dello svincolo stesso è stato deciso di inserire le rampe in Galleria Artificiale.

Subito dopo lo svincolo si affronta un breve tratto in trincea, specialmente la rampa in direzione Perugia. Il tracciato sale con una pendenza del 3,0% e del 4,1% verso la Galleria artificiale di S.Lucia che passa sotto il colle omonimo, al margine di un'area boscata subito a nord.

Dopo l'uscita dalla galleria il tracciato si dispone al piede del massiccio del Monte Rotondo, attraversa il fosso dell'Eremita con un ponte di 110 m a due campate ed entra subito in galleria sulla sponda opposta del fosso a quota di 336 m s.l.m. Tutta questa parte del tracciato, circa 1500 m, si sviluppa al di sotto di questa quota, lungo il fondovalle frastagliato da alcuni fossi tra la E 45 e il piede del Monte Rotondo.

La parte iniziale del tracciato è stata concepita come prosecuzione a 4 corsie in affiancamento delle rampe di immissione e diversione dello svincolo.

Tale fatto, ricalcando essenzialmente quanto previsto in PP costituisce di fatto un'anticipazione del raddoppio a categoria B della strada senza assumerne comunque i connotati amministrativi.

Il tracciato a valle della Galleria Artificiale S.Lucia (a doppio fornice) si riporta ad una sezione C2 sul viadotto Eremita.

La scelta di tenere basso il tracciato contribuisce sostanzialmente alla mitigazione del suo impatto sull'ambiente, soprattutto per quello che riguarda le possibili visuali dal fondo valle.

Nella grande galleria del Colle delle Rose, di 4072 m, si entra con una curva di 1500 m di raggio e si prosegue sempre in ascesa con 2,9 %, fino allo sbocco lato Spoleto, anch'esso in curva del raggio di 1800 m. Questi raggi risultano molto ampi anche per una strada della nostra categoria 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 per la categoria B pari a 120 km / h.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Lo sbocco della galleria del Colle delle Rose lato Spoleto è posto alla quota di 427 m, mentre il punto altimetricamente più elevato del tracciato si trova ancora in galleria ed è di poco superiore a 428 m. Per un breve tratto all'aperto si entra nella vallecola sotto l'abitato di Firenzuola con la vecchia Pieve e il campo sportivo a sinistra ed il lago della diga di Arezzo sulla destra, molto più in basso. La vallecola si attraversa con un viadotto a tre campate da 150 m e si entra di nuovo in una galleria naturale denominata "Arezzo", dello sviluppo di 878 m.

Si prosegue la discesa verso Spoleto con una pendenza del 4.0% tra tratti a mezza costa fino ad attaccarsi al tracciato del lotto 1 prima delle altre due gallerie artificiali ivi previste.

2.3 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 Aprile 1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada"
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada"
- D.M. 01.06.2001 "Modalità di istituzione e aggiornamento del catasto delle strade"
- D.M. 05.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"
- D.Lgs. 27.06.2003 n.151 "Modifiche ed integrazioni al codice della strada"
- D.M. 22.04.2004 "Modifica del decreto 5 Novembre 2001"
- D.M. II.TT. 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni"
- D.M. 04/01/2008 "Testo unico sulle Costruzioni"
- D.M. 21.06.04 n. 2367 Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- D.M. 18/02/1992 n. 223 "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- D.M. 01/04/2019 "Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM)"
- Circ. 15/10/1996 n. 4622 "Aggiornamento del decreto ministeriale 18/02/92 n° 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- D.M. 03/06/1998 "Ulteriori aggiornamento delle istruzioni per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione" (con esclusione delle istruzioni tecniche sostituite dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 n. 2367)
- D.M. 11/06/1999 "Integrazioni e modifiche al D.M. 03/06/98 – aggiornamento delle istruzioni per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza"
- Circ. Min. LL.PP 06/04/2000 "Art. 9 del D.M. 18/02/92, n° 223 e successive modificazioni: aggiornamento recante l'elenco degli Istituti autorizzati alle prove di impatto al vero ai fini dell'omologazione"
- Circ. Min. LL.PP Prot. 62032 del 21.07.2010 "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"
- Circ. Min. LL.PP 25.08.2004 n. 3065 "Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali (per quanto ancora applicabile)"
- Circ. Min. LL.PP 20.09.2005 n. 3533 "Direttive inerenti le procedure ed i documenti necessari per le domande di omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali ai sensi del D.M. 21.06.04" (per quanto ancora applicabile)

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- Circ. Min. LL.PP 15.11.2007 n. 104862 "Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004" (per quanto ancora applicabile)
- UNI EN 1317 – Barriere di sicurezza stradali: parti 1, 2, 3 e 4;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 – Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.
- Catalogo delle pavimentazioni stradali (B.U. n° 178 del C.N.R del 15.11.1995)
- "Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente" Anas – seconda edizione 2009;
- Decreto 28/02/2018: "Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica" pubblicata sulla G.U. Serie generale n. 90 del 18/04/2018;
- Circ. Anas 08/04/2009 n. 53688: "Dimensionamento delle corsie specializzate (decelerazione e accelerazione) di accesso agli impianti distributori di carburanti in fregio alle Autostrade - strade tipo A ed alle strade extraurbane principali - strade tipo B.

2.4 Le sezioni tipo della strada di progetto originale e quelle dello stralcio

Per la nuova infrastruttura in Progetto preliminare 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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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 dell'arginello risulta essere compatibile con il tipo di barriere ANAS previste H2BL e con il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma in progetto. Per le barriere ANAS H2BL sui certificati di crash test è dichiarato uno spostamento trasversale "A" del paletto in caso di urto pari a 29 cm per un totale di circa 60 cm dal ciglio strada, il ciglio canaletta idraulica del sistema chiuso è posizionato a circa 50cm dal paletto della barriera.

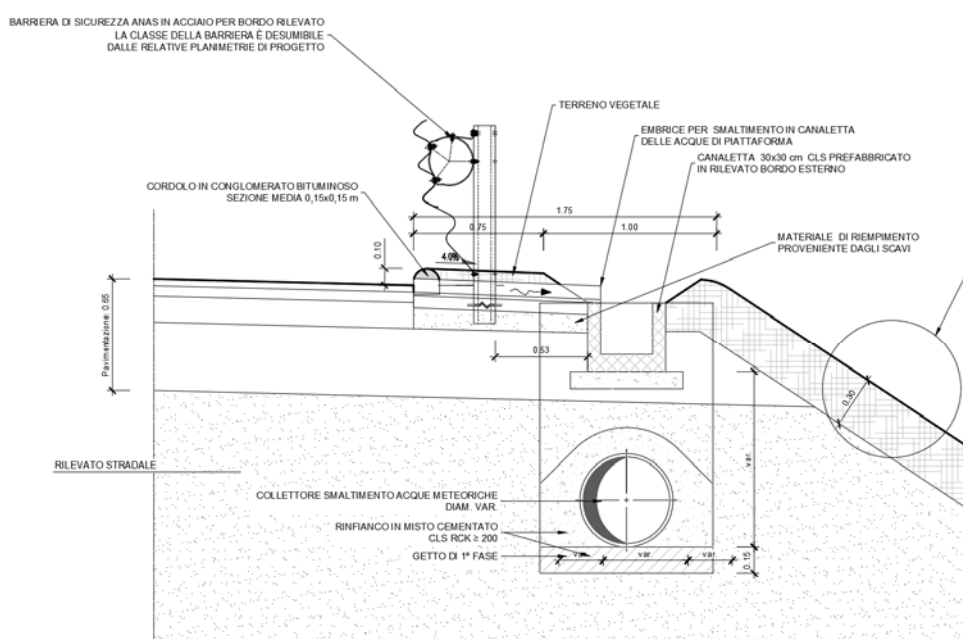


Fig. - 3 - Particolare costruttivo

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

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.

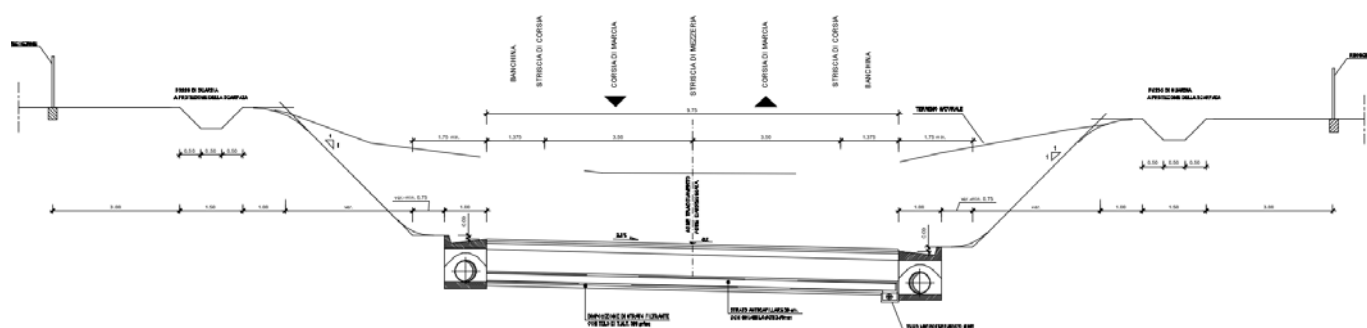


Fig. - 5 - Sezione tipo in trincea

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 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

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 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 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.

2.5 Sezioni tipo rampe di svincolo

La sezione tipo prevede un'unica corsia di marcia di larghezza 4.00 m e banchine in destra e in sinistra di larghezza di 1.00 m; la pendenza trasversale minima della carreggiata è pari al 2.5%.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

La larghezza complessiva della sezione è di 6.00 m. l'asse di tracciamento è posto all'estremità destra della corsia di marcia.

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.

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.

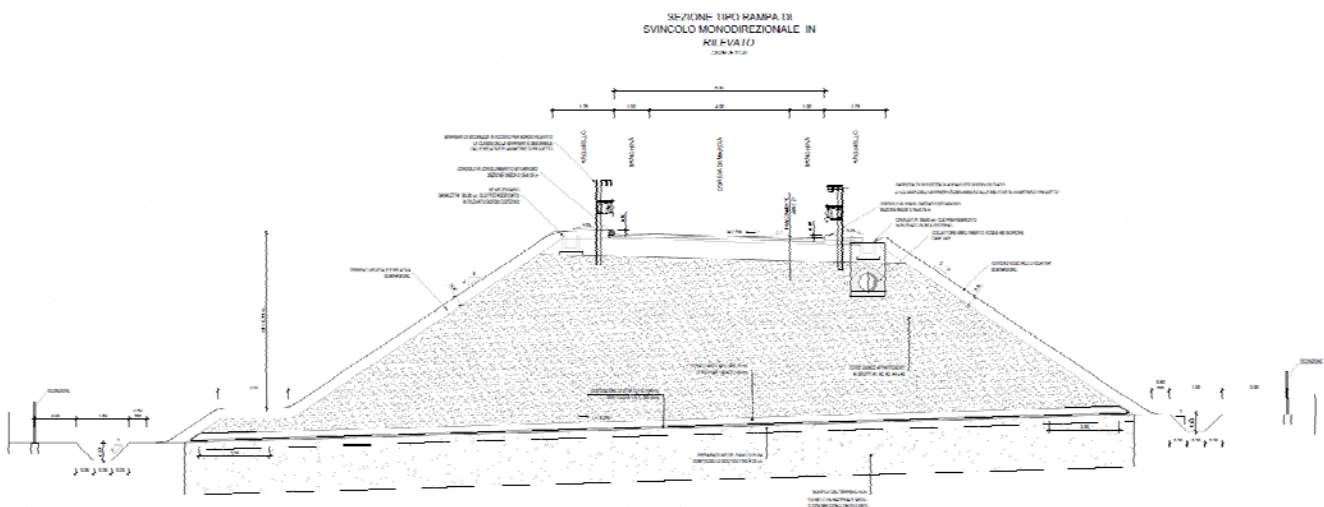


Fig. - 6 - Sezione tipo in rilevato rampa di svincolo

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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

La carreggiata è protetta da sicurvia metallici 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.

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 3/2, 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 0,50 m dal ciglio della scarpata stessa.

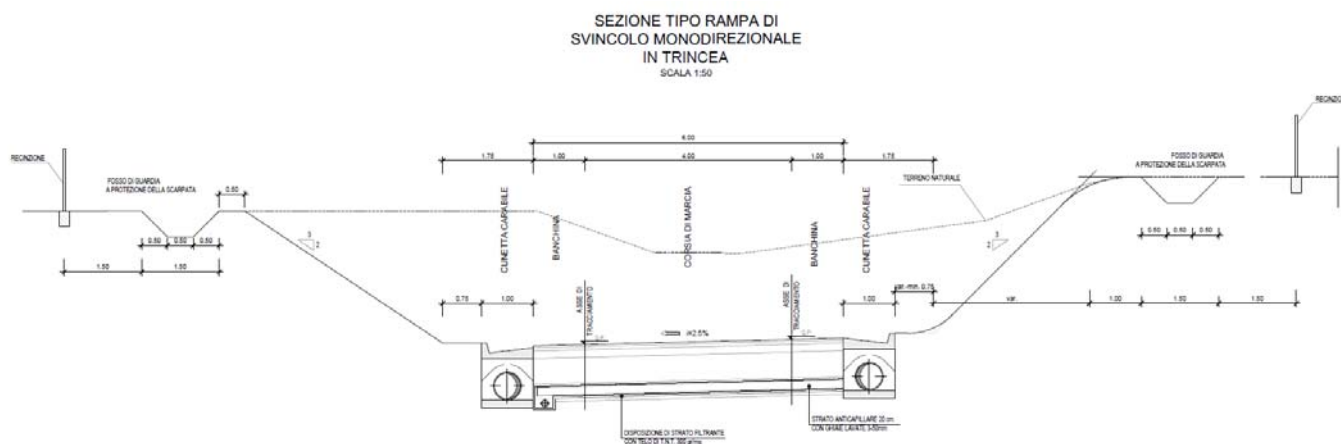


Fig. - 7 - Sezione tipo in trincea rampa di svincolo

La sezione tipo in galleria artificiale conserva la larghezza della corsia di marcia e delle banchine in destra e sinistra ed è completata su ambo i lati dai profili ridirettivi come da DM2001.

Le sezioni tipo delle rampe di svincolo sono riportate nell'elaborato grafico T00-PS00-TRAST03.

2.6 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.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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:

2.6.1 Andamento planimetrico e verifiche Ax DX

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

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):

$$A \geq R/3$$

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*)

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Elemento		pr. Iniziale	pr. Finale	Sviluppo	Raggio o Parametro	verso di percorrenza
		m	m	m	m	
1	RETTIFILO	0	218,842	218,84	-	
2	CLOTOIDE	218,842	352,176	133,33	400,00	SX
3	ARCO	352,176	585,929	233,75	1200,00	SX
4	CLOTOIDE	585,929	844,148	258,22	556,68	SX
5	CLOTOIDE	844,148	1095,113	250,97	742,20	DX
6	ARCO	1095,113	1256,654	161,54	2195,00	DX
7	CLOTOIDE	1256,654	1375,813	119,16	732,00	DX
8	ARCO	1375,813	2603,73	1227,92	1475,00	DX
9	CLOTOIDE	2603,73	2883,163	279,43	642,00	DX
10	RETTIFILO	2883,163	4434,07	1550,91	1550,91	
11	CLOTOIDE	4434,07	4636,761	202,69	608,10	SX
12	ARCO	4636,761	5781,052	1144,29	1824,38	SX
13	CLOTOIDE	5781,052	5988,006	206,95	614,46	SX
14	RETTIFILO	5988,006	6058,902	70,90	-	
15	CLOTOIDE	6058,902	6258,902	200,00	500,00	DX
16	ARCO	6258,902	6451,089	192,19	1250,00	DX
17	CLOTOIDE	6451,089	6463,628	12,54	460,00	DX
18	ARCO	6463,628	6677,445	213,82	1350,00	DX
19	CLOTOIDE	6677,445	6834,185	156,74	460,00	DX
20	RETTIFILO	6834,185	6931,965	97,78	-	

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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Dati generali sul tracciato AX_DX_C2	
Progressiva Iniziale (m): 0.00	Lunghezza (m) : 6931.96
Progressiva Finale (m): 6931.96	
Strada Tipo : B1 Strada extraurbana principale	
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 70 <= Vp <= 120	

Rettilineo 1 ProgI 0.00 - ProgF 218.84			
Coordinate P.to Iniziale X:	2319696.22	Coordinate P.to Finale X:	2319876.88
Coordinate P.to Iniziale Y:	4730626.44	Coordinate P.to Finale Y:	4730749.95
Lunghezza :	218.84	Azimut :	34
Vp (Km/h) = 120.0			
L >= Lmin =	250.00 No		
L <= Lmax =	2640.00 OK	Rsucc =	1200.00 Rsucc > Rmin = 218.84 OK

Curva 2 Sinistra ProgI 218.84 - ProgF 844.15			
Coordinate vertice X:	2320115.22	Coordinate I punto Tg X:	2319876.88
Coordinate vertice Y:	4730912.88	Coordinate I punto Tg Y:	4730749.95
		Coordinate II punto Tg X:	2320311.88
		Coordinate II punto Tg Y:	4731192.34
Tangente Prim. 1:	217.09	Tt1 Tangente 1:	288.70
Tangente Prim. 2:	217.09	Tt2 Tangente 2:	341.72
Alfa Ang. al Vert.:	159	Numero Archi :	1

Clotoide in entrata ProgI 218.84 - ProgF 352.18			
Coordinate vertice X:	2319950.28	Coordinate I punto Tg X:	2319876.88
Coordinate vertice Y:	4730800.12	Coordinate I punto Tg Y:	4730749.95
		Coordinate II punto Tg X:	2319985.53
		Coordinate II punto Tg Y:	4730827.21
Raggio :	1200.00	Angolo :	3
Parametro N :	1.00	Tangente lunga :	88.90
Parametro A :	400.00	Tangente corta :	44.46
Scostamento :	0.62	Sviluppo :	139.33
Pti (%) :	-2.5	Ptf (%) :	2.5
Vp (Km/h) = 120.0			
A >= radq[(Vp^3-qVR(Ptf-Pti))/c]	= 203.600 OK		
A >= radq[R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100]	= 200.000 OK	A/Au =	0.720 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK
A >= R/3	= 400.000 OK	A/Au =	0.720 A/Au <= 3/2 = 1.500 OK
A <= R	=1200.000 OK		

Arco ProgI 352.18 - ProgF 585.93			
Coordinate vertice X:	2320078.50	Coordinate I punto Tg X:	2319985.53
Coordinate vertice Y:	4730898.65	Coordinate I punto Tg Y:	4730827.21
Coordinate centro curva X:	2319254.34	Coordinate II punto Tg X:	2320155.88
Coordinate centro curva Y:	4731778.71	Coordinate II punto Tg Y:	4730986.73
Raggio :	1200.00	Angolo al vertice :	11
Tangente :	117.25	Sviluppo :	233.75
Saetta :	5.69	Corda :	233.38
Pt (%) :	2.5		
Vp (Km/h) = 120.0			
R >= Rmin =	175.376 OK		
Sv >= Smin =	83.330 OK		
Pt >= Ptmn =	4.807 No		

Clotoide in uscita ProgI 585.93 - ProgF 844.15			
Coordinate vertice X:	2320212.75	Coordinate I punto Tg X:	2320155.88
Coordinate vertice Y:	4731051.47	Coordinate I punto Tg Y:	4730986.73
		Coordinate II punto Tg X:	2320311.88
		Coordinate II punto Tg Y:	4731192.34
Raggio :	1200.00	Angolo :	6
Parametro N :	1.00	Tangente lunga :	172.25
Parametro A :	556.65	Tangente corta :	86.17
Scostamento :	2.31	Sviluppo :	258.22
Pti (%) :	2.5	Ptf (%) :	0.0
Vp (Km/h) = 120.0			
A >= radq[(Vp^3-qVR(Ptf-Pti))/c]	= 254.600 OK		
A >= radq[R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100]	= 141.400 OK	Ae/A =	0.720 Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK
A >= R/3	= 400.000 OK	Ae/A =	0.720 Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK
A <= R	=1200.000 OK		

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Clotoide in entrata 3 ProgI 844.15 - ProgF 1095.11					
Coordinate vertice	X:	2320408.18	Coordinate I punto Tg X: 2320311.88		
Coordinate vertice	Y:	4731329.19	Coordinate I punto Tg Y: 4731192.34		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg X: 2320460.17		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg Y: 4731394.76		
Raggio	:	2195.00	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	167.34
Parametro A	:	742.20	Tangente corta	:	83.68
Scostamento	:	1.20	Sviluppo	:	250.96
Pti (%)	:	0.0	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 120.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 213.200 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 191.300 OK					
A >= R/3 = 731.700 OK					
A <= R = 2195.000 OK					
A/Au = 1.010 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Au = 1.010 A/Au <= 3/2 = 1.500 OK					

Arco 4 Destra ProgI 1095.11 - ProgF 1256.65					
Coordinate vertice	X:	2320510.37	Coordinate I punto Tg X: 2320460.17		
Coordinate vertice	Y:	4731458.08	Coordinate I punto Tg Y: 4731394.76		
Coordinate centro curva	X:	2322180.15	Coordinate II punto Tg X: 2320565.09		
Coordinate centro curva	Y:	4730031.06	Coordinate II punto Tg Y: 4731517.54		
Raggio	:	2195.00	Angolo al vertice	:	4
Tangente	:	80.81	Sviluppo	:	161.54
Saetta	:	1.49	Corda	:	161.50
Pt (%)	:	2.5			
Vp (Km/h) = 120.0					
R >= Rmin = 175.376 OK					
Sv >= Smin = 83.330 OK					
Pt >= Ptmin = 3.267 No					
R = 2195.000 R >= Rmins = 498.750 OK					
R <= Rmax = 100000.000 OK					

Clotoide di Continuità 5 ProgI 1256.65 - ProgF 1375.81					
Coordinate vertice	X:	2320608.10	Coordinate I punto Tg X: 2320565.09		
Coordinate vertice	Y:	4731564.26	Coordinate I punto Tg Y: 4731517.54		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg X: 2320648.50		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg Y: 4731602.61		
Raggio Iniziale	:	2195.00	Angolo Iniziale	:	3
Raggio Finale	:	1475.00	Angolo Finale	:	7
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	63.50
Parametro A	:	732.00	Tangente corta	:	55.71
Sviluppo	:	119.16	Ptf (%)	:	-2.5
Pti (%)	:	-2.5			
Vp (Km/h) = 120.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 297.000 OK					
A >= radq(Bi*(qi-qf)/((1/Ri-1/Rf)*dimax/100)) = 0.000 OK					
A >= Rmax/3 = 731.700 OK					
A <= Rmin = 1475.000 OK					
A/Aprec = 0.990 A/Aprec >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Aprec = 0.990 A/Aprec <= 3/2 = 1.500 OK					
A/Asucc = 1.140 A/Asucc >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Asucc = 1.140 A/Asucc <= 3/2 = 1.500 OK					

Arco 6 Destra ProgI 1375.81 - ProgF 2603.73					
Coordinate vertice	X:	2321121.45	Coordinate I punto Tg X: 2320648.50		
Coordinate vertice	Y:	4732051.49	Coordinate I punto Tg Y: 4731602.61		
Coordinate centro curva	X:	2321663.90	Coordinate II punto Tg X: 2321771.77		
Coordinate centro curva	Y:	4730532.75	Coordinate II punto Tg Y: 4732003.81		
Raggio	:	1475.00	Angolo al vertice	:	48
Tangente	:	652.06	Sviluppo	:	1227.92
Saetta	:	125.94	Corda	:	1192.77
Pt (%)	:	2.5			
Vp (Km/h) = 120.0					
R >= Rmin = 175.376 OK					
Sv >= Smin = 83.330 OK					
Pt >= Ptmin = 4.213 No					
R = 1475.000 R >= Rminp = 500.000 OK					
R <= Rmaxp = 100000.000 OK					

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Clotoide in uscita 7 ProgI 2603.73 - ProgF 2883.16					
Coordinate vertice	X:	2321864.74	Coordinate I punto Tg X: 2321771.77 Coordinate I punto Tg Y: 4732003.81		
Coordinate vertice	Y:	4731996.99	Coordinate II punto Tg X: 2322048.50 Coordinate II punto Tg Y: 4731965.84		
Raggio	:	1475.00	Angolo	:	0
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	186.38
Parametro A	:	642.00	Tangente corta	:	93.22
Scostamento	:	2.21	Sviluppo	:	279.43
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 120.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 297.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 0.000 OK					
A >= R/3 = 491.700 OK Ae/A = 1.140 Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK					
A <= R = 1475.000 OK Ae/A = 1.140 Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK					

Rettifilo 8 ProgI 2883.16 - ProgF 4434.07					
Coordinate P.to Iniziale	X:	2322048.50	Coordinate P.to Finale X: 2323577.59		
	Y:	4731965.84	Coordinate P.to Finale Y: 4731706.64		
Lunghezza	:	1550.91	Azimut	:	350
Vp (Km/h) = 120.0					
L >= Lmin = 250.00 OK Rprec = 1475.00 Rprec >= Rmin = 400.00 OK					
L <= Lmax = 2640.00 OK Rsucc = 1824.38 Rsucc >= Rmin = 400.00 OK					

Curva 9 Sinistra ProgI 4434.07 - ProgF 5988.01				
Coordinate vertice	X:	2324375.05	Coordinate I punto Tg X: 2323577.59 Coordinate I punto Tg Y: 4731706.64	
Coordinate vertice	Y:	4731571.46	Coordinate II punto Tg X: 2325057.02 Coordinate II punto Tg Y: 4732010.10	
Tangente Prim. 1:	707.08	TT1 Tangente	1: 808.83	
Tangente Prim. 2:	707.08	TT2 Tangente	2: 810.86	
Alfa Ang. al Vert.:	138	Numero Archi	:	1

Clotoide in entrata ProgI 4434.07 - ProgF 4636.76					
Coordinate vertice	X:	2323710.84	Coordinate I punto Tg X: 2323577.59 Coordinate I punto Tg Y: 4731706.64		
Coordinate vertice	Y:	4731684.05	Coordinate II punto Tg X: 2323778.00 Coordinate II punto Tg Y: 4731676.47		
Raggio	:	1824.38	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	135.15
Parametro A	:	608.10	Tangente corta	:	67.58
Scostamento	:	0.94	Sviluppo	:	202.69
Pti (%)	:	-2.5	Ptf (%)	:	2.5
Vp (Km/h) = 120.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c] = 131.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100) = 246.600 OK					
A >= R/3 = 608.100 OK A/Au = 0.990 A/Au >= 2/3 = 0.670 OK					
A <= R = 1824.400 OK A/Au = 0.990 A/Au <= 3/2 = 1.500 OK					

Arco ProgI 4636.76 - ProgF 5781.05					
Coordinate vertice	X:	2324365.94	Coordinate I punto Tg X: 2323778.00		
Coordinate vertice	Y:	4731610.13	Coordinate I punto Tg Y: 4731676.47		
Coordinate centro curva	X:	2323982.56	Coordinate II punto Tg X: 2324880.90		
Coordinate centro curva	Y:	4733489.34	Coordinate II punto Tg Y: 4731901.47		
Raggio	:	1824.38	Angolo al vertice	:	36
Tangente	:	591.67	Sviluppo	:	1144.29
Saetta	:	88.98	Corda	:	1125.63
Pt (%)	:	2.5			
Vp (Km/h) = 120.0					
R >= Rmin = 175.376 OK					
Sv >= Smin = 83.330 OK					
Pt >= Ptmin = 3.677 No					

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Clotoide in uscita ProgI 5781.05 - ProgF 5988.01			
Coordinate vertice X:	2324940.96	Coordinate I punto Tg X:	2324880.90
Coordinate vertice Y:	4731935.45	Coordinate I punto Tg Y:	4731901.47
		Coordinate II punto Tg X:	2325057.02
		Coordinate II punto Tg Y:	4732010.10
Raggio :	1824.38	Angolo :	3
Parametro N :	1.00	Tangente lunga :	137.99
Parametro A :	614.46	Tangente corta :	69.01
Scostamento :	0.98	Sviluppo :	206.95
Pti (%) :	2.5	PtF (%) :	-2.5
Vp (Km/h) = 120.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(PtF-Pti))/c]		= 131.000 OK	
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-PtF *100)		= 246.600 OK	
A >= R/3		= 608.100 OK	
A <= R		=1824.400 OK	
Ae/A =	0.990	Ae/A >= 2/3 =	0.670 OK
Ae/A =	0.990	Ae/A <= 3/2 =	1.500 OK

Rettifilo 10 ProgI 5988.01 - ProgF 6058.90			
Coordinate P.to Iniziale X:	2325057.02	Coordinate P.to Finale X:	2325116.65
Coordinate P.to Iniziale Y:	4732010.10	Coordinate P.to Finale Y:	4732048.45
Lunghezza :	70.90	Azimut :	33
Vp (Km/h) = 120.0			
L <= Lmax =	2640.00 OK	Rprec =	1824.38
		Rsucc =	1250.00
		Rprec > Rmin =	70.90 OK
		Rsucc > Rmin =	70.90 OK

Curva l1 Destra ProgI 6058.90 - ProgF 6834.19			
Coordinate vertice X:	2325450.59	Coordinate I punto Tg X:	2325116.65
Coordinate vertice Y:	4732263.25	Coordinate I punto Tg Y:	4732048.45
		Coordinate II punto Tg X:	2325837.59
		Coordinate II punto Tg Y:	4732306.67
Tangente Prim. 1:	298.06	TT1 Tangente 1:	397.06
Tangente Prim. 2:	309.59	TT2 Tangente 2:	389.42
Alfa Ang. al Vert.:	154	Numero Archi :	2

Clotoide in entrata ProgI 6058.90 - ProgF 6258.90			
Coordinate vertice X:	2325228.83	Coordinate I punto Tg X:	2325116.65
Coordinate vertice Y:	4732120.61	Coordinate I punto Tg Y:	4732048.45
		Coordinate II punto Tg X:	2325287.64
		Coordinate II punto Tg Y:	4732152.09
Raggio :	1250.00	Angolo :	5
Parametro N :	1.00	Tangente lunga :	133.38
Parametro A :	500.00	Tangente corta :	66.71
Scostamento :	1.33	Sviluppo :	200.00
Pti (%) :	-2.5	PtF (%) :	-2.5
Vp (Km/h) = 120.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(PtF-Pti))/c]		= 297.000 OK	
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-PtF *100)		= 0.000 OK	
A >= R/3		= 416.700 OK	
A <= R		=1250.000 OK	
A/Au =	1.090	A/Au >= 2/3 =	0.670 OK
A/Au =	1.090	A/Au <= 3/2 =	1.500 OK

Arco ProgI 6258.90 - ProgF 6451.09			
Coordinate vertice X:	2325372.52	Coordinate I punto Tg X:	2325287.64
Coordinate vertice Y:	4732197.54	Coordinate I punto Tg Y:	4732152.09
Coordinate centro curva X:	2325877.66	Coordinate II punto Tg X:	2325463.36
Coordinate centro curva Y:	4731050.11	Coordinate II punto Tg Y:	4732229.45
Raggio :	1250.00	Angolo al vertice :	9
Tangente :	96.28	Sviluppo :	192.19
Saetta :	3.69	Corda :	192.00
Pt (%) :	2.5		
Vp (Km/h) = 120.0			
R >= Rmin =	175.376 OK		
Sv >= Smin =	83.330 OK		
Pt >= Ptmin =	4.684 No	R =	1250.000
		R >= Rmins =	492.500 OK
		R <= Rmaxs =	100000.000 OK

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Clotoide di Continuità		ProgI 6451.09 - ProgF 6463.63			
Coordinate vertice	X:	2325469.20	Coordinate I punto Tg X: 2325463.36		
Coordinate vertice	Y:	4732231.50	Coordinate I punto Tg Y: 4732229.45		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg X: 2325475.21		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg Y: 4732233.55		
Raggio Iniziale	:	1250.00	Angolo Iniziale	:	4
Raggio Finale	:	1350.00	Angolo Finale	:	3
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	6.35
Parametro A	:	460.00	Tangente corta	:	6.19
Sviluppo	:	12.54			
Pti (%)	:	-2.5	PtF (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 120.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(PtF-Pti))/c] = 297.000 OK					
A >= radq[Bi*(qi-qf)/((1/Ri-1/Rf)*dimax/100)] = 0.000 OK					
A >= Rmax/3 = 450.000 OK					
A <= Rmin = 1250.000 OK					
A/Aprec = 0.920 A/Aprec >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Aprec = 0.920 A/Aprec <= 3/2 = 1.500 OK					
A/Asucc = 1.000 A/Asucc >= 2/3 = 0.670 OK					
A/Asucc = 1.000 A/Asucc <= 3/2 = 1.500 OK					

Arco		ProgI 6463.63 - ProgF 6677.44			
Coordinate vertice	X:	2325576.63	Coordinate I punto Tg X: 2325475.21		
Coordinate vertice	Y:	4732268.08	Coordinate I punto Tg Y: 4732233.55		
Coordinate centro curva	X:	2325910.33	Coordinate II punto Tg X: 2325682.22		
Coordinate centro curva	Y:	4730955.59	Coordinate II punto Tg Y: 4732286.18		
Raggio	:	1350.00	Angolo al vertice	:	9
Tangente	:	107.13	Sviluppo	:	213.82
Saetta	:	4.23	Corda	:	213.59
Pt (%)	:	2.5			
Vp (Km/h) = 120.0					
R >= Rmin = 175.376 OK					
R = 1350.000					
R >= Rminp = 487.500 OK					
Sv >= Smin = 83.330 OK					
R <= Rmaxp = 100000.000 OK					
Pt >= Ptmin = 4.459 No					

Clotoide in uscita		ProgI 6677.44 - ProgF 6834.19			
Coordinate vertice	X:	2325733.73	Coordinate I punto Tg X: 2325682.22		
Coordinate vertice	Y:	4732295.01	Coordinate I punto Tg Y: 4732286.18		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg X: 2325837.59		
Coordinate vertice			Coordinate II punto Tg Y: 4732306.67		
Raggio	:	1350.00	Angolo	:	3
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	104.51
Parametro A	:	460.00	Tangente corta	:	52.26
Scostamento	:	0.76	Sviluppo	:	156.74
Pti (%)	:	-2.5	PtF (%)	:	-2.5
Vp (Km/h) = 120.0					
A >= radq[(Vp^3-gVR(PtF-Pti))/c] = 297.000 OK					
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-PtF *100) = 0.000 OK					
A >= R/3 = 450.000 OK					
A <= R = 1350.000 OK					
Ae/A = 1.000 Ae/A >= 2/3 = 0.670 OK					
Ae/A = 1.000 Ae/A <= 3/2 = 1.500 OK					

Rettifilo 12		ProgI 6834.19 - ProgF 6931.96			
Coordinate P.to Iniziale	X:	2325837.59	Coordinate P.to Finale X: 2325934.76		
Coordinate P.to Iniziale	Y:	4732306.67	Coordinate P.to Finale Y: 4732317.57		
Lunghezza	:	97.78	Azimut	:	6
Vp (Km/h) = 120.0					
L >= Lmin = 250.00 No					
L <= Lmax = 2640.00 OK					
Rprec = 1350.00 Rprec > Rmin = 97.78 OK					

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

2.6.2 Andamento altimetrico e verifiche AX DX

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 4,1%, 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 tabella seguente si riportano i dati altimetrici e le verifiche corrispondenti:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

LIVELLETTA										
N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0,00	277,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
1	1404,95	335,24	1404,95	1343,55	4,10	57,60	1406,13	1344,68	OK	4.100% <= 6.000%
2	5457,88	451,64	4052,93	2620,56	2,87	116,40	4054,60	2621,64	OK	2.872% <= 6.000%
3	6946,96	392,07	1489,08	118,12	-4,00	-59,56	1490,28	118,21	OK	-4.000% <= 6.000%

RACCORDI																
N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Vel.	Vel. da Trac.	Raggio Min.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico	Dr >= Drmin >>>	Dr >= Drmin <<<
1	Par	10000,00	-1,23	122,87	1343,55	1466,35	122,80	120,00	True	5562,24	OK	10000.000 >= 5562.241	10000.000 >= 1851.852	10000.000 >= 20.000	-	-
2	Par	39900,00	-6,87	2742,52	4086,91	6828,85	2741,94	120,00	True	8434,46	OK	39900.000 >= 8434.458	39900.000 >= 1851.852	39900.000 >= 20.000	1000.000 >= 720.000	1000.000 >= 720.000

Tabella 1 - Dati di tracciamento altimetrico asse

Si ribadisce che in itinere i valori adottati sono tali da verificare la massima velocità di progetto relativa ad una viabilità di categoria B.

2.6.3 Andamento planimetrico e verifiche Ax SX

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	pr. Finale	Sviluppo	Raggio o parametro	Verso di percorrenza
	m	m	m	m	
RETTIFILO	0,000	118,570	118,570	0,000	
CLOTOIDE	118,570	325,140	206,570	495,175	Sx
ARCO	325,140	445,011	119,871	1187,000	Sx
CLOT. FLESSO E	445,011	773,229	328,218	624,175	Sx
CLOT. FLESSO U	773,229	1168,622	395,393	931,605	Dx
ARCO	1168,622	1168,622	0,000	2195,000	Dx

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

Dati generali sul tracciato AX_SX	
Progressiva Iniziale (m): 0.00	Lunghezza (m) : 1168.62
Progressiva Finale (m): 1168.62	
Strada Tipo : B1 Strada extraurbana principale	
Intervallo di Velocità di progetto (Km/h): 70 <= Vp <= 120	

Rettifilo 1 ProgI 0.00 - ProgF 118.57			
Coordinate P.to Iniziale X:	2319742.20	Coordinate P.to Finale X:	2319840.08
Y:	4730672.72	Y:	4730739.64
Lunghezza :	118.57	Azimut :	34
Vp (Km/h) = 120.0			
L >= Lmin =	250.00 No	Rsucc =	1187.00
L <= Lmax =	2640.00 OK	Rsucc > Rmin =	118.57 OK

Clotoide in entrata 2 ProgI 118.57 - ProgF 325.14			
Coordinate vertice X:	2319953.81	Coordinate I punto Tg X:	2319840.08
Coordinate vertice Y:	4730817.39	Coordinate I punto Tg Y:	4730739.64
		Coordinate II punto Tg X:	2320007.10
		Coordinate II punto Tg Y:	4730861.07
Raggio :	1187.00	Angolo :	5
Parametro N :	1.00	Tangente lunga :	137.77
Parametro A :	495.18	Tangente corta :	68.91
Scostamento :	1.50	Sviluppo :	206.57
Pti (%) :	-2.5	Ptf (%) :	4.8
Vp (Km/h) = 120.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 142.600 OK	A/Au =	0.790
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 241.000 OK	A/Au >= 2/3	= 0.670 OK
A >= R/3	= 395.700 OK	A/Au <= 3/2	= 1.500 OK
A <= R	=1187.000 OK		

Arco 3 Sinistra ProgI 325.14 - ProgF 445.01			
Coordinate vertice X:	2320053.49	Coordinate I punto Tg X:	2320007.10
Coordinate vertice Y:	4730899.10	Coordinate I punto Tg Y:	4730861.07
Coordinate centro curva X:	2319254.59	Coordinate II punto Tg X:	2320095.81
Coordinate centro curva Y:	4731779.05	Coordinate II punto Tg Y:	4730941.61
Raggio :	1187.00	Angolo al vertice :	6
Tangente :	59.99	Sviluppo :	119.87
Saetta :	1.51	Corda :	119.82
Pt (%) :	4.8		
Vp (Km/h) = 120.0			
R >= Rmin =	175.376 OK	R =	1187.000
Sv >= Smin =	83.330 OK	R >= Rmins =	500.000 OK
Pt >= Ptmmin =	4.841 OK	R <= Rmaxs =	100000.000 OK

Clotoide di Flessio in uscita 4 ProgI 445.01 - ProgF 773.23			
Coordinate vertice X:	2320173.14	Coordinate I punto Tg X:	2320095.81
Coordinate vertice Y:	4731019.29	Coordinate I punto Tg Y:	4730941.61
		Coordinate II punto Tg X:	2320304.80
		Coordinate II punto Tg Y:	4731194.33
Raggio :	1187.00	Angolo :	0
Parametro N :	1.00	Tangente lunga :	219.03
Parametro A :	624.18	Tangente corta :	109.61
Scostamento :	3.78	Sviluppo :	328.22
Pti (%) :	4.8	Ptf (%) :	0.0
Vp (Km/h) = 120.0			
A >= radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 208.400 OK	A1/A2 =	0.670
A >= radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 195.700 OK	A1/A2 >= 2/3	= 0.670 OK
A >= R/3	= 395.700 OK	A1/A2 <= 3/2	= 1.500 OK
A <= R	=1187.000 OK	Ae/A =	0.790
		Ae/A >= 2/3	= 0.670 OK
		Ae/A <= 3/2	= 1.500 OK

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Clotoide di Flesso in entrata 5		ProgI 773.23 - ProgF 1168.62			
Coordinate vertice	X:	2320463.32	Coordinate I punto Tg X: 2320304.80		
			Coordinate I punto Tg Y: 4731194.33		
Coordinate vertice	Y:	4731405.08	Coordinate II punto Tg X: 2320551.77		
			Coordinate II punto Tg Y: 4731502.93		
Raggio	:	2195.00	Angolo	:	5
Parametro N	:	1.00	Tangente lunga	:	263.71
Parametro A	:	931.61	Tangente corta	:	131.90
Scostamento	:	2.97	Sviluppo	:	395.39
Pti (%)	:	0.0	Ptf (%)	:	-3.3
Vp (Km/h) = 120.0					
A >=	radq[(Vp^3-gVR(Ptf-Pti))/c]	= 179.900 OK	A1/A2	=	0.670
A >=	radq(R/dimax*Bi* Pti-Ptf *100)	= 218.600 OK	A1/A2	=	0.670
A >=	R/3	= 731.700 OK			
A <=	R	=2195.000 OK			
			A1/A2 >=	2/3	= 0.670 OK
			A1/A2 <=	3/2	= 1.500 OK

2.6.4 Andamento altimetrico e verifiche AX SX

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 2000 metri, superando sempre i valori minimi.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

LIVELLETTA										
N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0,00	280,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
1	752,75	311,12	752,75	744,99	4,10	30,86	753,38	745,61	OK	4.099% <= 6.000%
2	794,26	313,14	41,51	18,93	4,88	2,02	41,56	18,95	OK	4.876% <= 6.000%
3	1012,20	321,92	217,94	107,21	4,03	8,78	218,12	107,30	OK	4.029% <= 6.000%
4	1168,62	328,34	156,42	60,51	4,10	6,41	156,55	60,56	OK	4.100% <= 6.000%

RACCORDI													
N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Vel.	Raggio Min.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Par	2000,00	0,78	15,54	744,99	760,52	15,53	120,00	1851,85	OK	2000.000 >= 0.000	2000.000 >= 1851.852	2000.000 >= 40.000
2	Par	3500,00	-0,85	29,67	779,44	809,08	29,64	120,00	1851,85	OK	3500.000 >= 0.000	3500.000 >= 1851.852	3500.000 >= 20.000
3	Par	270000,00	0,07	191,97	916,29	1108,11	191,82	120,00	1851,85	OK	270000.000 >= 0.000	270000.000 >= 1851.852	270000.000 >= 40.000
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 2 - Dati di tracciamento altimetrico asse

Si ribadisce che in itinere i valori adottati sono tali da verificare la massima velocità di progetto relativa ad una viabilità di categoria B.

3 SVINCOLO S.G.C. E45

3.1 Inquadramento dell'intervento

I principali riferimenti normativi utilizzati per la progettazione del nodo sono:

- D.M. 05/11/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 22/04/2004 Modifica del decreto del 5 novembre 2001 n.6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 19/04/2006 “Norme tecniche per le 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”

L'intervento predisposto, consente di collegare la strada E45 con la strada denominata “Strada delle tre valli umbre.

Le norme di progettazione stradale adottate, fanno riferimento “all'innalzamento del livello di sicurezza ed al miglioramento funzionale della circolazione stradale” quindi, questo è stato l'obiettivo prioritario per la realizzazione del nuovo svincolo “adattato alle strade esistenti”.

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, ma essendo la parte iniziale del tracciato concepita come un'anticipazione del raddoppio a categoria B della strada senza assumerne comunque i connotati amministrativi, si è potuto sviluppare lo stesso con le corsie di immissione così come ammesso dalla normativa per le strade di tipo B.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

Il nodo nel complesso si presenta come un'intersezione a livelli sfalsati di tipo 2 come riportato al §4 del DM2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", nella quale sono presenti le due corsie di immissione e le due corsie di uscita dalla E45 per le quali si è assunta la velocità di progetto $V_p=40-60$ km/h.

Tipi di rampe	Intersezioni Tipo 1 (fig.3), escluse B/B, D/D, B/D, D/B.		Intersezioni Tipo 2 (fig.3), e B/B, D/D, B/D, D/B.	
	Diretta	50-80 km/h		40-60 km/h
Semidiretta	40-70 km/h		40-60 km/h	
Indiretta	in uscita da A	40 km/h	in uscita dalla strada di livello ger. superiore	40 km/h
	in entrata su A	30 km/h	in entrata sulla strada di livello ger. superiore	30 km/h

Lo svincolo sorge dove attualmente si attesta la E45 su un'area non soggetta a nessun tipo di vincolo:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

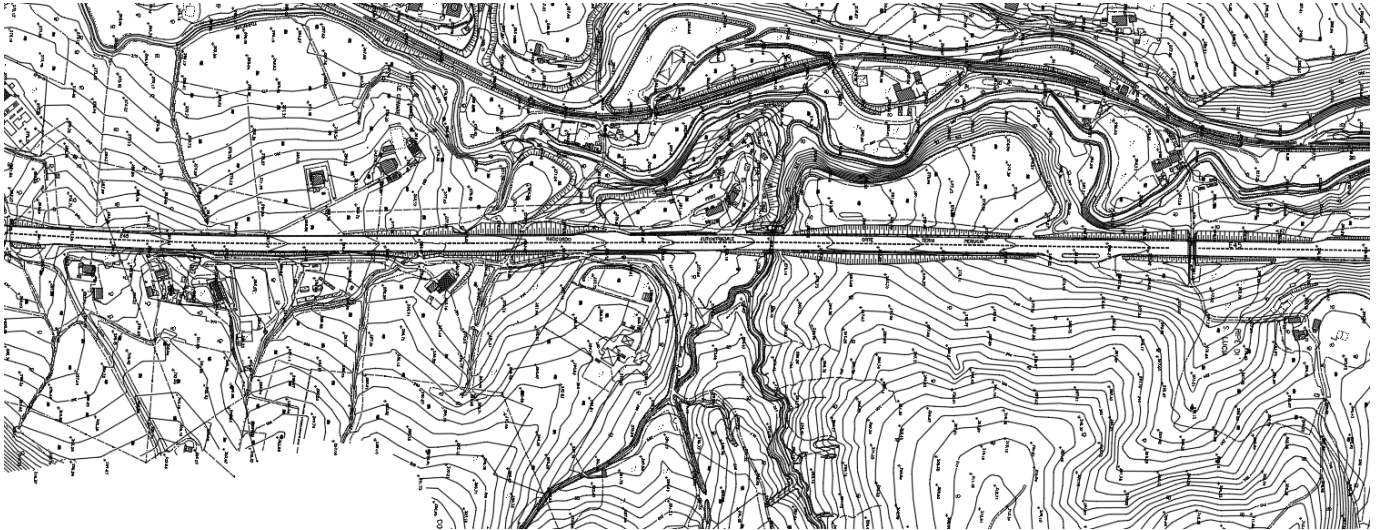


Fig. - 8 - Stralcio dello stato attuale

Il progetto di adeguamento dell'intersezione si fonda sulla realizzazione delle due rampe di immissione e uscita dalla E45 di collegamento con la "Strada delle Tre Valli"

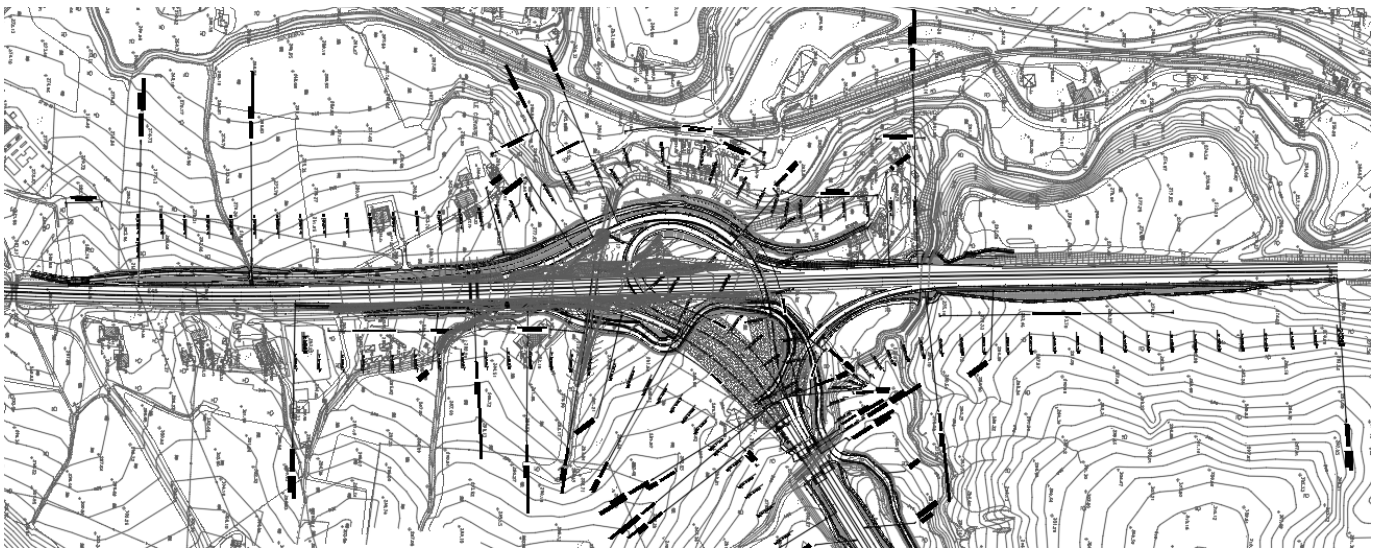


Fig. - 9 - Stralcio del progetto

Il progetto dello svincolo con la E45 è stato eseguito in conformità a quanto prescritto dalla normativa vigente, D.M. II.TT. 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni".

Per le curve di raccordo è stata scelta la clotoide con fattore di forma $n = 1$.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Per determinare il parametro A delle curve di raccordo sono state fatte le diverse verifiche suggerite dalla normativa vigente DM2001 così come indicato nello stesso DM2006:

Criterio n.1: (limitazione del contraccolpo): $A \geq \sqrt{[(V^3 - gVR(qf - qi))/c]}$

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

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

Criterio n.3: (ottico):

$$A \geq R/3$$

I primi due criteri risultano sempre rispettati mentre per il terzo (criterio ottico) in alcuni casi si è derogato come riportato sulla Circ. Anas n. 53688.

Per tutti gli altri criteri quali sviluppo minimo delle curve e dei rettili, ove necessario, si è derogato rispetto a quanto indicato dallo stesso DM2001.

3.2 Rampa R1 di immissione sulla E45 direz. Perugia

La rampa (diretta) presenta una corsia specializzata di immissione del tipo parallelo, compatibile con l'attuale configurazione della E45 esistente e il futuro tratto a 4 corsie della "Strada delle Tre Valli", quindi l'organizzazione della sezione tipo prevede in affiancamento alla corsia di marcia delle E45 un'altra corsia specializzata dedicata alla rampa di immissione di larghezza 3,75 m, la larghezza della banchina sarà pari a 1.75m come previsto da DM2006 per il tratto parallelo, mentre per il tratto di rampa monodirezionale la sezione tipo adottata prevede una larghezza della corsia pari a 4.00m e larghezza delle banchine pari a 1.00m.

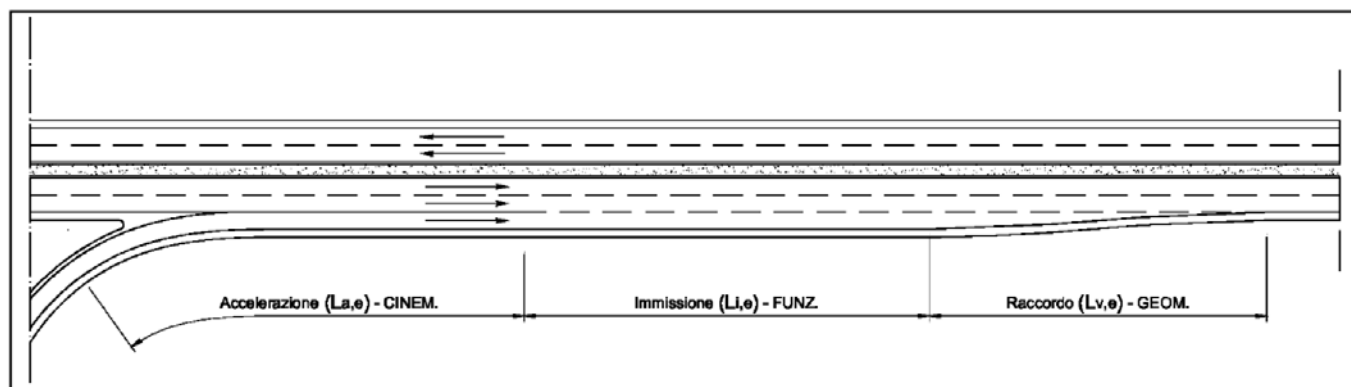
L'asse di questa rampa di immissione si stacca dal margine destro della corsia di destra della carreggiata Sx della futura Strada delle Tre e si riallaccia al ciglio destro della corsia di marcia direzione Perugia della E45 ad una quota inferiore.

I sicurvia adottati sulle rampe saranno del tipo H2, eventualmente in prosecuzione dall'asse principale, e saranno predisposti per altezze di rilevato superiori a 1,00 m.

La corsie di immissione sono composte dai seguenti tratti elementari, immagine tratta dal DM2006:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- **Tratto di accelerazione** di lunghezza $L_{a,e}$ (con criteri cinematici)
- **Tratto di immissione** di lunghezza $L_{i,e}$ parallelo all’asse principale della strada (con criteri funzionali)
- **Tratto di raccordo** di lunghezza $L_{v,e}$ (con criteri geometrici)



Per il dimensionamento della suddetta rampa si rimanda al capitolo “Dimensionamento corsie di svincolo” della presente.

3.2.1 Tracciamento planimetrico e altimetrico

ANDAMENTO PLANIMETRICO

Di seguito la composizione degli elementi planimetrici della rampa in progetto:

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Vp Max [km/h]	Verifica
CLOTOIDE	0,000	64,047	64,047	70,225	0,000	77,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	64,047	111,943	47,896	0,000	77,000	77,000	Dx	-7,000	7,000	50,360	50,360	NO
CLOTOIDE CONT.	111,943	148,050	36,107	75,583	77,000	150,000	Dx	0,000	0,000	57,144	57,144	NO
ARCO	148,050	184,236	36,186	0,000	150,000	150,000	Dx	-6,007	6,007	60,000	60,000	NO
CLOTOIDE	184,236	328,432	144,196	147,069	150,000	0,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	NO
RETTIFILO	328,432	628,432	300,000	0,000	0,000	0,000		-2,500	2,500	60,000	60,000	NO
RETTIFILO	628,432	703,525	75,094	0,000	0,000	0,000		-2,500	2,500	60,000	60,000	OK

Tabella 3 - Dati di tracciamento

Nella verifica dell’asse vi sono alcuni punti di difformità rispetto al dettato normativo del DM2001 che comunque non si applica alle rampe di svincolo:

Elemento Arco 1 R=77.00 m:

- $R \geq R_{minp}$
- $R > R_{min}$ complessiva

Elemento Clotoide Cont. A=75.58 m:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- $A/A_{succ} \geq 2/3$

Elemento Arco 2 $R=150.00$ m:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \leq R_{maxp}$
- $R < R_{max}$ complessiva
- $R \geq R_{minRet}$

Elemento Clotoide $A=147.07$ m:

- $A_e/A \geq 2/3$

Elemento Rettifilo 1:

- $R_{prec} \geq R_{min}$

PENDENZA MASSIMA DELLE LIVELLETTE

Sulla base delle norme vigenti per la rampa in oggetto la pendenza longitudinale massima in discesa risulta pari all' 8%.

La pendenza adottata per la rampa 1 risulta quindi sempre inferiore ai limiti massimi imposti dalle norme stradali.

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 ai valori minimi previsti dalle verifiche imposta da normativa, rispettando quindi il raggio minimo geometrico e quello per l'arresto e il comfort.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

LIVELLETTA						
Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R
280,479	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
279,435	25,470	3,721	-4,100	-1,044	25,492	3,724
275,471	56,623	0,473	-7,000	-3,964	56,761	0,474
274,908	195,661	142,301	-0,288	-0,563	195,661	142,301
273,402	68,951	41,621	-2,184	-1,506	68,968	41,631
268,869	265,851	246,906	-1,705	-4,534	265,890	246,942
268,279	90,969	80,394	-0,648	-0,589	90,971	80,396

RACCORDI														
N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	SorpDc	Vel.	Raggio Min.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Par	1500,000	-2,900	43,567	3,721	47,219	43,498	False	60,000	462,963	OK	1500.000 >= 24.486	1500.000 >= 462.963	1500.000 >= 20.000
2	Par	1025,000	6,712	68,859	47,692	116,493	68,801	False	53,083	1011,194	OK	1025.000 >= 1011.194	1025.000 >= 362.371	1025.000 >= 40.000
3	Par	2000,000	-1,896	37,923	258,794	296,713	37,919	False	60,000	462,963	OK	2000.000 >= 0.000	2000.000 >= 462.963	2000.000 >= 20.000
4	Par	3500,000	0,478	16,744	338,335	355,075	16,741	False	60,000	462,963	OK	3500.000 >= 0.000	3500.000 >= 462.963	3500.000 >= 40.000
5	Par	2000,000	1,057	21,151	601,981	623,131	21,150	False	60,000	462,963	OK	2000.000 >= 0.000	2000.000 >= 462.963	2000.000 >= 40.000
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4 - Dati di tracciamento altimetrico Rampa 1 – Svincolo E45

3.3 Rampa R2 di uscita dalla corsia direz. Perugia - Terni della E45

La rampa (semidiretta) presenta una corsia specializzata di uscita con tratto di decelerazione del tipo parallelo, che deve essere compatibile con l'attuale configurazione della E45 esistente e il futuro tratto a 4 corsie della "Strada delle Tre Valli", quindi l'organizzazione della sezione tipo prevede in affiancamento alla corsia di marcia delle E45 un'altra corsia specializzata dedicata alla rampa di uscita di larghezza 3,75 m, la larghezza della banchina sarà pari a 1.75m come previsto da DM2006 per il tratto parallelo, mentre per il tratto di rampa monodirezionale la sezione tipo adottata prevede una larghezza della corsia pari a 4.00m e larghezza delle banchine pari a 1.00m.

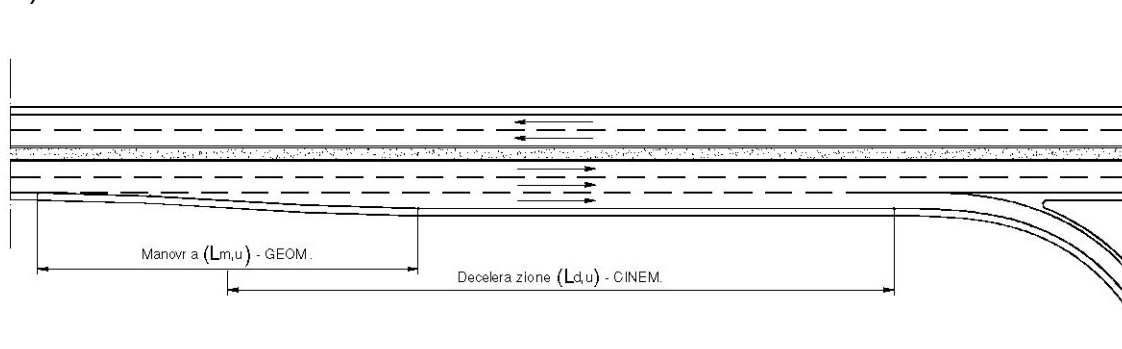
L'asse di questa rampa di uscita (semidiretta) si stacca dal margine destro della corsia di destra direzione Terni della E45 e si riallaccia all'asse di tracciamento della futura carreggiata Dx della Strada delle Tre Valli che si trova ad una quota inferiore, sottopassando la stessa E45 per mezzo di una galleria artificiale di progetto.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

I sicurvia adottati sulle rampe saranno del tipo H2, eventualmente in prosecuzione dall'asse principale, e saranno predisposti per altezze di rilevato superiori a 1,00 m.

La corsie di uscita (o di diversione) sono composte dai seguenti tratti elementari, immagine tratta dal DM2006:

- **Tratto di manovra** di lunghezza $L_{m,u}$ (con criteri geometrici)
- **Tratto di decelerazione** di lunghezza $L_{d,u}$ parallelo all'asse principale della strada (con criteri cinematici)



TRONCO DI STACCO

La lunghezza del primo tratto di manovra $L_{m,u}$ in una corsia di uscita o decelerazione si determina in base alla velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia, secondo la Tabella 4 del DM2006:

Velocità di progetto V_p [km/h]	Lunghezza del tratto di manovra $L_{m,u}$ [m]
40	20
60	40
80	60
100	75
≥ 120	90

Tabella 4

TRONCO DI DECELERAZIONE

Il secondo tratto di decelerazione $L_{d,u}$, è altimetricamente e trasversalmente coeso con la strada principale, la lunghezza necessaria per la variazione cinematica del tronco è di **139.0 m** e

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

rispetta la normativa di riferimento, la distanza viene calcolata tra la metà del primo tratto di manovra $L_{m,u}$ (prog. 45.00m) e l'inizio della rampa monodirezionale di 4.00m indipendente dalla strada principale. Il dimensionamento con criteri cinematici, utilizza la seguente espressione:

$$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

v_1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di decelerazione pari a $V_p=60$ km/h

v_2 (m/s) è la velocità di progetto della strada principale E45 dal quale la stessa si stacca assunta pari a 120 km/h, valore pari alla massima velocità di progetto prevista per le strade di tipo B dal DM2001;

a (m/s²) è l'accelerazione, negativa, assunta per la manovra; (categoria B= $a = -3,0$ m/s²)

L (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica= $((120/3,6)^2 - (60/3,6)^2) / (2 \cdot 3)$

Per cui, la corsia percorsa in decelerazione (completamente parallela di larghezza 3,75 m) dovrà avere una lunghezza minima di circa 94.00 m=139-45 compatibile con quanto in progetto pari a circa 100m.

3.3.1 Tracciamento planimetrico e altimetrico

ANDAMENTO PLANIMETRICO

Di seguito la composizione degli elementi planimetrici della rampa in progetto:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Vp Max [km/h]	Verifica
ARCO	0,000	40,585	40,585	0,000	5234,947	5234,947	Sx	2,500	-2,500	60,000	60,000	NO
RETTIFILO	40,585	100,051	59,466	0,000	0,000	0,000		-1,748	1,748	60,000	60,000	OK
CLOTOIDE	100,051	141,043	40,992	74,391	0,000	135,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	141,043	172,604	31,561	0,000	135,000	135,000	Dx	-6,426	6,426	60,000	60,000	NO
CLOT. FLESSO E	172,604	220,326	47,722	80,265	135,000	0,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
CLOT. FLESSO U	220,326	261,230	40,905	53,510	0,000	70,000	Sx	0,000	0,000	52,603	52,603	OK
ARCO	261,230	267,282	6,051	0,000	70,000	70,000	Sx	7,000	-7,000	48,380	44,121	NO
CLOTOIDE CONT.	267,282	281,102	13,821	41,730	70,000	45,000	Sx	0,000	0,000	42,866	42,866	OK
ARCO	281,102	366,743	85,641	0,000	45,000	45,000	Sx	7,000	-7,000	40,000	40,000	OK
CLOTOIDE CONT.	366,743	382,509	15,766	44,570	45,000	70,000	Sx	0,000	0,000	43,269	43,269	OK
ARCO	382,509	393,266	10,757	0,000	70,000	70,000	Sx	7,000	-7,000	48,380	45,500	NO
CLOT. FLESSO E	393,266	435,014	41,749	54,059	70,000	0,000	Sx	0,000	0,000	54,157	54,157	OK
CLOT. FLESSO U	435,014	479,193	44,178	77,227	0,000	135,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	479,193	508,292	29,099	0,000	135,000	135,000	Dx	-6,426	6,426	60,000	60,000	NO
CLOTOIDE	508,292	571,995	63,703	92,736	135,000	0,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK

Tabella 5 - Dati di tracciamento

Nella verifica dell'asse vi sono alcuni punti di difformità rispetto al dettato normativo del DM2001 che comunque non si applica alle rampe di svincolo,

Elemento Arco 1 R=5234.95 m:

- $S_v \geq S_{min}$

Elemento Arco 2 R=135.00 m:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \leq R_{max}$
- $R < R_{max}$ complessiva

Elemento Arco 3 R=70.00 m:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \geq R_{minp}$
- $R > R_{min}$ complessiva

Elemento Arco 4 R=70.00 m:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \geq R_{minp}$
- $R > R_{min}$ complessiva

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Elemento Arco 5 R=135.00 m:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \leq R_{max}$
- $R < R_{max}$ complessiva

PENDENZA MASSIMA DELLE LIVELLETTE

Sulla base delle norme vigenti per la rampa in oggetto la pendenza longitudinale massima risulta pari all' 8% in discesa e al 5% in salita. Le pendenze adottate per la rampa 2 sono sempre inferiori o uguali al 5.0%, verificando quindi i limiti imposti da normativa.

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 ai valori minimi previsti dalle verifiche imposta da normativa, rispettando quindi il raggio minimo geometrico e quello per l'arresto e il comfort.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

LIVELLETTA											
N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima	
0	0,00	275,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	
1	61,07	276,86	61,07	32,43	2,85	1,74	61,10	32,45	OK	2.846% <= 6.000%	
2	98,11	277,31	37,04	2,19	1,21	0,45	37,04	2,19	OK	1.209% <= 6.000%	
3	181,80	279,01	83,69	6,55	2,04	1,70	83,71	6,55	OK	2.037% <= 6.000%	
4	371,38	269,43	189,58	4,20	-5,06	-9,59	189,82	4,20	OK	-5.056% <= 6.000%	
5	571,99	277,65	200,62	86,16	4,10	8,23	200,78	86,24	OK	4.100% <= 6.000%	

RACCORDI															
N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Vel.	Raggio Min.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico	Dr >= Drmin >>>	Dr >= Drmin <<<
1	Par	3500,00	-1,64	57,29	32,43	89,71	57,28	91,56	3946,86	OK	3500,000 >= 3500,00	3500,000 >= 1078,144	3500,000 >= 20,000	-	-
2	Par	1500,00	0,83	12,42	91,90	104,32	12,41	63,81	523,59	OK	1500,000 >= 0,000	1500,000 >= 523,589	1500,000 >= 40,000	-	-
3	Par	2000,00	-7,09	141,91	110,87	252,73	141,86	60,00	1394,84	OK	2000,000 >= 1394,836	2000,000 >= 462,963	2000,000 >= 20,000	1000,000 >= 383,632	1000,000 >= 238,585
4	Par	2500,00	9,16	228,99	256,93	485,83	228,90	60,00	1454,41	OK	2500,000 >= 1454,415	2500,000 >= 462,963	2500,000 >= 40,000	-	-

Tabella 6 - Dati di tracciamento altimetrico Rampa 2 – Svincolo E45

3.4 Rampa R3 di immissione sulla E45 direz. Terni

La rampa (semidiretta) presenta una corsia specializzata di immissione del tipo parallelo, compatibile con l'attuale configurazione della E45 esistente e il futuro tratto a 4 corsie della "Strada delle Tre Valli", quindi l'organizzazione della sezione tipo prevede in affiancamento alla corsia di marcia delle E45 un'altra corsia specializzata dedicata alla rampa di immissione di larghezza 3,75 m, la larghezza della banchina sarà pari a 1.75m come previsto da DM2006 per il tratto parallelo, mentre per il tratto di rampa monodirezionale la sezione tipo adottata prevede una larghezza della corsia pari a 4.00m e larghezza delle banchine pari a 1.00m.

L'asse di questa rampa di immissione si stacca dall'asse di tracciamento della carreggiata Sx della futura strada in progetto e si riallaccia al ciglio destro della corsia di marcia direzione Terni della E45 ad una quota superiore sottopassando la stessa E45 per mezzo di una galleria artificiale di progetto.

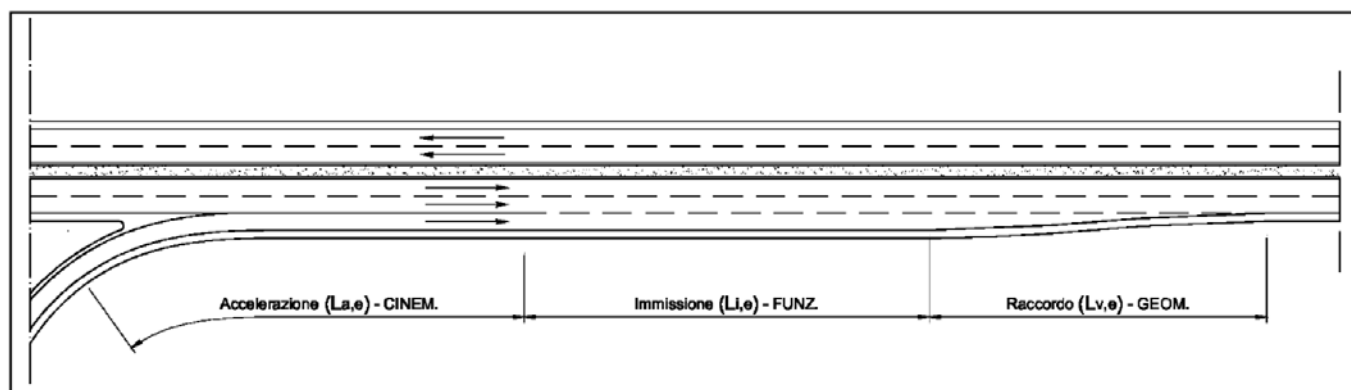
I sicurvia adottati sulle rampe saranno del tipo H2, eventualmente in prosecuzione dall'asse principale, e saranno predisposti per altezze di rilevato superiori a 1,00 m.

La corsie di immissione sono composte dai seguenti tratti elementari, immagine tratta dal DM2006:

- **Tratto di accelerazione** di lunghezza $L_{a,e}$ (con criteri cinematici)

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- **Tratto di immissione** di lunghezza $L_{i,e}$ parallelo all'asse principale della strada (con criteri funzionali)
- **Tratto di raccordo** di lunghezza $L_{v,e}$ (con criteri geometrici)



Per il dimensionamento della suddetta rampa si rimanda al capitolo “Dimensionamento corsie di svincolo” della presente.

3.4.1 Tracciamento planimetrico e altimetrico

ANDAMENTO PLANIMETRICO

Di seguito la composizione degli elementi planimetrici della rampa in progetto:

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Vp Max [km/h]	Verifica
CLOTOIDE	0,000	58,951	58,951	103,011	0,000	180,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	58,951	88,693	29,742	0,000	180,000	180,000	Dx	-5,346	5,346	60,000	60,000	NO
CLOT. FLESSO E	88,693	128,535	39,841	84,684	180,000	0,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
CLOT. FLESSO U	128,535	209,229	80,694	92,048	0,000	105,000	Sx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	209,229	327,148	117,919	0,000	105,000	105,000	Sx	7,000	-7,000	57,230	57,230	NO
CLOT. FLESSO E	327,148	420,249	93,101	98,872	105,000	0,000	Sx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
CLOT. FLESSO U	420,249	474,408	54,159	104,076	0,000	200,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	474,408	480,638	6,230	0,000	200,000	200,000	Dx	-4,998	4,998	60,000	60,000	NO
CLOTOIDE	480,638	600,363	119,725	154,742	200,000	0,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
RETTIFILO	600,363	635,265	34,901	0,000	0,000	0,000		-2,500	2,500	60,000	60,000	NO
ARCO	635,265	900,398	265,133	0,000	5481,150	5481,150	Dx	-2,500	2,500	60,000	60,000	OK

Tabella 7 - Dati di tracciamento

Nella verifica dell'asse vi sono alcuni punti di difformità rispetto al dettato normativo del DM2001 che comunque non si applica alle rampe di svincolo:

Elemento Arco 1 $R=180.00m$:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \leq R_{max}$

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- $R < R_{max}$ complessiva

Elemento Arco 2 $R=105.00$ m:

- $R \geq R_{minp}$
- $R \geq R_{mins}$
- $R > R_{min}$ complessiva

Elemento Arco 3 $R=200.00$ m:

- $S_v \geq S_{min}$
- $R \leq R_{maxs}$
- $R < R_{max}$ complessiva

Elemento Rettifilo 1:

- $L \geq L_{min}$

PENDENZA MASSIMA DELLE LIVELLETTE

Sulla base delle norme vigenti per la rampa in oggetto la pendenza longitudinale massima in discesa risulta pari all' 8%.

La pendenza adottata per la rampa 1 risulta quindi sempre inferiore ai limiti massimi imposti dalle norme stradali.

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° .

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

I raggi verticali adottati in sede di progetto sono sempre superiori o uguali ai valori minimi previsti dalle verifiche imposta da normativa, rispettando quindi il raggio minimo geometrico e quello per l'arresto e il comfort.

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

LIVELLETTTE										
N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0,000	280,260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-
1	23,951	279,272	23,951	9,872	-4,123	-0,987	23,971	9,880	OK	-4.123% <= 6.000%
2	203,063	268,525	179,112	96,283	-6,000	-10,747	179,434	96,456	OK	-6.000% <= 6.000%
3	532,928	285,019	329,865	230,030	5,000	16,493	330,277	230,317	OK	5.000% <= 6.000%
4	659,354	287,410	126,426	75,423	1,891	2,391	126,448	75,436	OK	1.891% <= 6.000%
5	769,691	288,618	110,337	42,919	1,095	1,208	110,344	42,921	OK	1.095% <= 6.000%
6	883,502	290,404	113,810	10,082	1,570	1,787	113,824	10,084	OK	1.570% <= 6.000%
7	978,098	290,826	94,597	38,369	0,445	0,421	94,597	38,370	OK	0.445% <= 6.000%

RACCORDI														
N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	SorpDc	Vel.	Raggio Min.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Par	1500,000	-1,877	28,194	9,872	38,030	28,158	False	60,000	462,963	OK	1500.000 >= 0.000	1500.000 >= 462.963	1500.000 >= 20.000
2	Par	1250,000	11,000	137,571	134,313	271,813	137,500	False	60,000	1216,460	OK	1250.000 >= 1216.460	1250.000 >= 462.963	1250.000 >= 40.000
3	Par	2000,000	-3,109	62,210	501,843	564,014	62,171	False	60,000	462,963	OK	2000.000 >= 228.298	2000.000 >= 462.963	2000.000 >= 20.000
4	Par	5000,000	-0,797	39,840	639,436	679,272	39,836	False	60,000	462,963	OK	5000.000 >= 0.000	5000.000 >= 462.963	5000.000 >= 20.000
5	Par	20000,000	0,475	95,010	722,191	817,192	95,001	False	60,000	462,963	OK	20000.000 >= 0.000	20000.000 >= 462.963	20000.000 >= 40.000
6	Par	10000,000	-1,125	112,461	827,274	939,729	112,454	False	60,000	462,963	OK	10000.000 >= 0.000	10000.000 >= 462.963	10000.000 >= 20.000
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 8 - Dati di tracciamento altimetrico Rampa 3 – Svincolo E45

3.5 Rampa R4 di uscita dalla corsia direz. Terni-Perugia della E45

La rampa (diretta) presenta una corsia specializzata di uscita con tratto di decelerazione del tipo parallelo, che deve essere compatibile con l'attuale configurazione della E45 esistente e il futuro tratto a 4 corsie della "Strada delle Tre Valli", quindi l'organizzazione della sezione tipo prevede in affiancamento alla corsia di marcia delle E45 un'altra corsia specializzata dedicata alla rampa di uscita di larghezza 3,75 m, la larghezza della banchina sarà pari a 1.75m come previsto da DM2006 per il tratto parallelo, mentre per il tratto di rampa monodirezionale la sezione tipo adottata prevede una larghezza della corsia pari a 4.00m e larghezza delle banchine pari a 1.00m.

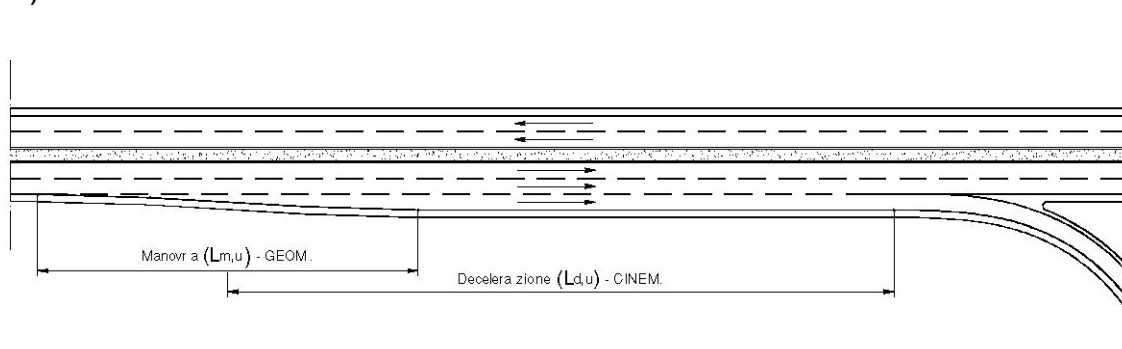
RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

L'asse di questa rampa di uscita (diretta) si stacca dal margine destro della corsia di destra direzione Perugia della E45 e si riallaccia al ciglio destro della corsia di marcia direzione Spoleto della futura strada in progetto che si trova ad una quota inferiore.

I sicurvia adottati sulle rampe saranno del tipo H2, eventualmente in prosecuzione dall'asse principale, e saranno predisposti per altezze di rilevato superiori a 1,00 m.

La corsie di uscita (o di diversione) sono composte dai seguenti tratti elementari, immagine tratta dal DM2006:

- **Tratto di manovra** di lunghezza $L_{m,u}$ (con criteri geometrici)
- **Tratto di decelerazione** di lunghezza $L_{d,u}$ parallelo all'asse principale della strada (con criteri cinematici)



TRONCO DI STACCO

La lunghezza del primo tratto di manovra $L_{m,u}$ in una corsia di uscita o decelerazione si determina in base alla velocità di progetto del tratto di strada dal quale si dirama la corsia, secondo la Tabella 4 del DM2006:

Velocità di progetto V_p [km/h]	Lunghezza del tratto di manovra $L_{m,u}$ [m]
40	20
60	40
80	60
100	75
≥ 120	90

Tabella 4

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

TRONCO DI DECELERAZIONE

Il secondo tratto di decelerazione $L_{d,u}$, è altimetricamente e trasversalmente coeso con la strada principale, la lunghezza necessaria per la variazione cinematica del tronco è di **139.0 m** e rispetta la normativa di riferimento, la distanza viene calcolata tra la metà del primo tratto di manovra $L_{m,u}$ (prog. 45.00m) e l'inizio della rampa monodirezionale di 4.00m indipendente dalla strada principale. Il dimensionamento con criteri cinematici, utilizza la seguente espressione:

$$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}$$

dove:

v_1 (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di decelerazione pari a $V_p=60$ km/h

v_2 (m/s) è la velocità di progetto della strada principale E45 dal quale la stessa si stacca assunta pari a 120 km/h, valore pari alla massima velocità di progetto prevista per le strade di tipo B dal DM2001;

a (m/s²) è l'accelerazione, negativa, assunta per la manovra; (categoria B= $a = -3,0$ m/s²)

L (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica= $((120/3,6)^2 - (60/3,6)^2) / (2 * 3)$

Per cui, la corsia percorsa in decelerazione (completamente parallela di larghezza 3,75 m) dovrà avere una lunghezza minima di circa 94.00 m=139-45 compatibile con quanto previsto in progetto pari a circa 100m.

3.5.1 Tracciamento planimetrico e altimetrico

ANDAMENTO PLANIMETRICO

Di seguito la composizione degli elementi planimetrici della rampa in progetto:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Vp Max [km/h]	Verifica
RETTIFILO	0,000	90,004	90,004	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	60,000	60,000	OK
RETTIFILO	90,004	190,004	100,000	0,000	0,000	0,000		-2,500	-2,500	60,000	60,000	OK
CLOTOIDE	190,004	327,935	137,931	200,000	0,000	290,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK
ARCO	327,935	454,295	126,360	0,000	290,000	290,000	Dx	-7,000	7,000	60,000	60,000	OK
CLOTOIDE	454,295	669,812	215,517	250,000	290,000	0,000	Dx	0,000	0,000	60,000	60,000	OK

Tabella 9 - Dati di tracciamento

Nella verifica dell'asse vi sono alcuni punti di difformità rispetto al dettato normativo,

Elemento 1 Rettifilo: trattasi del tratto di manovra detto "Ago"

PENDENZA MASSIMA DELLE LIVELLETTE

Sulla base delle norme vigenti per la rampa in oggetto la pendenza longitudinale massima risulta pari al 6% in discesa e al 5% in salita

Le pendenze adottate per la rampa 2 sono sempre inferiori o uguali al 6.0% in discesa e al 5% in salita, verificando quindi i limiti imposti da normativa.

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 ai valori minimi previsti dalle verifiche imposta da normativa, rispettando quindi il raggio minimo geometrico e quello per l'arresto e il comfort.

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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

LIVELLETTA										
N. Vert.	Prog.	Quota	Parz.	Parz. R	i [%]	Dislivello	Lung.	Lung. R	Verifica	Pendenza < Pendenza massima
0	0,00	288,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
1	63,13	287,48	63,13	52,92	-2,10	-1,32	63,14	52,93	OK	-2.098% <= 6.000%
2	252,48	284,28	189,35	132,80	-1,69	-3,20	189,38	132,82	OK	-1.690% <= 6.000%
3	454,48	274,18	202,00	62,38	-5,00	-10,10	202,25	62,46	OK	-5.000% <= 6.000%
4	669,81	283,01	215,33	122,06	4,10	8,83	215,51	122,16	OK	4.100% <= 6.000%

RACCORDI													
N. Racc.	Tipo	Raggio V.	Δi	Svil.	Prog. I	Prog. F	Parz. R	Vel.	Raggio Min.	Verifica	Raggio >= Rmin Da (arresto)	Raggio >= Rmin av (comfort)	Raggio >= Rmin geometrico
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	Par	5000,00	0,41	20,42	52,92	73,34	20,42	60,00	462,96	OK	5000.000 >= 0.00	5000.000 >= 462.96	5000.000 >= 40.000
2	Par	2800,00	-3,31	92,74	206,14	298,82	92,69	60,00	1058,83	OK	2800.000 >= 1058.83	2800.000 >= 462.96	2800.000 >= 20.000
3	Par	2050,00	9,10	186,62	361,20	547,75	186,55	60,00	1453,79	OK	2050.000 >= 1453.79	2050.000 >= 462.96	2050.000 >= 40.000
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 10 - Dati di tracciamento altimetrico Rampa 4 – Svincolo E45

3.6 Dimensionamento rampe di svincolo

3.6.1 Calcolo corsie accelerazione - Tratto funzionale

Il dimensionamento del tronco di immissione delle corsie di accelerazione è stato effettuato per lo svincolo in oggetto, in riferimento alle rampe “1” ed “3” di entrata sulla E45. Per il dimensionamento delle stesse si è operato mettendo a confronto due diversi metodi di calcolo:

- Metodo cinematico
- Metodo Probabilistico di Erlang – stima analitica

3.6.1.1 Metodo Cinematico

I dati geometrici e cinematici sono riassunti nelle tabelle seguenti, per la quale si sono valutati gli elementi di tracciamento dell’asta principale e delle rampe e determinate le lunghezze cinematiche e funzionali dei dispositivi di accelerazione come riportato in fig.1

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

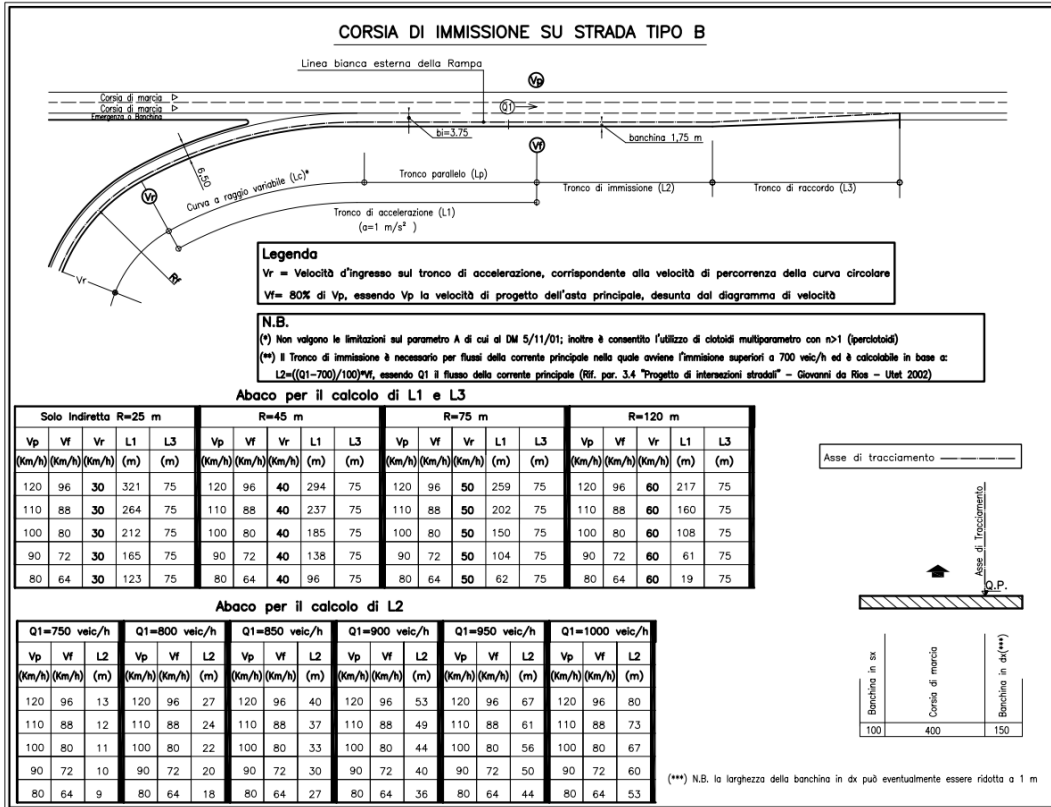


Fig.1

Nome Svincolo	Nome Rampa di Immissione			
ACQUASPARTA	Rampa 1			
Elemento Tracciato Asse Principale	Rc	A	V_p	
Rettilino	-	-	120 km/h	
Rampa di attacco	Sviluppo [Lc]	A	Rf	V_r
Clotoide	144,20 m	147,07	150,0 m	60 km/h
Valore della velocità a fine manovra 80% di V_p	96 km/h			
Valore della accelerazione	1 m/s²			
Lunghezza tronco di accelerazione [L1]	Max 217 m			
Lunghezza tronco parallelo [Lp]	73 m			
Lunghezza tronco di immissione[L2] (*)	80 m			
Lunghezza tronco di raccordo [L3]	75 m			

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Nome Svincolo	Nome Rampa di Immissione			
LAUREANA	Rampa 3			
Elemento Tracciato Asse Principale	Rc	A	Vp	
Rettilineo	-	-	120 km/h	
Rampa di attacco	Sviluppo [Lc]	A	Rf	Vr
Clotoide	119.73 m	154.74	200,0 m	60 km/h
Valore della velocità a fine manovra 80% di Vp	96 km/h			
Valore della accelerazione	1 m/s ²			
Lunghezza tronco di accelerazione [L1]	Max 217 m			
Lunghezza tronco parallelo [Lp]	98 m			
Lunghezza tronco di immissione[L2] (*)	80 m			
Lunghezza tronco di raccordo [L3]	75 m			

Come riportato in relazione trasportistica T00PS00TRARE02A per la portata di progetto sulla corsia di marcia lenta (Q1) si è considerato il 50% del valore dichiarato sulla stessa pari rispettivamente a 1118 v.eq. per R1 e 1299 v.eq. per R3 derivanti dal calcolo:

- $Q1_{R1} = (Q_{Veic. Leggeri} + (2.5 \times Q_{Veic. Pesanti})) \times 50\% = (1737 + (2.5 \times 199)) \times 0.5 = 1117.25 \text{ v. eq.}$
- $Q1_{R3} = (Q_{Veic. Leggeri} + (2.5 \times Q_{Veic. Pesanti})) \times 50\% = (1886 + (2.5 \times 285)) \times 0.5 = 1299.25 \text{ v. eq.}$

In riferimento al par. 3.4 del “Progetto delle intersezioni stradali” - Utet di Giovanni Da Rios (secondo quanto riportato in fig.2), essendo la portata di progetto sulla corsia (Q1) maggiore al valore Q_{lim} di 700 veic/h, vi è necessità del tronco di immissione e ne consegue che nelle rampe il valore di L₂=80 m (come descritto in fig. 1).

3.6.1.2 Metodo Probabilistico di Erlang – stima analitica

Per la Rampa 1 nel calcolo si è assunto un flusso orario di veicoli equivalenti pari a 1117.25 veic./h, facendo riferimento alla velocità effettiva del punto di fine clotoide ed inizio del tronco parallelo che da 60 Km/h diventerà 86.00 Km/h. Assumendo la distanza temporale di sicurezza fra due veicoli della corrente principale δ pari ad 1 secondo e l'accelerazione con cui avviene l'immissione pari ad $a = 1.2 \text{ m/s}^2$, l'intervallo critico T risulta 2.704 sec. Tale valore così calcolato

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

va inserito nelle espressioni che danno la media e la varianza del tempo di servizio, al fine di calcolare il tempo medio di attesa $E(w)$.

La lunghezza del tratto di immissione è ottenibile solo nell'ipotesi di un singolo veicolo isolato, trascurando quanto deducibile in letteratura riguardo l'influenza dei veicoli in coda. Come deducibile anche dal grafico riportato (fig.4) va sottolineato che per valori di traffico così bassi, il parametro K definito "costante di Erlang" risulta maggiore di 2.

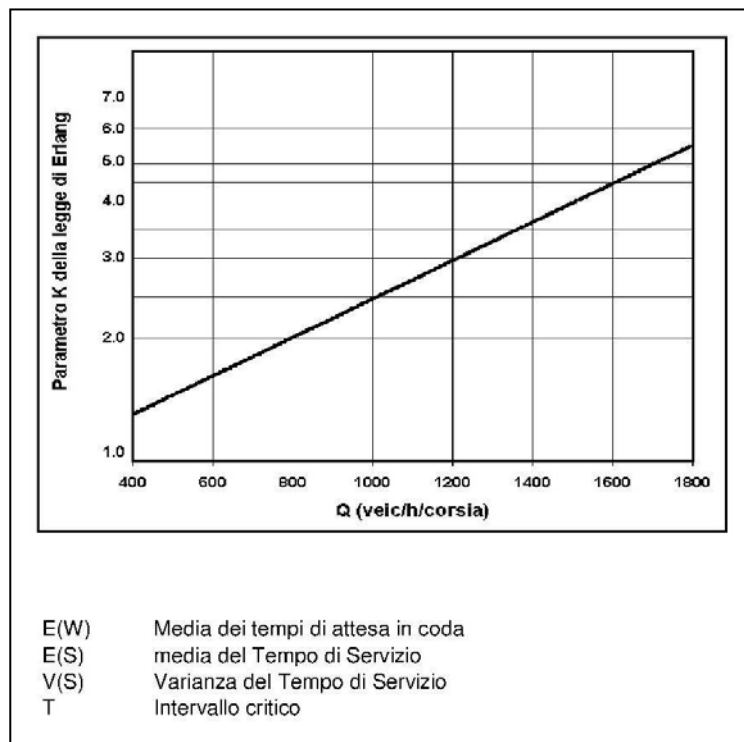


Fig.4

Pertanto arrivando ad un valore percentile del 81.68%, inteso come la probabilità che si manifesti nella corsia corrente dell'asse principale l'intervallo casuale maggiore dell'intervallo accettato (come raccomandato in letteratura), applicando la formula relativa al calcolo di $E(w)$ si ottiene che il valore del solo tratto parallelo $L_{imm} = 194.70$ m.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Metodo di Erlang - lunghezza corsia di accelerazione							
	km/h	m/s		calcolo velocità di uscita tronco Acc.			
Vp	120	33,33		L	144,2	m	(L clotoide)
V	96	26,67		Vr	60	km/h	(velocità cerchio)
Ve	89,92	24,98		Ve	89,92	km/h	(velocità entrata)
ac	1,2			Ve	24,98	m/s	
δ	1						
T	2,704						
Qn	1117,25						
λ	0,3103						
n°eventi τ > T	Prob.	Lcorsia	85,00%				Lcorsia
1	43,21%	67,54	24,54%	12,94	0,527492845	41,79%	89,58
2	67,75%	80,48	13,94%	80,48	5,77498628	17,25%	180,13
3	81,68%	160,96	7,91%	80,48129102	10,16847418	3,32%	194,70
4	89,60%	241,44	4,50%	80,48129102	17,90443512	-4,60%	159,15
5	94,09%	321,93	2,55%	80,48129102	31,52575216	-9,09%	35,31
6	96,64%	402,41	1,45%	80,48129102	55,50988025	-11,64%	-243,97
7	98,09%	482,89	0,82%	80,48129102	97,74062771	-13,09%	-796,95
8	98,92%	563,37	0,47%	80,48129102	172,0996382	-13,92%	-1831,86
9	99,39%	643,85	0,27%	80,48129102	303,0294173	-14,39%	-3715,32
10	99,65%	724,33	-99,65%	-724,3316192	7,268691299	-14,65%	617,84
Lracc	75						
sviluppo del tratto parallelo (funzionale)					194,70	m	

Ciò a conferma del fatto che la rampa in oggetto, presentando un tronco parallelo di 300 m, risulta verificato con tali metodologie.

Per la Rampa 3 nel calcolo si è assunto un flusso orario di veicoli equivalenti pari a 1299.25 veic./h, facendo riferimento alla velocità effettiva del punto di fine clotoide ed inizio del tronco parallelo che da 60 Km/h diventerà 82.0 Km/h. Assumendo la distanza temporale di sicurezza fra due veicoli della corrente principale δ pari ad 1 secondo e l'accelerazione con cui avviene l'immissione pari ad $a = 1.2 \text{ m/s}^2$, l'intervallo critico T risulta 3.206 sec. Tale valore così calcolato va inserito nelle espressioni che danno la media e la varianza del tempo di servizio, al fine di calcolare il tempo medio di attesa $E(w)$.

La lunghezza del tratto di immissione è ottenibile solo nell'ipotesi di un singolo veicolo isolato, trascurando quanto deducibile in letteratura riguardo l'influenza dei veicoli in coda. Come

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

deducibile anche dal grafico riportato (fig.4) va sottolineato che per valori di traffico così bassi, il parametro K definito “costante di Erlang” risulta maggiore di 2.

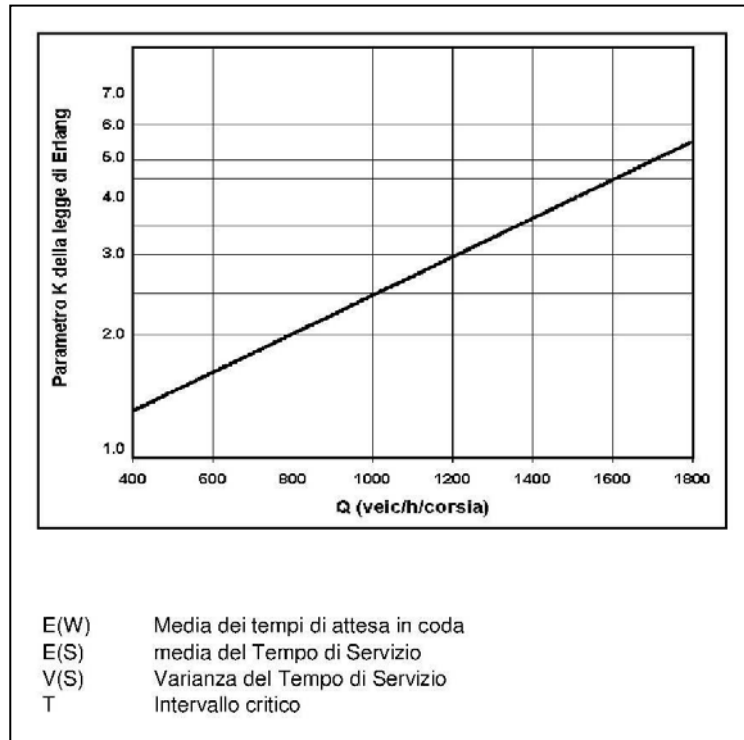


Fig.4

Pertanto arrivando ad un valore percentile del 84.85%, inteso come la probabilità che si manifesti nella corsia corrente dell’asse principale l’intervallo casuale maggiore dell’intervallo accettato (come raccomandato in letteratura), applicando la formula relativa al calcolo di E(w) si ottiene che il valore del solo tratto parallelo Limm = 265.49 m.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Ciò a conferma del fatto che la rampa in oggetto, presentando un tronco parallelo di 150 m, risulta verificato con tali metodologie.

Metodo di Erlang - lunghezza corsia di accelerazione							
	km/h	m/s			calcolo velocità di uscita tronco Acc.		
Vp	120	33,33			L	119,73 m	(L clotoide)
V	96	26,67			Vr	60 km/h	(velocità cerchio)
Ve	85,58	23,77			Ve	85,58 km/h	(velocità entrata)
ac	1,2				Ve	23,77 m/s	
δ	1						
T	3,206						
Qn	1299,25						
λ	0,3609						
n°eventi τ > T	Prob.	Lcorsia	85,00%				Lcorsia
1	31,44%	76,21	21,56%	-10,34	-0,479828073	53,56%	50,51
2	53,00%	65,87	14,78%	65,87	4,457151782	32,00%	208,51
3	67,78%	131,74	10,13%	65,86942482	6,501286577	17,22%	243,71
4	77,91%	197,61	6,95%	65,86942482	9,482900567	7,09%	264,86
5	84,85%	263,48	4,76%	65,86942482	13,83193958	0,15%	265,49
6	89,62%	329,35	3,26%	65,86942482	20,17553082	-4,62%	236,21
7	92,88%	395,22	2,24%	65,86942482	29,42841396	-7,88%	163,29
8	95,12%	461,09	1,53%	65,86942482	42,92484574	-10,12%	26,71
9	96,65%	526,96	1,05%	65,86942482	62,61099847	-11,65%	-202,71
10	97,71%	592,82	-97,71%	-592,8248234	6,067431169	-12,71%	515,73
Lracc	75						
sviluppo del tratto parallelo (funzionale)						265,49 m	

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

3.6.2 Calcolo corsie di decelerazione – Tronco di decelerazione

Il dimensionamento del tronco di decelerazione delle corsie di uscita è stato effettuato per lo svincolo in oggetto, in riferimento alle rampe “2” ed “4” di uscita dalla E45. Per il dimensionamento delle stesse si è operato mettendo in pratica il metodo fornito dal DM2006 come di seguito riportato

Calcolo e verifica geometria rampe di svincolo (D.M. 19/04/2006)					
<i>Progetto:</i>	TRE VALLI				
<i>Svincolo:</i>	ACQUASPARTA				
<i>Diversione parallela</i>				Rampa 2	Rampa 4
Velocità progetto strada principale	km/h	Vi		120,0	120,0
Velocità rampa di uscita	km/h	Vr		60,0	60,0
Decelerazione	m/s ²	a		3,0	3,0
Tronco di manovra	m	L1		90,0	90,0
Tronco di decelerazione	m	Ldec		138,89	138,89
Tronco parallelo	m	L2		93,89	93,89
Sviluppo totale	m	L1+L2		183,89	183,89

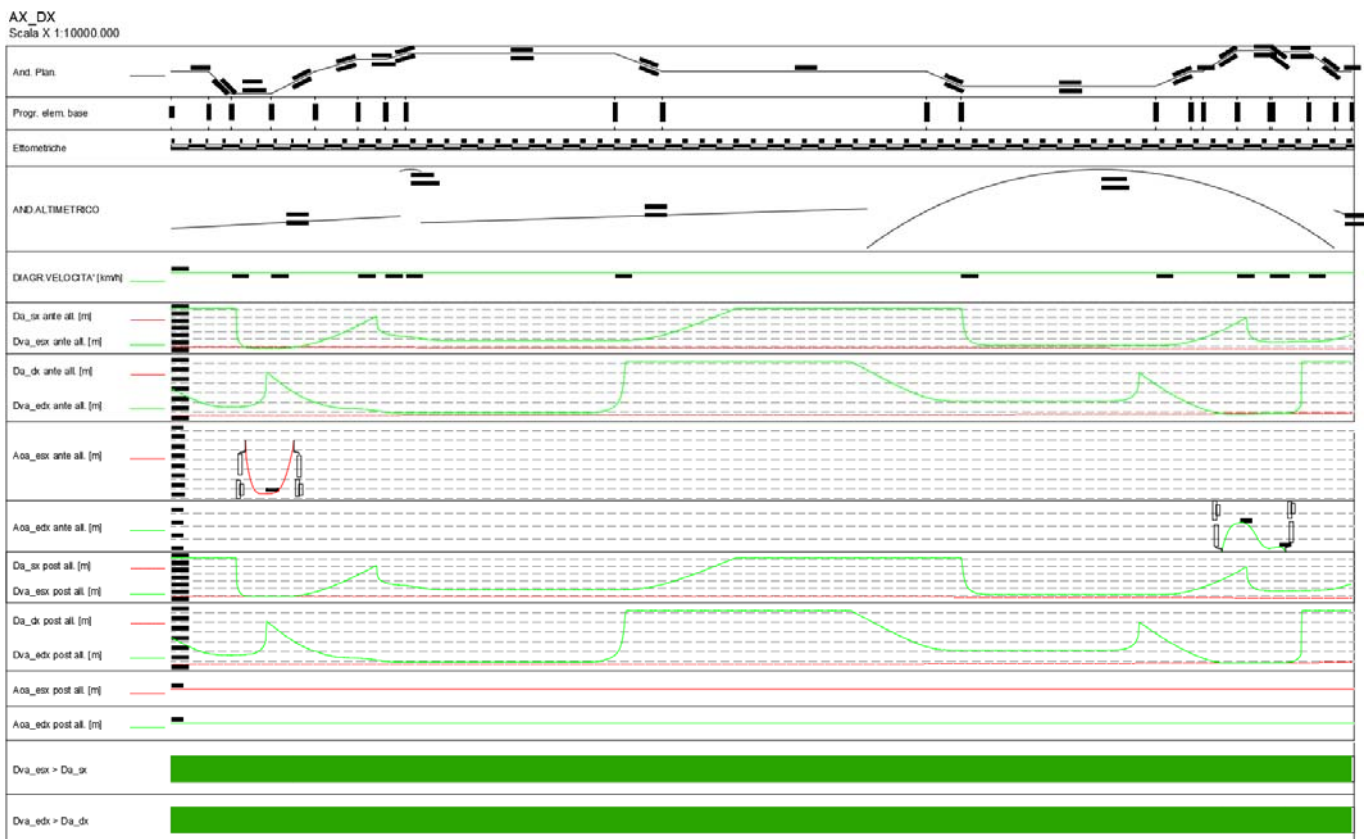
4 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

4.1 Diagramma di velocità asse principale

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").

Il diagramma è riportato nell'elaborato (P00-PS00-TRA-DG01) "Diagrammi di velocità e di visuale libera", di seguito se ne riporta un estratto.



RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

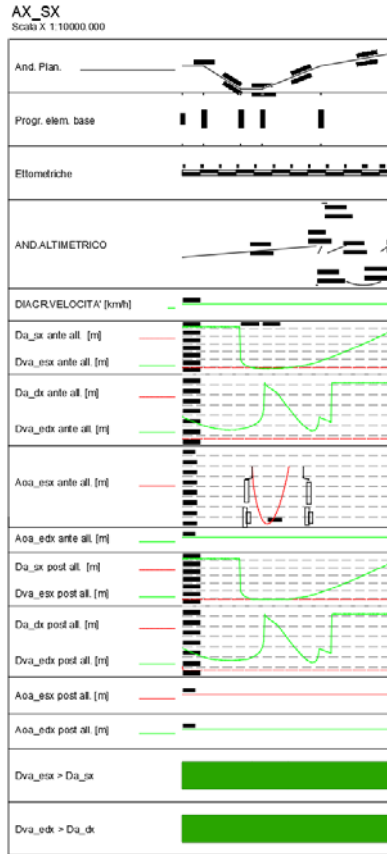


Fig. - 10 - Diagramma delle velocità dell'asse in progetto

I valori di accelerazione e decelerazione per il passaggio tra gli elementi caratterizzati da velocità diverse sono $0,8 \text{ m/s}^2$ 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.

4.2 Diagramma di velocità rampe di svincolo

4.2.1 Rampa 1

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Per la rampa 1 è stata assunta una velocità di progetto massima di 60 km/h e minima di 50 km/h.

Il diagramma è riportato nell'elaborato (V00-SV01-TRA-DG01) "Diagrammi di velocità e di visuale libera".

Di seguito si riporta il diagramma di velocità relativo alla rampa 1.

RAMPA 1

Scala X 1:2000.000

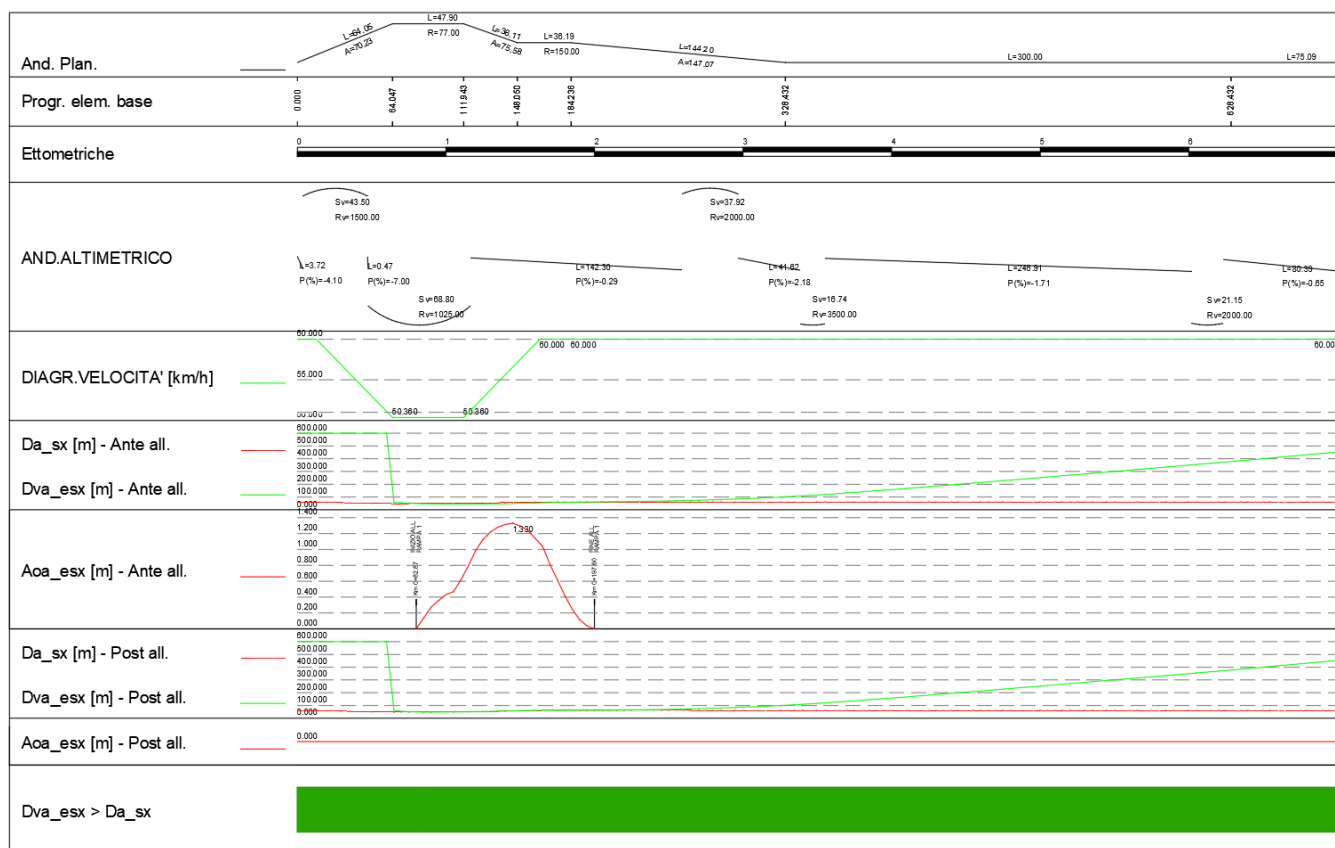


Fig. - 11 - Diagramma delle velocità rampa 1 – Svincolo Acquasparta

Si considera un'accelerazione di 3.0 m/s² per le corsie di decelerazione e di 1.0 m/s² per i tratti di accelerazione.

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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

4.2.2 Rampa 2

Per la rampa 2 è stata assunta una velocità di progetto massima di 60 km/h e minima di 40 km/h.

Il diagramma è riportato nell'elaborato (V00-SV01-TRA-DG01) "Diagrammi di velocità e di visuale libera".

Di seguito si riporta il diagramma di velocità relativo alla rampa 2.

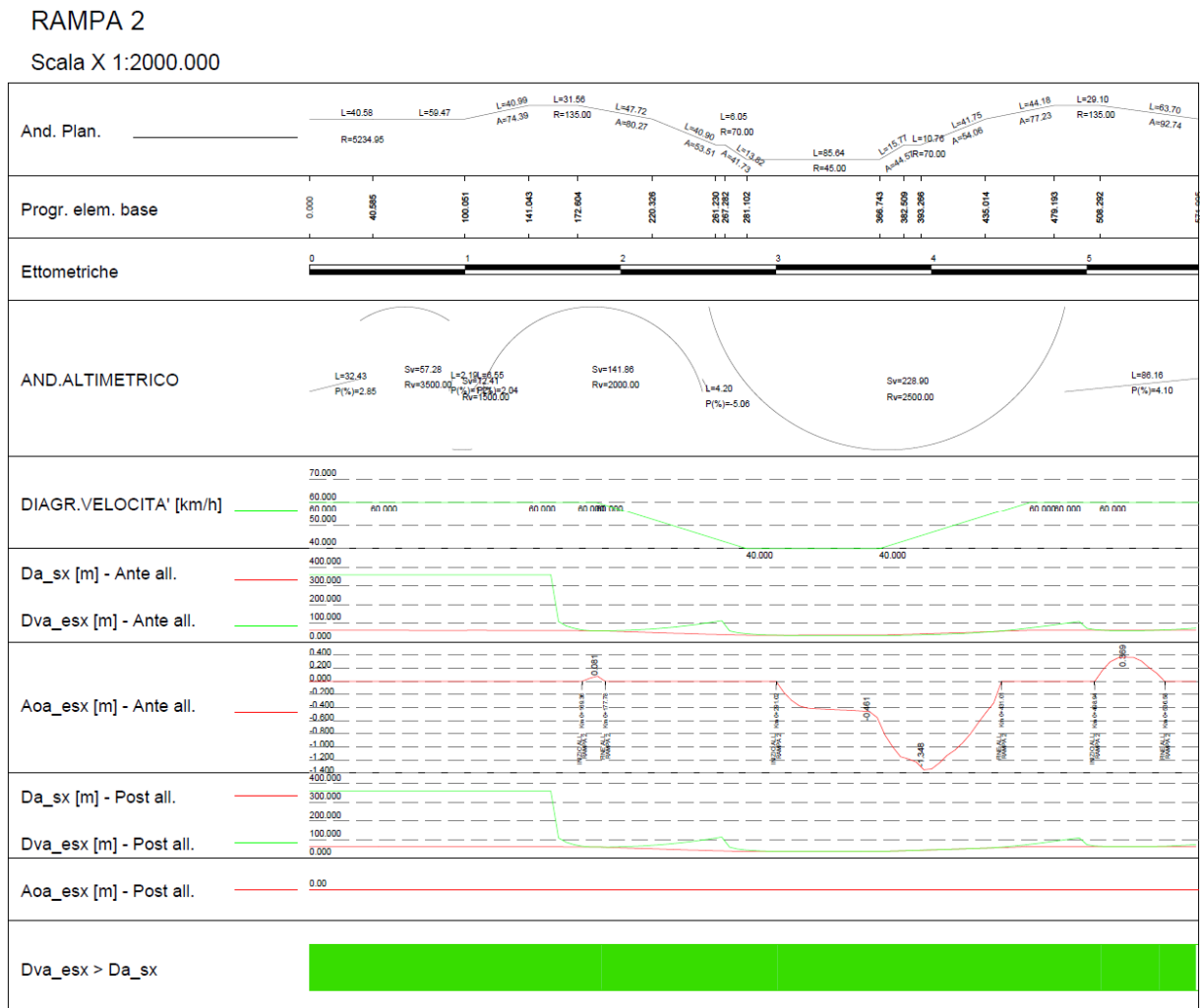


Fig. - 12 - Diagramma delle velocità rampa 2 – Svincolo Acquasparta

Si considera un'accelerazione di 3.0 m/s² per le corsie di decelerazione e di 1.0 m/s² per i tratti di accelerazione.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

4.2.3 Rampa 3

Per la rampa 3 è stata assunta una velocità di progetto massima di 60 km/h.

Il diagramma è riportato nell'elaborato (V00-SV01-TRA-DG01) "Diagrammi di velocità e di visuale libera".

Di seguito si riporta il diagramma di velocità relativo alla rampa 3.

RAMPA 3

Scala X 1:2000.000

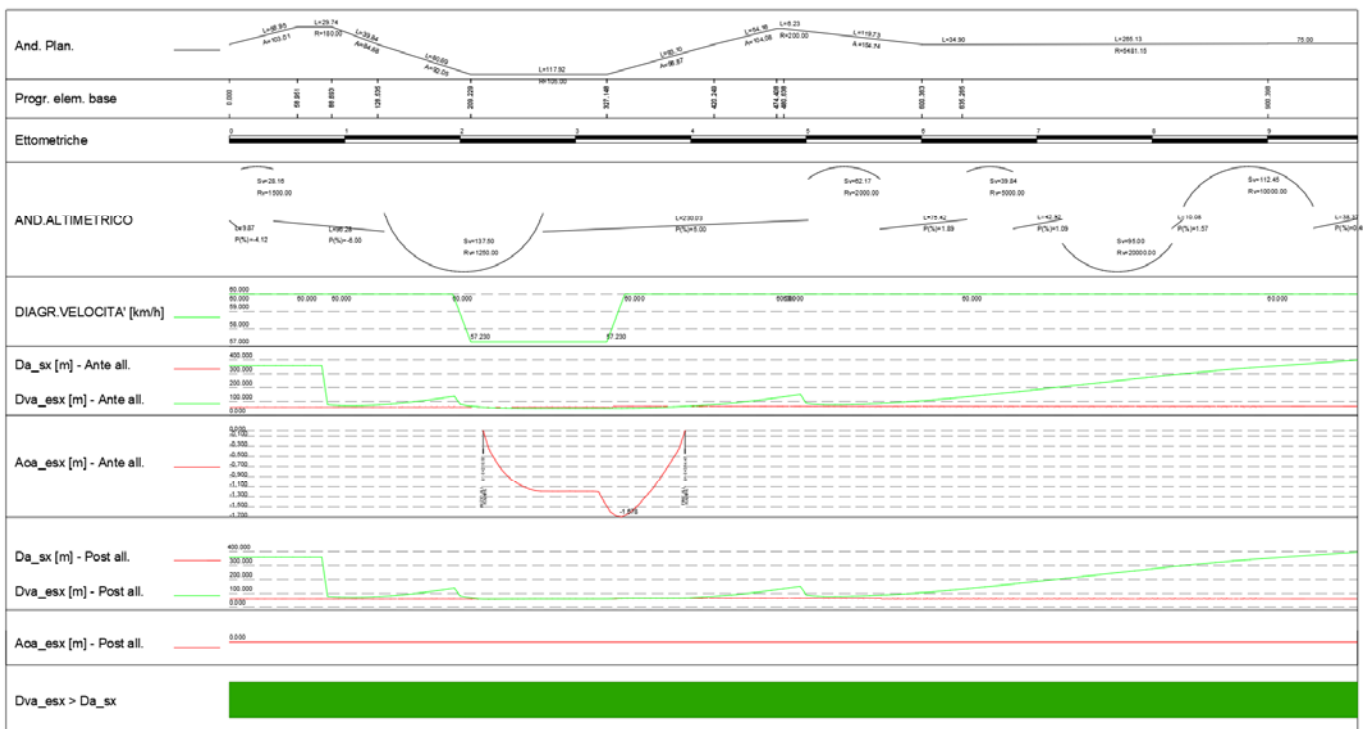


Fig. - 13 - Diagramma delle velocità rampa 3 – Svincolo Acquasparta

Si considera un'accelerazione di 3.0 m/s² per le corsie di decelerazione e di 1.0 m/s² per i tratti di accelerazione.

Come si evince dalle verifiche risultano soddisfatte tutte le verifiche su distanza di riconoscimento e distanza di visuale libera e sulla variazione di velocità tra curve

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

4.2.4 Rampa 4

Per la rampa 3 è stata assunta una velocità di progetto costante pari a 60 km/h.

Il diagramma è riportato nell'elaborato (V00-SV01-TRA-DG01) "Diagrammi di velocità e di visuale libera".

Di seguito si riporta il diagramma di velocità relativo alla rampa 4.

RAMPA 4

Scala X 1:2000.000

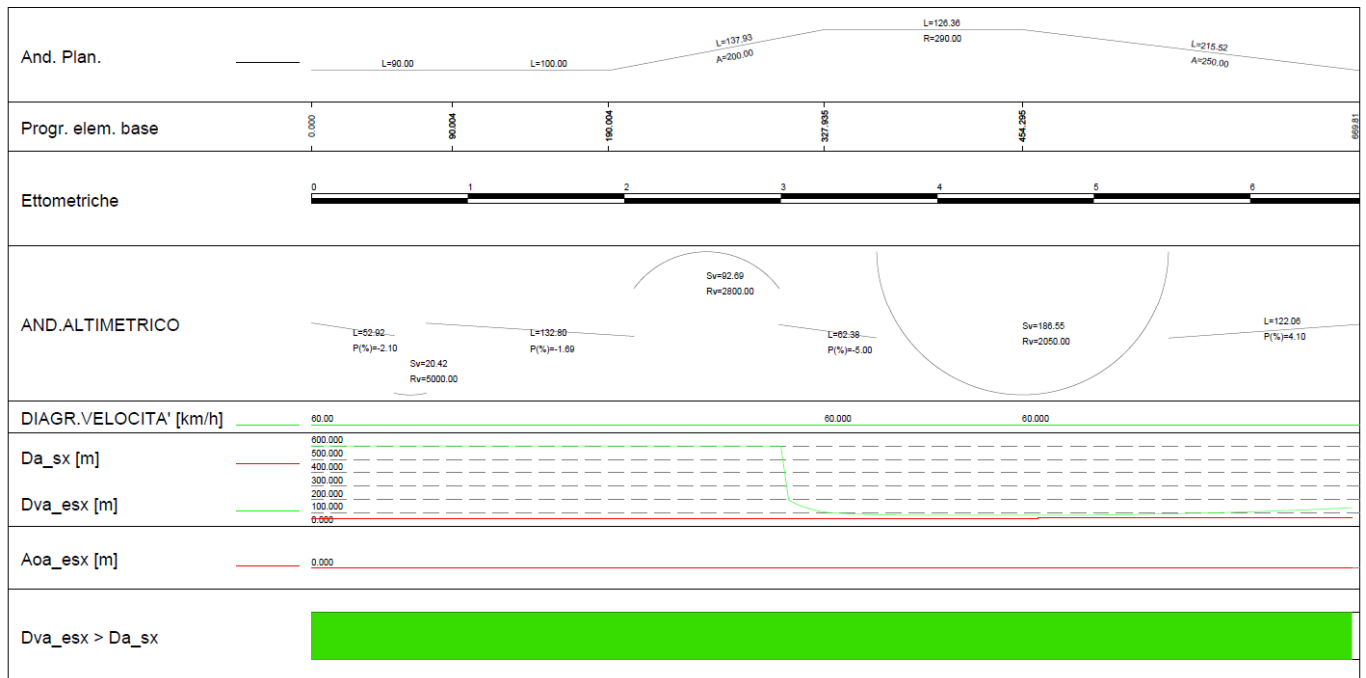


Fig. - 14 - Diagramma delle velocità rampa 4 – Svincolo Acquasparta

Si considera un'accelerazione di 3.0 m/s² per le corsie di decelerazione e di 1.0 m/s² per i tratti di accelerazione.

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

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 ASSE PRINCIPALE

Dall'analisi dei risultati delle verifiche effettuate, si è riscontrato che **la curva di raggio R=1200m dell'asse DX, e di conseguenza anche la curva di raggio R=1187m dell'asse SX, in prossimità della pk 0+550.00 necessita di arretramento degli ostacoli rispettivamente interno sx ed esterno sx**, pertanto sono stati adottati gli allargamenti della piattaforma per garantire la distanza per l'arresto come di seguito indicato:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Asse	pk	Allargamento est. sx	Allargamento est. dx
DX	da pk 0+544.37 a pk 0+710.08	valore max 0.55 m	-
	da pk 6+179.76 a pk 6+540.00		valore max 0.23 m
SX	da pk 0+390.90 a pk 0+590.52	valore max 0.57 m	-

ESITO VERIFICA: ALLARGAMENTI RAMPE DI SVINCOLO

Dall'analisi dei risultati delle verifiche effettuate, si è riscontrato che **le curve delle rampe di svincolo necessitano di arretramento degli ostacoli**, pertanto sono stati adottati gli allargamenti della piattaforma per garantire la distanza per l'arresto come di seguito indicato:

Rampa	pk	Allargamento est. dx	Allargamento est. sx
R1	da pk 0+82.87 a pk 0+197.60	valore max 1.33m	-
R2	da pk 0+170.88 a pk 0+193.36		valore max 0.29m
	da pk 0+295.06 a pk 0+442.77	-	valore max 1.50m
	da pk 0+504.67 a pk 0+551.34		valore max 0.58m
R3	da pk 0+220.55 a pk 0+394.43	-	valore max 1.70m
R4	-	-	-

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

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

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 6+931.96 km che va dallo svincolo di Firenzuola sulla S.S.418 allo svincolo Acquasparta sulla E45 è stato concepito come la naturale prosecuzione della tratta esistente a due corsie di marcia fra Baiano di Spoleto e Firenzuola, tenendo conto che è in esercizio la tratta sempre a due corsie fra Eggi e Baiano.

Pertanto lo stralcio individuato permetterà la chiusura di un unico tracciato ad una carreggiata che va dallo svincolo Acquasparta sulla E45 ad Eggi, per un'estensione di circa 21km.

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

tra Eggi e Baiano di Spoleto in esercizio e tra Baiano di Spoleto e Firenzuola come progetto PD del 1° stralcio, sono state individuate le seguenti porzioni di tracciato con striscia tratteggiata:

- Tratto tra Eggi e Baiano

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.

- Tratto tra Baiano e Firenzuola

Sorpasso sx			Sorpasso dx		
pk iniziale	2380.80	541.68	pk iniziale	1830.00	542.28
pk finale	2922.49		pk finale	2372.28	
L _{TOT} [m]		3026	L _{TOT} [m]		2979
% sorpasso		21.53%	% sorpasso		21.20%

La percentuale è calcolata rispetto allo sviluppo totale dell’asse, pari a 14053m.

Lungo lo stralcio funzionale oggetto della presente bisogna considerare il tratto a 4 corsie e il tratto a 2 corsie lungo i quali risulta garantita la manovra di sorpasso:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

Sorpasso Sx		
pk iniziale 2c	3187,35	1482,11
pk finale 2c	4669,46	
pk iniziale 4c	69,20	514,59
pk finale 4c	583,79	
Ltot		5023,38
% sorpasso		23,94%

Sorpasso Dx		
pk iniziale 2c	2637,36	1482,19
pk finale 2c	4119,55	
pk iniziale 4c	133,27	709,63
pk finale 4c	842,9	
Ltot		5171,10
% sorpasso		24,64%

La percentuale è calcolata rispetto allo sviluppo totale dell'asse, pari a 20985m.

Integrando lo sviluppo dei tratti a sorpasso consentito del tracciato esistente con quelli del 1° stralcio e con quelli dello stralcio di progetto si ottiene una percentuale rispetto allo sviluppo totale (9683m + 4370.37m + 6931.96m) superiore al 20%.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

6 ANALISI DELLO SCENARIO DI PROGETTO: I LIVELLI DI SERVIZIO

I livelli di servizio sono stati verificati nello scenario di progetto riferito all'anno di messa in esercizio previsto dalla variante in oggetto (2032). La viabilità di progetto, di lunghezza pari a 6 km circa, si articola sulle seguenti 4 tratte (una per ogni cambio di livelletta e/o caratteristiche geometriche della strada) a partire dallo svincolo della E45/SS3 bis Tiberina:

1. La prima tratta, di lunghezza di circa 260 m, pendenza media del 3% (strada di tipo ondulato) e doppia corsia per senso di marcia;
2. La seconda tratta, di lunghezza di circa 1.050 m, pendenza media del 4,1% (strada di tipo montuoso) e doppia corsia per senso di marcia;
3. La terza tratta si estende per 4,2 km, ha pendenza media del 2,92% (strada ondulata) e una corsia per senso di marcia
4. La quarta tratta, in discesa (considerando la direzione ovest-est), ha estensione inferiore a 500 m e pendenza del 4% (ondulata).

I livelli di servizio sono stati calcolati per le tratte 2 e 3 poiché la loro estensione supera i 500 m (limite inferiore al di sotto del quale non sono richieste verifiche di funzionalità). I livelli di servizio calcolati per le tratte 2 e 3 sono rappresentativi della funzionalità della intera viabilità di progetto.

6.1 Verifica delle prestazioni delle strade di tipo c

Per tutti i dati di base si fa riferimento alla relazione conclusiva sullo studio del traffico compresa nel presente progetto Definitivo

Per le verifiche si è operata la verifica del livello di servizio della variante di progetto sulla base delle teorie elaborate dall'HCM (Highway Capacity Manual).

La configurazione di progetto studiata per il progetto, 2° stralcio, è di tipo C per l'intero asse, in continuità con quanto previsto dal 1° stralcio.

Avendo previsto il prolungamento delle corsie di svincolo per un tratto apri a circa 1,1 km a partire dall'inizio del progetto si è considerato un tratto a 4 corsie iniziale.

Si quindi effettuata una analisi bidirezionale (per il tratto a 4 corsie) ed una monodirezionale (per il tratto a due corsie) seguendo la procedura indicata dall'HCM. La norma richiede un livello di servizio pari a C per le sezioni afferenti alle strade di tipo C – extraurbane secondarie (DM2001).

Per la tipologia C - extraurbana secondaria, la velocità non è l'unica misura della qualità del servizio offerto. Il ritardo in accodamento dovuto al volume di traffico sostenuto dall'infrastruttura ed al sorpasso impedito è una misura rilevante dei livelli di servizio. Per queste ragioni, per il calcolo del livello di servizio viene utilizzato l'effetto combinato dei seguenti indicatori:

- Velocità di servizio (o velocità media di viaggio);
- Percentuale di tempo in accodamento.

La velocità di servizio è il rapporto tra la lunghezza della tratta oggetto di analisi ed il tempo medio di percorrenza di tutti i veicoli transitati nel periodo temporale di analisi. La percentuale di tempo in accodamento viene definita come la media percentuale del tempo speso da tutti i veicoli che rimangono accodati nell'impossibilità di sorpassare.

La combinazione dei due parametri definisce il Livello di Servizio di ogni tronco dell'infrastruttura in base alla figura seguente.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

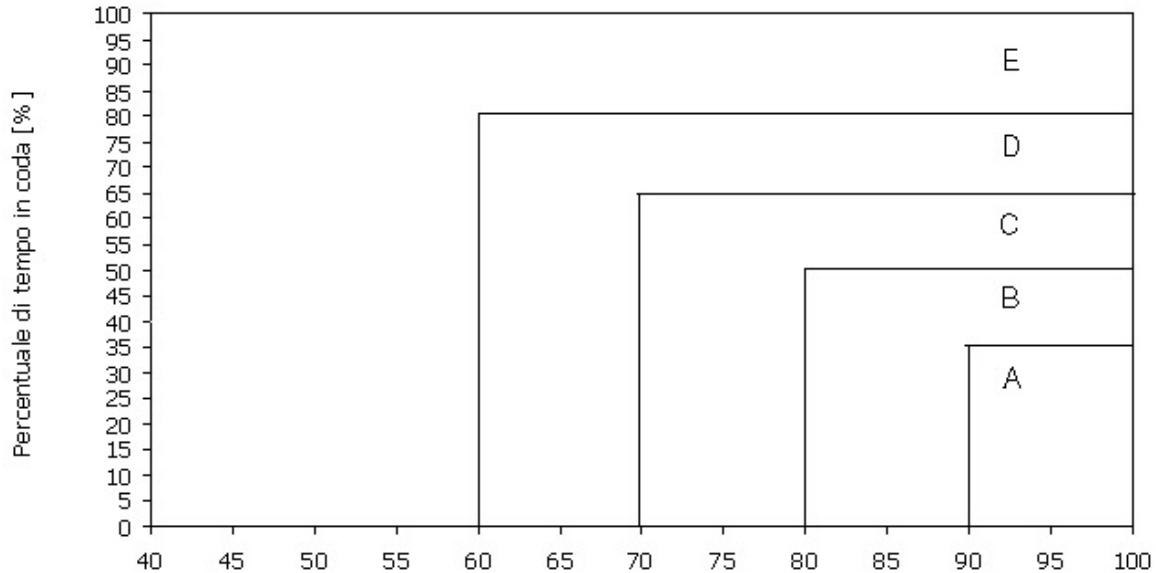


Tabella finale per determinazione dei Livello di Servizio (in ascissa la velocità media di viaggio, in ordinata la % di tempo speso in coda)

6.2 Livelli di servizio in asse per la verifica dell'intervento di progetto

A seguire si riportano le tabelle riferite alle due tratte sottoposte a valutazione. I LOS sono stati calcolati sia per valori riferiti **all'ora di punta annua** dal modello di simulazione al 2032 (quindi nella condizione di massima pressione possibile per ciascuna viabilità), sia rispetto a dei flussi di traffico riportati **all'ora di punta del giorno medio**, corrispondente a circa l'8% del TGM.

Per il primo tratto a 4 corsie, la cui analisi di livello di servizio è assimilabile a quella di una strada di tipo B, il LOS è di tipo A per l'ora di punta annua e in direzione est (ovverosia in salita, dove si registrano i flussi maggiori, e nell'ora di massimo afflusso annuo). Evidentemente, nella direzione opposta, in discesa e a flusso minore, il livello di servizio sarà parimenti di tipo A.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

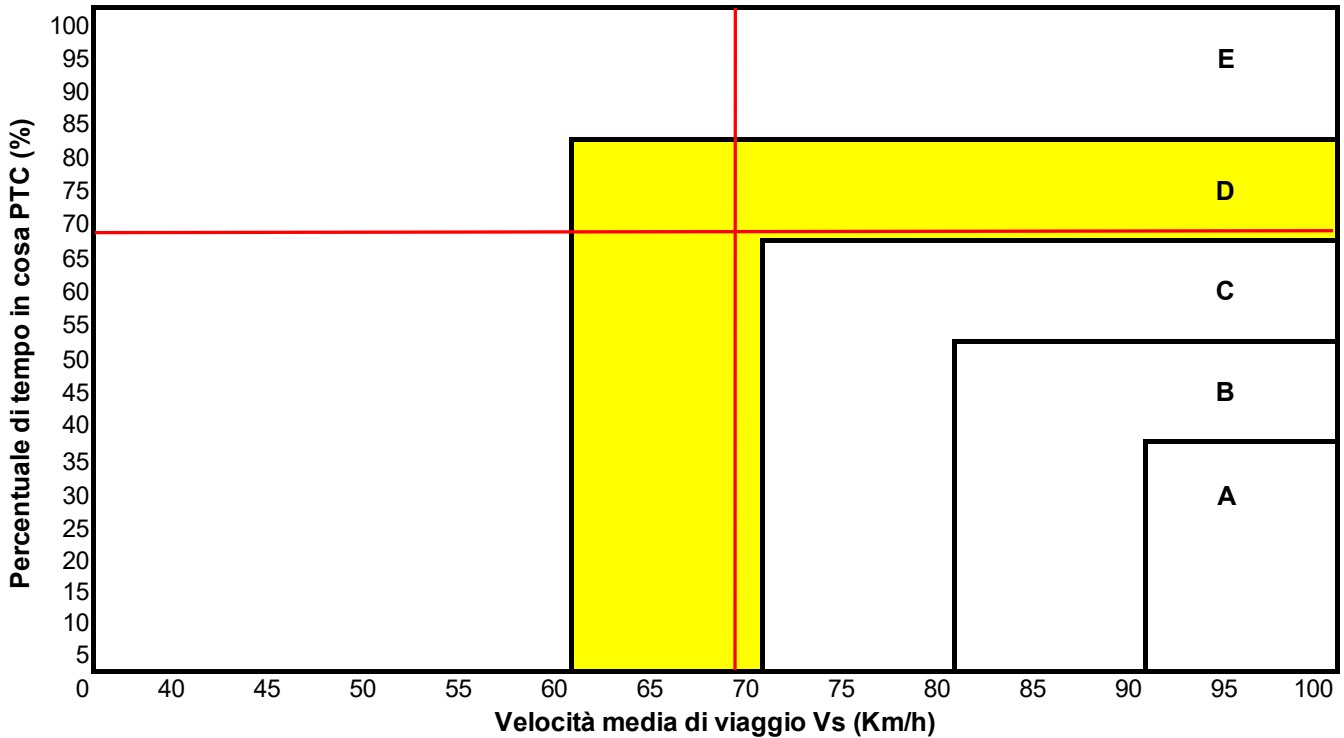
TASSO DI FLUSSO PER Vs			
N	2		VHP 707 veicoli/h
fc	1		phf 1
fb	0,6		
fs	0		
fm	0		BVFL 90 km/h
fp	1		
fHV	0,97		VFL 88,4 km/h
Pt	1,37 %		
Pr	0 %		Q 365,62 vett/ora
Et	3,5		Vs 88,4 km/h
Er	4,5		DensVeic 4,14
Livello di servizio A			

Livello di Servizio del tratto 2 a quattro corsie in ora di punta annua

Per il secondo tratto, ondulato a due corsie, il livello di servizio, individuato combinando la velocità di servizio (Vs) e la percentuale di tempo in accodamento (PTC), è di tipo D rispetto all'ora di punta annua (al limite con i valori di tipo C) e di tipo C per l'ora di punta media.

TASSO DI FLUSSO PER Vs		TASSO DI FLUSSO PER PTC			
		VHP	1279 veq/h		
fc	2,1	phf	1		
fa	0			fg	1
fg	0,99	BVFL	90 km/h	fHV	1
fHV	0,99			Pt	1,37
Pt	1,37 %	VFL	87,9 km/h	Pr	0
Pr	0 %			Et	1
Et	1,5	Q	1300,95	Er	1
Er	1,1				
fnp	3,12	Vs	68,5 km/h	fd/np	0,94
					distr. di traffico 56-44
Livello di servizio D			Livello di servizio D		

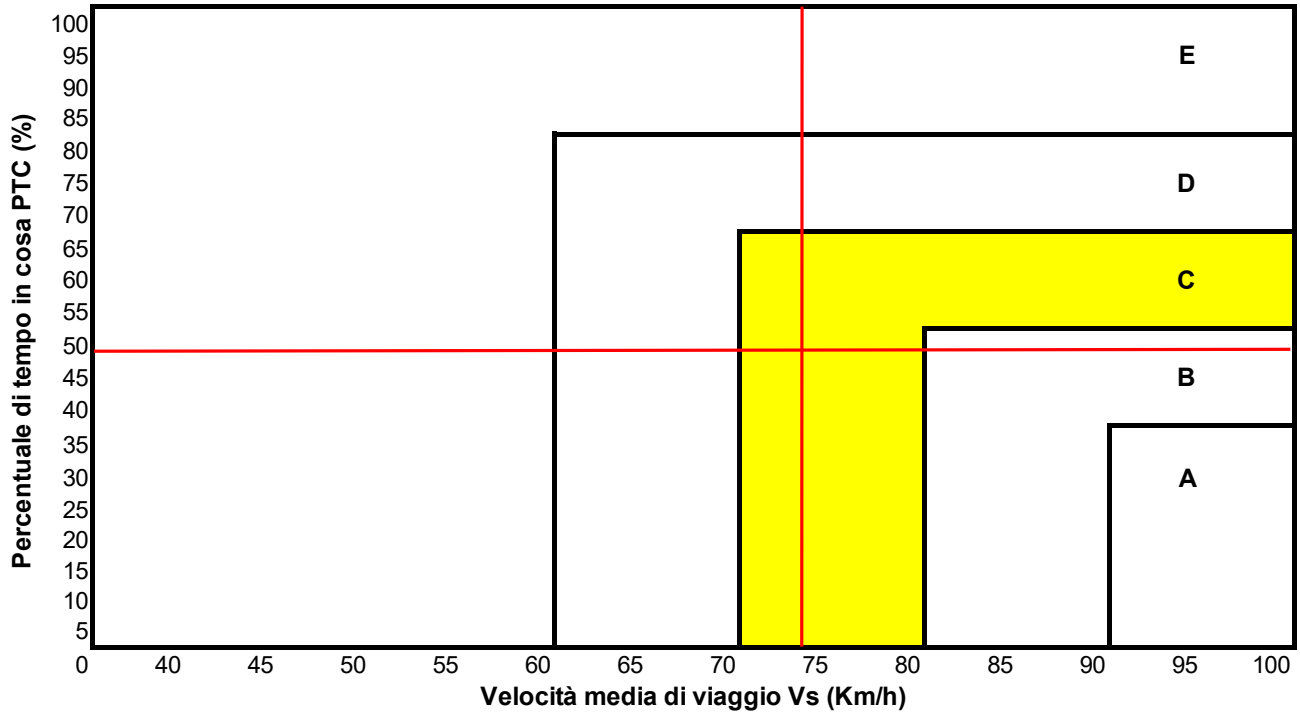
RELAZIONE DI TRACCIAMENTO



Livello di Servizio del tratto 3 a due corsie in ora di punta annua

TASSO DI FLUSSO PER Vs		TASSO DI FLUSSO PER PTC						
fcb	2,1	VHP	682	veq/h				
fa	0	phf	1					
fg	0,93	BVFL	90	km/h	fg	0,94	Q	731
fH-V	0,99	VFL	87,9	km/h	fH-V	0,99	BPTC	47,39
Pt	1,37	Q	742,61		Pt	1,37		
Pr	0	Vs	73,0	km/h	Pr	0	PTC	49,22
Et	1,9				Et	1,5		
Er	1,1				Er	1		
fnp	5,67				fd/np	1,83	distr. di traffico	56-44
		Livello di servizio C		Livello di servizio B				

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO



Livello di Servizio del tratto 3 a due corsie in ora di punta media

In considerazione dei flussi assegnati dal modello, il livello di servizio complessivo della viabilità del secondo stralcio è di tipo C per l'ora di punta annua, condizione di massima pressione sulla rete in un anno, e di tipo B/C rispetto all'ora di punta media giornaliera. Anche nella configurazione peggiore, ovvero quella con i massimi valori di flusso, la viabilità progettata garantisce livelli di servizio nella norma.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

7 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 ≤ 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 8500 veic.eq con una percentuale di traffico pesante circa pari al 1.4%.

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

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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 I. Per la viabilità in studio sono state comunque adottate le barriere previste per il 1° Stralcio.

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) e H2 bordo laterale per spartitraffico;**
- **bordo ponte: classe H3;**

Lungo la galleria artificiale Colle delle Rose, Santa Lucia e Arezzo è stato previsto per entrambi i sensi l'utilizzo di un profilo redirettivo.

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 N2 bordo laterali e H2 bordo ponte, considerato il volume di traffico ridotto rispetto all'asse principale.

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

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

8 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.

8.1 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:
 - Monocomponente (pitture);

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- 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.

8.2 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

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 microsfere, suddividendole in due classi di prestazione.

Materiali

Si distinguono principalmente tre diverse tipologie di pellicole:

- Pellicole a microsfere di Classe 1;
- Pellicole a microsfere 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".

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

9 DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE

9.1 DESCRIZIONE PACCHETTO STRADALE

Per la sovrastruttura della viabilità di progetto si è adottata una pavimentazione flessibile costituita dai seguenti strati in correlazione con il futuro raddoppio a strada di tipo B e con il 1° Stralcio di allaccio:

- 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.

9.2 VERIFICA DEL PACCHETTO STRADALE CON IL METODO RAZIONALE

9.2.1 Carichi di traffico

Lo studio di traffico condotto prevede la seguente situazione sull'asse di progetto nell'anno 2032 (anno stimato per la messa in esercizio dell'infrastruttura):

SCENARIO DI PROGETTO - Traffico Giornaliero Medio Annuo - Anno 2032			
Tratta	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli Totali
Bidirezionale	8240	113	8251

10 anni dopo (2042) l'incremento dei traffici attesi sulla tratta di progetto è di 1.22% per i veicoli leggeri e di 2.12% 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
Leggeri	100.0%	1.6%	-17.5%	8.8%	4.4%	2.2%	1.5%	1.5%	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%
Pesanti	100.0%	4.0%	-12.9%	6.5%	3.2%	1.6%	1.5%	1.5%	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%

	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
Leggeri	100	101.6	83.8	91.2	95.1	97.23	98.69	100.17	101.97	103.80	105.67	107.79	109.94	112.14	114.61	116.67	118.42	119.96	121.40	122.61	123.59	124.21	124.59	124.96	125.08
Pesanti	100	104.0	90.6	95.5	99.6	101.18	102.69	104.23	106.11	108.23	110.40	112.83	115.31	117.84	120.79	123.33	125.55	127.43	129.21	130.76	132.07	133.00	133.66	134.33	134.73

A partire da questi dati si deduce che la crescita media prevista del traffico pesante, all'anno 2042, è del 1,67% su base annua a partire dall'anno 2032.

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

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:

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

dove:

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- 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.

9.2.2 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;
- la scelta dei materiali da impiegare;

RELAZIONE DI TRACCIAMENTO

- 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.9.2.1. Dal calcolo si perviene ad un numero di passaggi dell'asse di riferimento pari a 4.588.437.

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

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 9.1.

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

- 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

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

– 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

•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:

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

dove:

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

VERIFICHE			
	Conglomerato Bituminoso	Misto Granulare	Sottofondo
N_p/N_c inverno	0,0190	0,0000	0,0032
N_p/N_c primavera	0,0357	0,0001	0,0069
N_p/N_c estate	0,1139	0,0602	0,0314
N_p/N_c autunno	0,0463	0,0004	0,0094
N_p/N_c TOT	0,2148	0,0607	0,0509
	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

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.