

**SGC Grosseto Fano (E78).  
Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno) - Selci Lama (E45).  
Adeguamento a 4 corsie del tratto Le Ville - Selci Lama (E45).  
Lotto 7.**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PG 364**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<p><b>IL GEOLOGO</b> <i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>	<p><b>PROGETTISTI SPECIALISTICI</b> <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>PROGETTAZIONE ATI:</b> (Mandataria) <b>GP INGENGERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGENGERIA srl</i></p> <p>(Mandante) <b>cooprogetti</b></p> <p>(Mandante) <b>engeko</b></p> <p>(Mandante) <b>AIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> <i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p>	<p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p><b>L'ARCHEOLOGO</b> <i>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</i> Elenco MIBACT n. 1646</p>	<p><i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p>	<p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b> <i>Ing. Michele Consumini</i></p>	<p><i>Ing. Giovanni Suraci</i> Ordine Ingegneri Provincia di RC n. A2895</p>	<p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p><b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b> <i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p><b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>

**PROGETTO STRADALE**  
Parte generale  
Relazione tecnica stradale

<b>CODICE PROGETTO</b>			<b>NOME FILE</b>			<b>REVISIONE</b>	<b>SCALA</b>
COMP.	PROGETTO	LIV. ANNO N.PROG.	TOOPS00TRARE01C				
DP	LO702G	D2110	T O O P S O O T R A R E O 1			C	-
<b>D</b>							
<b>C</b>	Revisione per Istr. ANAS Prot. CDG.U.0439522 23-05-2024			Giugno '24	Fiume	Signorelli	Guiducci
<b>B</b>	Revisione per Istr. ANAS Prot. CDG.0393000 01-05-2024			Maggio '24	Fiume	Signorelli	Guiducci
<b>A</b>	Emissione			Marzo '24	Fiume	Signorelli	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTERVENTO DI PROGETTO.....</b>	<b>5</b>
3.1. ASSE PRINCIPALE .....	5
3.2. SEZIONI TIPO .....	7
3.2.1. <i>Asse principale</i> .....	7
3.2.2. <i>Svincoli</i> .....	10
3.2.3. <i>Viabilità Secondaria Extraurbana</i> .....	11
3.2.4. <i>Rotatorie</i> .....	14
3.2.5. <i>Viabilità Secondaria – Destinazione Particolare</i> .....	14
3.3. SVINCOLI E INTERSEZIONI.....	16
3.3.1. <i>Svincolo “Le Ville”</i> .....	17
3.3.1.1. <i>Localizzazione delle aree di servizio</i> .....	18
3.3.2. <i>Svincolo “Monterchi”</i> .....	20
3.3.3. <i>Svincolo “Pistrino”</i> .....	22
3.3.4. <i>Svincolo “E45”</i> .....	24
3.4. ELEMENTI GEOMETRICI DEL TRACCIATO.....	26
3.4.1. <i>Verifica delle caratteristiche planimetriche</i> .....	26
3.4.2. <i>Verifica delle caratteristiche altimetriche</i> .....	29
3.5. DIAGRAMMI DI VELOCITÀ.....	31
3.6. PENDENZE TRASVERSALI.....	31
3.7. ALLARGAMENTI PER ISCRIZIONE.....	32
3.8. ELABORAZIONE DEI DATI DI TRAFFICO.....	33
3.9. LE CORSIE DI IMMISSIONE E DI DIVERSIONE .....	34
3.9.1. <i>Metodologia di dimensionamento</i> .....	35
3.9.1.1. <i>Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di immissione 2D (dir. Grosseto)</i> .....	39
3.9.1.2. <i>Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di diversione 2E (dir. Grosseto)</i> .....	40
3.9.1.3. <i>Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di immissione 2B (dir. Fano)</i> .....	41
3.9.1.4. <i>Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di diversione 2A (dir. Fano)</i> .....	43
3.9.1.5. <i>Svincolo 3 “Pistrino” - Rampa di immissione 3D (dir. Grosseto)</i> .....	44
3.9.1.1. <i>Svincolo 3 “Pistrino” - Rampa di immissione 3B (dir. Fano)</i> .....	45
3.9.1.2. <i>Svincolo 3 “Pistrino” - Rampa di diversione 3E (dir. Grosseto)</i> .....	47
3.9.1.4. <i>Svincolo 4 “E45” - Rampa di diversione 4E (dir. Perugia)</i> .....	49
3.9.1.5. <i>Svincolo 4 “E45” - Rampa di diversione 4A (dir. Perugia)</i> .....	50

PROGETTAZIONE ATI:

3.9.1.6.	Svincolo 4 “E45” - Rampa di diversione 4G (E45 dir. SUD) .....	51
3.9.1.7.	Svincolo 4 “E45” - Rampa di immissione 4B (dir. Fano) .....	52
3.9.1.8.	Svincolo 4 “E45” - Rampa di immissione 4F (dir. Perugia ) .....	53
3.9.1.9	Svincolo 4 “E45” - Rampa di immissione 4D (dir. Grosseto) .....	56
3.10.	VERIFICA DELLE DISTANZE DI VISUALE LIBERA .....	58
3.10.1.	Distanza di visibilità per l’arresto .....	58
3.10.2.	Distanza di visibilità per il cambio corsia .....	61
3.11.	TRATTO DI TRANSIZIONE FINE LOTTO .....	63
3.12.	PIAZZOLE DI SOSTA .....	65
3.13.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE DELLE ROTATORIE .....	66
3.14.	VIABILITÀ SECONDARIA .....	68
<b>4.</b>	<b><u>VERIFICHE FUNZIONALI</u></b> .....	<b>69</b>
4.1.1.	Livello di servizio dell’asse principale .....	69
4.1.2.	Il livello di servizio nelle zone di scambio .....	74
4.1.1.	Il livello di servizio in rotatoria .....	85
4.1.2.	Il livello di servizio delle rampe di immissione .....	94
<b>5.</b>	<b><u>DISPOSITIVI DI RITENUTA</u></b> .....	<b>99</b>
5.1.	PREMESSA .....	99
5.2.	SCELTE PROGETTUALI .....	99
<b>6.</b>	<b><u>SEGNALETICA</u></b> .....	<b>102</b>
6.1.	SEGNALETICA VERTICALE .....	102
6.2.	SEGNALETICA ORIZZONTALE .....	103
<b>7.</b>	<b><u>DIFFORMITÀ D.M. 2001 – VIAB. SECONDARIE</u></b> .....	<b>104</b>
7.1.	STRADE EXTRAURBANE CAT. F .....	104
7.2.	MITIGAZIONI .....	104
7.3.	RAMI DI APPROCCIO ALLE ROTATORIE DI PROGETTO .....	104

PROGETTAZIONE ATI:

## 1. PREMESSA

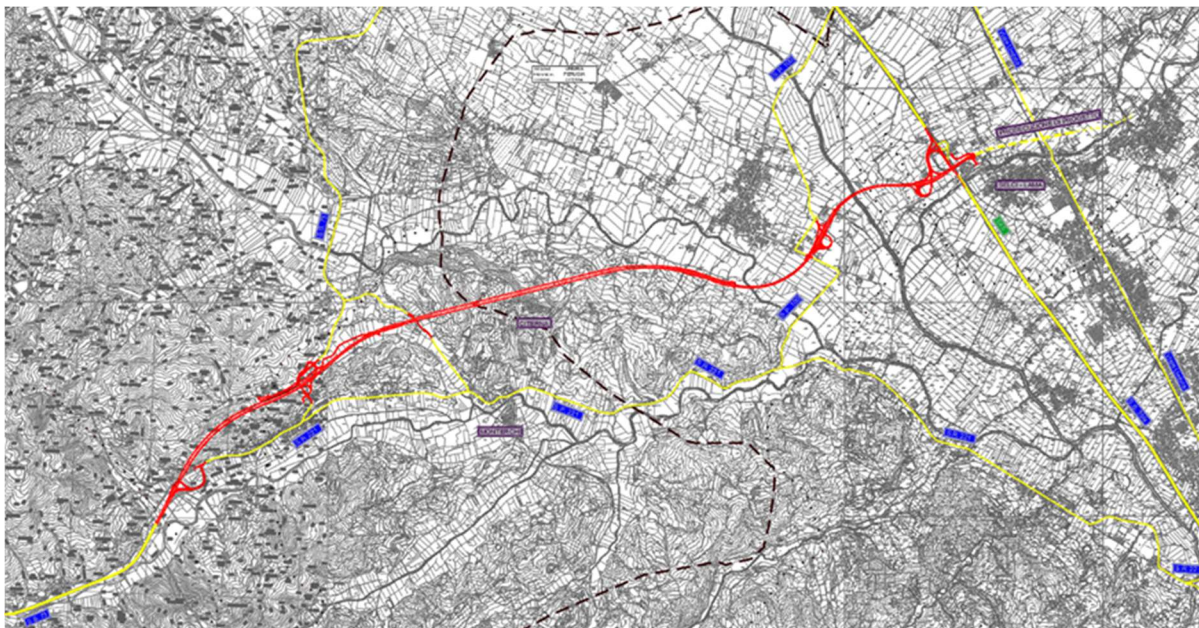


Figura 1-1 Individuazione intervento di progetto.

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una strada cat.B – D.M. 05.11.2001 di sviluppo pari a circa 12,5 km a completamento della “Strada di Grande Comunicazione E78 Grosseto-Fano Due Mari” relativamente al tratto compreso tra Le Ville di Monterchi e Selci - Lama. Il tratto in esame ricade in maggior parte nella Regione Toscana, specificamente nella Provincia e nel Comune di Arezzo mentre nel tratto finale ricade nella Regione Umbria, nello specifico nella provincia di Perugia. Il progetto si inserisce nel quadro di interventi di “completamento e adeguamento a quattro corsie della “S.G.C. Grosseto-Fano”, infrastruttura di collegamento trasversale tra le aree del versante tirrenico dell’Appennino e quelle del versante adriatico.

In tale quadro il progetto può essere considerato come parte funzionale di completamento dell’adeguamento della “Due mari” nell’intero tratto Le Fabbriche – Selci – Lama (E45) realizzando quindi un importante collegamento trasversale con la E45 mediante una strada a carreggiate separate in luogo della S.S.73 esistente la quale presenta in ampi tratti caratteristiche proprie di una strada urbana piuttosto che di un’infrastruttura di collegamento interregionale.

L’itinerario E78 precedentemente descritto fa parte della rete TEN e gli interventi ad essa relativi rientrano nel campo di applicazione del D.lgs. 35/2001, in vigore dal 23/04/2011.

Il progetto è evidenziato in rosso in figura e il suo tracciato inizia ad ovest dello svincolo a livelli sfalsati di “Le Ville” e prosegue per circa 12 km verso est, fino ad intercettare l’asse dell’E45. Il progetto comunica con quest’ultima importante infrastruttura tramite uno svincolo a livelli sfalsati che riorganizza l’esistente svincolo a trombetta. Il progetto termina in località Selci-Lama con una rotonda. Sono previsti due ulteriori svincoli lungo il tracciato, quello in loc. Monterchi e quello di Pistrino entrambi a livelli sfalsati.

L’obiettivo del progetto è quello di potenziare l’itinerario, ad oggi percorribile dagli utenti, al fine di garantire caratteristiche geometriche e funzionali in linea con gli standard del futuro itinerario complessivo.

In tal senso oltre all’adozione di due corsie per senso di marcia e la separazione su carreggiate separate, il tracciato rispetta tutte le normative di riferimento.

PROGETTAZIONE ATI:

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Trattandosi di un nuovo intervento, valgono tutti i riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali dell'infrastruttura di seguito citati:

- DM 05-11-01, n.6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- DM 19-04-2006, “Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- D.Lgs. 30-04-1992, n. 285 e s.m.i.: “Nuovo Codice della Strada”;
- D.P.R. 16-12-1992 n. 495 e s.m.i.: “Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada”;
- DM 05-11-2001, n. 6792 e s.m.i.: n. 6792: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, aggiornato dal DM 22-04-04 che rende le citate norme di riferimento per gli adeguamenti delle strade esistenti;
- DM 18-02-1992, n. 223: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”, così come recentemente aggiornato dal DM 21/06/04: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- DM 05-06-01, G.U. n.217: “Sicurezza nelle Gallerie Stradali”;
- DM 28-06-2011 “Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”, pubblicato sulla G.U. n. 233 del 06-10-2011;
- D.M. 01/04/2019 sui "Dispositivi di sicurezza per i motociclisti" (DSM).
- Circolare del Ministero dei Trasporti n. 62032 del 21/07/2010 “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”,
- D.Lgs. 15/03/2011 n. 35: “Attuazione della direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture” e s.m.i.;
- D.M. 02/05/2012: “Linee guida per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell'art. 8 del D.Lgs. 35/11”;
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni ";
- D.M 28/02/2018:” Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica”.

E tutte le altre normative vigenti di settore.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3. INTERVENTO DI PROGETTO

#### 3.1. ASSE PRINCIPALE

L'andamento planimetrico delle due carreggiate che costituiscono l'asse principale è riportato in allegato negli elaborati. Per quanto riguarda la sezione tipo, entrambe le carreggiate risultano separate da uno spartitraffico minimo di 2,50 m e presentano due corsie larghe 3,75 m, una banchina in destra da 1,75 m e una banchina in sinistra da 0,5 m in accordo con le indicazioni del D.M. 05.11.2001 per strade extraurbane principali "cat. B" L'intervallo di velocità<sup>1</sup> è 70-120km/h.

Il tracciato principale ha inizio nel Comune di Anghiari (Toscana) in prossimità della località Bagnaia situata circa 2 km a Sud Ovest di Le Ville.

La E78 esistente (caratterizzata da una sezione a doppia carreggiata) in questa zona subisce una restrizione di larghezza (ad una corsia per senso di marcia) per raccordarsi al tracciato storico della S.S.73 (E78) che attraversa il centro abitato di Le Ville e poi si dirama in direzione nord verso San Sepolcro.

Il nuovo tracciato, superato lo svincolo di progetto Le Ville (SV.1), prosegue tramite un flesso planimetrico (raggi  $R(1) = 1700\text{m}$  e  $R(2) = 2000\text{m}$ ) in direzione Nord, sovrappassando la S.S.73 mediante il Viadotto "le Ville" ed attraversando il colle Poggiolo con la galleria naturale "Le Ville", di lunghezza pari a circa 1200 m, per svilupparsi così nella valle del Centena. Nel tratto in galleria, dal km 1+600 circa il tracciato ricade nel Comune di Monterchi (Toscana) e con una curva destrorsa ( $R(3) = 1750\text{m}$ ) si allinea in direzione Nord Est.

Al km 3 è previsto il secondo svincolo di progetto denominato "Monterchi" (SV.2); tale svincolo, caratterizzato da uno schema a quadrifoglio parziale, connette la nuova infrastruttura con la SS73 esistente con due rotatorie di diametro esterno pari a 40m.

Sino al km 4+800, ovvero sino all'imbocco Ovest della galleria "Citerna", il tracciato si sviluppa pressoché in rilevato di modesta altezza, in modo da aderire il più possibile al terreno esistente limitando così l'impatto paesaggistico.

In prossimità dell'imbocco Ovest della galleria "Citerna" vi è il passaggio tra il tracciato ricadente nella Regione Toscana e quello nella Regione Umbria, in particolare nel Comune di Citerna.

Il tracciato in galleria (2800m fra galleria naturale e artificiale) si sviluppa per quasi tutto il tratto in rettilineo sino al km 6+800 circa, dove presenta una curva oraria di raggio 2300m al piede del monte Rotondo e del monte Bello al lato della piana del torrente Sovara.

Una volta attraversato il torrente Sovara, il tracciato curva in sinistra ( $R(5) = 940\text{m}$ ), allineandosi in direzione Nord Ovest attraversando la piana del Tevere. Dalla progressiva 8+700 si prevede di realizzare l'infrastruttura in viadotto ("Fontepaglia") per 1200m circa.

Al km 10+000 circa, a metà del flesso planimetrico fra  $R(5)$  e  $R(6)=835\text{m}$ , è previsto l'inserimento del terzo svincolo (SV.3) denominato "Pistrino"; tale svincolo collega la nuova infrastruttura alla S.P. 100 esistente attraverso uno schema a "trombetta". Da questo tratto in poi il tracciato si sviluppa nei territori dei Comuni di Città di Castello e di San Giustino.

Dal km 10+500 al km 11+600 circa il tracciato si sviluppa in viadotto per attraversare il fiume "Tevere". La scelta di prevedere il lungo viadotto è dovuta alla necessità di garantire la maggiore permeabilità idraulica possibile al territorio, nelle aree ricadenti nella fascia B di esondazione del fiume Tevere.

Il tracciato prosegue con l'ultima curva oraria  $R(7)=800\text{m}$  e termina con un rettilineo di lunghezza 315m circa.

<sup>1</sup> Con il termine "intervallo di velocità di progetto" si intende il campo dei valori in base ai quali devono essere definite le caratteristiche dei vari elementi di tracciato della strada (rettilineo, curve circolari, curve a raggio variabile).

Il limite superiore dell'intervallo è la velocità di riferimento per la progettazione degli elementi meno vincolanti del tracciato, date le caratteristiche di sezione della strada. Essa è comunque almeno pari alla velocità massima di utenza consentita dal Codice per i diversi tipi di strada (limiti generali di velocità). Il limite inferiore dell'intervallo è la velocità di riferimento per la progettazione degli elementi planimetrici più vincolanti per una strada di assegnata sezione.

PROGETTAZIONE ATI:

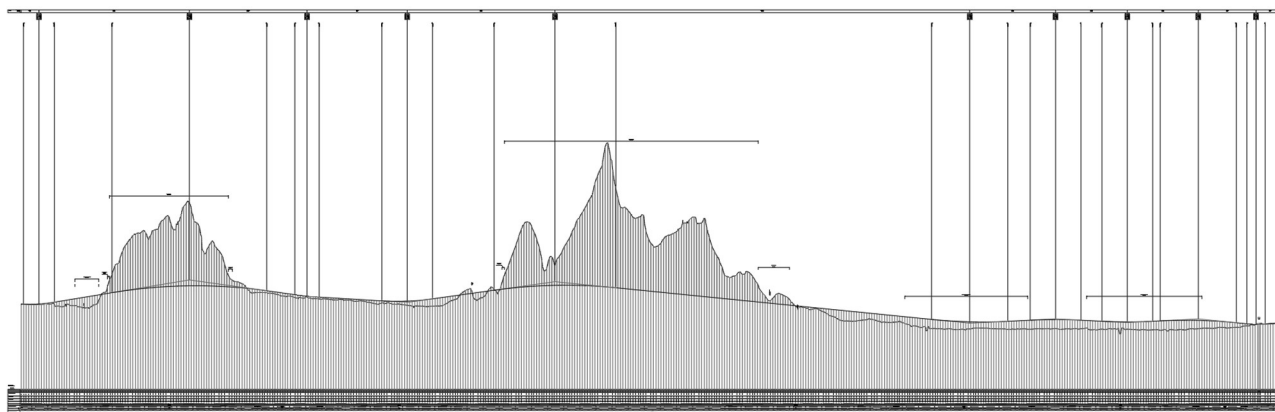
Al km 12+200 circa l'asse di progetto interseca le E45 esistente sottopassandola sfruttando il viadotto esistente lungo la E45; per l'intersezione con questa importante infrastruttura è previsto l'adeguamento dello svincolo esistente di "Selci/Lama".

Subito dopo il nuovo svincolo con la E45 è previsto un breve tratto in rilevato a valle del quale verrà realizzata una nuova intersezione rotatoria in luogo dell'intersezione a raso con isole divisionali esistente. Tale rotatoria rappresenta il limite finale dell'intervento in oggetto e l'inizio dell'intervento "PG365 - Salita di Parnacciano" il quale permette di raggiungere l'imbocco sud già esistente della galleria della Guinza mediante una nuova infrastruttura con piattaforma stradale C1 - D.M.5.11.2001.

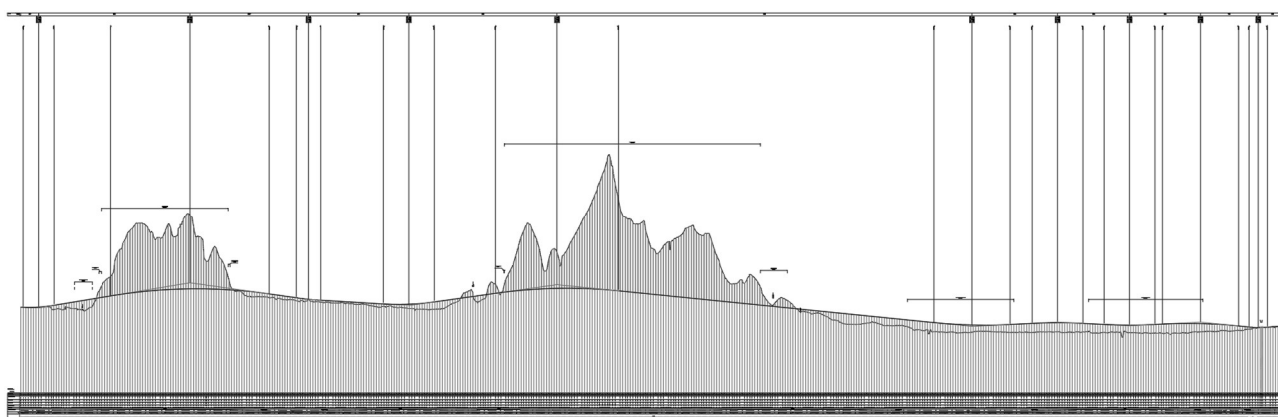
L'inserimento di una nuova infrastruttura a doppia carreggiata in un contesto appenninico come quello in cui è inserita l'opera fino al km 8, il soddisfacimento della normativa stradale e i numerosi vincoli presenti (idraulici, ambientali e urbanistici) ha richiesto la realizzazione di opere maggiori di notevole sviluppo.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato è composto da livellette e raccordi verticali convessi e concavi, i cui valori risultano compatibili con i valori normativi minimi.

Il valore massimo delle pendenze sulle livellette è pari al 1.4% mentre i raggi minimi verticali sono pari a 50'000 m per i raccordi concavi e 10'000 m per i raccordi convessi.



**Figura 3-1-Profilo altimetrico carreggiata direzione Fano**



**Figura 3-2 - Profilo altimetrico carreggiata direzione Grosseto**

PROGETTAZIONE ATI:

## 3.2. SEZIONI TIPO

### 3.2.1. ASSE PRINCIPALE

La sezione tipo adottata per l'asse principale è in conformità alla Categoria B - Strada Extraurbana Principale del D.M.05.11.2001, con due corsie di 3,75 m per senso di marcia, banchine in destra di 1,75 m e banchine in sinistra di 0,50 m con larghezza totale di piattaforma pavimentata di 22,00 m. La pendenza trasversale della piattaforma è pari al 2,5% in rettilineo mentre in curva si raggiunge in alcuni casi la pendenza massima consentita dalla normativa del 7,0 %.

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano il valore corrente della carreggiata: in alcuni punti del tracciato, infatti, la composizione plano-altimetrica dell'asse è tale per cui non sono garantite le visuali libere per l'arresto rendendo necessaria la realizzazione di allargamenti della sede stradale o arretramento degli elementi marginali al fine di garantire le corrette visuali libere e la corretta percezione visiva del tracciato.

Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

In presenza di piazzola di sosta si prevede l'allargamento della piattaforma di 3,50 m oltre la banchina. Planimetricamente le piazzole sono previste con una distanza massima di circa 1000 m per senso di marcia e presentano uno sviluppo pari a 65 m di cui 25 m a larghezza costante e 2x20 m a larghezza variabile di raccordo alla piattaforma tipo.

In rilevato l'elemento marginale esterno è costituito da un arginello di larghezza 1.85 m, all'interno del quale è prevista l'installazione della barriera di sicurezza di tipo metallico, H2/W6 di tipo ANAS. La delimitazione dell'arginello dalla piattaforma stradale è realizzata mediante un cordolo prefabbricato 15x25 di altezza 7 cm dal piano viario.

La preparazione del piano di posa del rilevato stradale viene realizzato attraverso uno scotico di profondità pari a 20 cm: il materiale scavato verrà sostituito con materiale da cava.

Il rilevato, essendo realizzato con materiale idoneo proveniente dagli scavi o se non disponibile dalle cave di prestito, verrà profilato con scarpate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello e sostituito da misto granulare non legato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

Lo smaltimento acque è previsto con sistema chiuso, ovvero mediante canalette prefabbricate rettangolari ubicate all'interno dell'arginello e/o spartitraffico intervallate da pozzetti di ispezione.

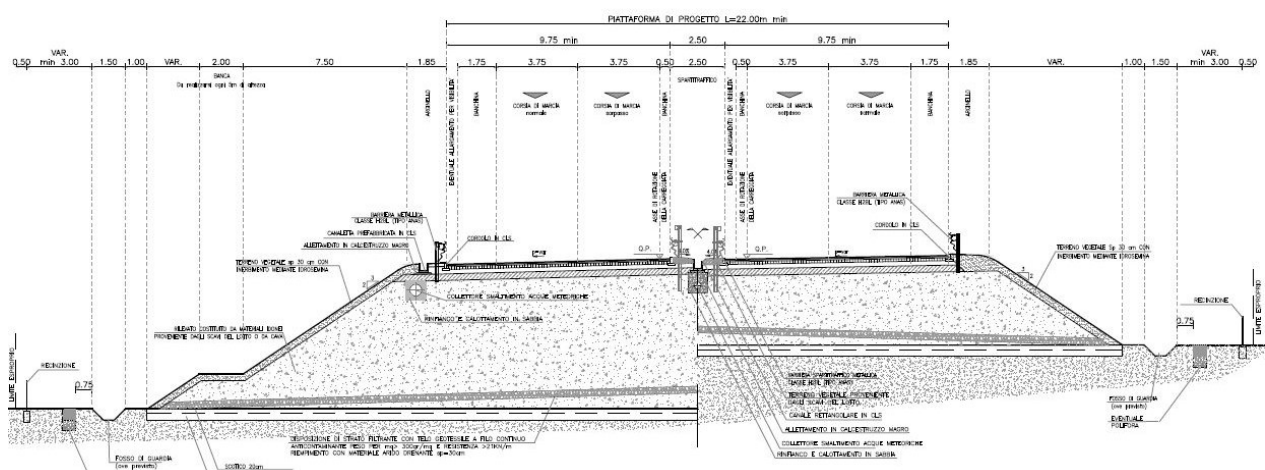


Figura 3-3 – sezione tipo in rilevato

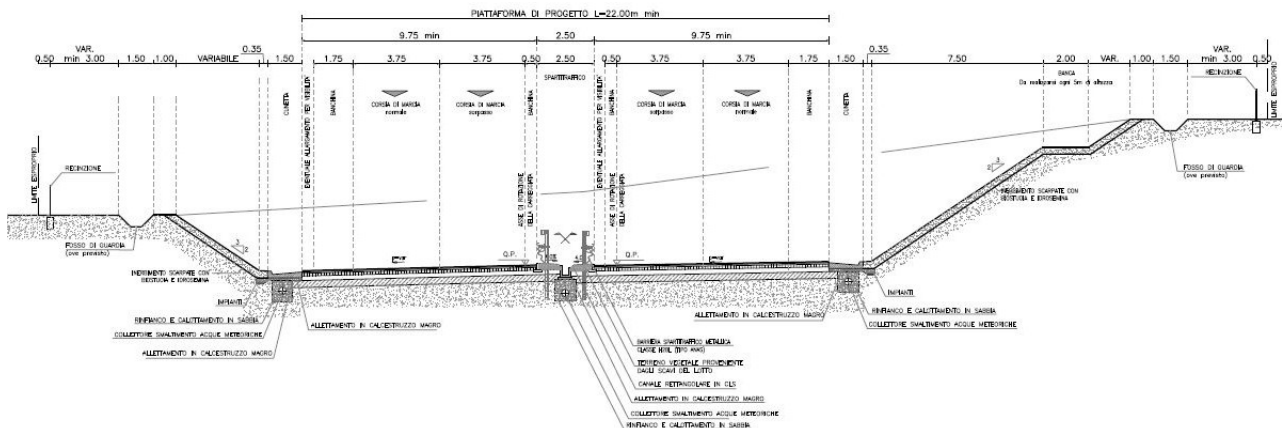
PROGETTAZIONE ATI:



I tratti in trincea sono scavati con pendenza delle scarpate al 2/3 con banche di larghezza 2 metri inserite ogni 5 m di altezza. Le scarpate sono rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina.

Ai margini esterni della piattaforma stradale è previsto l'inserimento della cunetta di raccolta delle acque meteoriche di 150 cm, convogliate al recapito finale mediante collettori posti in asse alla canaletta stessa. In testa alla scarpata viene realizzato un fosso di guardia rivestito di larghezza 150 cm a protezione del tratto stradale in trincea.

Il fondo dello scavo verrà rullato e compattato fino a raggiungere il grado di portanza idoneo al piano di posa della pavimentazione stradale.



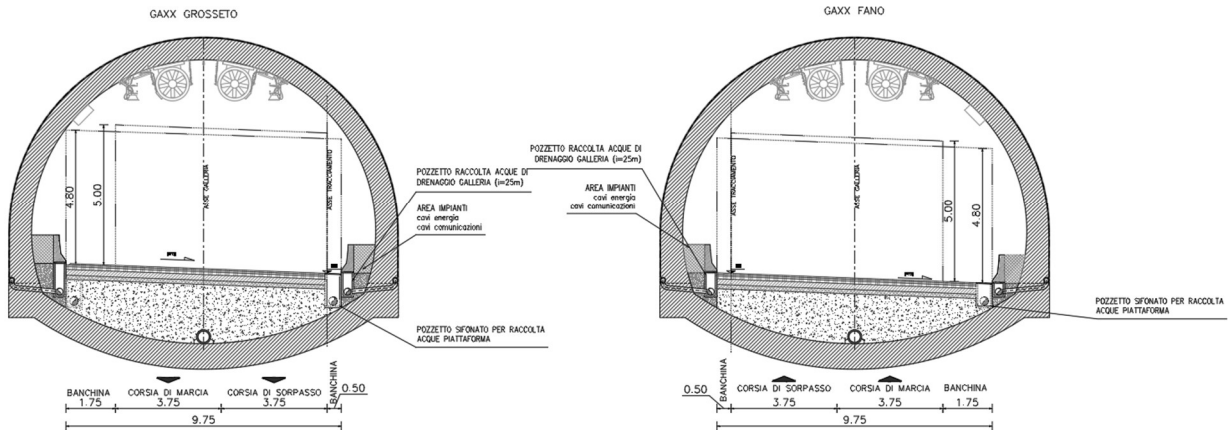
**Figura 3-4 – sezione tipo in trincea**

Sia per i tratti in trincea che per quelli in rilevato l'elemento marginale interno ha una larghezza minima di 2,50 m ed è costituito da terreno vegetale opportunamente modellato per lo smaltimento delle acque; inoltre nello spartitraffico verranno installati i dispositivi di ritenuta di classe H3/W5 tipo ANAS con DSM per la separazione delle carreggiate.

Il pacchetto di pavimentazione previsto per l'Asse Principale e la Rampe di svincolo è costituito da:

- un tappeto di usura drenante-fonoassorbente in C.B. modificato hard. di 4 cm,
- uno strato di collegamento in bitume T.Q. di 6 cm,
- uno strato di base in bitume T.Q. di 20 cm,
- uno strato di fondazione in misto cementato di 20cm,
- una fondazione da 20 cm in M.G.N.L.

La sezione in galleria presenta una piattaforma stradale larga 9,75 m con due corsie di marcia da 3,75 m ciascuna fiancheggiate da una banchina in destra di 1,75 m ed una banchina in sinistra di 0,5m. Su entrambi i lati è previsto un elemento marginale per consentire la collocazione del profilo redirettivo prefabbricato (new jersey), dei canali per il passaggio cavi e/o tubazioni. Sono garantiti i franchi minimi richiesti nel D.M. 05.11.2001, ovvero l'altezza libera, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della piattaforma non risulta mai inferiore a 5,00 metri in corrispondenza della carreggiata e a 4,80 metri in corrispondenza delle banchine. All'interno della banchina è prevista la disposizione pozzetti con griglia carrabile per il drenaggio delle acque di piattaforma. I sistemi di illuminazione ed di ventilazione sono installati sull'intradosso della soletta superiore, ad un'altezza dal piano stradale tale da garantire i franchi minimi richiesti dalla normativa.

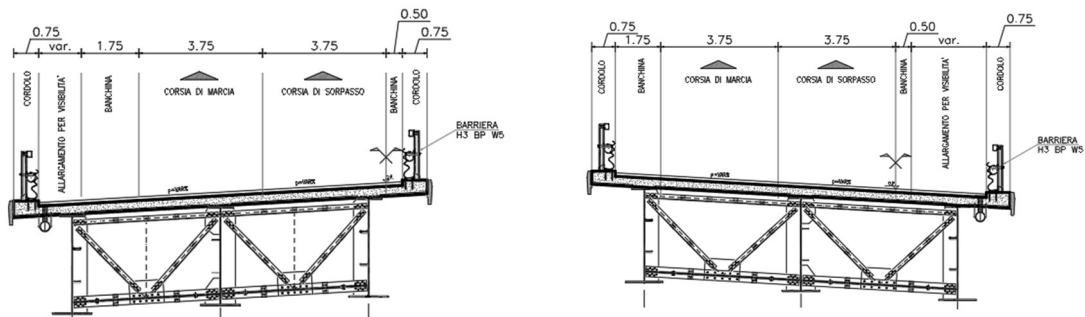


**Figura 3-5 – sezione tipo galleria**

In viadotto la piattaforma stradale conserva le larghezze delle corsie e delle banchine caratteristiche del tipo di strada in progetto con l'aggiunta nei tratti in curva degli adeguati allargamenti della banchina per garantire le corrette visuali libere.

A margine della banchina è inserito un cordolo di larghezza pari a 75 cm sul quale è installata la barriera di sicurezza metallica classe H3 con DSM. Il sistema di raccolte acque è composto da griglie con scarico puntuale in corrispondenza delle pile.

Gli strati della pavimentazione stradale sono costituiti dallo strato di usura e dallo strato di collegamento al di sotto del quale viene realizzata l'impermeabilizzazione.



**Figura 3-6 – sezione tipo viadotto**

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.2.2. SVINCOLI

Le intersezioni a livelli sfalsati presentano:

- rampe monodirezionali di larghezza complessiva pari a 6,00 m, con una corsia di 4,00 m e banchina di 1,50 m in destra e 1,00 in sinistra;
- rampe bidirezionali di larghezza totale pari a 10,00 m con corsie di 3,50 m ciascuna e banchine laterali da 1,50 m;
- corsie di decelerazione (uscita) e accelerazione (entrata) di 3,75 m ciascuna.

In rilevato l'elemento marginale è costituito da un arginello di larghezza 1.85 m, all'interno del quale è prevista l'installazione della barriera di sicurezza di tipo metallico, H2/W6 tipo ANAS munita di DSM. La delimitazione dell'arginello dalla piattaforma stradale è realizzata mediante un cordolo prefabbricato 15x25 di altezza 7 cm dal piano viario. La preparazione del piano di posa del rilevato stradale viene realizzato attraverso uno scotico di profondità pari a 20 cm: il materiale scavato verrà sostituito con materiale da cava.

Il rilevato, essendo realizzato con materiale idoneo proveniente dagli scavi o se non disponibile dalle cave di prestito, verrà profilato con scarpate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello e sostituito da misto granulare non legato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

Lo smaltimento acque è previsto con sistema aperto, ovvero mediante canalette di tipo "embrice" ubicate lungo le scarpate e che convogliano le acque di piattaforma all'interno di fossi di guarda rivestiti posti al piede del rilevato.

I tratti in trincea sono scavati con pendenza delle scarpate al 2/3 con banche di larghezza 2 metri inserite ogni 5 m di altezza. Le scarpate sono rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina.

Ai margini della piattaforma stradale è previsto l'inserimento della cunetta di raccolta delle acque meteoriche di 100 cm, convogliate al recapito finale mediante collettori posti in asse alla canaletta stessa. In testa alla scarpata viene realizzato un fosso di guardia rivestito di larghezza 150 cm a protezione del tratto stradale in trincea.

Il fondo dello scavo verrà rullato e compattato fino a raggiungere il grado di portanza idoneo al piano di posa della pavimentazione stradale.

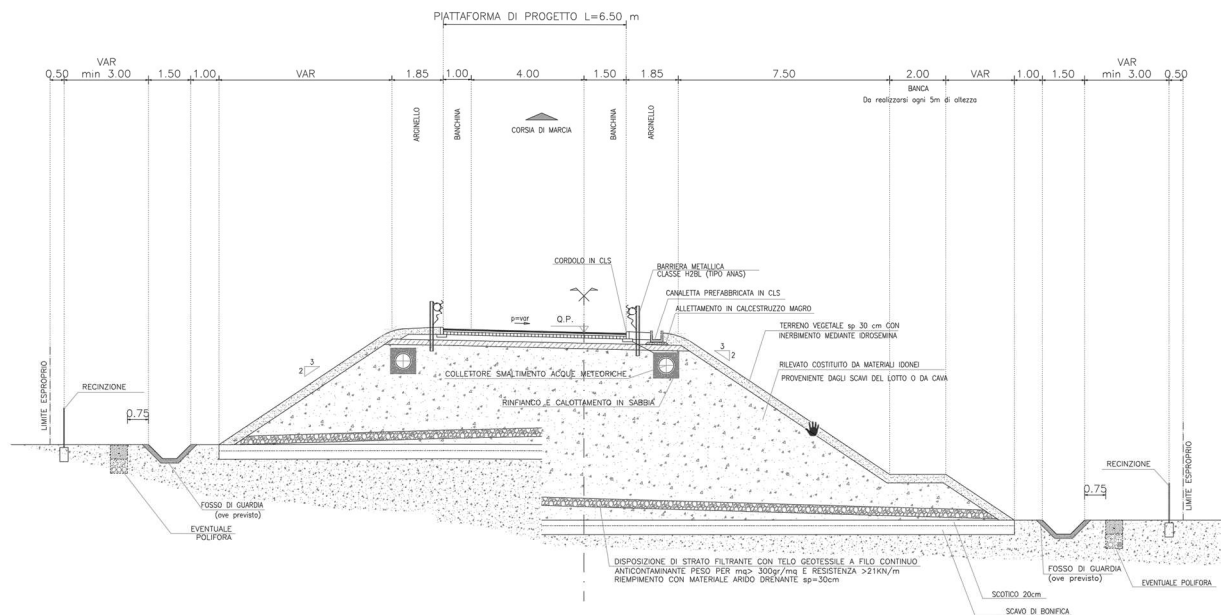
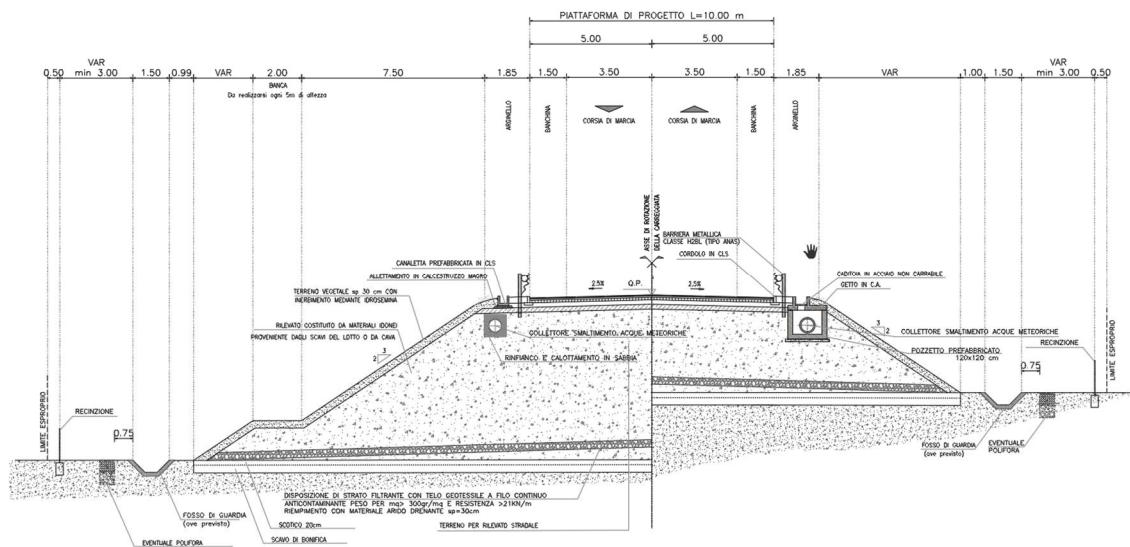


Figura 3-7 – sezione tipo rampa monodirezionale

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 3-8 – sezione tipo rampa bidirezionale**

In viadotto la piattaforma stradale conserva le larghezze delle corsie e delle banchine caratteristiche del tipo di strada in progetto con l'aggiunta nei tratti in curva degli adeguati allargamenti della banchina per garantire le corrette visuali libere.

A margine della banchina è inserito un cordolo di larghezza pari a 75 cm sul quale è installata la barriera di sicurezza metallica classe H3 con DSM. Il sistema di raccolte acque è composto da griglie con scarico puntuale in corrispondenza delle pile.

Gli strati della pavimentazione stradale sono costituiti dallo strato di usura e dallo strato di collegamento al di sotto del quale viene realizzata l'impermeabilizzazione.

### 3.2.3. VIABILITÀ SECONDARIA EXTRAURBANA

La sezione tipo adottata per le deviazioni delle strade esistenti o per i rami d'approccio alle rotatorie si sono previste le seguenti categorie di strade in conformità del D.M.05.11.2001:

- categoria F2 - Strada Extraurbana Locale, con due corsie di 3,25 m ciascuna e banchine di 1,00 m in sinistra e destra con larghezza totale di piattaforma pavimentata di 8,50 m (Es.S.P.42 -VS.02);
- categoria F1 - Strada Extraurbana Locale, con due corsie di 3,5 m ciascuna e banchine di 1,00 m in sinistra e destra con larghezza totale di piattaforma pavimentata di 9,0 m (Es. Ramo 4B - via Gonzaga);
- categoria C2 - Strada Extraurbana secondarie, con due corsie di 3,5 m ciascuna e banchine di 1,25 m in sinistra e destra con larghezza totale di piattaforma pavimentata di 9,50 m (Es. Ramo 1A - SS73 Ovest).

Le successive caratteristiche sono previste per tutte le viabilità secondarie con cat. F e C.

La pendenza trasversale della piattaforma è prevista pari al 2,5% in rettilineo, mentre in curva si raggiunge la pendenza massima consentita dalla normativa del 7,0 % lungo gran parte delle curve dell'asse stradale.

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano il valore corrente della carreggiata: in alcuni punti del tracciato, infatti, la composizione plano-altimetrica dell'asse è tale per cui non sono garantite le visuali libere per l'arresto rendendo necessaria la

PROGETTAZIONE ATI:

realizzazione di allargamenti della sede stradale o arretramento degli elementi marginali al fine di garantire le corrette visuali libere e la corretta percezione visiva del tracciato.

Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

In rilevato l'elemento marginale è costituito da una arginello di larghezza 1.50 metri, all'interno del quale è prevista l'installazione della barriera di sicurezza di tipo metallico, H1 munita di DSM ove necessario. La delimitazione dell'arginello dalla piattaforma stradale è realizzata mediante un cordolo prefabbricato 15x25 di altezza 7 cm dal piano viario.

La preparazione del piano di posa del rilevato stradale viene realizzato attraverso uno scotico di profondità pari a 20 cm: il materiale scavato verrà sostituito con materiale da cava.

Il rilevato, essendo realizzato con materiale idoneo proveniente dagli scavi o se non disponibile dalle cave di prestito, verrà profilato con scarpate con pendenza 2/3, con strato di vegetale di spessore medio 30 cm inerbito mediante idrosemina, che si rastrema in corrispondenza dell'arginello e sostituito da misto granulare non legato, al fine di garantire la corretta infissione della barriera in un materiale che ne permetta il corretto funzionamento in caso di urto.

Lo smaltimento acque è previsto con sistema aperto, ovvero mediante canalette di tipo "embrice" ubicate lungo le scarpate e che convogliano le acque di piattaforma all'interno di fossi di guarda rivestiti posti al piede del rilevato.

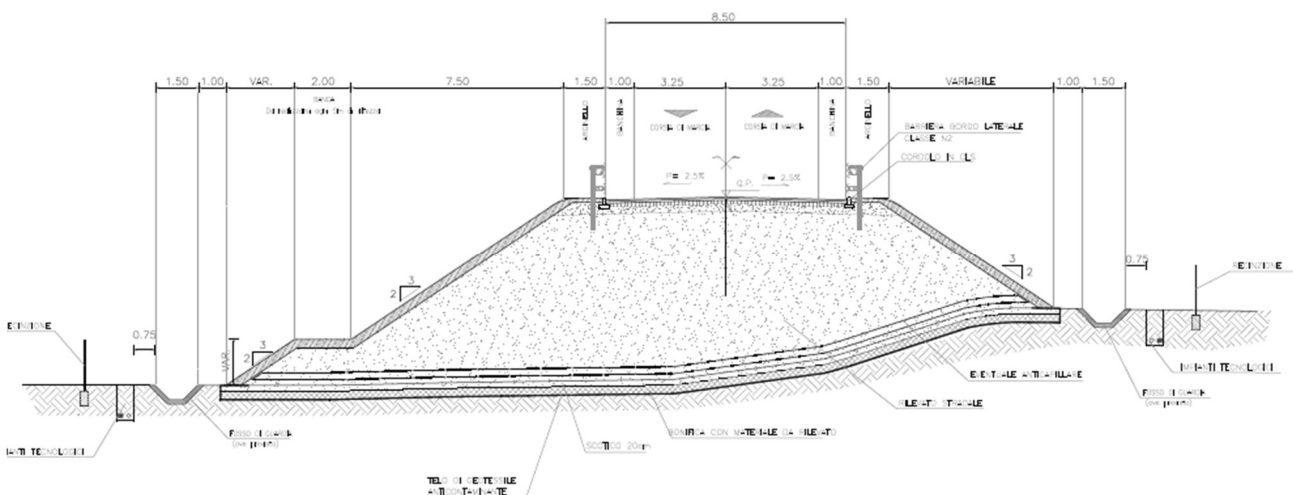


Figura 3-9 – sezione tipo in rilevato

I tratti in trincea sono scavati con pendenza delle scarpate al 2/3 con banche di larghezza 2 metri inserite ogni 5 m di altezza. Le scarpate sono rivestite con uno strato di vegetale di 30 cm ed inerbite con idrosemina.

Ai margini della piattaforma stradale è previsto l'inserimento della cunetta di raccolta delle acque meteoriche di 100 cm, convogliate al recapito finale mediante collettori posti in asse alla canaletta stessa. In testa alla scarpata viene realizzato un fosso di guarda rivestito di larghezza 150 cm a protezione del tratto stradale in trincea.

Il fondo dello scavo verrà rullato e compattato fino a raggiungere il grado di portanza idoneo al piano di posa della pavimentazione stradale.

PROGETTAZIONE ATI:

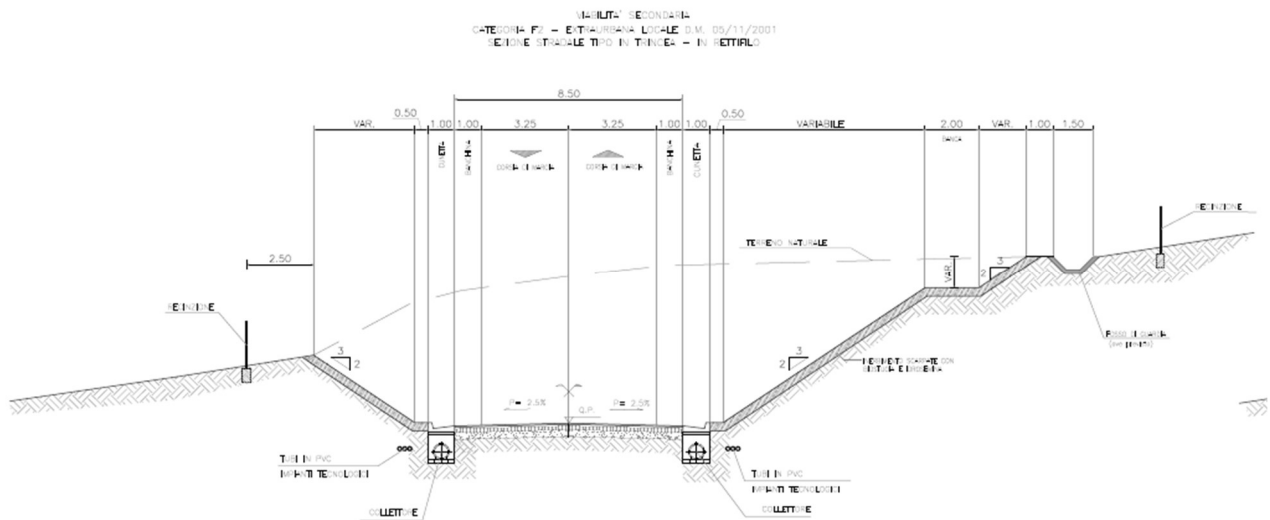


Figura 3-10 – sezione tipo in trincea

In **viadotto** la piattaforma stradale conserva le larghezze delle corsie e delle banchine caratteristiche del tipo di strada in progetto con l'aggiunta nei tratti in curva degli adeguati allargamenti della banchina per garantire le corrette visuali libere.

A margine della banchina è inserito un cordolo di larghezza pari a 75 cm sul quale è installata la barriera di sicurezza metallica classe H2 con DSM. Il sistema di raccolte acque è composto da griglie con scarico puntuale in corrispondenza delle pile.

Gli strati della pavimentazione stradale sono costituiti dallo strato di usura e dallo strato di collegamento al di sotto del quale viene realizzata l'impermeabilizzazione.

Per queste strade (cat. C e F) il **pacchetto di pavimentazione** è costituito da un tappeto di usura chiusa in C.B. modificato hard. di 4 cm, uno strato di collegamento in bitume T.Q. di 6 cm, uno strato di base in bitume T.Q. di 15 cm ed una fondazione da 30 cm in M.G.N.L.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.2.4. ROTATORIE

Per le nuove rotatorie si prevede un anello giratorio di larghezza 6,00÷ 9,00m, banchina esterna da 1,00m ed una banchina interna da 1,00m. Si prevedono inoltre all'esterno della rotatoria gli stessi elementi marginali e scarpata previste nei rami in ingresso.

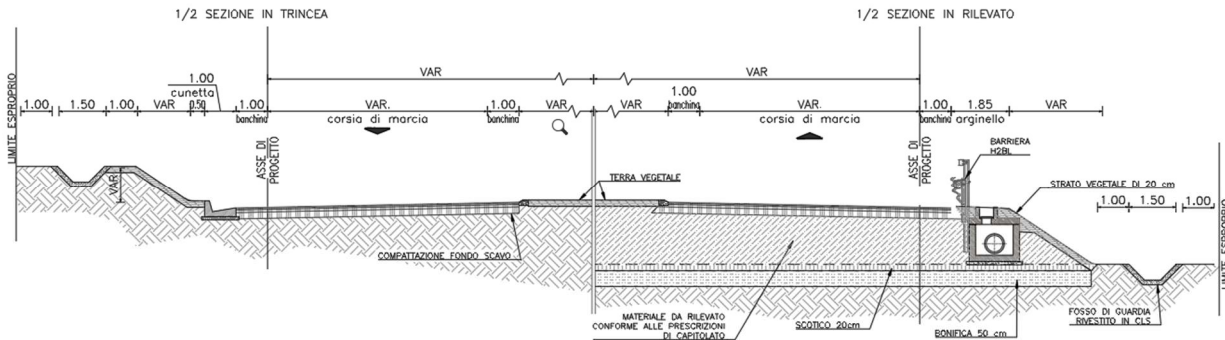


Figura 3-11 – sezione tipo rotatoria

Per questi assi il pacchetto di pavimentazione è costituito da un tappeto di usura in C.B. modificato hard. di 4 cm, uno strato di collegamento in bitume T.Q. di 6 cm, uno strato di base in bitume T.Q. di 15 cm ed una fondazione da 30 cm in M.G.N.L.

### 3.2.5. VIABILITÀ SECONDARIA – DESTINAZIONE PARTICOLARE

Per le strade a destinazione particolare cui si demanda la funzione di accesso a fondi agricoli o a proprietà private è stata prevista una sezione stradale con una larghezza di pavimentato pari a 4 m o 6m. Per questa tipologia di strade il pacchetto di pavimentazione è costituito da un tappeto di usura in bitume T.Q. di 4 cm, uno strato di collegamento in bitume T.Q. di 6 cm ed una fondazione da 20 cm in M.G.N.L. L'elemento marginale è costituito da:

- un arginello da 1 m a raso in cui è prevista l'installazione di dispositivi di ritenuta stradale cui segue il rilevato stradale con pendenza 2/3 per i tratti in rilevato;
- una cunetta alla francese da 80 cm cui segue la scarpata con pendenza 2/3 per i tratti in trincea.

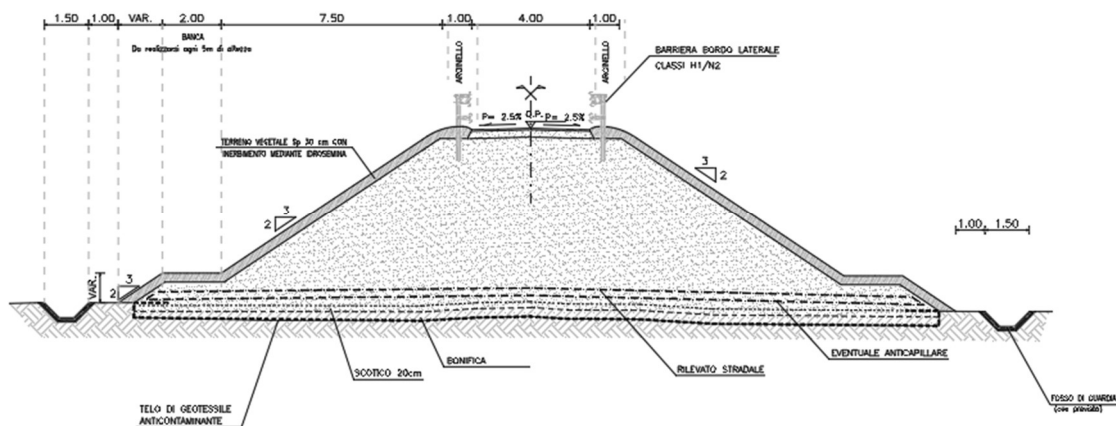


Figura 3-12 – sezione tipo strade a destinazione particolare in rilevato

PROGETTAZIONE ATI:

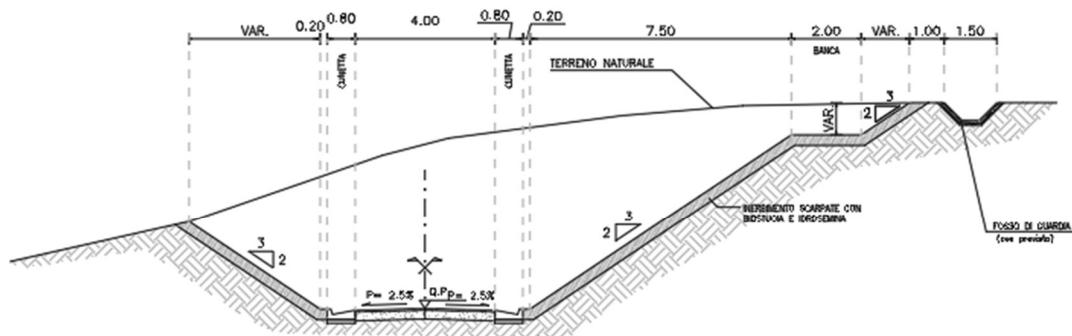


Figura 3-13 – sezione tipo strade a destinazione particolare in trincea

PROGETTAZIONE ATI:



### 3.3. SVINCOLI E INTERSEZIONI

La progettazione delle interconnessioni fra l'intervento in progetto e la rete viabilistica esistente è stata eseguita in accordo alle indicazioni normative previste dal D.M.19.04.2006.

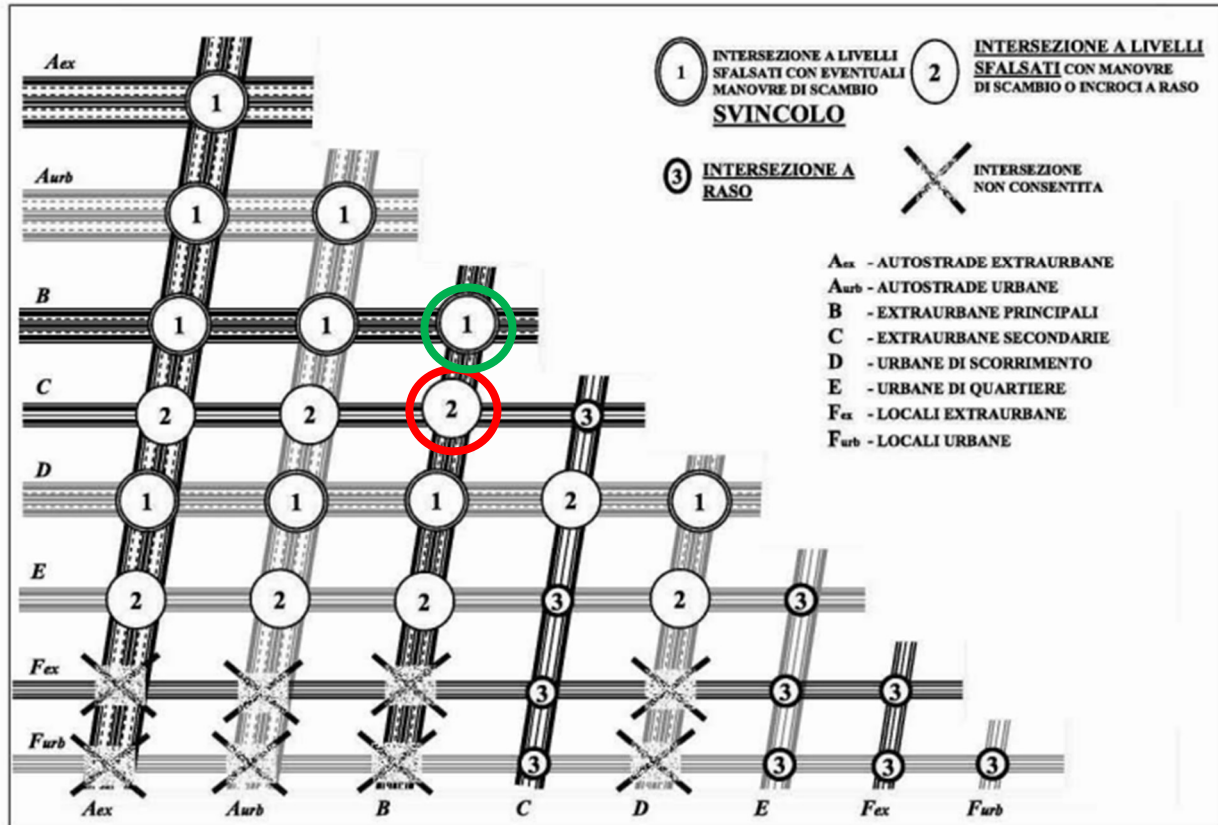


Figura 3-14: Organizzazione delle reti stradali e definizione delle intersezioni ammesse (come livelli minimi) DM2006

Svincolo 1 "Le Ville"	Intersezione <b>Tipo 2</b> a livelli sfalsati
Svincolo 2 "Monterchi"	Intersezione <b>Tipo 2</b> a livelli sfalsati con manovre di scambio attraverso Rotatoria 2I e Rotatoria 2H
Svincolo 3 "Pistrino"	Intersezione <b>Tipo 2</b> a livelli sfalsati con manovre di scambio attraverso Rotatoria 3F
Svincolo 4 "E45"	Intersezione <b>Tipo 1</b> a livelli sfalsati
Intersezioni Terminale Selci Lama <sup>(2)</sup>	Il nodo andrà descritto e trattato come un collegamento provvisorio in attesa del futuro raddoppio della E78 del lotto successivo "PG365 – Salita di Parnacciano

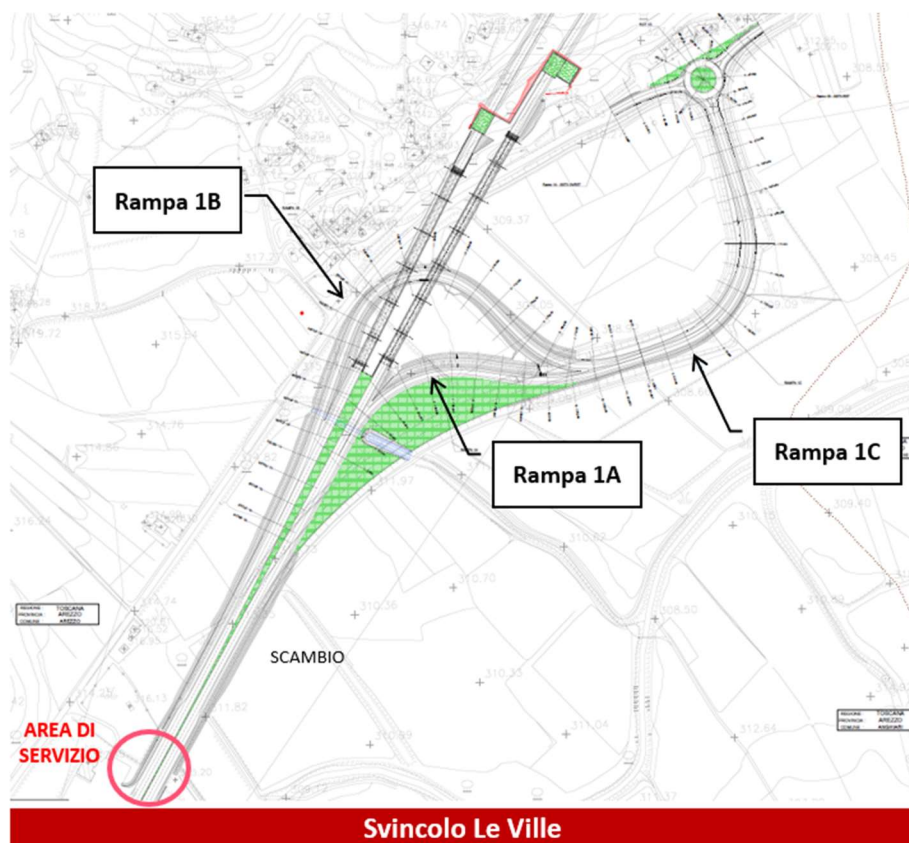
Tabella 3-1: Classificazione intersezioni di progetto

<sup>2</sup> L'intersezione di fine lotto è trattata nello specifico paragrafo della relazione

### 3.3.1. SVINCOLO “LE VILLE”

Lo svincolo “Le Ville” è uno svincolo di nuova realizzazione e consente il collegamento fra la E78 in progetto e la SS73 esistente.

La configurazione di questo nuovo svincolo prevede un’intersezione a livelli sfalsati “parziale” data la presenza di una rampa d’uscita dir. Fano e di una rampa d’entrata dir. Grosseto. Queste rampe confluiscono in una rampa bidirezionale che interseca l’asse della S.S. 73 in corrispondenza di una rotatoria (di progetto) di diametro 40m a tre bracci, essa sostituisce la intersezione a raso esistente .



Le rampe 1A e 1B non presentano tratti di manovra e di raccordo in quanto le corsie specializzate, data la presenza delle aree di servizio esistenti, le corsie specializzate sono assimilabili a delle zone di scambio.

La mancanza di due delle quattro manovre richieste dallo svincolo è giustificata dalla prossimità degli imbocchi della Galleria “le Ville”.

Figura 3-15: Svincolo Le Ville

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche delle rampe costituenti lo svincolo in esame.

Rampa	Tipo	R plan min (m)	Pendenza max long. (%)	Racc. vert. concavo min (m)	Racc. vert. convesso min (m)	V <sub>p</sub> (km/h) <sup>3</sup>
Uscita dir.Fano – Rampa 1A	Diretta monodirezionale	120.00	-2.76	-	6000	40 ÷ 60
Ingresso dir.Grosseto – Rampa 1B	Diretta monodirezionale	75.00	5.00	1000	2000	40 ÷ 60
Bidirezionale - Rampa 1C	bidirezionale	110.00	0.65	250	-	30 <sup>2</sup> ÷ 60

Rotatoria	Diametro esterno (m)	Larghezza corona circolare (m)	N° bracci	Banchina sinistra (m)	Banchina destra (m)	Pendenza trasversale (%)
Rotatoria 1D	40	6	3	1.00	1.00	2

Tabella 3-2

<sup>3</sup> Il limite di 30 km/h difforme dal D.M. 19/04/2006 deriva dal fatto che gli assi afferiscono alle rotatorie. Per la visualizzazione dei diagrammi di velocità si rimanda ai profili e ai diagrammi di visibilità.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.3.1.1. Localizzazione delle aree di servizio

Le disposizioni riguardo la localizzazione dei distributori di carburante sono dettate dal Quaderno tecnico ANAS 2023.

Nel caso in cui gli accessi all'Area di Servizio siano localizzati a monte/valle di un punto singolare dell'infrastruttura la distanza tra la sezione di inizio della corsia di ingresso o la sezione di fine della corsia d'uscita dall'area di Servizio non può essere inferiore ai valori di Lmin indicati nella successiva Tabella (valori distinti se l'AdS è "Nuova" o l'AdS è "Esistente" per i casi di rinnovi di concessioni, adeguamento, potenziamento o ristrutturazione dell'impianto).

*Tabella 2 - Distanza degli accessi delle AdS da punti singoli del tracciato stradale*

Tipologia	Tipo di AdS	Lmin		Rif.
		Strada Tipo B	Strada Tipo C	
Intersezione/Svincolo	Nuova	300 m	300 m (1)	Figura A4
	Esistente	150 m	100 m	
Accesso di rilevante importanza (2)	Nuova	N.A.	300 m (1)	Figura A4
	Esistente	N.A.	100 m	
Accesso non di rilevante importanza (2)	Nuova	N.A.	100 m	Figura A4
	Esistente	N.A.	100 m	
Imbocco/Sbocco di galleria	Nuova	400 m (3)	300 m (3)	Figura A5
	Esistente	150 m	100 m	
Inizio/fine di viadotto	Nuova e Esistente	100 m (4)	100 m (4)	Figura A6
Curve circolari o di transizione	Nuova	con R < 700 m 300 m (5)	con R < 300 m 100 m (5) (6)	Figura A7
	Esistente	con R < 700 m 150 m (5)	con R < 300 m 100 m (5)	
Dossi	Nuova	con R ≥ 10'000 m 300 m (5)	100 m (5) (6)	Figura A8
	Esistente	con R ≥ 10'000 m 150 m (5)	100 m	
Distanza dai passaggi a livello con o senza barriera		N.A.	200 m (7)	Figura A9
Piazzole di sosta e fermata autolinee		N.A.	50 m (8)	Figura A10

**Figura 3-16 Distanza degli accessi delle AdS da punti singoli del tracciato (estratto dal Quaderno tecnico Anas 2023)**

La distanza degli accessi delle AdS dai punti singoli del tracciato stradale è indicata nella seguente tabella:

Tipologia	Lunghezza Dir. Fano	Lunghezza Dir. Grosseto
Intersezione/Svincolo	410 m	306 m
Imbocco/Sbocco di galleria	858 m	770 m
Inizio/fine di viadotto	515 m	497 m
Curve circolari o di transizione	R>700 m	R>700 m
Dossi	872 m	862 m

Dal confronto tra le lunghezze minime da garantire evidenziate in giallo e le distanze delle AdS dai punti singoli del tracciato stradale l'analisi risulta soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.3.2. SVINCOLO “MONTERCHI”

L'intervento prevede la realizzazione dello svincolo di Monterchi con layout a losanga. Il tracciamento degli assi delle rampe è stato influenzato dalla complessa morfologia del territorio, diverse criticità idrauliche e la presenza di ulteriori vincoli. Inoltre il DL264/06 riguardante le misure di sicurezza in gallerie della Rete TEN indica che *“il numero di corsie deve restare lo stesso tanto all'esterno che all'interno della galleria. Ogni cambiamento ((del numero di corsie)) deve intervenire ad una distanza dal portale della galleria almeno pari a quella percorsa in 10 secondi da un veicolo che procede alla velocità ((massima consentita))”* e nel caso corsia specializzata di diversione della rampa 2A, tale distanza risulta di circa 390m ( $>110/3.6 \times 10$ ). L'opera più rilevante, in tale area, è il viadotto della Rampa F bidirezionale, che mette in comunicazione i lati opposti dello svincolo, superando l'Asse Principale rispettando i franchi altimetrici (tra impalcato e le carreggiate sottostanti) prescritti dalla normativa di riferimento.

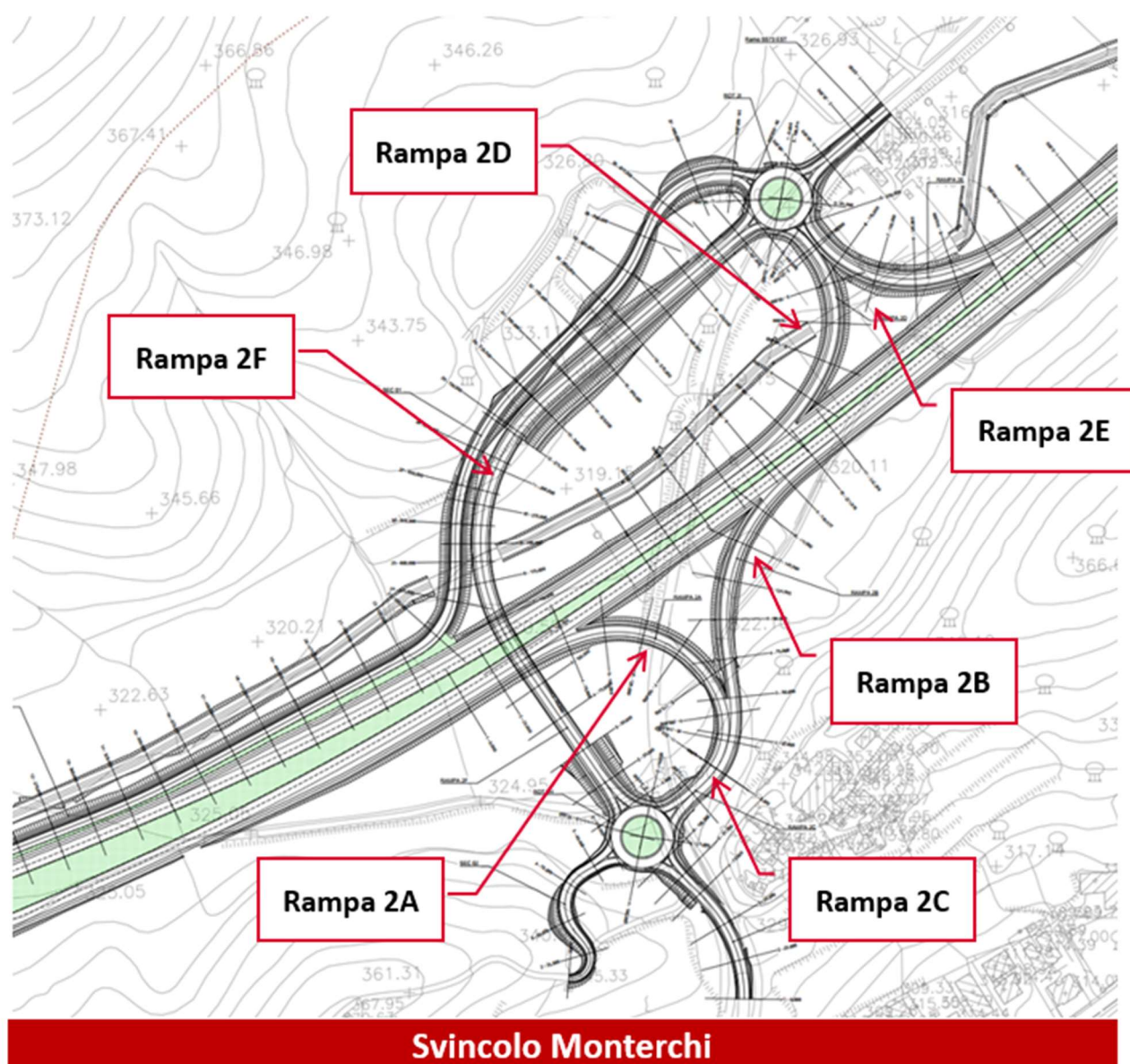


Figura 3-17: Svincolo Monterchi

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche delle rampe costituenti lo svincolo in esame.

PROGETTAZIONE ATI:

Rampa	TIPO	R plan min (m)	Pendenza max long. (%)	Racc. vert. concavo min (m)	Racc. vert. convesso min (m)	V <sub>p</sub> (km/h)
Uscita dir. Fano – Rampa 2A	Diretta - monodirezionale	69.0	+4.00	1000	-	40 ÷ 60
Ingresso dir. Fano – Rampa 2B	Diretta - monodirezionale	53.5	-4.50	1000	2000	40 ÷ 60
Uscita dir. Grosseto – Rampa 2E	Diretta - monodirezionale	150	+1.50	1000	3000	30 <sup>4</sup> ÷ 60
Ingresso dir. Grosseto – Rampa 2D	Diretta - monodirezionale	150	-2.36	1000	-	30 <sup>4</sup> ÷ 60
Bidirezionale – Rampa 2C	bidirezionale	50	4.00	-	1000	30 <sup>4</sup> ÷ 60
Bidirezionale – Rampa 2F	bidirezionale	120	6.00	500	2000	30 <sup>4</sup> ÷ 60

Rotatoria	Diametro esterno (m)	Larghezza corona circolare (m)	N° bracci	Banchina sinistra (m)	Banchina destra (m)	Pendenza trasversale (%)
Rotatoria 2I	40	6	5	1.00	1.00	2
Rotatoria 2H	40	6	4	1.00	1.00	2

Tabella 3-3

<sup>4</sup> Il limite di 30 km/h difforme dal D.M. 19/04/2006 deriva dal fatto che gli assi afferiscono alla Rotatoria. Per la visualizzazione dei diagrammi di velocità si rimanda ai profili e ai diagrammi di visibilità.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.3.3. SVINCOLO “PISTRINO”

L’inserimento del terzo svincolo denominato “Pistrino”; permette di collegare la nuova infrastruttura alla S.P. 100 esistente attraverso uno schema a “trombetta”, innestando il ramo bidirezionale alla rotatoria diametro 50m esistente. La posizione di tale svincolo, fra i due viadotti di progetto, rende necessario realizzare parzialmente le rampe su impalcato. Sono previste opere di sostegno per limitare gli ingombri delle rampe e la realizzazione di un sottovia di attraversamento per la rampa 3C.

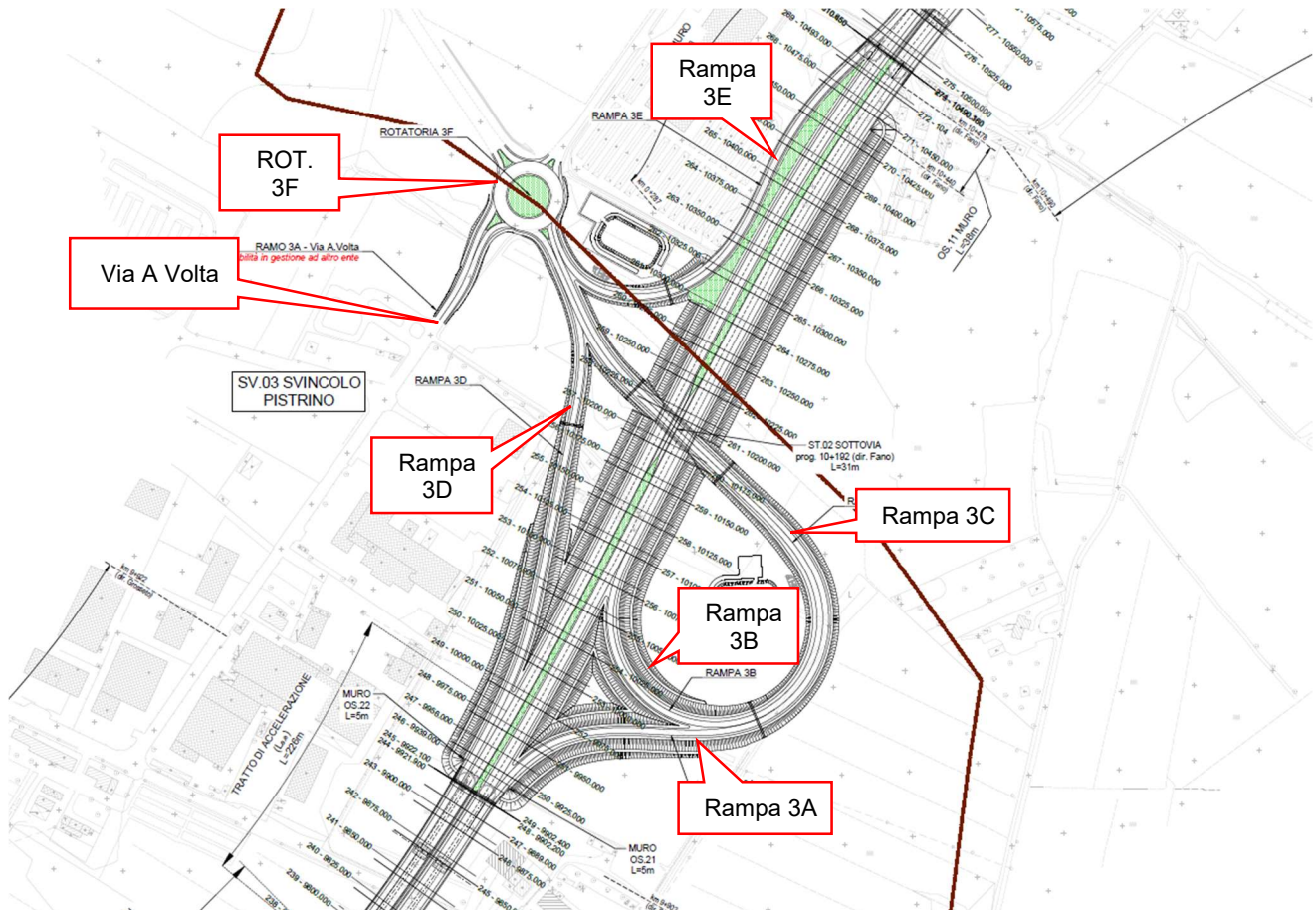


Figura 3-18: Svincolo Pistrino

PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche delle rampe costituenti lo svincolo in esame.

Rampa	TIPO	R plan min (m)	Pendenza max long. (%)	Racc. vert. concavo min (m)	Racc. vert. convesso min (m)	V <sub>p</sub> (km/h)
Uscita dir. Fano – Rampa 3A	Diretta - monodirezionale	77.00	-4.89	-	2000	40 ÷ 60
Ingresso dir. Fano – Rampa 3B	Diretta - monodirezionale	70.90	+5.00	-	2000	40 ÷ 60
Uscita dir. Grosseto – Rampa 3E	Diretta - monodirezionale	48.00	-7.50	500	2000	30 ÷ 60
Ingresso dir. Grosseto – Rampa 3D	Diretta - monodirezionale	100.00	+5.00	1000	2000	40 ÷ 60
Bidirezionale – Rampa 3C	bidirezionale	62.00	5.00	1000	1000	30 <sup>5</sup> ÷ 60

Rotatoria	Diametro esterno (m)	Larghezza corona circolare (m)	N° bracci	Banchina sinistra (m)	Banchina destra (m)	Pendenza trasversale (%)
Rotatoria 3F	50	9	4	1.00	1.00	2

Tabella 3-4

<sup>5</sup> Il limite di 30 km/h difforme dal D.M. 19/04/2006 deriva dal fatto che gli assi afferiscono alla Rotatoria M e K. Per la visualizzazione dei diagrammi di velocità si rimanda ai profili e ai diagrammi di visibilità.

PROGETTAZIONE ATI:



### 3.3.4. SVINCOLO “E45”

Il quarto ed ultimo svincolo, denominato E45, è posizionato al km 12 circa e permette la connessione diretta con la E45; tale svincolo è senza dubbio il più importante e il più complesso tra quelli in progetto in quanto costituisce un nodo viario fondamentale per l'intera rete stradale regionale.

Lo svincolo in progetto mira all'adeguamento dello svincolo di Selci/Lama esistente lungo la E45 prevedendo la realizzazione delle rampe necessarie a garantire il collegamento fra le due infrastrutture in tutte le direzioni.

L'intervento prevede quindi la realizzazione di una “trombetta” complementare a quella esistente in cui tutte le manovre vengono garantite assieme a due tronchi di scambio disposti lungo il tratto bidirezionale (4C). La contemporaneità di 2 corsie per senso di marcia richiede la creazione di uno spartitraffico fra i due flussi veicolari opposti.

La posizione di tale svincolo, a valle del viadotto “Tevere” di progetto, rende necessario realizzare parzialmente le rampe su impalcato (Rampa 4A e Rampa 4D). Saranno previste opere di sostegno per limitare gli ingombri delle rampe e la realizzazione di un sottovia di attraversamento per la rampa 4C.

La nuova E78 che si sviluppa in questo tratto a piano campagna, sottopassa la E45 attraversando il viadotto esistente la cui luce è tale da permettere il corretto inserimento della piattaforma stradale dell'infrastruttura in progetto.

Infine, il progetto prosegue con la transizione da una strada a carreggiata separate ad una bidirezionale a carreggiata singola afferente alla nuova rotonda dal diametro esterno pari a 50 m il quale rappresenta il limite finale dell'intervento.

**Tale nodo rappresenta un collegamento esclusivamente provvisorio**, in attesa che vengano completati gli interventi relativi al futuro raddoppio della E78 previsti nel lotto successivo a quello di progetto ovvero “PG365 - Salita di Parnacciano”.

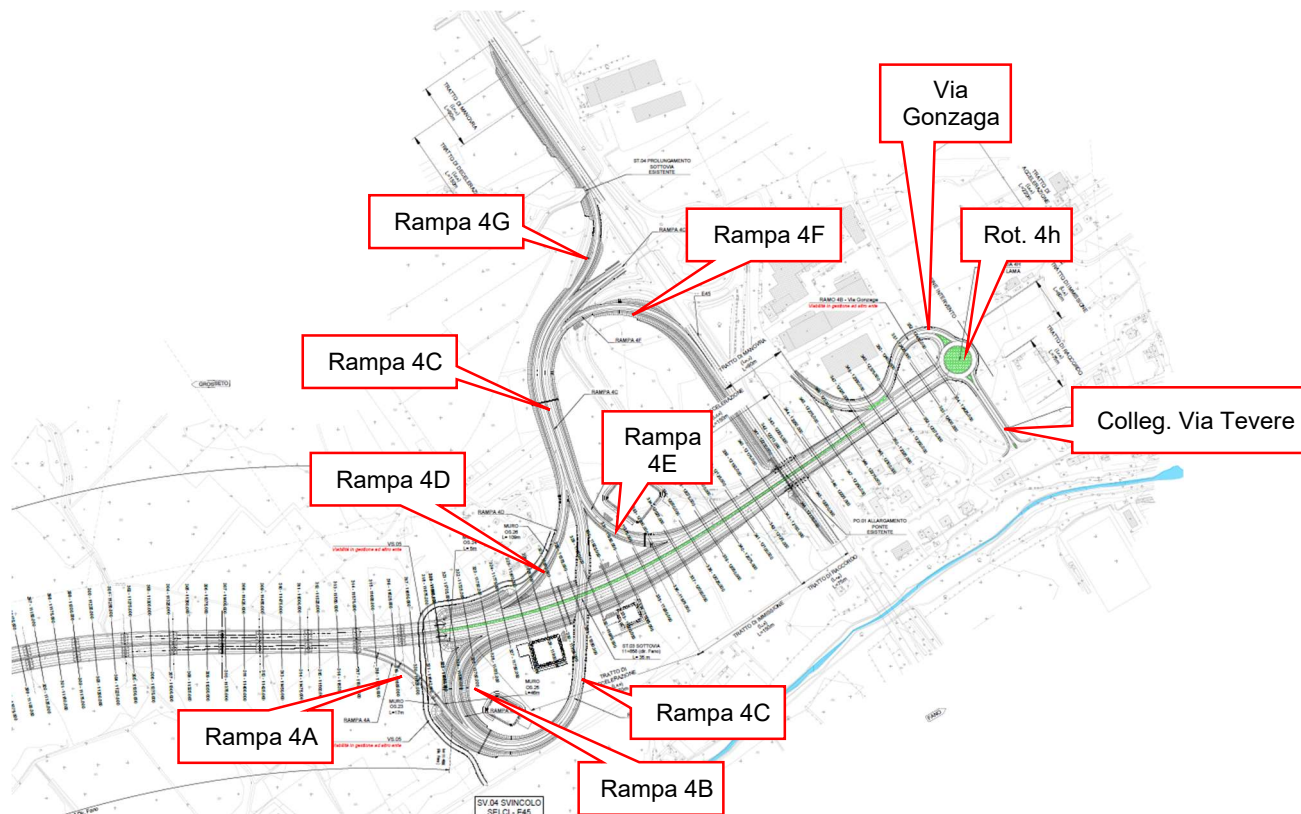


Figura 3-19: Svincolo E45

PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche geometriche delle rampe costituenti lo svincolo in esame.

Rampa	TIPO	R plan min (m)	Pendenza max long. (%)	Racc. vert. concavo min (m)	Racc. vert. convesso min (m)	V <sub>p</sub> (km/h)
Uscita dir. Fano – Rampa 4A	Diretta - monodirezionale	94	-2.61	2000	2000	40 ÷ 60
Ingresso dir. Fano – Rampa 4B	Diretta - monodirezionale	73	3.00	-	3000	40 ÷ 60
Uscita dir. Grosseto – Rampa 4E	Diretta - monodirezionale	100	3.71	1000	2000	40 ÷ 60
Ingresso dir. Grosseto – Rampa 4D	Diretta - monodirezionale	160	-4.20	1100	2500	40 ÷ 60
Bidirezionale – Rampa 4C	bidirezionale	90	5.00	1000	2000	40 ÷ 60
Uscita E45 – Rampa 4G	Diretta - monodirezionale	110	-4.80	1000	2000	40 ÷ 60
Ingresso E45 – Rampa 4F	Diretta - monodirezionale	80	5.00	1000	2000	40 ÷ 60

Rotatoria	Diametro esterno (m)	Larghezza corona circolare (m)	N° bracci	Banchina sinistra (m)	Banchina destra (m)	Pendenza trasversale (%)
Rotatoria Selci-Lama	50	9	3	1.00	1.00	2

Tabella 3-5

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.4. ELEMENTI GEOMETRICI DEL TRACCIATO

L'analisi condotta dettagliatamente nell'elaborato T01PS00GENRE02 può essere sintetizzata come segue:

- a) **risultano soddisfatte tutte le verifiche dinamiche e di percezione**, in quanto non è emersa alcuna criticità su tali verifiche,
- b) **le verifiche di visibilità risultano soddisfatte** attraverso l'adozione di opportuni allargamenti della piattaforma stradale.

Le verifiche effettuate si riferiscono all'analisi di congruenza delle seguenti caratteristiche del progetto:

#### 3.4.1. VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE

##### Lunghezza massima dei rettili.

è opportuno che i rettili abbiano una lunghezza  $L_r$  contenuta nel seguente limite

$$L_r = 22 \times V_p \text{ Max [m]}$$

dove  $V_p$  Max è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in km/h.

##### Lunghezza minima dei rettili.

Un rettilo, per poter essere percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella seguente tabella

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

Tabella 3-6

##### Raggio minimo delle curve planimetriche.

Per una strada tipo A il raggio planimetrico minimo risulta pari a 339m per  $V_p=90$  Km/h).

##### Lunghezza minima delle curve circolari.

La curva circolare deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di progetto della stessa.

##### Compatibilità tra i raggi di due curve successive.

I rapporti tra i raggi  $R_1$  e  $R_2$  di due curve circolari sono regolati dall'abaco riportato nella figura

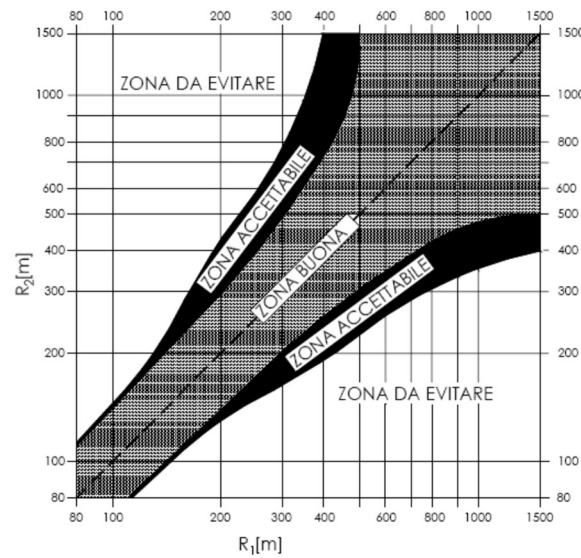


Figura 3-20

**Relazione raggio della curva (R) / lunghezza del rettilo (L).**

Tra un rettilo di lunghezza  $L_r$  ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, deve essere rispettata la relazione:

$$R > L_r \quad \text{per} \quad L_r < 300 \text{ m}$$

$$R \geq 400 \text{ m} \quad \text{per} \quad L_r \geq 300 \text{ m}$$

**Verifica del parametro A degli elementi a curvatura variabile (Clotoidi).**

(h1) Criterio limitazione del contraccollo.

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{v^3}{c} - \frac{g v R |q_f - q_i|}{c}}$$

con  $q_f$  e  $q_i$  le pendenze trasversali in valore assoluto alla fine e all'inizio delle clotoidi;  
c è valore del contraccollo;  
v è la velocità in m/s.

Ponendo il valore limite per il contraccollo pari a:

$$c_{\max} = \frac{50,4}{V}$$

si ottiene:

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

con V in km/h

(h2) Criterio sovrappendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata.

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i |q_i - q_f|} \quad (\text{transizione})$$

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{B_i (q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_f} - \frac{1}{R_i}\right) \times \frac{\Delta i_{\max}}{100}}} \quad (\text{continuità})$$

dove:

$R_i$  e  $R_f$  sono i raggi iniziali e raggi finali della clotoide;

$B_i$  sono le distanze fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile

$\Delta i_{\max}$  è la sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano  $B_i$  dall'asse di rotazione.

$$\Delta i_{\max} = 18 \frac{B_i}{V}$$

Va allo stesso tempo garantita una pendenza longitudinale minima dell'estremità della carreggiata, in modo che nei tratti in cui la pendenza trasversale risulta minore del 2,5 l'acqua possa essere smaltita velocemente senza che ristagni.

Tale valore minimo è:

$$\Delta i_{\min} = 0,1 \cdot B_i$$

(h3) Criterio ottico.

Per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione

$$A \geq R/3 \quad (R_{\text{sup}}/3 \text{ in caso di continuità})$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R \quad (R_{\text{inf}} \text{ in caso di continuità})$$

Dove:

$R_{\text{sup}}$  è il raggio maggiore dei due cerchi da raccordare

$R_{\text{inf}}$  è il raggio minore dei due cerchi da raccordare

### 3.4.2. VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE

#### Pendenze longitudinali massime.

La pendenza longitudinale è limitata al 6% per l'Asse Principale (Cat.B) e al 7% per le secondarie Cat. C.

#### Raggio minimo dei raccordi verticali convessi e concavi.

I raccordi verticali minimi sono funzione della distanza di visuale libera da garantire, pari almeno a quella di arresto (funzione della velocità), e dalla differenza  $\Delta_i$  fra le pendenze longitudinali

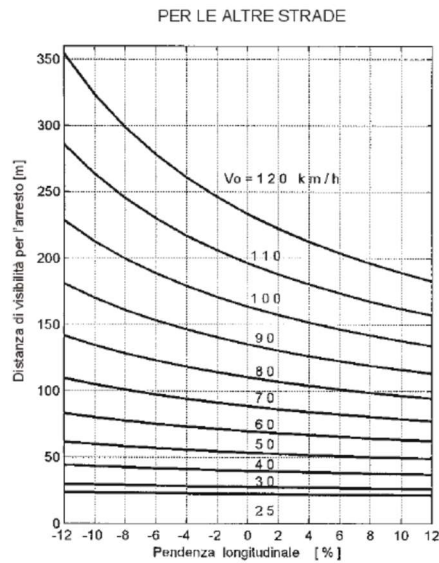


Figura 3-21

Il calcolo delle distanze è stato eseguito facendo sempre riferimento al D.M. n° 6792 del 5/11/01 adottando le formule valide per i raccordi sia concavi sia convessi verificando i casi sia di  $D_v > L$  sia di  $D_v < L$  con  $L$  = sviluppo del raccordo verticale :

#### raccordi convessi (dossi)

$$D_v < L \quad R_v = D^2 / 2 * [ h_1 + h_2 + 2 * ( h_1 * h_2 )^{1/2} ]$$

$$D_v > L \quad R_v = ( 2 * 100 / \Delta_i ) * [ D - 100 * ( h_1 + h_2 + 2 * ( h_1 * h_2 )^{1/2} ) / \Delta_i ]$$

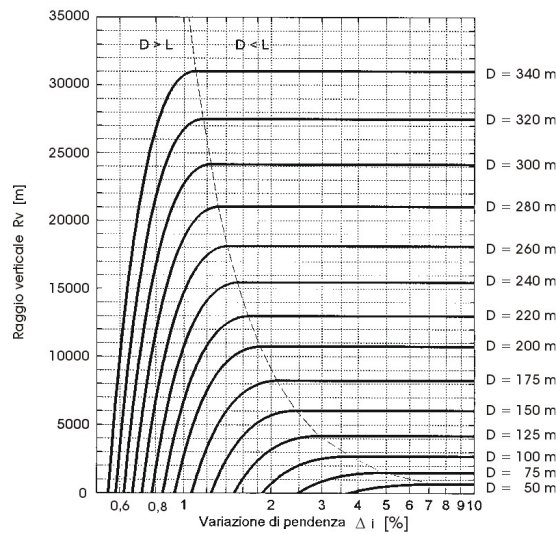


Figura 3-22

**raccordi concavi (sacche)**

$D_v < L$

$$R_v = D^2 / 2 * ( h + D * \sin \vartheta )$$

$D_v > L$

$$R_v = ( 2 * 100 / \Delta i \vartheta * [ D - 100 * ( h + D * \sin \vartheta ) / \Delta i ]$$

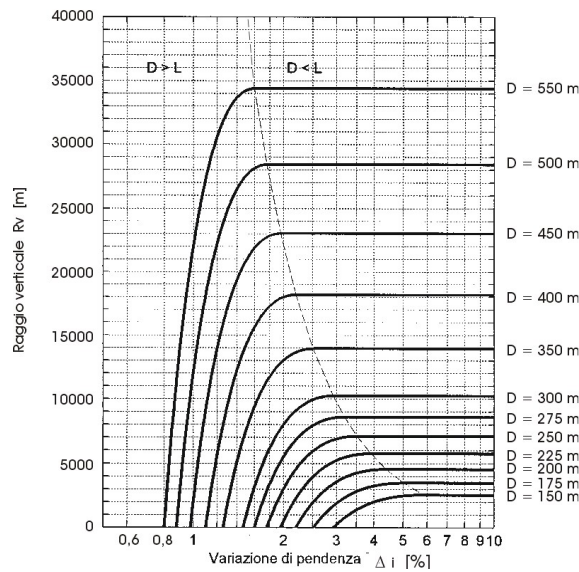


Figura 3-23

considerando:

l'altezza dal piano stradale dell'occhio del conducente  $h_1=1.10m$

l'altezza dal piano stradale dell'ostacolo  $h_2=0.10m$

l'altezza del centro dei fari dal piano stradale  $h=0.50m$

massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto all'asse del veicolo  $\vartheta = 1^\circ$

Nell'elaborato T01PS00GENRE02 sono riportate le verifiche altimetriche di tutti gli assi non classificati come a destinazione particolare.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.5. DIAGRAMMI DI VELOCITÀ

La costruzione del diagramma delle velocità di progetto, definito per ogni asse, prevede la scomposizione del tracciato in elementi a curvatura costante (curve circolari e rettili) considerando i tratti a curvatura variabile (clotoidi) appartenenti ai rettili.

La normativa impone una accelerazione e una decelerazione per il veicolo medio pari a 0.8 m/s<sup>2</sup> utilizzate lungo i tratti di transizione o i rettili quando, uscendo da una curva circolare, ha la possibilità di aumentare la sua velocità, eventualmente raggiungendo il valore massimo, mentre in prossimità della curva successiva decelera per giungere su essa alla velocità determinata dall'abaco dell'equilibrio dinamico mantenendola costante per tutto lo sviluppo dell'elemento circolare.

Il progetto degli assi di tracciamento di entrambe le carreggiate dell'asse principale è stato condotto lasciando il diagramma delle velocità "libero" quindi utilizzando l'intervallo di velocità di progetto 70-120km/h, secondo le modalità indicate dal D.M.2001.

Il tracciamento di progetto con rettili, un raggio planimetrico minimo di 800m e un raggio massimo di 7500m permette una **velocità costante di 120 km/h** (Vpmax) per entrambe le direzioni.

### 3.6. PENDENZE TRASVERSALI

Le pendenze trasversali delle carreggiate sono comprese tra 2,5% e 7%, e sono funzione dell'intervallo di velocità e del raggio planimetrico adottato. Per il calcolo si usa la formula dipendente dalla velocità di progetto e dal raggio planimetrico presente nella normativa D.M. 05/11/2001:

$$q = \frac{V_p^2}{R \cdot 127} - f_t$$

dove:

- $V_p$  è la velocità di progetto in curva;
- R è il raggio della stessa;
- q è la pendenza trasversale in valore assoluto;
- $f_t$  è la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente tabellato in norma.

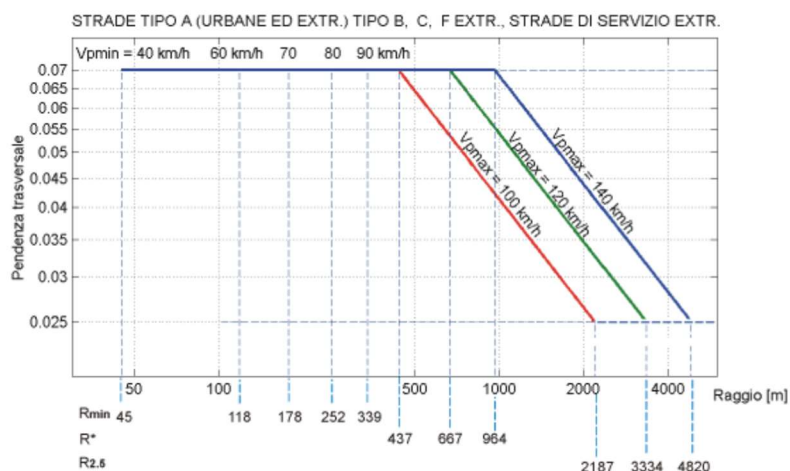


Figura 3-24: Pendenze trasversali in funzione del raggio e del tipo di strada DM2001

PROGETTAZIONE ATI:



### 3.7. ALLARGAMENTI PER ISCRIZIONE

Allo scopo di consentire la sicura iscrizione dei veicoli nei tratti curvilinei del tracciato, conservando i necessari franchi fra la sagoma limite dei veicoli ed i margini delle corsie, è necessario che nelle curve circolari ciascuna corsia sia allargata di una quantità E, data dalla relazione:

$$E = \frac{K}{R} \quad [\text{m}]$$

dove:

$$K = 45$$

R = raggio esterno (in m) della corsia;

Nel caso in esame non è stato necessario prevedere allargamenti sugli assi principali mentre sono stati previsti degli allargamenti sulle rampe come esposto nella seguente tabella.

Viabilità	N° elem.	R(m)	Allarg. Corsia Iscrizione (m)
Rampa 1C	3	110	0.41
Ramo1A	3	200	0.225
Ramo1B	3	120	0.375
Ramo 2A	1	90	0.5
Rampa 2F	3	120	0.4
SP42	3	150	0,3
	6	150	0,3
	9	165	0,28
Rampa 3C	1	75	0.6
	4	150	0.3
Rampa 4C	3	120	0.3
	7	200	0.23
	11	90	0.5
Ramo 4B	3	72	0,625
	5	47	0.957
	8	45	1

Tabella 3-7: Allargamenti per iscrizione

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.8. ELABORAZIONE DEI DATI DI TRAFFICO

Per la stima dei flussi veicolari di progetto si è partiti dall'elaborato "Studio trasportistico - Relazione" del Progetto Preliminare <<E78 S.G.C. Grosseto Fano – Tratto "Tosco-Umbro - Le Ville di Monterchi – Selci Lama (Innesto E45) – Parnacciano (galleria della Guinza) >> eseguito nella precedente fase progettuale.

All'interno di suddetto studio è stata ricostruita l'offerta di trasporto stradale coerentemente con la zonizzazione adottata per l'area di intervento e, al fine di stimare i carichi veicolari attesi sull'infrastruttura di progetto, sono stati considerati come orizzonti temporali l'anno 2028 come scenario di medio termine e come proiezione futura il 2048.

Di seguito si riporta un estratto dello studio citato riferito all'ipotesi progettuale UA scelta che ha rappresentato il dato di partenza per l'elaborazione e le verifiche funzionali.

Tratta	Ipotesi progettuale UA - Anno 2028 – veicoli giornalieri			Equivalenti
	Leggeri	Pesanti	Totali	
Le Ville - Monterchi	25.340	3.890	29.230	35.065
Monterchi - Monterchi Pistrino	22.206	3.658	25.864	31.351
Monterchi Pistrino - Selci (E45)	24.671	4.021	28.692	34.724
Selci (E45) - Lama	16.320	4.534	20.854	27.655
Lama - Fine Intervento	17.037	4.534	21.571	28.372
<b>Teorici medi</b>	<b>20.044</b>	<b>4.176</b>	<b>24.220</b>	<b>30.484</b>

**Tabella 3-8: flussi studio di traffico**

Partendo dai dati 2028 e proiettandoli per la vita utile dell'infrastruttura (20 anni) con un incremento percentuale dell'1,8% per i veicoli leggeri e del 2% per i veicoli pesanti tra 2028 e 2048, si perviene ai seguenti valori di TGM anch'essi divisi per tratta.

TGM ANNO 2048					
Tratta	Leggeri (v/gg)	Pesanti (v/gg)	Totali (v/gg)	Equivalenti al 2048 (v/gg)	% Pesanti
Le Ville - Monterchi	36204	5780	41985	50655	13,8%
Monterchi - Pistrino	31727	5436	37162	45316	14,6%
Pistrino - Selci (E45)	35249	5975	41224	50186	14,5%
Selci (E45) - Lama	23317	6737	30054	40160	22,4%

**Tabella 3-9: Flussi di progetto al 2048**

Per valutare l'incidenza dell'ora di punta sul TGM si fa riferimento all'elaborato precedentemente riportato dove è indicata la percentuale dei veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta relativa al tracciato UF. Risultando sovrapponibile per circa l'80% al tracciato progettuale UA, si prende come riferimento per l'individuazione della percentuale dei veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta. Di seguito si riporta l'estratto:

Il valore di traffico per l'analisi è il flusso di veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta. Dall'analisi dei flussi orari nelle sezioni di conteggio è emerso che l'ora di punta dell'area è:

- tra le 8:00 e le 9:00 del mattino in direzione Ovest, con una percentuale di veicoli leggeri pari al 9,0% del traffico giornaliero ed una percentuale di veicoli pesanti pari al 6,7% del traffico giornaliero;
- tra le 18:00 e le 19:00 della sera in direzione Est, con una percentuale di veicoli leggeri pari all'8,1% del traffico giornaliero ed una percentuale di veicoli pesanti pari al 4,6% del traffico giornaliero.

Al fine di individuare il coefficiente dell'ora di punta relativo ai veicoli leggeri e pesanti si è adoperato il valore medio come di seguito riportato:

LEGGERI		Fattore ora di punta	Media
	8:00 - 9:00 Dir. Ovest	9,00%	8,55%
	18:00 - 19:00 dir. Est	8,10%	
PESANTI		Fattore ora di punta	Media
	8:00 - 9:00 dir. Ovest	6,70%	5,65%
	18:00 - 19:00 dir. Est	4,60%	

**Tabella 3-10 Fattori ora di punta**

Infine si è quindi calcolato il traffico all'ora di punta per direzione (60% del TGM a favore di sicurezza) relativa a ciascuna tratta.

TRAFFICO ORA DI PUNTA DIREZIONALE (60%) ANNO 2048						
Tratta	Leggeri (v/h)	Pesanti (v/h)	Totali (v/h)	% Pesanti	Equivalenti (v/h)	60% corsia di marcia
Le Ville - Monterchi	1857	196	2053	9,5%	2347	1408
Monterchi - Pistrino	1628	184	1812	10,2%	2088	1253
Pistrino - Selci (E45)	1808	203	2011	10,1%	2315	1389
Selci (E45) - Lama	1196	228	1425	16,0%	1767	1060

Nello specifico per il dimensionamento delle rampe di immissione, si fa riferimento al traffico all'ora di punta direzionale considerando a vantaggio di sicurezza una distribuzione tra corsia di marcia (40%) e di sorpasso pari al 60% (sesta colonna).

Per la verifica del livello di servizio dell'asse principale la metodologia messa a punto nell'Highway Capacity Manual per le Freeways fa riferimento al TGM dell'ora di punta direzionale espressa in veicoli totali (terza colonna).

Per il calcolo del Livello di servizio delle corsie di immissioni il metodo HCM2000 si avvale del traffico dell'ora di punta direzionale espresso in autovetture equivalenti (quinta colonna).

Per la verifica della capacità delle rotatorie ed il calcolo del Livello di Servizio dei rami afferenti (valutazione della lunghezza delle code e dei tempi di attesa) si è calcolato il traffico all'ora di punta equamente distribuito tra le due direzioni di marcia (50%) relativa a ciascuna tratta. Nello specifico sono svolte utilizzando il traffico dell'ora di punta direzionale espresso in autovetture equivalenti (quinta colonna).

TRAFFICO ORA DI PUNTA DIREZIONALE (50%) ANNO 2048					
Tratta	Leggeri v/h	Pesanti v/h	Totali v/h	% Pesanti	Equivalenti v/h
Le Ville - Monterchi	1548	163	1711	9,5%	1956
Monterchi - Pistrino	1356	154	1510	10,2%	1740
Pistrino - Selci (E45)	1507	169	1676	10,1%	1929
Selci (E45) - Lama	997	190	1187	16,0%	1473

### 3.9. LE CORSIE DI IMMISSIONE E DI DIVERSIONE

Il dimensionamento dei tratti di immissione delle corsie specializzate di entrata e di uscita è stato eseguito utilizzando il dimensionamento cinematico. Si è preso come riferimento il D.M. 19.04.06 e

PROGETTAZIONE ATI:

la formulazione esposta nel testo “Progetto di intersezioni stradali” di Giovanni da Rios per il dimensionamento delle corsie di uscita e immissione.

Per il dimensionamento delle rampe di immissione, si fa riferimento al traffico all’ora di punta direzionale esposto nel precedente paragrafo relativo all’elaborazione dei dati di traffico. L’ipotesi aggiuntiva è quella di una distribuzione tra corsia di marcia e di sorpasso pari al 60% e 40% rispettivamente.

Pertanto, si ottengono i valori richiesti di Q1 (Da Rios) riportati nella sesta colonna della stessa tabella.

TRAFFICO ORA DI PUNTA DIREZIONALE (60%) ANNO 2048						
Tratta	Leggeri (v/h)	Pesanti (v/h)	Totali (v/h)	% Pesanti	Equivalenti (v/h)	60% corsia di marcia
Le Ville - Monterchi	1857	196	2053	9,5%	2347	1408
Monterchi - Pistrino	1628	184	1812	10,2%	2088	1253
Pistrino - Selci (E45)	1808	203	2011	10,1%	2315	1389
Selci (E45) - Lama	1196	228	1425	16,0%	1767	1060

### 3.9.1. METODOLOGIA DI DIMENSIONAMENTO

Per la determinazione dei tratti delle corsie specializzate si sono utilizzate le indicazioni del capitolo 4 del D.M. 19.04.06 il quale prevede:

- per le corsie di immissione:
  - Un **tratto di accelerazione**  $L_{a,e}$  dimensionato con criteri cinematici prevedendo un’accelerazione di  $1,0 \text{ m/s}^2$  ed una velocità da raggiungere prima dell’immissione pari all’80% della velocità di progetto sulla quale il ramo di svincolo si immette;
  - Un **tratto di immissione**  $L_{i,e}$  dimensionato secondo due differenti schemi (metodo cinematico e metodo probabilistico);
  - Un **tratto di raccordo**  $L_{v,e}$  dimensionato con criteri geometrici secondo quanto previsto nel paragrafo 4.3 del D.M.19.04.2006.
- Per corsie di uscita:
  - **Tratto di manovra**  $L_{m,u}$  dimensionato con criteri geometrici secondo quanto previsto nel paragrafo 4.3 del D.M.19.04.2006;
  - **Tratto di decelerazione**  $L_{d,u}$  dimensionato con criteri cinematici prevedendo una decelerazione di  $3,0 \text{ m/s}^2$ .

Per determinazione della lunghezza dei tratti di variazione cinematica in accelerazione e decelerazione si adotta la seguente espressione:

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

Dove:

- $L$  (m) è la lunghezza necessaria per la variazione cinematica;
- $v_1$  (m/s) è la velocità di ingresso nel tratto di accelerazione o decelerazione;
- $v_2$  (m/s) è la velocità di uscita del tratto di accelerazione o decelerazione;
- $a$  ( $\text{m/s}^2$ ) è l’accelerazione assunta per la manovra.

PROGETTAZIONE ATI:

Per ciò che concerne il dimensionamento del tratto di immissione si è fatto riferimento in primo luogo al metodo cinematico riportato nella formulazione nel par 3.4 del testo “Progetto di intersezioni stradali” – Giovanni da Rios il quale usa l’espressione:

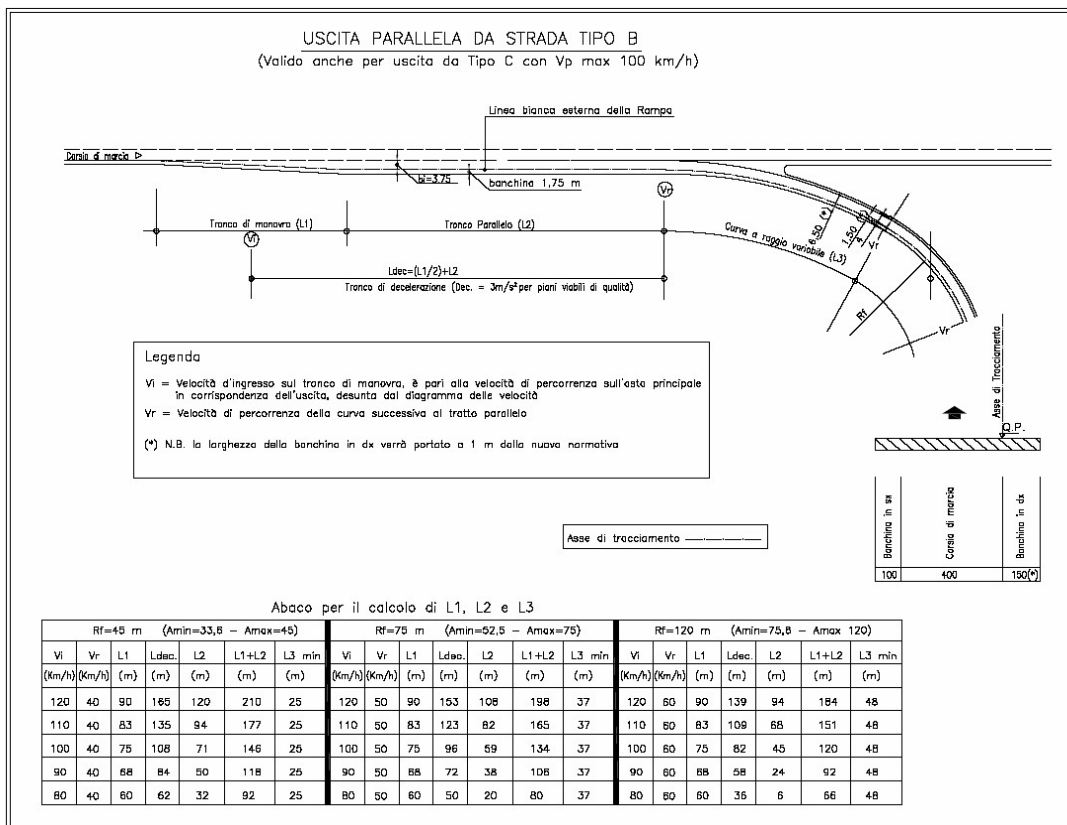
$$L_{i,e} = \frac{(Q_1 - 700)}{100} \cdot V_f$$

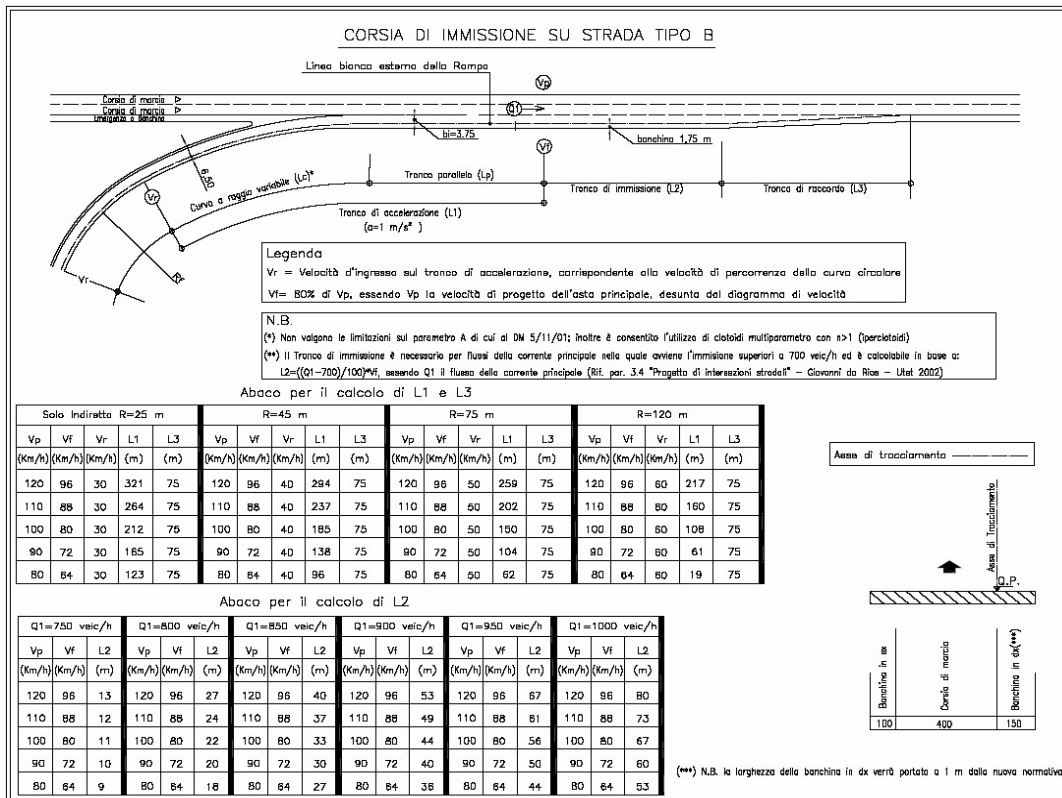
Dove:

- $Q_1$  è il flusso della corrente principale;
- $V_f$  è l’80% di  $V_p$ , essendo  $V_p$  la velocità di progetto dell’asta principale, desunta dal diagramma di velocità.

Tale formulazione fa riferimento ad un intervallo accettato in immissione di 2.5 sec e un flusso orario superiore a 700 veic/ora.

Di seguito si riporta un estratto della Circolare ANAS n° 53688/2009 che riporta, anche a mezzo di tabulati, quanto sopra descritto.





**Figura 3-25: Schemi tratti specializzati uscita/immissione su strada tipo B - Utet di Giovanni Da Rios**

Il tratto di immissione è calcolato anche con il metodo probabilistico. Tale metodo è basato sulla considerazione che il "tratto di attesa in movimento" (nel seguito indicato "tratto di attesa") deve avere una lunghezza tale che un veicolo che lo percorre, in attesa di immettersi, abbia un determinato valore di probabilità di trovare un varco libero per poter eseguire la manovra, prima di giungere alla fine del tratto. Al fine di pervenire ad un criterio analitico per la determinazione della lunghezza del tratto di attesa, è stata considerata la metodologia di calcolo riportata nel testo "Progettare le intersezioni" – S. Canale, N. Distefano, S. Leonardi, G. Pappalardo – EPC Libri 2006. Secondo tale metodologia, occorre procedere, in primo luogo, con la schematizzazione del comportamento dei veicoli in immissione. Si definisce

- "intervallo critico" **T** il più piccolo intervallo temporale fra due veicoli della corsia di marcia principale che consente un'immissione ideale, la cui espressione è la seguente:

$$T = 2 \text{ sec (v=80 km/h)}$$

$$T = 2.5 \text{ sec (se v=50 km/h)}$$

Ipotizzando che i veicoli della corrente veicolare principale siano distribuiti con legge degli arrivi secondo una distribuzione di probabilità di Poisson, gli intervalli temporali  $\tau$  con cui tali veicoli si succedano dinanzi a quello che vuole immettersi sono distribuiti con legge di probabilità esponenziale negativa, con funzione densità di probabilità data dalla seguente espressione:

$$f(\tau) = \lambda \cdot e^{-\lambda T}$$

Dove

- $\lambda$  è il valore medio degli arrivi nell'unità di tempo, valutabile con la seguente relazione:

$$\lambda = Q / 3600$$

Dove

- $Q$  è il numero orario di veicoli in transito sulla corrente principale.

La probabilità che il generico intervallo di tempo  $\tau$  sia maggiore dell'intervallo critico  $T$  è pari a:

$$P(\tau \geq T) = e^{-\lambda \cdot T}$$

Con la relazione precedente, si calcola il valore di probabilità  $P(\tau \geq T)$  durante il primo evento possibile, ovvero dopo aver atteso il passaggio del primo veicolo. In tal caso, il tempo di attesa è pari al minimo e coincide con l'intervallo critico  $T$ .

Pertanto al primo evento ( $K=1$ ) sono associati:

- $P1 = e^{-\lambda \cdot T}$  = probabilità  $P(\tau \geq T)$ ;
- $t1$  = tempo di attesa;
- $L1 = t1 \cdot Ve$  = lunghezza corsia di attesa (si intende il tratto parallelo alla corsia di marcia principale).

In fase di progetto non si può ritenere sempre accettabile il valore di probabilità associato al primo evento. Occorre, pertanto, fissare una probabilità di progetto e calcolare conseguentemente il numero di eventi (numero di passaggi di veicoli consecutivi sulla corsia di marcia principale) in grado di garantire il manifestarsi della probabilità medesima. La probabilità che dopo il secondo evento ( $K=2$ ), ovvero dopo aver atteso il passaggio del secondo veicolo, si abbia  $\tau \geq T$  è pari a:

$$P2 = P1 + (1 - P1) \cdot P1$$

Se risultasse necessario aspettare anche il terzo evento ( $K=3$ ) per ottenere la probabilità richiesta, occorrerà procedere con il calcolo della probabilità associata a tale evento pari a:

$$P3 = P2 + (1 - P2) \cdot P1$$

Qualora anche il terzo evento non fosse sufficiente a garantire la probabilità richiesta, si svolgerà l'analoga valutazione per il quarto evento ( $K=4$ ) calcolando la corrispondente probabilità:

$$P4 = P3 + (1 - P3) \cdot P1$$

Proseguendo con questo processo a cascata, si perverrà, infine, all'individuazione dell'evento  $K$ -esimo, al quale è associata la probabilità di progetto pari al 90% (normativa CNR), in corrispondenza del quale si ha:

- $PK = [PK-1 + (1 - PK-1) \cdot P1]$  = probabilità  $P(\tau \geq T)$ ;
- $tK = (K - 1) / \lambda$  = tempo di attesa;
- $LK = tK \cdot Ve$  = lunghezza corsia di attesa (si intende il tratto parallelo alla corsia di marcia principale)

A valle dei due metodi utilizzati per valutare la lunghezza del tratto di immissione, considerando che il metodo probabilistico intende un tratto di immissione parallelo alla principale, calcolato come:

$$L_K = t_K \cdot Ve$$

Si confronta tale valore con il tratto parallelo valutato con il metodo cinematico, calcolato come:

$$L_{Parallelo} = L_{a,e} - L_{clotoide} + L_{i,e}$$

Dal confronto si sceglie di adottare a favore di sicurezza il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore.

### 3.9.1.1. Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di immissione 2D (dir. Grosseto)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 2D dello Svincolo “Monterchi”, risulta che:

$$V_f = 0,8 \cdot 120 = 96 \text{ km/h}$$

$$V_R = 58 \text{ km/h (velocità d'ingresso sul tronco di accelerazione)}$$

Pertanto, il tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  risulta pari a 230 m.

Il tratto d'immissione, valutato col metodo cinematico,  $L_{i,e}$  è necessario per flussi di traffico della corrente principale  $Q_1$  maggiori a 700 veic/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) \cdot V_f$$

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico  $L_{i,e}$  risulta pari a 190m.

Per  $V_p$  maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

immissione 2D				
		km/h	m/s	
	$V_p$	120	33.3	
Velocità AP	80% $V_p$	96	26.7	
		km/h	m/s	
Velocità inizio clotoide	$V_p$	58	16.1	
Accelerazione	a	1	$m/s^2$	
Lunghezza tratto di accelerazione	$L_{a,e}$	225.8	m	230 m
Portata AP	$Q_n$	1408	veic/h	
Lunghezza tratto di immissione	$L_{i,e}$	188.9	m	190 m
Lunghezza tratto di manovra	$L_{m,u}$	75	m	
Lunghezza clotoide	$L_{clotoide}$	117.6	m	
Lunghezza tratto parallelo	$L_{parallelo}$	302.4	m	
Lunghezza totale	$L_{tot}$	495	m	

Figura 3-26 Dimensionamento rampa d'immissione 2D con metodo cinematico



Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale  $Q_1$ , si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico  $T$ , si calcola  $\lambda$ :

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento  $K$ -esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico  $L_{i,e}$  risulta pari a 150 m.

Portata AP	$Q_n$	1408	veic/h		
Headway	$H$	2.6	s		
Tempo critico	$T$	2	s		
$\lambda$	$\lambda$	0.39	veic/s		
Lunghezza corsia di immissione	$L_{i,e}$	140.6	m	150	m

Figura 3-27 Dimensionamento rampa d'immissione 2D con metodo probabilistico

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si confronta la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (302,4 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (150 m). Dal confronto si sceglie di adottare a favore di sicurezza il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 230\text{m} + 190\text{ m} + 75\text{ m} = 495\text{ m}.$$

### 3.9.1.2. Svincolo 2 "Monterchi" - Rampa di diversione 2E (dir. Grosseto)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 2E dello svincolo "Monterchi", risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120\text{ km/h}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 60\text{ km/h (su } R=150\text{ m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 140 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 140\text{ m} + (90/2)\text{ m} = 185\text{ m}$$

Tali lunghezze rappresentano le misure minime da garantire calcolate secondo quanto indicato dal D.M. 19.04.2006.

La lunghezza totale di tale corsia specializzata di diversione è stata incrementata a 704 m per soddisfare la verifica di visibilità per il cambio corsia.

PROGETTAZIONE ATI:

diversione 2E				
		km/h	m/s	A
Velocità AP	Vp	120	33.3	B
		km/h	m/s	C
Velocità inizio clotoide	Vp	60	16.7	D
				E
Tipo di strada		B		F
Accelerazione	a	-3	m/s <sup>2</sup>	
Lunghezza tratto di decelerazione	L <sub>a,e</sub>	138.9	m	140 m
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	90	m	
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	185	m	

**Figura 3-28 Dimensionamento rampa di diversione 2E**

### 3.9.1.3. Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di immissione 2B (dir. Fano)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 2B dello Svincolo “Monterchi”, risulta che:

$$V_f = 0,8 * 120 = 96 \text{ km/h}$$

$$V_r = 58 \text{ km/h (velocità d'ingresso sul tronco di accelerazione)}$$

Pertanto, il tratto di accelerazione L<sub>a,e</sub> risulta pari a 230 m.

Il tratto d'immissione L<sub>i,e</sub>, valutato col metodo cinematico, è necessario per flussi di traffico della corrente principale Q<sub>1</sub> maggiori a 700 viec/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) * V_f$$

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico L<sub>i,e</sub> risulta pari a 150m, progettualmente incrementato a 190 m a vantaggio di sicurezza.

Per V<sub>p</sub> maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo L<sub>v,e</sub> è pari a 75 m.

PROGETTAZIONE ATI:

immissione 2B			
		km/h	m/s
Velocità AP	Vp	120	33,3
	80% Vp	96	26,7
		km/h	m/s
Velocità inizio clotoide	Vp	58	16,1
Accelerazione	a	1	m/s <sup>2</sup>
Lunghezza tratto di accelerazione	L <sub>a,e</sub>	225,8	m
			230 m
Portata AP	Qn	1253	veic/h
Lunghezza tratto di immissione	L <sub>i,e</sub>	147,5	m
			150 m
			40
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>mu</sub>	75	m
			190 Valore adottato
Lunghezza clotoide	L <sub>clotoide</sub>	73,64	m
Lunghezza tratto parallelo	L <sub>parallelo</sub>	346,36	m
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	495	m

Figura 3-29 Dimensionamento rampa d'immissione 2B metodo cinematico

Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale Q<sub>1</sub>, si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico T, si calcola λ:

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento K-esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico L<sub>i,e</sub> risulta pari a 160m.

Portata AP	Qn	1253	veic/h	
Headway	H	2,9	s	
Tempo critico	T	2	s	
λ	λ	0,35	veic/s	
Lunghezza corsia di immissione	L <sub>i,e</sub>	158,0	m	160 m

Figura 3-30 Dimensionamento rampa d'immissione 2B con metodo probabilistico

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si confronta la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (346,36 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (160 m). Dal

confronto si sceglie di adottare a favore di sicurezza il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 230\text{m} + 190\text{m} + 75\text{m} = 495\text{m}.$$

### 3.9.1.4. Svincolo 2 “Monterchi” - Rampa di diversione 2A (dir. Fano)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 2A dello svincolo “Monterchi”, risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120\text{ km/h}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 48\text{ km/h (su } R=69\text{ m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 160 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 160\text{ m} + (90/2)\text{ m} = 205\text{ m}$$

Tali lunghezze rappresentano le misure minime da garantire calcolate secondo quanto indicato dal D.M. 19.04.2006.

Il D.lgs. 264/2006 al punto 2.1.3 dell'allegato 2 prevede che “Ogni cambiamento dell'organizzazione della piattaforma deve intervenire ad una distanza dal portale della galleria almeno pari a quella percorsa in 10 secondi da un veicolo che procede alla velocità di progetto della strada”.

Dato che l'imbocco della galleria GN01 direzione Fano è ubicato a prog. 2+080 e la il tratto di manovra inizia a prog. 2+457, tale prescrizione (a  $v_{pmax}$  120km/h) è soddisfatta.

diversione 2A				
		km/h	m/s	
Velocità AP	$V_p$	120	33.3	
		km/h	m/s	
Velocità inizio clotoide	$V_p$	48	13.3	
Tipo di strada		B		
Accelerazione	$a$	-3	$\text{m/s}^2$	
Lunghezza tratto di decelerazione	$L_{a,e}$	155.6	m	160 m
Lunghezza tratto di manovra	$L_{m,u}$	90	m	
Lunghezza totale	$L_{tot}$	205	m	

Figura 3-31 Dimensionamento rampa di diversione 2A

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.9.1.5. Svincolo 3 “Pistrino” - Rampa di immissione 3D (dir. Grosseto)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 3D dello Svincolo “Pistrino”, risulta che:

$$V_f = 0,8 \cdot 120 = 96 \text{ km/h}$$

Per  $V_r$  si è desunta (dal diagramma) una velocità pari a 60 km/h in vista della geometria della rampa 3D.

Pertanto, il tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  risulta pari a 220 m.

Dato il tracciamento della rampa 3D e dell’asse principale, l’effettiva lunghezza del tratto di accelerazione risulta, per costruzione, pari a circa **226m**.

Il tratto d’immissione  $L_{i,e}$ , valutato col metodo cinematico, è necessario per flussi di traffico della corrente principale  $Q_1$  maggiori a 700 veic/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) \cdot V_f$$

Per  $V_p$  maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

Corsia di immissione 3D				
		km/h	m/s	
Velocità AP	$V_p$	120	33,3	
	80% $V_p$	96	26,7	
		km/h	m/s	
Velocità inizio clotoide	$V_p$	60	16,7	
Accelerazione	a	1	$m/s^2$	
Lunghezza tratto di accelerazione	$L_{a,e}$	216,7	m	220 m
				226 Valore adottato
Portata AP	$Q_n$	1253	veic/h	
Lunghezza tratto di immissione	$L_{i,e}$	147,5	m	150 m
				40
Lunghezza tratto di manovra	$L_{m,u}$	75	m	190 Valore adottato
Lunghezza clotoide	$L_{clotoide}$	225,5	m	
Lunghezza tratto parallelo	$L_{parallelo}$	190,5	m	
Lunghezza totale	$L_{tot}$	491,0	m	

Figura 3-32 Dimensionamento rampa d’immissione 3D con metodo cinematico

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico  $L_{i,e}$  risulta pari a 150m, progettualmente incrementato a 190 m a vantaggio di sicurezza.

Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale  $Q_1$ , si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico  $T$ , si calcola  $\lambda$ :

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento  $K$ -esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico  $L_{i,e}$  risulta pari a 160 m.

Portata AP	$Q_n$	1253	veic/h		
Headway	$H$	2,9	s		
Tempo critico	$T$	2	s		
$\lambda$	$\lambda$	0,35	veic/s		
Lunghezza corsia di immissione	$L_{i,e}$	158,0	m	160	m

Figura 3-33 Dimensionamento rampa d'immissione 3D con metodo probabilistico

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si è confrontata la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (190,5 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (160 m). Dal confronto si sceglie di adottare, in favore di sicurezza, il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 226m + 190 m + 75 m = 491 m.$$

### 3.9.1.1. Svincolo 3 "Pistrino" - Rampa di immissione 3B (dir. Fano)

Tra lo Svincolo 3 "Pistrino" e lo Svincolo 4 "E45" al fine di soddisfare la verifica per il cambio corsia sul Viadotto Tevere lungo oltre 1,1km (raggio  $R=835m$ ), si è reso necessaria, per entrambe le carreggiate, la realizzazione di un tronco di scambio. **Trattandosi di tronchi con sviluppo superiore a 750 m, è precisato che, in linea con quanto indicato dall'HCM, il funzionamento è più vicino ad una successione di singole corsie di ingresso e di uscita.** Di seguito riportata la progettazione della corsia specializzata annessa alle rampe 3B.

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 3B dello Svincolo "Pistrino", risulta che:

$$V_f = 0,8 * 120 = 96 \text{ km/h}$$

Per  $V_r$  si è desunta (dal diagramma) una velocità pari a 48.6 km/h in vista della geometria della rampa.

Pertanto, il tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  risulta pari a 264 m.

Il tratto d'immissione  $L_{i,e}$ , valutato col metodo cinematico, è necessario per flussi di traffico della corrente principale  $Q_1$  maggiori a 700 veic/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) * V_f$$

Per  $V_p$  maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

PROGETTAZIONE ATI:

Corsia di immissione 3B (SCAMBIO)				
			km/h	m/s
	V <sub>p</sub>	120		33,3
Velocità AP	80% V <sub>p</sub>	96		26,7
			km/h	m/s
Velocità inizio clotoide	V <sub>p</sub>	48,64		13,5
Accelerazione	a	1		m/s <sup>2</sup>
Lunghezza tratto di accelerazione	L <sub>a,e</sub>	264,3	m	270 m
Portata AP	Q <sub>n</sub>	1253		veic/h
Lunghezza tratto di immissione	L <sub>i,e</sub>	147,5	m	150 m
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	75		m
Lunghezza clotoide	L <sub>clotoide</sub>	56,5		m
Lunghezza tratto parallelo	L <sub>parallelo</sub>	363,6		m
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	495,0		m

Figura 3-34 Dimensionamento rampa d'immissione 3B con metodo cinematico

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico L<sub>i,e</sub> risulta pari a 150m. Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale Q<sub>1</sub>, si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico T, si calcola λ:

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento K-esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico L<sub>i,e</sub> risulta pari a 160 m.

Portata AP	Q <sub>n</sub>	1253	veic/h	
Headway	H	2,9	s	
Tempo critico	T	2	s	
λ	λ	0,35	veic/s	
Lunghezza corsia di immissione	L <sub>i,e</sub>	158,0	m	160 m

Figura 3-35 Dimensionamento rampa d'immissione 3B con metodo probabilistico

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si è confrontata la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (313,6 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (160 m). Dal confronto si sceglie di adottare, in favore di sicurezza, il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 270m + 150 m + 75 m = 495 m.$$

La procedura appena descritta è stata utilizzata per verificare, dal progetto delle corsie specializzate annesse alle rampe 3B - 4A e 4D - 3E, che lo sviluppo complessivo "corsia ingresso" + "corsia uscita" risulta inferiore alla lunghezza dello scambio di progetto.

### 3.9.1.2. Svincolo 3 "Pistrino" - Rampa di diversione 3E (dir. Grosseto)

Tra lo Svincolo 3 "Pistrino" e lo Svincolo 4 "E45" al fine di soddisfare la verifica per il cambio corsia sul Viadotto Tevere lungo oltre 1,1km (raggio R=835m), si è reso necessaria, per entrambe le carreggiate, la realizzazione di un tronco di scambio. **Trattandosi di tronchi con sviluppo superiore a 750 m, è precisato che, in linea con quanto indicato dall'HCM, il funzionamento è più vicino ad una successione di singole corsie di ingresso e di uscita.** Di seguito riportata la progettazione della corsia specializzata annessa alle rampe 3E.

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 3E dello svincolo "Pistrino", risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120 \text{ km/h}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 60 \text{ km/h ( su R=270 m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 140 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 140 m + (90/2) m = 185 m$$

Segue estratto di calcolo.

La procedura appena descritta è stata utilizzata per verificare, dal progetto delle corsie specializzate annesse alle rampe 3B - 4A e 4D - 3E, che lo sviluppo complessivo "corsia ingresso" + "corsia uscita" risulta inferiore alla lunghezza dello scambio di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:



Corsia di diversione 3E					
		km/h	m/s		A
Velocità AP	Vp	120	33,3		B
		km/h	m/s		C
Velocità inizio clotoide	Vp	60	16,7		D
					E
Tipo di strada		B			F
Accelerazione	a	-3	m/s <sup>2</sup>		
Lunghezza tratto di decelerazione	L <sub>a,e</sub>	138,9	m	140	
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	90	m		
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	185	m		

**Figura 3-36 Dimensionamento rampa di diversione 3E**

### 3.9.1.3. Svincolo “Pistrino” - Rampa di diversione 3A (dir. Fano)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 3A dello svincolo “Pistrino”, risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120 \text{ km/h}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 53 \text{ km/h (su } R=77 \text{ m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 150 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 150 \text{ m} + (90/2) \text{ m} = 195 \text{ m}$$

Tali lunghezze rappresentano le misure minime da garantire calcolate secondo quanto indicato dal D.M. 19.04.2006.

La lunghezza totale di tale corsia specializzata di diversione è stata incrementata a 1225 m per soddisfare la verifica di visibilità per il cambio corsia.

PROGETTAZIONE ATI:

Corsia di diversione 3A				
		km/h	m/s	A
Velocità AP	V <sub>p</sub>	120	33.3	B
		km/h	m/s	C
Velocità inizio clotoide	V <sub>p</sub>	53	14.7	D
				E
Tipo di strada		B		F
Accelerazione	a	-3	m/s <sup>2</sup>	
Lunghezza tratto di decelerazione	L <sub>a,e</sub>	149.1	m	150 m
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	90	m	
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	195	m	115

Figura 3-37 Dimensionamento rampa di diversione 3A

#### 3.9.1.4. Svincolo 4 "E45" - Rampa di diversione 4E (dir. Perugia)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 3E dello svincolo "Selci-E45", risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120 \text{ km/h}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 56 \text{ km/h (su } R=100\text{m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 150 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 150 \text{ m} + (90/2) \text{ m} = 195 \text{ m}$$

Tali lunghezze rappresentano le misure minime da garantire calcolate secondo quanto indicato dal D.M. 19.04.2006.

Corsia di diversione 4E				
		km/h	m/s	A
Velocità AP	V <sub>p</sub>	120	33.3	B
		km/h	m/s	C
Velocità inizio clotoide	V <sub>p</sub>	56	15.6	D
				E
Tipo di strada		B		
Accelerazione	a	-3	m/s <sup>2</sup>	
Lunghezza tratto di decelerazione	L <sub>a,e</sub>	144.9	m	150 m
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	90	m	
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	195	m	

Figura 3-38 Dimensionamento rampa di diversione 4E

### 3.9.1.5. Svincolo 4 "E45" - Rampa di diversione 4A (dir. Perugia)

Tra lo Svincolo 3 "Pistrino" e lo Svincolo 4 "E45" al fine di soddisfare la verifica per il cambio corsia sul Viadotto Tevere lungo oltre 1,1km (raggio R=835m), si è reso necessaria, per entrambe le carreggiate, la realizzazione di un tronco di scambio. **Trattandosi di tronchi con sviluppo superiore a 750 m, è precisato che, in linea con quanto indicato dall'HCM, il funzionamento è più vicino ad una successione di singole corsie di ingresso e di uscita.** Di seguito riportata la progettazione della corsia specializzata annessa alle rampe 3A.

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 4A dello svincolo "Selci-E45", risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120 \text{ km/h}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 60 \text{ km/h (su R=100m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 140 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 140 \text{ m} + (90/2) \text{ m} = 185 \text{ m}$$

Tali lunghezze rappresentano le misure minime da garantire calcolate secondo quanto indicato dal D.M. 19.04.2006.

Segue estratto di calcolo.

La procedura appena descritta è stata utilizzata per verificare, dal progetto delle corsie specializzate annesse alle rampe 3B - 4A e 4D - 3E, che lo sviluppo complessivo "corsia ingresso" + "corsia uscita" risulta inferiore alla lunghezza dello scambio di progetto.

Corsia di diversione 4A (SCAMBIO)					
			km/h	m/s	
Velocità AP	Vp	120		33,3	
			km/h	m/s	
Velocità inizio clotoide	Vp	60		16,7	
Tipo di strada		B			
Accelerazione	a	-3		m/s <sup>2</sup>	
Lunghezza tratto di decelerazione	L <sub>a,e</sub>	138,9	m		140 m
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	90	m		
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	185	m		

Figura 3-39 Dimensionamento rampa di diversione 4A

### 3.9.1.6. Svincolo 4 "E45" - Rampa di diversione 4G (E45 dir. SUD)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia specializzata di uscita 4G dello svincolo "Selci-E45", risulta che la velocità di progetto è pari a:

$$V_i = 120 \text{ km/h (E45)}$$

La velocità di percorrenza della curva successiva al tratto parallelo è desunta dal diagramma di velocità ed è pari a:

$$V_r = 58 \text{ km/h (su R=110m)}$$

Ne deriva che:

- la lunghezza del tratto di manovra  $L_{m,u}$  è pari a 90 m;
- la lunghezza del tratto di decelerazione  $L_{d,u}$  è pari a 150 m.

Pertanto:

$$L_{dec} = L_{d,u} + (L_{m,u}/2) = 150 \text{ m} + (90/2) \text{ m} = 195 \text{ m}$$

Tali lunghezze rappresentano le misure minime da garantire calcolate secondo quanto indicato dal D.M. 19.04.2006.

Corsia di diversione 4G					
			km/h	m/s	
Velocità AP	Vp	120		33,3	
			km/h	m/s	
Velocità inizio clotoide	Vp	58		16,1	
Tipo di strada		B			
Accelerazione	a	-3		m/s <sup>2</sup>	
Lunghezza tratto di decelerazione	L <sub>a,e</sub>	141,9	m		150 m
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	90	m		
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	195	m		

Figura 3-40 Dimensionamento rampa di diversione 4G

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.9.1.7. Svincolo 4 “E45” - Rampa di immissione 4B (dir. Fano)

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 4B dello Svincolo “Selci-E45”, risulta che:

$$V_f = 0,8 * 120 = 96 \text{ km/h}$$

Per  $V_r$  si è desunta (dal diagramma) una velocità pari a 49 km/h.

Pertanto, il tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  risulta pari a 270 m.

Il tratto d'immissione  $L_{i,e}$  valutato col metodo cinematico, è necessario per flussi di traffico della corrente principale  $Q_1$  maggiori a 700 veic/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) * V_f$$

Per  $V_p$  maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

Corsia di immissione 4B				
		km/h	m/s	
Velocità AP	$V_p$	120	33,3	
	80% $V_p$	96	26,7	
		km/h	m/s	
Velocità inizio clotoide	$V_p$	49	13,6	
Accelerazione	a	1	m/s <sup>2</sup>	
Lunghezza tratto di accelerazione	$L_{a,e}$	262,9	m	270 m
Portata AP	$Q_n$	1060	veic/h	
Lunghezza tratto di immissione	$L_{i,e}$	96,1	m	100 m
				40
Lunghezza tratto di manovra	$L_{m,u}$	75	m	140 Valore adottato
Lunghezza clotoide	$L_{clotoide}$	83	m	
Lunghezza tratto parallelo	$L_{parallelo}$	327	m	
Lunghezza totale	$L_{tot}$	485	m	

Figura 3-41 Dimensionamento rampa d'immissione 4B con metodo cinematico

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico  $L_{i,e}$  risulta pari a 100m, progettualmente incrementato a 140 m a vantaggio di sicurezza.

Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale  $Q_1$ , si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico T, si calcola  $\lambda$ :

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento K-esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico  $L_{i,e}$  risulta pari a 130 m.

Portata AP	Qn	1060	veic/h		
Headway	H	3,4	s		
Tempo critico	T	2	s		
$\lambda$	$\lambda$	0,29	veic/s		
Lunghezza corsia di immissione	$L_{i,e}$	124,5	m	130	m

**Figura 3-42 Dimensionamento rampa d'immissione 4B con metodo probabilistico**

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si confronta la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (377 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (130 m). Dal confronto si sceglie di adottare a favore di sicurezza il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 270m + 140m + 75 m = 485 m.$$

### 3.9.1.8. Svincolo 4 "E45" - Rampa di immissione 4F (dir.Perugia )

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 4F dello Svincolo "Selci-E45", risulta che:

$$V_f = 0,8 * 120 = 96 \text{ km/h}$$

Per  $V_r$  si è desunta (dal diagramma) una velocità pari a 60 km/h su un raggio  $R=120m$ .

Pertanto, il tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  risulta pari a 220 m.

Il tratto d'immissione  $L_{i,e}$  valutato col metodo cinematico, è necessario per flussi di traffico della corrente principale  $Q_1$  maggiori a 700 veic/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) * V_f$$

La  $Q_1$  sull'asse E45 direzione Perugia è stata stimata partendo dai più recenti dati Anas del TGMA relativi alla stazione di rilevamento di Pieve Santo Stefano all'anno 2021 di cui si riporta un estratto nella successiva figura. Il numero giornaliero di veicoli (8329 leggeri e 2056 pesanti) si è dapprima, in favore di sicurezza, incrementato di un terzo per colmare l'incertezza relativa alla localizzazione e successivamente lo si è proiettato dal 2021 al 2048 secondo le stesse ipotesi fatte nel paragrafo 3.8 (60% direzionale, 60% corsia di marcia e fattori ora di punta di tabella 3.10).

Si è pervenuti così ad una  $Q_1$  di 791 veicoli/h che corrisponde ad un tratto di immissione di 24,3 m portato a 60m in favore di sicurezza.

Per  $V_p$  maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

Postazione	Strada	Km	Comune	Pr	Consistenza gg	Leggeri	Pesanti
3399	SS342	67,783	Lurate Caccivio	CO	334	13.894	135
303002	SS36	17,013	Desio	MB	327	93.814	4.340
303005	SS36	27,727	Giussano	MB	262	46.958	2.787
303003	SS36	34,5	Costa Masnaga	LC	274	51.774	2.793
303004	SS36	42,572	Suello	LC	356	44.671	1.891
3488	SS36	49,281	Lecco	LC	144	66.908	2.289
417	SS36	59,036	Abbadia Lariana	LC	302	16.949	1.546
10034	SS36	129,428	San Giacomo Filippo	SO	278	2.958	20
411007	SS360	8,022	Senigallia	AN	274	4.626	97
411017	SS361	49,269	San Severino Marche	MC	365	4.784	189
411025	SS362	5,267	Jesi	AN	274	7.492	215
16020	SS379	8,177	Fasano	BR	335	19.117	1.822
3205	SS379	41,669	Brindisi	BR	355	20.298	1.790
421	SS38	32,856	Castione Andevenno	SO	340	18.386	769
10038	SS38	79,768	Grosio	SO	334	6.921	336
1484	SS385	10,858	Lentini	SR	351	2.577	143
1485	SS385	39,979	Mineo	CT	117	1.111	44
1486	SS385	53,462	Caltagirone	CT	363	1.190	42
1487	SS386	23,688	Villafranca Sicula	AG	339	181	0
1497	SS389DIR-B	3,498	Fonni	NU	364	589	8
10043	SS389VAR	35,837	Villagrande Strisaili	NU	361	2.295	72
428	SS39	9,469	Aprica	SO	338	3.195	76
1502	SS394	4,701	Casciago	VA	358	15.989	91
10033	SS394	27,275	Cassano Valcuvia	VA	356	10.314	141
409015	SS398	15,808	Monterotondo Marittimo	GR	364	436	35
1509	SS398	41,236	Piombino	LI	297	14.129	736
3139	SS3BIS	6,765	San Gemini	TR	286	16.781	2.482
920069	SS3BIS	68,894	Perugia	PG	126	27.446	3.225
920061	SS3BIS	90,897	Perugia	PG	237	13.423	2.335
2451	SS3BIS	142,813	Pieve Santo Stefano	AR	113	8.329	2.056

Figura 3-43 TGMA Anas 2021

Corsia di immissione 4F			
		km/h	m/s
Velocità AP	Vp	120	33.3
	80% Vp	96	26.7
		km/h	m/s
Velocità inizio clotoide	Vp	60	16.7
Accelerazione	a	1	m/s <sup>2</sup>
Lunghezza tratto di accelerazione	L <sub>a,e</sub>	216.7	m
			220 m
Portata AP	Qn	791	veic/h
Lunghezza tratto di immissione	L <sub>i,e</sub>	24.3	m
			30 m
			60 Valore adottato
Lunghezza tratto di manovra	L <sub>m,u</sub>	75	m
Lunghezza clotoide	L <sub>clotoide</sub>	73.25	m
Lunghezza tratto parallelo	L <sub>parallelo</sub>	206.75	m
Lunghezza totale	L <sub>tot</sub>	325	m

Figura 3-44 Dimensionamento rampa di immissione 4F con metodo cinematico

PROGETTAZIONE ATI:

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico  $L_{i,e}$  risulta pari a 60m. Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale  $Q_1$ , si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico  $T$ , si calcola  $\lambda$ :

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento K-esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico  $L_{i,e}$  risulta pari a 150 m.

Portata AP	$Q_n$	925	veic/h		
Headway	H	3,9	s		
Tempo critico	T	2	s		
$\lambda$	$\lambda$	0,26	veic/s		
Lunghezza corsia di immissione	$L_{i,e}$	142,7	m	150	m

Figura 3-45 Dimensionamento rampa d'immissione 4F con metodo probabilistico

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si confronta la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (150 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (206,75 m). Dal confronto si sceglie di adottare a favore di sicurezza il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 220m + 60m + 75 m = 355 m.$$



### 3.9.1.9 Svincolo 4 “E45” - Rampa di immissione 4D (dir. Grosseto)

Tra lo Svincolo 3 “Pistrino” e lo Svincolo 4 “E45” al fine di soddisfare la verifica per il cambio corsia sul Viadotto Tevere lungo oltre 1,1km (raggio R=835m), si è reso necessaria, per entrambe le carreggiate, la realizzazione di un tronco di scambio. Trattandosi di tronchi con sviluppo superiore a 750 m, è precisato che, in linea con quanto indicato dall’HCM, il funzionamento è più vicino ad una successione di singole corsie di ingresso e di uscita. Di seguito riportata la progettazione della corsia specializzata annessa alle rampe 4D.

Per quanto riguarda il dimensionamento della corsia della corsia specializzata di immissione 4F dello Svincolo “Selci-E45”, risulta che:

$$V_f = 0,8 \cdot 120 = 96 \text{ km/h}$$

Per  $V_r$  si è desunta (dal diagramma) una velocità pari a 60 km/h su un raggio R=120m.

Pertanto, il tratto di accelerazione  $L_{a,e}$  risulta pari a 220 m.

Il tratto d’immissione  $L_{i,e}$  valutato col metodo cinematico, è necessario per flussi di traffico della corrente principale  $Q_1$  maggiori a 700 veic/ora ed è calcolabile come:

$$L_{i,e} = ((Q_1 - 700) / 100) \cdot V_f$$

Per  $V_p$  maggiori di 80 km/h la lunghezza del tratto di raccordo  $L_{v,e}$  è pari a 75 m.

Corsia di immissione 4D (SCAMBIO)			
		km/h	m/s
Velocità AP	$V_p$	120	33,3
	80% $V_p$	96	26,7
		km/h	m/s
Velocità inizio clotoide	$V_p$	60	16,7
Accelerazione	a	1	m/s <sup>2</sup>
Lunghezza tratto di accelerazione	$L_{a,e}$	216,7	m
			220 m
Portata AP	$Q_n$	1060	veic/h
Lunghezza tratto di immissione	$L_{i,e}$	96,1	m
			100 m
Lunghezza tratto di manovra	$L_{m,u}$	75	m
Lunghezza clotoide	$L_{clotoide}$	67,3	m
Lunghezza tratto parallelo	$L_{parallelo}$	252,7	m
Lunghezza totale	$L_{tot}$	395	m

Figura 3-46 Dimensionamento rampa di immissione 4D con metodo cinematico

Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo cinematico  $L_{i,e}$  risulta pari a 100m.

Il tratto di immissione è valutato anche con il metodo probabilistico. Considerando il flusso di traffico della corrente principale  $Q_1$ , si ottiene l'headway calcolato come:

$$\frac{1}{Q_1}$$

Individuato il tempo critico  $T$ , si calcola  $\lambda$ :

$$\lambda = Q_1 / 3600$$

Si calcola la probabilità fino all'individuazione dell'evento  $K$ -esimo caratterizzato da una probabilità superiore al 90% secondo quanto indicato dalla normativa CNR. Pertanto, il tratto di immissione calcolato con il metodo probabilistico  $L_{i,e}$  risulta pari a 150 m.

Portata AP	$Q_n$	1060	veic/h		
Headway	$H$	3,4	s		
Tempo critico	$T$	2	s		
$\lambda$	$\lambda$	0,29	veic/s		
Lunghezza corsia di immissione	$L_{i,e}$	142,7	m	150	m

Figura 3-47 Dimensionamento rampa d'immissione 4F con metodo probabilistico

Per individuare la lunghezza del tratto di immissione, si confrontano i due metodi sopra citati. In particolare, si confronta la lunghezza del tratto parallelo valutata col metodo cinematico (150 m) e la lunghezza della corsia di immissione valutata con il metodo probabilistico (252,7 m). Dal confronto si sceglie di adottare a favore di sicurezza il metodo che restituisce il valore di lunghezza maggiore, ovvero il metodo cinematico.

In conclusione:

$$L_{imm} = L_{a,e} + L_{i,e} + L_{v,e} = 220m + 100m + 75 m = 395 m.$$

La procedura appena descritta è stata utilizzata per verificare, dal progetto delle corsie specializzate annesse alle rampe 3B - 4A e 4D - 3E, che lo sviluppo complessivo "corsia ingresso" + "corsia uscita" risulta inferiore alla lunghezza dello scambio di progetto.

### 3.10. VERIFICA DELLE DISTANZE DI VISUALE LIBERA

#### 3.10.1. DISTANZA DI VISIBILITÀ PER L'ARRESTO

Lungo i tracciati è stata condotta una **analisi tridimensionale** per il calcolo della distanza di visuale libera confrontandola con la distanza di visibilità per l'arresto (nel seguito **DA**). Per distanza di visuale libera (nel seguito **DVL**) si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

In seconda fase, dopo aver calcolato gli allargamenti necessari, si è aggiornato il modello digitale e si è ricondotta l'analisi per far sì che le distanze di visuale libera risultassero maggiori delle distanze di arresto calcolate.

Le distanze di visibilità per l'arresto, da garantire lungo tutto il tracciato sono state calcolate utilizzando la formula prevista dalla normativa:

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

dove:

$D_1$	=	spazio percorso nel tempo $\tau$	
$D_2$	=	spazio di frenatura	
$V_0$	=	velocità del veicolo all'inizio della frenatura, pari alla velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (cfr. par. 5.4)	[km/h]
$V_1$	=	velocità finale del veicolo, in cui $V_1 = 0$ in caso di arresto	[km/h]
$i$	=	pendenza longitudinale del tracciato	[ % ]
$\tau$	=	tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione)	[s]
$g$	=	accelerazione di gravità	[m/s <sup>2</sup> ]
$Ra$	=	resistenza aerodinamica	[ N ]
$m$	=	massa del veicolo	[kg]
$f_i$	=	quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura	
$r_0$	=	resistenza unitaria al rotolamento, trascurabile	[N/kg]

La resistenza aerodinamica  $Ra$  si valuta con la seguente espressione:

$$Ra = \frac{1}{2 \times 3,6^2} \rho C_x S V^2 \quad [N]$$

dove:

$C_x$	=	coefficiente aerodinamico	
$S$	=	superficie resistente	[m <sup>2</sup> ]
$\rho$	=	massa volumica dell'aria in condizioni standard	[kg/m <sup>3</sup> ]

PROGETTAZIONE ATI:

Come si evince nei successivi paragrafi dai diagrammi di velocità e visibilità allegati, tutte le curve planimetriche hanno superato la verifica, in taluni casi però allargando secondo quanto richiesto dalle verifiche di visibilità in sinistra e destra la sagoma stradale (viadotti compresi), mediante l'arretramento degli elementi di margine e prevedendo una zona pavimentata non carrabile caratterizzata da un'opportuna segnaletica orizzontale ("zebratura" e "banda sonora" di margine)

Riguardo al parametro  $f_i$  (quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura) si è tenuto conto dei valori forniti dal D.M.2001.

Per l'asse principale e gli svincoli si sono adottati coefficienti corrispondenti al piano viabile di qualità.

Normative: ITA - Normativa intersezioni 2006 (Parametri rampe da tabella)

Tabella: Coeff. aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura A-B

Valori (ID 1):

Velocità	$f_i$
0	0.693
29	0.600
60	0.500
80	0.440
100	0.400
120	0.360
140	0.340

Figura 3-48: Parametri  $f_i$  piano viabile di qualità

Viene di seguito riportato un quadro riepilogativo degli allargamenti adottati per garantire la distanza di visibilità per l'arresto su tutto il tracciato.

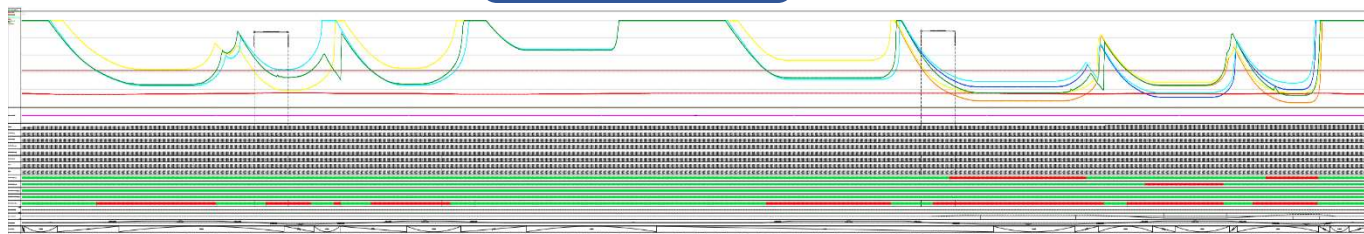
A.P. Dir. Fano		
Progressiva	Allarg. Visibilità SX (m) / INT	Allarg. Visibilità DX (m)
0	0	0
8+394	0	0
8+844	1,9	0
9+724	1,9	0
10+173	0	0
10+535	0	1,2
11+115	0	1,2
11+414	0	0
11+727	2,6	0
11+975	2,6	0
12+119	0	0
12+435	0	0

A.P. Dir. Grosseto		
Progressiva	Allarg. Visibilità SX (m) / INT	Allarg. Visibilità DX (m) / INT
0	0	0
8+404	0	0
8+877	0,6	0
9+507	0,6	0
9+582	0	0
10+558	0	2,4
11+177	0	2,4
11+407	0	0
11+760	1	0
11+941	1	0
12+212	0	0
12+463	0	0

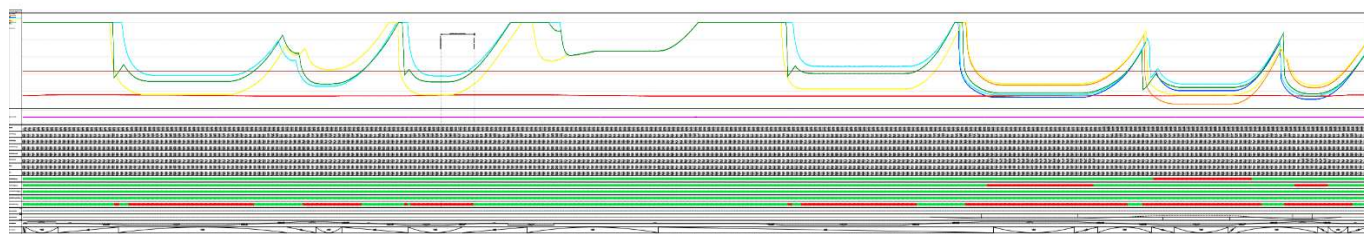
PROGETTAZIONE ATI:

Per ciascuna carreggiata è stata condotta la verifica di visibilità per l'arresto con riferimento alla corsia di marcia ed a quella di soprasso.

direzione Fano



direzione Grosseto



PROGETTAZIONE ATI:

### 3.10.2. DISTANZA DI VISIBILITÀ PER IL CAMBIO CORSIA

Il DM 05-11-2001 definisce la **distanza di visibilità per il cambio corsia** come *la lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, etc.)*. Tale distanza è valutata con la seguente espressione:

$$D_c = 9,5 \times v = 2,6 \times V$$

Con  $v$  = velocità del veicolo in [m/s], oppure  $V$  in [km/h].

Sempre secondo il DM2001 deve *venir verificata la possibilità di vedere il limite più lontano della corsia adiacente a quella impegnata dal conducente*.

Tale normativa non suggerisce ulteriori specifiche sulle modalità di esecuzione della verifica.

Secondo autorevoli interpretazioni come il testo *F. Santagata – Strade Teoria e tecnica delle costruzioni stradali Vol.1 – Progettazione la verifica* è da effettuarsi considerando il punto di osservazione del guidatore a un'altezza  $h_1$  pari a 1,10 m e collocando il punto osservato sulla superficie stradale in corrispondenza della segnaletica orizzontale che individua il punto rispetto al quale devono compiersi le manovre.

Le tre figure sottostanti evidenziano quanto appena descritto.

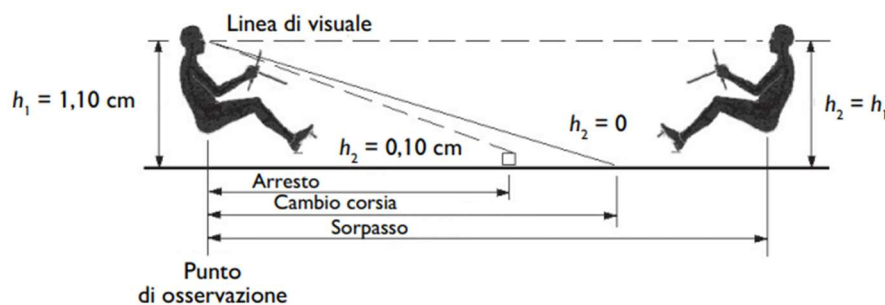


Figura 3-49: Posizione piano-altimetrica del punto di osservazione e del punto obiettivo

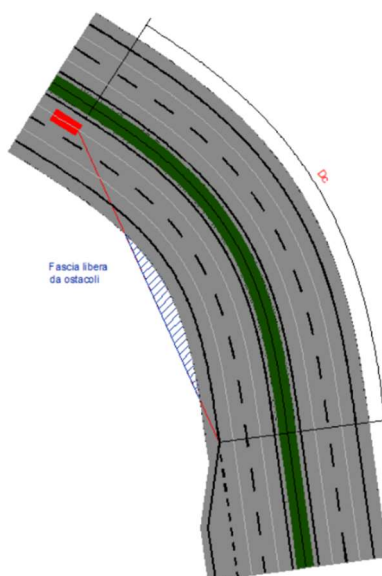


Figura 3-50: Schema 2D della verifica visibilità cambio corsia

PROGETTAZIONE ATI:

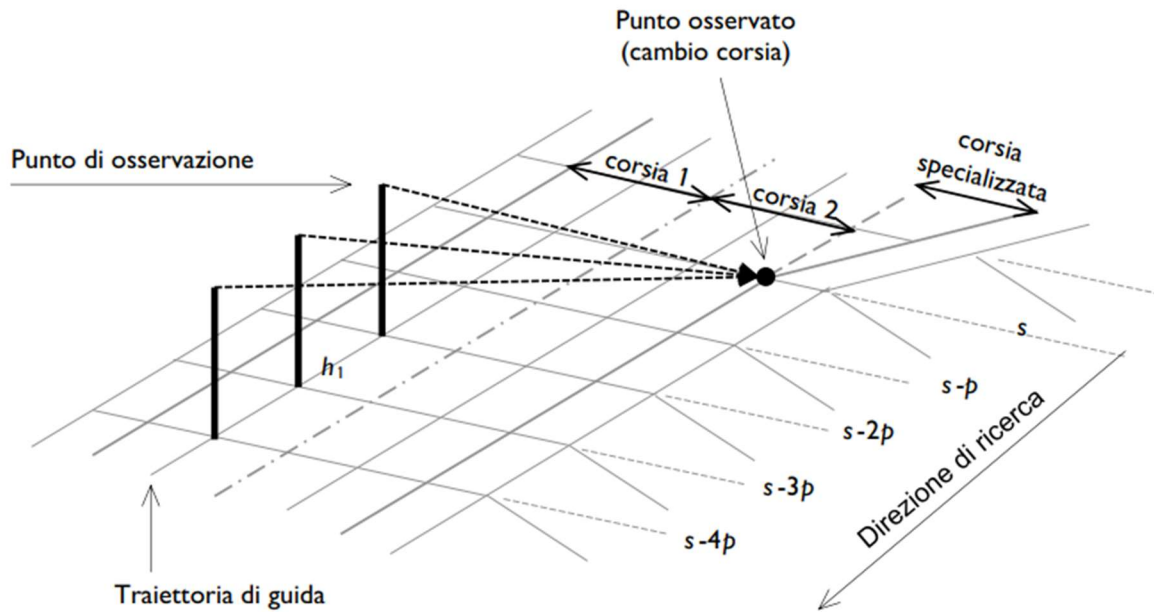


Figura 3-51: Schema 3D della verifica visibilità cambio corsia (F. Santagata – Strade Teoria e tecnica delle costruzioni stradali)

Nell'analisi tridimensionale della Figura 3-51 la distanza di visuale libera si ottiene arretrando il punto di osservazione sulla corsia di marcia sino a quando la linea di visuale non incontra una qualunque superficie di modello (un ostacolo come una barriera di sicurezza).

Tra lo Svincolo 3 "Pistrino" e lo Svincolo 4 "E45" al fine di soddisfare tale verifica sul Viadotto Tevere lungo oltre 1,1km (raggio  $R=835m$ ), si è reso necessaria, per entrambe le carreggiate, la realizzazione di un tronco di scambio.



Entrambe le verifiche di visibilità sono state inserite all'interno degli elaborati chiamati "Diagrammi di velocità e visuale libera", per le due direzioni dell'Asse Principale.

È stata altresì prodotto un allegato alla presente relazione: "Verifiche distanza di visibilità per la manovra di cambiamento corsia", nel quale sono stati riportati i risultati grafici dell'analisi 3D per la manovra di cambio corsia.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.11. TRATTO DI TRANSIZIONE FINE LOTTO

Superata l'intersezione di Tipo 1 (Svincolo) tra la E78 e la E45, la configurazione di progetto prevede a fine lotto una intersezione a rotatoria di diametro 50m.

Data la non ammissibilità (Figura 3 D.M.19.04.2006) di una intersezione a raso per una strada di categoria B, nasce l'esigenza di realizzare una transizione tra la piattaforma dell'asse principale con spartitraffico (in corrispondenza del sottopasso della E45) e una piattaforma adeguata all'ingresso in rotatoria.

È altresì utile premettere che le valutazioni fatte di seguito vanno incontro all'esigenza di prevedere delle opere che dovranno già essere idonee alla futura raddoppiabilità del lotto successivo "Salita di Parnacciano (PG365) ad una strada di cat. B.

In vista di questa ultima considerazione, si è scelto di prevedere la realizzazione della intera piattaforma di larghezza 22m fino alla rotatoria di progetto.

Per quanto riguarda la carreggiata direzione Grosseto, data la bassa velocità dei veicoli provenienti dal ramo di uscita di larghezza 4,50m della rotatoria, si è potuto far "nascere" la corsia di sorpasso con una transizione di lunghezza 120m circa.

Viceversa per quanto riguarda la carreggiata direzione Fano si è dovuta dimensionare la lunghezza della transizione facendo riferimento ai seguenti due criteri:

- *"l'inclinazione delle linee di raccordo rispetto all'asse stradale non deve superare il 5% per le strade urbane di quartiere e per le strade locali e il 2% per tutti gli altri tipi di strade, fatti salvi i casi in cui ciò risultasse impossibile per la presenza di intersezioni a monte"*<sup>6</sup>.
- durante la fase di manovra, al fine di limitare l'accelerazione trasversale ad un valore inferiore ad  $a_t = 0,3 \text{ m/s}^2$ , la lunghezza minima del tratto di transizione dovrà essere:

$$L_{min} = V_p \cdot \sqrt{a}$$

con

- $V_p$  velocità di progetto [km/h]

- $a$  allargamento/restringimento nella direzione di marcia [m]

Applicando il primo criterio del 2% si ottiene una lunghezza di transizione pari a 188m mentre applicando il secondo criterio dinamico si perviene a:

$$L_{min} = 120 \text{ km/h} * \sqrt{3.75 \text{ m}} = 233 \text{ m}$$

In favore di sicurezza, si è scelto il valore maggiore tra i due per realizzare la transizione ovvero 233m, si è data continuità alle corsie di marcia lenta in entrambe le direzioni e, tramite apposita segnaletica orizzontale e verticale, si è adeguatamente segnalata all'utenza l'intersezione a rotatoria, al fine di far decrescere la velocità in approccio ad essa.

Lo schema della transizione di fine lotto è esposto nella figura seguente.

<sup>6</sup> Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada- D.P.R. 495/92 - art. 142, comma 2  
PROGETTAZIONE ATI:



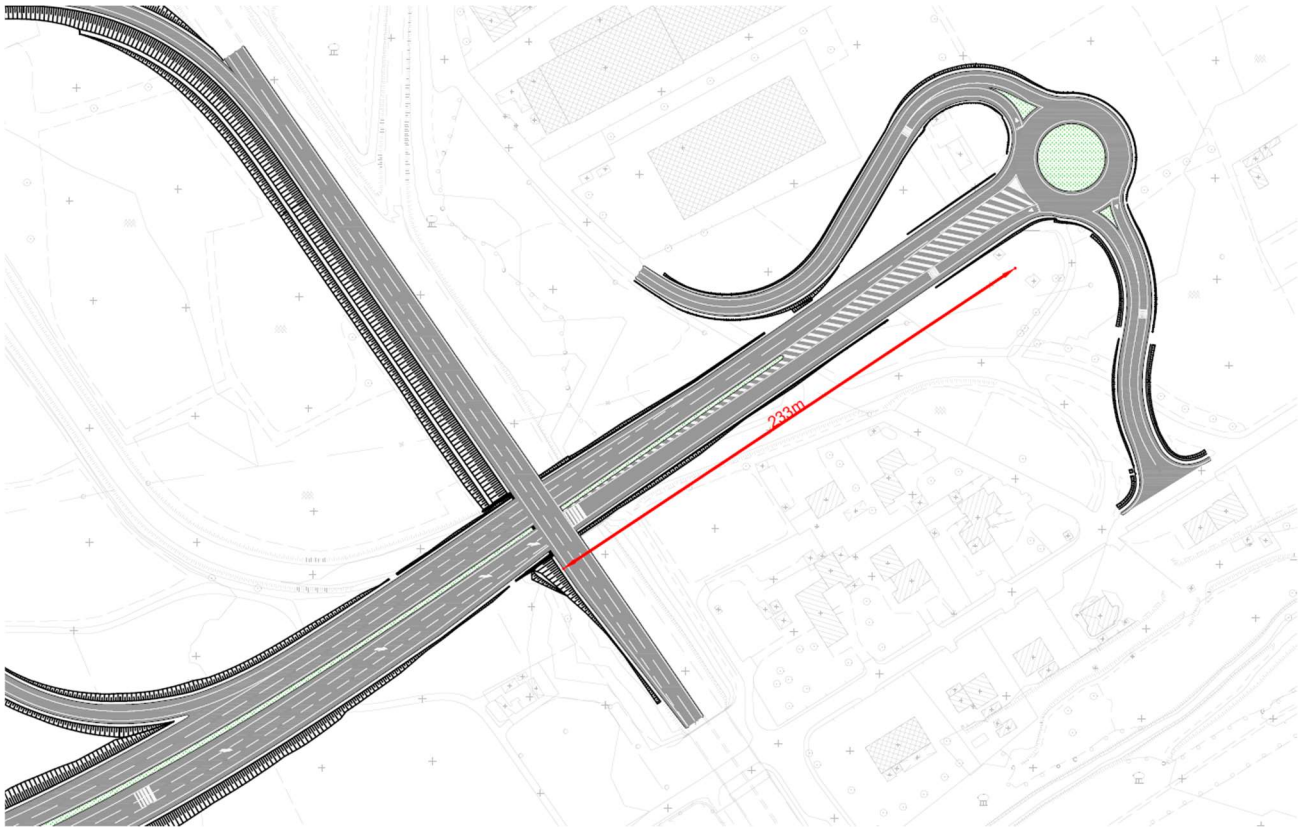


Figura 3-52: Tratto di transizione fine lotto

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.12. PIAZZOLE DI SOSTA

In riferimento al par. 4.3.6 del D.M. 05.11.2001, sull'asse principale sono state previste piazzole per la sosta ubicate all'esterno della banchina.

La configurazione adottata a cielo aperto è quella suggerita dalla norma (figura sottostante).

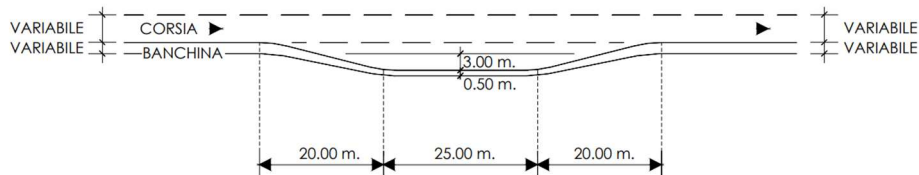


Figura 3-53: Configurazione piazzole di sosta

Per quanto attiene le piazzole di sosta nei tratti in galleria, le loro dimensioni e la loro interdistanza è espressa dalla direttiva ANAS attinente a tale tema. Di seguito l'immagine, estratta dall'elaborato relativo alle gallerie, della pianta della piazzola in esame.

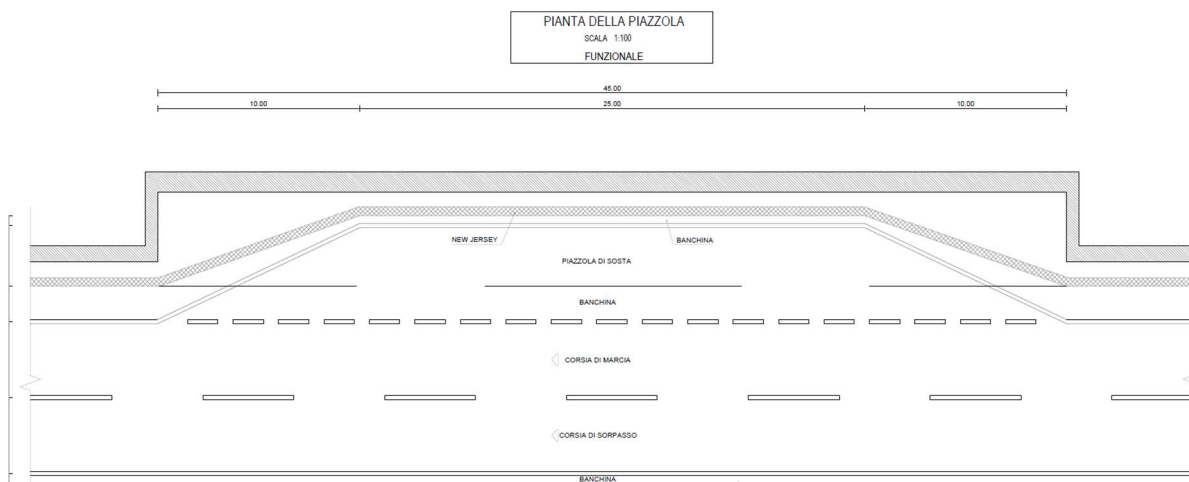


Figura 3-54: Configurazione piazzole di sosta in galleria

Segue elenco sintetico delle piazzole:

Dir. Fano		
Piazzola 1	1+190	GN. 01
Piazzola 2	1+785	
Piazzola 3	4+300	Galleria GN. 03
Piazzola 4	5+246	
Piazzola 5	5+846	
Piazzola 6	6+446	
Piazzola 7	7+046	
Piazzola 8	8+425	

Dir. Grosseto		
Piazzola 1	1+115	GN. 02
Piazzola 2	1+715	
Piazzola 3	4+545	Galleria GN. 04
Piazzola 4	5+275	
Piazzola 5	5+875	
Piazzola 6	6+475	
Piazzola 7	7+075	
Piazzola 8	8+375	

### 3.13. DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE DELLE ROTATORIE

Come previsto dal D.M. 16.04.2006, gli elementi modulari delle rotatorie appartenenti agli svincoli dell'Asse Principale hanno le larghezze indicate nelle seguenti tabelle:

<b>Rotatoria 1D - Svincolo "LE VILLE"</b>	
<i>Diametro esterno [m]</i>	40.00
<i>Larghezza anello giratorio [m]</i>	6.00
<i>Larghezza corsia ingresso [m]</i>	3.5
<i>Larghezza corsia uscita [m]</i>	4.50
<b>Rotatoria 2I - Svincolo "MONTERCHI"</b>	
<i>Diametro esterno [m]</i>	40.00
<i>Larghezza anello giratorio [m]</i>	6.00
<i>Larghezza corsia ingresso [m]</i>	3.50
<i>Larghezza corsia uscita [m]</i>	4.50
<b>Rotatoria 2H - Svincolo "MONTERCHI"</b>	
<i>Diametro esterno [m]</i>	40.00
<i>Larghezza anello giratorio [m]</i>	6.00
<i>Larghezza corsia ingresso [m]</i>	3.50
<i>Larghezza corsia uscita [m]</i>	4.50
<b>Rotatoria 3F - Svincolo "PISTRINO" - Esistente</b>	
<i>Diametro esterno [m]</i>	50
<i>Larghezza anello giratorio [m]</i>	9.00
<i>Larghezza corsia ingresso [m]</i>	3.50 1 corsia 2x3.00 2 corsie
<i>Larghezza corsia uscita [m]</i>	4.50
<b>Rotatoria - Svincolo "E45"</b>	
<i>Diametro esterno [m]</i>	50
<i>Larghezza anello giratorio [m]</i>	6.00
<i>Larghezza corsia ingresso [m]</i>	3.50
<i>Larghezza corsia uscita [m]</i>	4.50

Tabella 3-11: Rotatorie

Negli incroci a rotatoria, i conducenti che si approssimano alla rotatoria devono vedere i veicoli che percorrono l'anello centrale al fine di cedere ad essi la precedenza o eventualmente arrestarsi; sarà sufficiente una visione completamente libera sulla sinistra per un quarto dello sviluppo dell'intero anello, secondo la costruzione geometrica riportata sotto in figura, posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

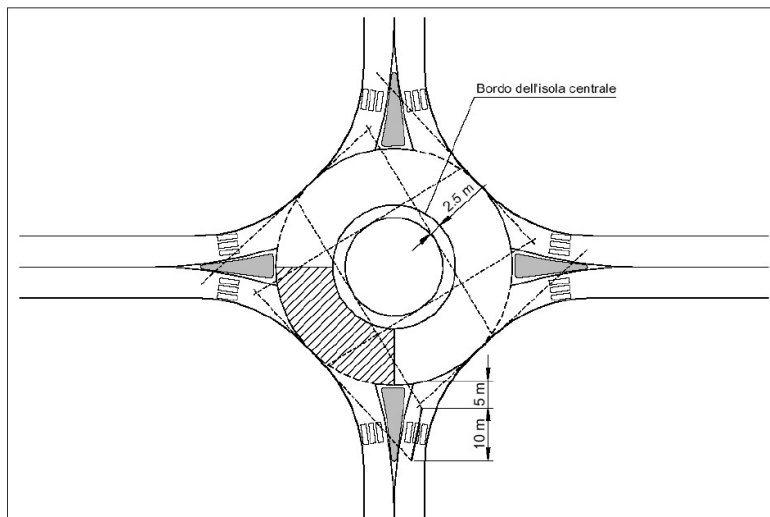


Figura 3-55: Schema visibilità rotatoria DM2006

Le verifiche di visibilità previste dalla norma sono state effettuate per le otto rotatorie di progetto in forma grafica e sono riportate negli elaborati **“Verifiche rotatorie e transitabilità mezzi pesanti”**. Come si evince dall’elaborato le verifiche di visibilità risultano tutte soddisfatte senza particolari accorgimenti, risulta comunque opportuno mantenere una zona di circa 2.5m priva di ostacoli all’interno dell’anello giratorio.

Nella definizione delle intersezioni di tipo rotatoria, si è tenuto conto della deflessione delle traiettorie in attraversamento al nodo, ed in particolare le traiettorie che interessano due rami opposti o adiacenti rispetto all’isola centrale.

Per ciascun braccio di immissione interessato da una traiettoria di attraversamento è stato stimato l’angolo di deflessione secondo i criteri previsti dal D.M.16.04.2006 andandolo a confrontare con il valore minimo raccomandato dalla normativa (45°).

Le verifiche di deflessione previste dalla norma sono state effettuate per le otto rotatorie di progetto in forma grafica e sono riportate negli elaborati **“Verifiche rotatorie e transitabilità mezzi pesanti”**.

Nella scelta dei raggi di ingresso, uscita e raccordo si è prediletto il soddisfacimento delle verifiche di visibilità piuttosto che delle deflessioni (solo raccomandate).

Si è comunque prevista l’installazione di bande sonore in approccio a tutte le rotatorie al fine di far moderare all’utenza la velocità in approccio alle stesse.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.14. VIABILITÀ SECONDARIA

Per quanto riguarda le viabilità secondarie, la progettazione è stata improntata alla risoluzione delle interferenze senza determinare inopportune discontinuità e realizzando una sezione tipo che mantenga quanto più possibile il calibro della sezione esistente. Nell'ambito delle viabilità interferite sono state incluse anche le strade a destinazione particolare (agricole, forestali, poderali e simili) per le quali le caratteristiche fornite dalla tabella 3.4.a del D.M 05.11.2001 e le relative velocità di progetto non sono applicabili.

In virtù delle suddette considerazioni, si è operata una distinzione tra strade aventi funzione di accesso a fondi o abitazioni e strade aventi funzione di penetrazione verso la rete locale.

Per il primo caso, considerando il calibro delle sezioni esistenti, si adotterà una sezione tipo avente larghezza pavimentata pari a 4 m o 6m.

Per quanto riguarda gli interventi di adeguamento di della SP42 e di Via Pianali invece, si è considerata una sezione tipo categoria F2 secondo il D.M. 05.11.2001 che presenta una piattaforma

pavimentata di 8,50 m. L'asse, trattandosi di interventi di ricucitura della viabilità esistente, è stato dimensionato in modo da soddisfare le verifiche dinamiche, di rotazione dei cigli e di visibilità per l'arresto previste dal D.M. 05.11.2001, con una limitazione della  $V_p$  max a 60km/h in linea con il limite amministrativo di 50km/h installato sulla strada attualmente.

La non conformità riguardo ai dettami del DM2001 è approfondita nel Capitolo 7.

Di seguito si riporta una tabella sinottica contenente denominazione, sviluppo, inquadramento normativo, intervallo di velocità di progetto ed indicazione della funzione svolta di tutte le viabilità secondarie presenti nell'intervento.

Codice	Larghezza [m]	Inquadramento normativo	$V_p$ [km/h]
Ramo 1A	9.5	intervento di adeguamento a cat. C2	60* -100
Ramo 1B	9.5	intervento di adeguamento a cat. C2	60*-100
Ramo 2A	9.5	intervento di adeguamento a cat. C2	60*-100
Ramo 2B	6.0	Strada a destinazione particolare	-
Ramo 2C	9.5	intervento di adeguamento a cat. C2	60*-100
Ramo 2D	6.0	Strada a destinazione particolare	-
Ramo 4A	9.5	intervento di adeguamento a cat. C2	60*-100
Ramo 4B	9.5	intervento di adeguamento a cat. C2	60*-100
VS.01	4.0	Strada a destinazione particolare	-
VS.02	8.5	intervento di adeguamento a cat. F2	40-100**
VS.03	8.5	intervento di adeguamento a cat. F2	40-100**
VS.04	4.0	Strada a destinazione particolare	-
VS.05	4.0	Strada a destinazione particolare	-
VS.06	4.0	Strada a destinazione particolare	-
VS.07	3.0	Strada a destinazione particolare	-

Tabella 3-12: Tabella riepilogativa viabilità secondarie

\* La  $V_p$  min diventa pari a 30 km/h difforme dal D.M. 2001 dato che gli assi afferiscono alla Rotatoria. Per la visualizzazione dei diagrammi di velocità si rimanda ai profili e ai diagrammi di visibilità.

\*\* La limitazione della  $V_p$  max da 100 a 60 km/h è trattata nel capitolo 7.

## 4. VERIFICHE FUNZIONALI

### 4.1.1. LIVELLO DI SERVIZIO DELL'ASSE PRINCIPALE

Il Livello di Servizio è stato valutato utilizzando la metodologia messa a punto nell'Highway Capacity Manual per le Freeways, cui corrispondono le autostrade (tipo A) e strade extraurbane principali (tipo B).

Il parametro della circolazione che individua il LOS è la densità veicolare D, espressa in autovetture/km/corsia e calcolata come rapporto tra portata e velocità, i campi di densità associati a ciascun L.d.S. sono indicati nella seguente Tab.

LOS	Density Range (pc/km/ln)
A	0-7
B	> 7-11
C	> 11-16
D	> 16-22
E	> 22-28
F	> 28

Tabella 4-1 Livello di servizio per le autostrade e le strade extraurbane principali.

Il DM 05/11/2001 prevede all'entrata in esercizio di un'infrastruttura di tipo B-extraurbana principale un Livello di Servizio pari almeno a B.

Si riassume brevemente la metodologia seguita per l'analisi.

I dati di input utilizzati per l'applicazione della procedura sono:

- Tipologia di strada: tipo B-extraurbana principale
- N corsie: 2
- Larghezza corsia: 3,75 m
- Larghezza banchina: 1,75m
- BVFL= velocità a flusso libero in condizioni base, cioè la velocità che un autoveicolo può mantenere in "condizioni base".

### STEP 1 **Correzione della BVFL**

Nel manuale sono dapprima definite le "condizioni base", ossia le condizioni ottimali in corrispondenza delle quali si raggiungono i massimi valori della capacità e delle portate compatibili con ciascun L.d.S.

Quando non sussistono le condizioni base, è necessario determinare l'effettiva velocità di flusso libero e il tasso di flusso (riferito a 15 minuti) espresso in autovetture equivalenti per ora e per corsia. La velocità a flusso libero in condizioni base (BVFL) è corretta tenendo conto della larghezza delle corsie, della banchina, della densità degli svincoli e del numero di corsie. Nello specifico se la strada è da progettare si può stimare la VFL dalla seguente relazione:

$$VFL = BVFL \cdot f_c \cdot f_b \cdot f_n \cdot f_s$$

Dove:

- VFL= velocità a flusso libero (km/h)
- BVFL= velocità a flusso libero in condizioni base. Essa può essere assunta pari alla media pesata ottenuta dal diagramma di velocità, assumendo come pesi le lunghezze dei singoli elementi. Nel caso progettuale risulta BVFL = 110 km/h;
- $f_c$ = riduzione di velocità per insufficiente larghezza delle corsie (km/h);
- $f_b$ = riduzione di velocità per insufficiente larghezza della banchina (km/h);
- $f_n$ = riduzione di velocità per il numero di corsie di marcia (km/h);
- $f_s$ = riduzione di velocità dovuta alla frequenza degli svincoli (km/h).

PROGETTAZIONE ATI:

I valori di  $f_c$ ,  $f_b$ ,  $f_n$ , e  $f_s$  sono riportati nelle seguenti tabelle, e sono evidenziati quelli adottati per il caso in esame.

Larghezza corsie (m)	$f_c$ (km/h)	Distanza ostacoli laterali (m)	$f_b$ (km/h)			
			n° corsie per senso di marcia			
			2	3	4	≥ 5
3,60	0,00	≥ 1,80	0,00	0,00	0,00	0,00
3,50	1,00	1,50	1,00	0,70	0,30	0,20
3,40	2,10	1,20	1,90	1,30	0,70	0,40
3,30	3,10	0,90	2,90	1,90	1,00	0,60
3,20	5,60	0,60	3,90	2,60	1,30	0,80
3,10	8,10	0,30	4,80	3,20	1,60	1,10
3,00	10,60	0,00	5,80	3,90	1,90	1,30

Tab.4 - Riduzioni di velocità per insufficiente larghezza delle corsie e degli spazi laterali liberi da ostacoli

Numero di corsie per senso di marcia	$f_n^{(*)}$ (km/h)	Numero di svincoli per km	$f_s$ (km/h)
≥ 5	0,00	≤ 0,3	0,00
4	2,40	0,4	1,10
3	4,80	0,5	2,10
2	7,30	0,6	3,90
		0,7	5,00
		0,8	6,00
		0,9	8,10
		1,0	9,20
		1,1	10,20
		1,2	12,10

(\*) Solo per autostrade urbane

Figura 4-1 Riduzione della velocità in funzione della larghezza delle banchine, del numero di corsie e della frequenza degli svincoli.

## STEP 2 Calcolo del tasso di flusso Q

I dati di traffico sono quelli di cui al precedente paragrafo "Elaborazione dei dati di traffico", precisando che, ai fini delle verifiche, è stato considerato il traffico all'ora di punta al 2048 per direzione espresso in veicoli totali (terza colonna).

TRAFFICO ORA DI PUNTA DIREZIONALE (60%) ANNO 2048						
Tratta	Leggeri (v/h)	Pesanti (v/h)	Totali (v/h)	% Pesanti	Equivalenti (v/h)	60% corsia di marcia
Le Ville - Monterchi	1857	196	2053	9,5%	2347	1408
Monterchi - Pistrino	1628	184	1812	10,2%	2088	1253
Pistrino - Selci (E45)	1808	203	2011	10,1%	2315	1389
Selci (E45) - Lama	1196	228	1425	16,0%	1767	1060

Si determina la portata oraria (o tasso di flusso) media per corsia e per il quarto d'ora di picco, espressa in autovetture equivalenti. Per ottenere questo dato si utilizza la seguente relazione:

$$Q = \frac{VHP}{N \cdot phf \cdot fHV \cdot fP}$$

Dove:

- Q = portata oraria media per corsia in autovetture/ora;
- VHP = volume di progetto in una direzione espresso in veicoli per ora inteso come somma tra i veicoli leggeri e pesanti per ora;
- N = numero di corsie per direzione;
- phf = fattore dell'ora di punta;
- fHV = coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti;

PROGETTAZIONE ATI:

- $f_p$  = coefficiente correttivo per utenti non abituali di solito assunto pari a 1.  
L'influenza dei veicoli lenti viene portata in conto mediante l'espressione:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T \times (E_T - 1) + P_R \times (E_R - 1)}$$

$P_T$  e  $P_R$  sono, rispettivamente, le percentuali dei mezzi pesanti e dei veicoli turistici.  $E_T$  e  $E_R$  sono, invece, gli equivalenti in autovetture dei mezzi pesanti e di quelli turistici, desumibili dalla seguente tabella in funzione dell'ambiente di localizzazione della strada:

Coefficiente di equivalenza	Tipo di terreno		
	Pianeggiante	Ondulato	Montuoso
$E_T$	1,5	2,5	4,5
$E_R$	1,2	2,0	4,0

Tabella 4-2 Coefficienti di equivalenza  $E_T$  e  $E_R$  per l'analisi locale.

Circa l'andamento altimetrico, da cui dipendono i valori di  $E_T$  e  $E_R$  nel Manuale, vengono considerati tre tipi di analisi:

- *globale*, utilizzabile per interi tronchi con andamenti altimetrici sufficientemente omogenei e con pendenze di norma inferiori al 4%;
- *specifica*, per singola livelletta;
- *composita*, da adottare quando si susseguono più livellette con pendenze diverse ma concordi.

Per la soluzione progettuale è stata adottata l'analisi globale, che definisce tre categorie di localizzazione della strada: **pianeggiante, ondulato, montuoso**.

Analizzando le singole livellette in Tab. sottostante, in entrambe le direzioni la pendenza massima risulta essere pari ad  $i = 1,65$ , l'ambito di localizzazione della strada risulta dunque di tipo pianeggiante.

Dir. Fano				Dir. Grosseto			
Livellletta	L (km)	i	Terreno	Livellletta	L (km)	i	Terreno
1	0,14	-0,38	P	1	0,14	-0,38	P
2	1,49	1,65	O	2	1,50	1,65	O
3	1,18	-1,40	O	3	1,19	-1,40	P
4	0,99	-0,60	P	4	0,99	-0,60	P
5	1,45	1,40	O	5	1,46	1,40	O
6	4,08	-1,00	O	6	4,08	-1,00	P
7	1,78	0,50	P	7	1,78	0,50	P
8	1,04	-1,00	P	8	1,04	-1,00	P
9	0,28	0,80	P	9	0,28	0,80	P

Tabella 4-3 Analisi delle livellette

L'individuazione di ciascuna categoria si compie con l'ausilio della seguente Tabella:

Pendenza (%)	Lunghezza (km)				
	$L < 0,2$	$0,2 \leq L < 0,5$	$0,5 \leq L < 0,8$	$0,8 \leq L < 1,0$	$L \geq 1,0$
$i < 1$	P	P	P	P	P
$1 \leq i < 2$	P	P	P	P	O
$2 \leq i < 3$	O	O	O	O	O
$3 \leq i < 4$	O	O	M	M	M
$4 \leq i < 5$	O	O	M	M	M
$i \geq 5$	O	O	M	M	M

P = terreno pianeggiante; O = terreno ondulato; M = terreno montuoso

Tabella 4-4 Classificazione del terreno (andamento altimetrico del tracciato)

A valle delle valutazioni si ottengono i valori dei coefficienti di equivalenza  $E_T = 1,5$  ed  $E_R = 1,2$ .

PROGETTAZIONE ATI:



Nell'HCM si precisa che, per  $90 \leq VFL \leq 120$  km/h e valori di portata  $Q \leq Q^* = 3100 - 15 \cdot VFL$ , la velocità media è costante e pari alla velocità di flusso libero (VFL).

Per  $Q^* \leq Q < C = 1800 + 5 \cdot VFL$  (C = capacità) l'espressione di V risulta:

$$V = VFL - \left[ \frac{1}{28} \cdot (23 \cdot VFL - 1800) \cdot \left( \frac{Q + 15 \cdot VFL - 3100}{20 \cdot VFL - 1300} \right)^{2.6} \right]$$

Nel caso in esame essendo  $Q < Q^*$  allora la V è costante e pari a VFL.

### STEP 3 Calcolo della densità

Il calcolo della densità media si ottiene dal rapporto  $Q/V$ , da cui si individua il Livello di Servizio. Di seguito sono riportati i Livelli di Servizio attesi per l'infrastruttura di progetto. Il DM 05/11/2001 prevede all'entrata in esercizio di un'infrastruttura di tipo B-extraurbana principale un Livello di Servizio pari almeno a **B**.

Le Ville - Monterchi		Monterchi - Pistrino		
DATI		DATI		
Ncorsie	2	Ncorsie	2	
BVFL	110 km/h	BVFL	110 km/h	
Lcorsia	3,75 m	Lcorsia	3,75 m	
Lbanchina	1,75 m	Lbanchina	1,75 m	
fc	0 km/h	fc	0 km/h	
fb	1 km/h	fb	1 km/h	
fs	1,10 km/h	fs	1,10 km/h	
Tipo terreno pianeggiante		Tipo terreno pianeggiante		
ET	1,5	ET	1,5	
ER	1,2	ER	1,2	
VHP	2053 veic./direzione	VHP	1812 veic./direzione	
pesanti	9,5%	pesanti	10,2%	
turistici	2%	turistici	2%	
phf	1	phf	1	
Utenti abituali		Utenti abituali		
fp	1	fp	1	
ELABORAZIONE		ELABORAZIONE		
VFL	107,90 km/h	VFL	107,90 km/h	
Q*	1481,5 Autovett./h/corsia	Q*	1481,5 Autovett./h/corsia	
C	2339,5 Autovett./h/corsia	C	2339,5 Autovett./h/corsia	
fHV	0,951	fHV	0,948	
Q	1080 Autovett./h/corsia	Q	956 Autovett./h/corsia	
	Se $Q < Q^*$	V è costante e pari a VFL	Se $Q < Q^*$	V è costante e pari a VFL
	Se $Q > Q^*$ e $Q < C$	V si calcola con la ?	Se $Q > Q^*$ e $Q < C$	V si calcola con la 1
VFL	107,9 km/h	VFL	107,9 km/h	
D	10,0 Autovett./km/corsia	D	8,9 Autovett./km/corsia	
	LOS B		LOS B	

PROGETTAZIONE ATI:

Pistrino - Selci (E45)			Selci (E45) - Lama		
DATI			DATI		
Ncorsie	2		Ncorsie	2	
BVFL	110	km/h	BVFL	110	km/h
Lcorsia	3,75	m	Lcorsia	3,75	m
Lbanchina	1,75	m	Lbanchina	1,75	m
fc	0	km/h	fc	0	km/h
fb	1	km/h	fb	1	km/h
fs	1,10	km/h	fs	1,10	km/h
Tipo terreno pianeggiante			Tipo terreno pianeggiante		
ET	1,5		ET	1,5	
ER	1,2		ER	1,2	
VHP	2011	veic./direzione	VHP	1425	veic./direzione
pesanti	10,1%		pesanti	16,0%	
turistici	2%		turistici	2%	
phf	1		phf	1	
Utenti abituali			Utenti abituali		
fp	1		fp	1	
ELABORAZIONE			ELABORAZIONE		
VFL	107,90	km/h	VFL	107,90	km/h
Q*	1481,5	Autovett./h/corsia	Q*	1481,5	Autovett./h/corsia
C	2339,5	Autovett./h/corsia	C	2339,5	Autovett./h/corsia
fHV	0,948		fHV	0,922	
Q	1060	Autovett./h/corsia	Q	772	Autovett./h/corsia
	Se $Q < Q^*$	V è costante e pari a VFL		Se $Q < Q^*$	V è costante e pari a VFL
	Se $Q > Q^*$ e $Q < C$	V si calcola con la 1		Se $Q > Q^*$ e $Q < C$	V si calcola con la 1
VFL	107,9	km/h	VFL	107,9	km/h
D	9,8	Autovett./km/corsia	D	7,2	Autovett./km/corsia
	LOS B			LOS B	

PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.2. IL LIVELLO DI SERVIZIO NELLE ZONE DI SCAMBIO

La procedura per l'individuazione del L.d.S. per le zone (o tronchi) di scambio è quella formulata dal HCM2000. Il funzionamento di una zona di scambio dipende da tre variabili geometriche: la configurazione, la lunghezza e la larghezza.

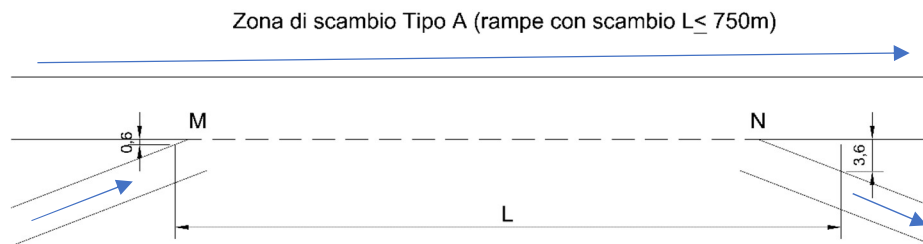
##### **Configurazione delle zone di scambio**

Per configurazione di una zona di scambio si intende la posizione relativa delle corsie in uscita rispetto a quelle in ingresso da cui dipende il numero di cambi di corsia necessari per accedere al ramo in uscita desiderato; la configurazione influenza la circolazione lungo la zona di scambio.

La Configurazione di progetto è quella di Tipo A, in questo caso tutti i veicoli dei flussi che scambiano devono effettuare un cambio corsia. I veicoli, quindi, attraversano la linea che congiunge i punti "M" e "N" individuati dall'intersezione delle linee che delimitano le carreggiate in corrispondenza, rispettivamente, dell'immissione e dell'uscita della zona di scambio.

##### **Lunghezza delle zone di scambio**

La lunghezza della zona di scambio (L) viene convenzionalmente definita nell'intorno dei punti di intersezione "M" e "N", individuati dall'intersezione delle linee che delimitano le carreggiate in corrispondenza, rispettivamente, dell'immissione e dell'uscita della zona di scambio. **Tale distanza non deve eccedere i 750m, altrimenti l'analisi delle rampe in ingresso e uscita deve essere effettuata separatamente secondo quanto previsto per le rampe.**



Si evidenzia che a parità di numero di corsie nella zona di scambio, flussi e configurazione, un aumento della lunghezza della zona di scambio "diluisce" le interferenze fra i veicoli, con conseguente generale miglioramento delle condizioni di circolazione.

##### **Larghezza delle zone di scambio**

La larghezza della zona di scambio è definita dal numero di corsie presenti. In funzione del tipo di configurazione viene definito all'interno della zona di scambio il numero massimo di corsie che possono essere utilizzate per lo scambio ( $N_{s,max}$ ) che assume il valore:

$$N_{s,max} - \text{Tipo A} = 1,4;$$

e il numero di corsie necessarie ai flussi di scambio ( $N_s$ ); tale parametro va confrontato con il numero massimo di corsie all'interno della zona di scambio che possono essere utilizzate per lo scambio ( $N_{s,max}$ ), al fine di definire il tipo di funzionamento della zona di scambio, in particolare se:

- $N_s < N_{s,max}$ , allora il funzionamento è detto "non costretto", ovvero il funzionamento è equilibrato, in quanto le velocità delle correnti in scambio e non sono paragonabili;
- $N_s > N_{s,max}$ , allora il funzionamento è detto "costretto", in quanto lo spazio a disposizione per lo scambio è inferiore di quello necessario, dunque le correnti che scambiano assumono velocità inferiori rispetto a quelle delle correnti che non scambiano.

PROGETTAZIONE ATI:

### Calcolo delle Velocità e del tipo di funzionamento

Le velocità dei flussi (km/h) che scambiano e di quelli che non scambiano si valutano con la relazione:

$$v_i = 24 + \frac{v - 16}{1 + w}$$

- i=s “scambio”,
- i=n,s “non di scambio”,
- v è la velocità (km/h) di circolazione libera nel tratto di carreggiata che attraversa la zona di scambio,

dove w è il *fattore di intensità di scambio* delle correnti che scambiano e di quelle che non scambiano, espressi come:

$$w = \frac{a(1+V)^b (f/N)^c}{(L/0.3)^d}$$

in cui:

- w=wi dove
  - i=s “scambio”
  - i=n,s “non di scambio”
- V= fs/f, rapporto tra le portate che scambiano (fs) e la portata totale (f) [autovet./h];
- L, lunghezza della zona di scambio (m);
- N, numero totale di corsie nella zona di scambio;
- a,b,c,d sono costanti che variano in funzione del tipo di configurazione, funzionamento (costretto o non costretto), della velocità v<sub>s</sub> o v<sub>n,s</sub> da calcolare e sono desumibili dalla sottostante Tabella:

Tipo di Configurazione	Tipo di Funzionamento	Costanti per w <sub>s</sub>				Costanti per w <sub>n,s</sub>			
		a	b	c	d	a	b	c	d
A	Non costretto	0.15	2.2	0.97	0.8	0.0035	4.0	1.3	0.75
	Costretto	0.35	2.2	0.97	0.8	0.002	4.0	1.3	0.75

Il calcolo delle velocità medie v<sub>s</sub> e v<sub>n,s</sub> si esegue dapprima ipotizzando condizioni di flusso non costretto, dopodiché si verifica la validità di tale ipotesi calcolando il numero di corsie usate dai flussi di scambio in caso di funzionamento non costretto (N<sub>s</sub>) e confrontandone il valore ottenuto con il numero massimo di corsie all'interno della zona di scambio che possono essere utilizzate per lo scambio (N<sub>s,max</sub>). Se N<sub>s</sub> < N<sub>s,max</sub>, allora l'ipotesi di funzionamento “non costretto” è validata e si può procedere con lo step successivo (calcolo Velocità media nello spazio, Densità e Ld.S); se invece N<sub>s</sub> > N<sub>s,max</sub>, allora il funzionamento è detto “costretto”, dunque l'ipotesi iniziale non risulta validata e sarà necessario ricalcolare le velocità medie v<sub>s</sub> e v<sub>n,s</sub>, utilizzando i fattori d'intensità di scambio w<sub>s</sub> e w<sub>n,s</sub> per funzionamento costretto, prima di passare allo step di calcolo successivo (calcolo Velocità media nello spazio, Densità e Ld.S).

PROGETTAZIONE ATI:

Il numero di corsie usate dai flussi di scambio in caso di funzionamento non costretto ( $N_s$ ) si valuta con al seguente relazione:

$$N_s = \frac{2.19 \cdot N \cdot V^{0.571} (L/30)^{0.234}}{(v_s/1.6)^{0.438}}$$

Se risulta  $N_s > 1.4$  il funzionamento è vincolato.

### Calcolo del livello di servizio

Una volta determinate le velocità medie delle correnti che scambiano e di quelle che non scambiano si può calcolare la **Velocità media nello spazio di tutti i veicoli che percorrono la zona di scambio ( $v_m$  – km/h)**, come media armonica pesata alle portate di scambio e non:

$$v_m = \frac{f_s + f_{ns}}{\frac{f_s}{v_s} + \frac{f_{ns}}{v_{ns}}}$$

dove:

- $f$ , portata oraria complessiva (autovet./h);
- $f_s$  portata oraria complessiva delle correnti che scambiano (autovet./h);
- $f_{n,s}$  portata oraria complessiva delle correnti che non scambiano (autovet./h);
- $v_s$ , velocità media nello spazio delle correnti che scambiano (km/h);
- $v_{n,s}$ , velocità media nello spazio delle correnti che non scambiano (km/h);

Nota la Velocità media nello spazio  $v_m$ , è possibile determinare la **Densità veicolare media lungo la zona di scambio ( $D$ )** espressa in vetture/km/corsia:

$$D = \frac{f/N}{v_m}$$

con  $N$  numero di corsie nella zona di scambio.

Una volta nota la Densità veicolare media lungo la zona di scambio ( $D$ ) è possibile ricavare il Livello di Servizio.

Le Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali (D.M. 19.04.2006) prevedono che il livello di servizio dell'intersezione non sia inferiore a quello prescritto dal D.M. 5.11.2001 per il tipo di strade confluenti nel nodo.

Nella Tabella sottostante sono riportati i valori di densità associati a ciascun Livello di Servizio.

PROGETTAZIONE ATI:

L.d.S.	D - Densità (autovett./km/corsia)	
	Autostrade	Strade a più corsie
A	< 6	< 8
B	6-12	8-15
C	12-17	15-20
D	17-22	20-23
E	22-27	23-25
F (se la domanda eccede la capacità)	>27	\

### Flussi di Progetto

Fra i dati di input per la verifica appena descritta sono necessari i flussi orari all'interno della zona di scambio.

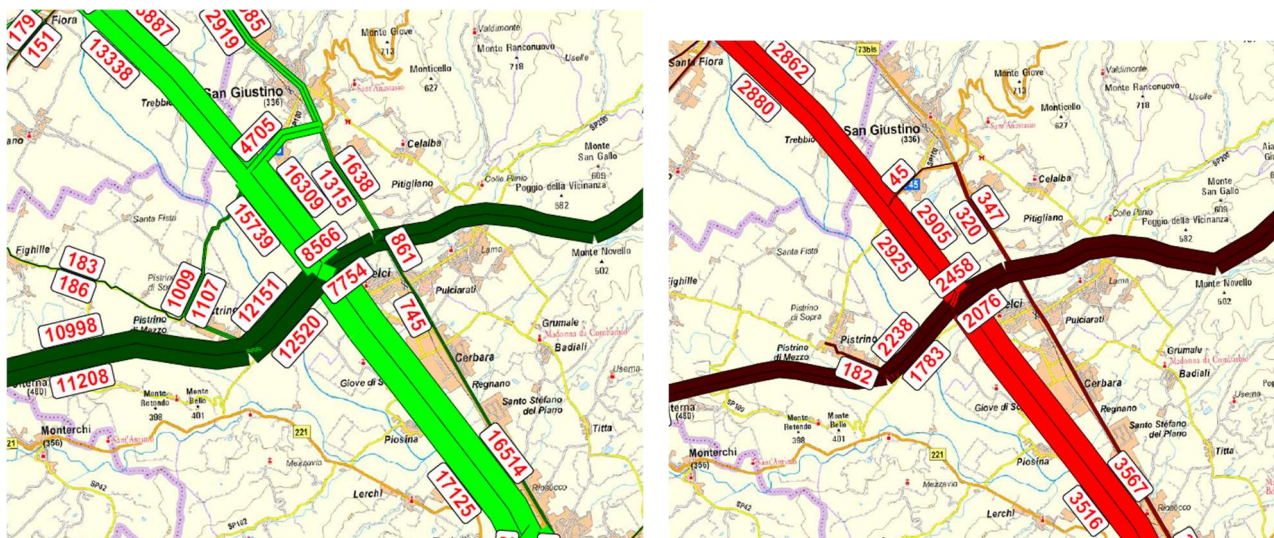


Figura 4-2 flussogrammi 2028 SX Leggeri – DX Pesanti

Essi sono stati elaborati dai flussogrammi riportati nello “Studio di traffico” del Progetto preliminare <<E78 SGC Grosseto Fano – Tratto “Tosco-Umbro” >> con riferimento all’anno 2028 e per direzione.

Nell’analisi dei flussi orari nelle sezioni di conteggio riportata nello Studio di traffico” del Progetto preliminare <<E78 SGC Grosseto Fano – Tratto “Tosco-Umbro” >>. È indicata la percentuale dei veicoli leggeri e pesanti nell’ora di punta relativa all’ipotesi progettuale UF. Tale ipotesi, risultando sovrapponibile per circa l’80% al tracciato progettuale UA, è presa di riferimento per l’individuazione della percentuale dei veicoli leggeri e pesanti nell’ora di punta. Di seguito si riporta l’estratto preso a riferimento:

PROGETTAZIONE ATI:

Il valore di traffico per l'analisi è il flusso di veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta.  
Dall'analisi dei flussi orari nelle sezioni di conteggio è emerso che l'ora di punta dell'area è:

- tra le 8:00 e le 9:00 del mattino in direzione Ovest, con una percentuale di veicoli leggeri pari al 9,0% del traffico giornaliero ed una percentuale di veicoli pesanti pari al 6,7% del traffico giornaliero;
- tra le 18:00 e le 19:00 della sera in direzione Est, con una percentuale di veicoli leggeri pari all'8,1% del traffico giornaliero ed una percentuale di veicoli pesanti pari al 4,6% del traffico giornaliero.

Al fine di individuare il coefficiente dell'ora di punta relativo ai veicoli leggeri e pesanti si è adottato il valore medio come di seguito riportato:

LEGGERI	Fattore ora di punta		Media
	8:00 - 9:00 Dir. Ovest	9,00%	8,55%
18:00 - 19:00 dir. Est	8,10%		
PESANTI	Fattore ora di punta		Media
	8:00 - 9:00 dir. Ovest	6,70%	5,65%
18:00 - 19:00 dir. Est	4,60%		

Da questa prima analisi si sono ottenuti i veicoli equivalenti nell'ora di punta all'anno 2028. Considerando l'entrata in servizio della infrastruttura nell'anno 2028 e proiettando i dati di traffico per la vita utile della stessa (20 anni) con un incremento percentuale dell'1,8% per i veicoli leggeri e del 2% per i veicoli pesanti tra 2028 e 2048, si perviene ai valori di traffico all'ora di punta (in veic. equivalenti) anch'essi divisi per direzione.

Tratta	veicoli giornalieri Leggeri 2028	veicoli giornalieri Pesanti 2028	Traffico ora di punta veic. eq. 2028	Traffico ora di punta veic. eq. 2048
E45 nord DIR CESENA	16309	2905	1805	2602
E45 nord DIR PERUGIA	15739	2925	1759	2537
E45 sud DIR CESENA	16514	3567	1916	2766
E45 sud DIR PERUGIA	17125	3516	1961	2830
E78 ovest DIR FANO	12520	1783	1322	1904
E78 ovest DIR GROSSETO	12151	2238	1355	1954
E78 est DIR FANO	7754	2076	956	1383
E78 est DIR GROSSETO	8566	2458	1080	1562

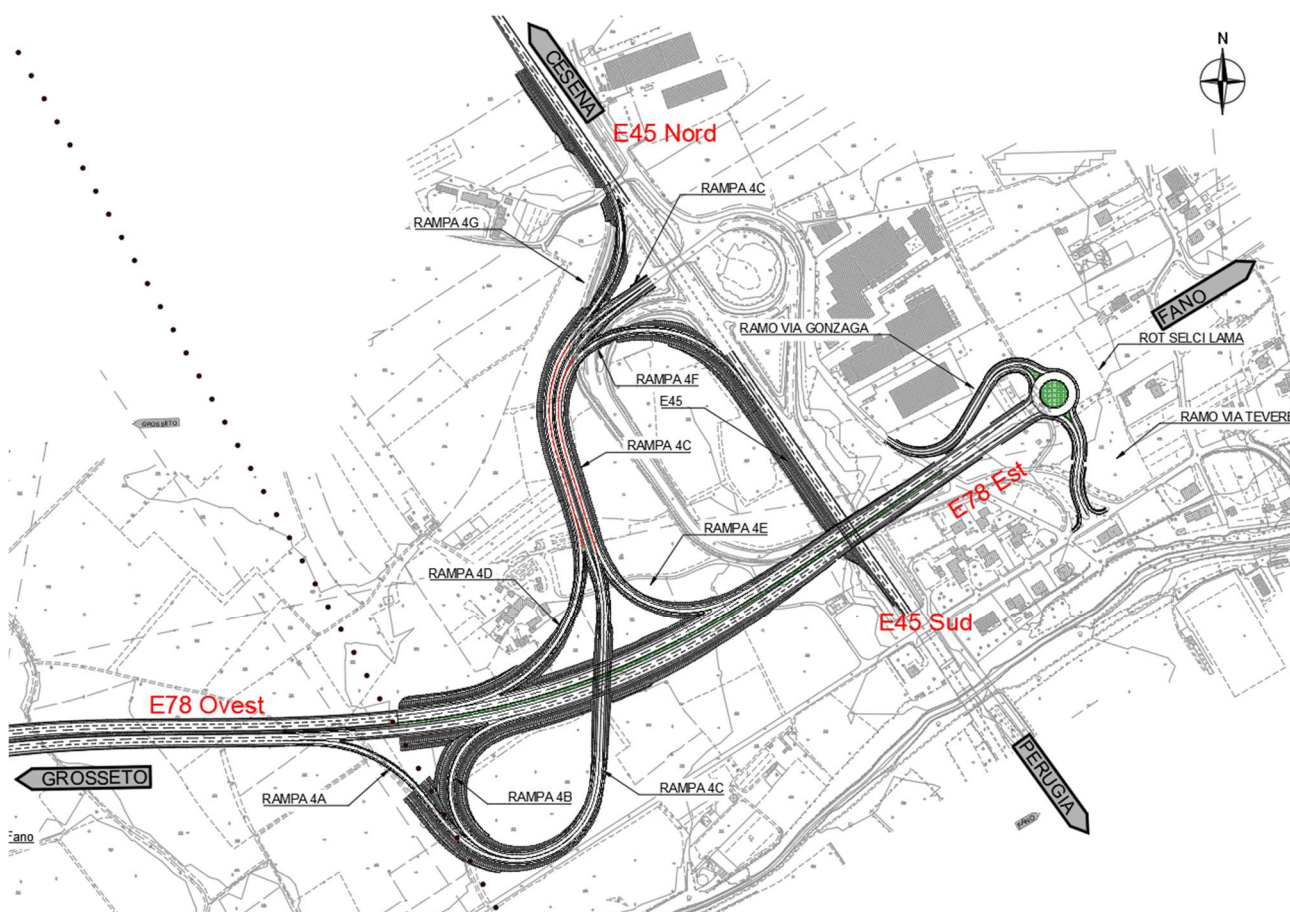
**Tabella 4-5: Flussi di progetto ora di punta**

Partendo da questi dati, con l'obiettivo di quantificare i flussi transitanti nelle zone di scambio, si è compilata la matrice Origine/Destinazione delle manovre cercando, attraverso le seguenti ipotesi, il bilanciamento del nodo.

1. A favore di sicurezza, si è ipotizzato che il 24% dei veicoli transitanti sull'E45 esca da tale infrastruttura e utilizzi lo svincolo di progetto in località Selci-Lama;
2. Di questi utenti lo 80% prende l'E78 in direzione Grosseto e il rimanente 20% in direzione Fano;
3. Gli autoveicoli che escono dall'E78 (40%) svincolano in direzione Sud/Perugia (64%) e Nord/Cesena (36%) sull'E45.

O/D	E45 NORD	E78 EST (FANO)	E45 SUD	E78 OVEST (GRO)
<b>E45 NORD</b>	0	122	1928	487
<b>E78 EST (FANO)</b>	225	0	400	937
<b>E45 SUD</b>	2102	133	0	531
<b>E78 OVEST (GRO)</b>	274	1142	487	0

**Tabella 4-6: Matrice O/D Manovre Svincolo E45**



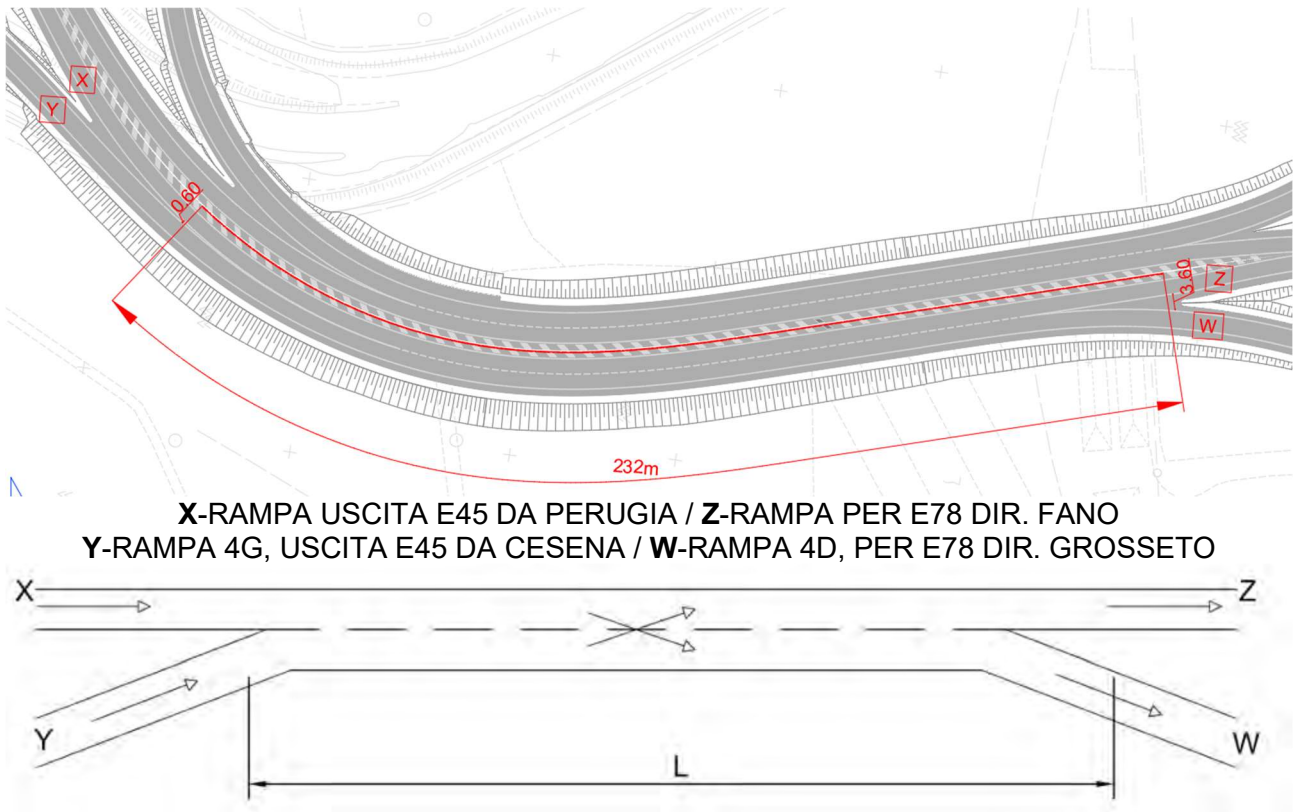
**Figura 4-3 Planimetria Svincolo E45**

PROGETTAZIONE ATI:



### Tronco di scambio Rampe 4G-4C-4D

Il calcolo del tronco in oggetto è stato condotto considerando uno schema di tronco di scambio composto da 1+1 Tipo A) corsie, assumendo come sviluppo della lunghezza della zona di scambio L quello disponibile sulla Rampa 4C, compreso tra l'immissione della rampa 4G (uscita E45 dir. Perugia) e lo svio della Rampa 4D.



I dati di input sono i seguenti:

Dati geometrici		
N =	2 corsie	n. tot di corsie nella zona di scambio)
L =	232 m	Lunghezza della zona di scambio)
Tipo =	A	configurazione zona di scambio)

Portate espresse in vetture equivalenti per ora			
$Q_{X-Z}$	133	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che non scambiano
$Q_{Y-W}$	487	autovett./h	Portata minore delle correnti che non scambiano
$Q_{X-W}$	531	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che scambiano
$Q_{Y-Z}$	122	autovett./h	Portata minore delle correnti che scambiano
<b><math>f_s = Q_{X-W} + Q_{Y-Z}</math></b>	<b>653</b>	<b>autovett./h</b>	flusso di scambio nella zona di scambio
<b><math>f = \sum Q_{i-j}</math></b>	<b>1273</b>	<b>autovett./h</b>	il flusso totale nella zona di scambio

Data la natura della del tronco di scambio si è adottata per la  $v$  il valore del limite di velocità amministrativo lungo le due rampe (**60 km/h**), in quanto esso rappresenta il valore di velocità di marcia massimo ammissibile lungo il tronco.

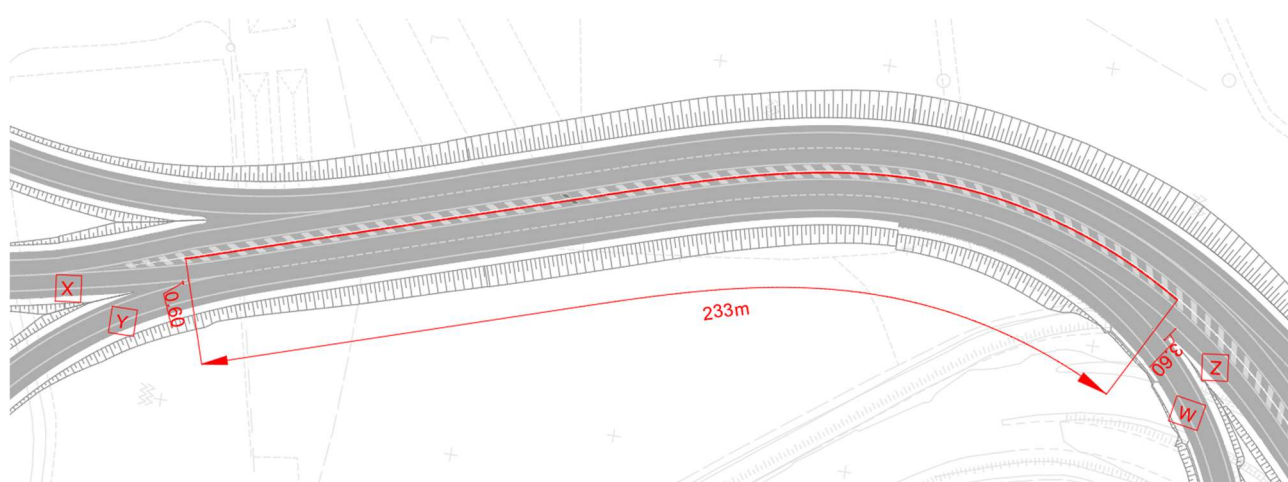
PROGETTAZIONE ATI:

I risultati della verifica effettuata seguendo i passaggi precedentemente descritti, sono riportati di seguito:

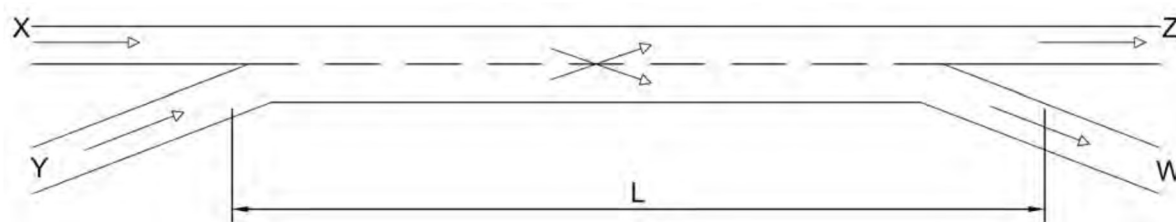
Output di verifica		
<i>Fattori di intensità di scambio</i>		
	$W_s$	0.969
	$W_{n,s}$	0.559
<i>Velocità dei flussi</i>		
	$V_s$	46.350 km/h
	$V_{n,s}$	52.229 km/h
<i>Numero di corsie usate dai flussi di scambio</i>		
	$N_s$	1.105 n
Tipo di funzionamento Non Costretto		
	$N_s < N_{s,max} = 1.4$	SI
<i>Velocità media nello spazio di tutti i veicoli nella zona di scambio</i>		
	$v_m =$	49.038 km/h
<i>Densità veicolare media nella zona di scambio</i>		
	$D =$	12.98 autovett./km/corsia
<i>Livello di Servizio del tronco di scambio</i>		
	<b>L.d.S.</b>	<b>B</b>

### Tronco di scambio Rampe 4E-4C-4F

Il calcolo del tronco in oggetto è stato condotto considerando uno schema di tronco di scambio composto da 1+1 Tipo A) corsie, assumendo come sviluppo della lunghezza della zona di scambio L quello disponibile sulla Rampa 4C, compreso tra l'immissione della rampa 4E e lo svio della Rampa 4F (entrata E45 dir. Perugia).



**X-RAMPA USCITA E78 DA GROSSETO / Z-RAMPA PER E45 DIR. CESENA**  
**Y-RAMPA 4E, USCITA E78 DA FANO / W-RAMPA 4F, PER E45 DIR. PERUGIA**



PROGETTAZIONE ATI:

I dati di input sono i seguenti:

Dati geometrici		
N =	2 corsie	n. tot di corsie nella zona di scambio)
L =	233 m	Lunghezza della zona di scambio)
Tipo =	A	configurazione zona di scambio)

Portate espresse in vetture equivalenti per ora			
$Q_{X-Z}$	274	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che non scambiano
$Q_{Y-W}$	400	autovett./h	Portata minore delle correnti che non scambiano
$Q_{X-W}$	487	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che scambiano
$Q_{Y-Z}$	225	autovett./h	Portata minore delle correnti che scambiano
<b><math>f_s = Q_{X-W} + Q_{Y-Z}</math></b>	<b>712</b>	<b>autovett./h</b>	flusso di scambio nella zona di scambio
<b><math>f = \sum Q_{i-j}</math></b>	<b>1386</b>	<b>autovett./h</b>	il flusso totale nella zona di scambio

Data la natura della del tronco di scambio si è adottata per la **v** il valore del limite di velocità amministrativo lungo le due rampe (**60 km/h**), in quanto esso rappresenta il valore di velocità di marcia massimo ammissibile lungo il tronco.

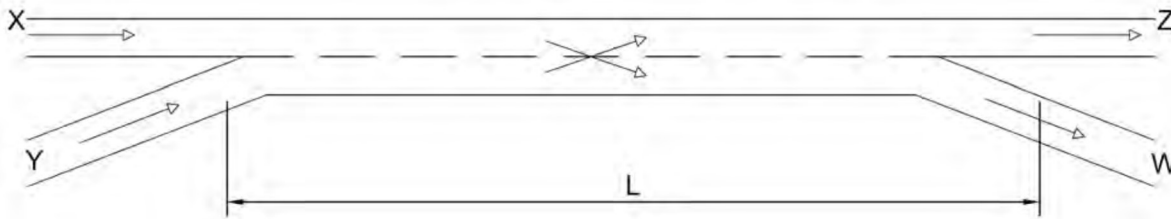
I risultati della verifica effettuata seguendo i passaggi precedentemente descritti, sono riportati di seguito:

Output di verifica	
<i>Fattori di intensità di scambio</i>	
	$W_s$ 1.050
	$W_{n,s}$ 0.624
<i>Velocità dei flussi</i>	
	$V_s$ 45.461 km/h
	$V_{n,s}$ 51.098 km/h
<i>Numero di corsie usate dai flussi di scambio</i>	
	$N_s$ 1.117 n
Tipo di funzionamento Non Costretto	
	$N_s < N_{s,max} = 1.4$ SI
<i>Velocità media nello spazio di tutti i veicoli nella zona di scambio</i>	
	$v_m = 48.038$ km/h
<i>Densità veicolare media nella zona di scambio</i>	
	$D = 14.43$ autovett./km/corsia
<i>Livello di Servizio del tronco di scambio</i>	
	<b>L.d.S. B</b>

PROGETTAZIONE ATI:

### Tronco di scambio Area di Servizio – Rampa 1A (Dir. Fano)

Il calcolo del tronco in oggetto è stato condotto ipotizzando uno schema di tronco di scambio composto da 2+1 corsie, assumendo come sviluppo della lunghezza della zona di scambio L quello disponibile sulla carreggiata dir. Fano, compreso tra l'immissione "Area di servizio" e lo svio della Rampa 1A (SV.01 Ville).



I dati di input sono i seguenti:

Dati geometrici			
N =	3	corsie	n. tot di corsie nella zona di scambio)
L =	470	m	Lunghezza della zona di scambio)

Portate espresse in vetture equivalenti per ora			
$Q_{X-Z}$	1565	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che non scambiano
$Q_{Y-W}$	9	autovett./h	Portata minore delle correnti che non scambiano
$Q_{X-W}$	391	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che scambiano
$Q_{Y-Z}$	171	autovett./h	Portata minore delle correnti che scambiano
<b><math>f_s = Q_{X-W} + Q_{Y-Z}</math></b>	<b>562</b>	<b>autovett./h</b>	flusso di scambio nella zona di scambio
<b><math>f = \sum Q_{i-j}</math></b>	<b>2136</b>	<b>autovett./h</b>	il flusso totale nella zona di scambio

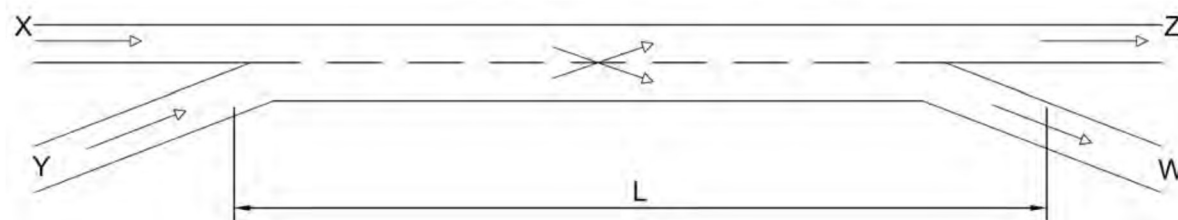
I risultati della verifica effettuata seguendo i passaggi precedentemente descritti, sono riportati di seguito:

Output di verifica		
<i>Fattori di intensità di scambio</i>		
	$W_s$	0.413
	$W_{n,s}$	0.185
<i>Velocità dei flussi</i>		
	$V_s$	97.607 km/h
	$V_{n,s}$	111.763 km/h
<i>Numero di corsie usate dai flussi di scambio</i>		
	$N_s$	0.964 n
Tipo di funzionamento Non Costretto		
	$N_s < N_{s,max} = 1.4$	SI
<i>Velocità media nello spazio di tutti i veicoli nella zona di scambio</i>		
	$v_m =$	107.653 km/h
<i>Densità veicolare media nella zona di scambio</i>		
	D=	6.61 autovett./km/corsia
<i>Livello di Servizio del tronco di scambio</i>		
	<b>L.d.S.</b>	<b>A</b>

PROGETTAZIONE ATI:

### Tronco di scambio Area di Servizio – Rampa 1B (Dir. Grosseto)

Il calcolo del tronco in oggetto è stato condotto ipotizzando uno schema di tronco di scambio composto da 2+1 corsie, assumendo come sviluppo della lunghezza della zona di scambio L quello disponibile sulla carreggiata dir. Grosseto, compreso tra l'immissione rampa 1B (SV.01 Ville) e l'ingresso all'area di servizio.



I dati di input sono i seguenti:

Dati geometrici	
N =	3 corsie n. tot di corsie nella zona di scambio)
L =	350 m Lunghezza della zona di scambio)

Portate espresse in vetture equivalenti per ora			
$Q_{X-Z}$	1400	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che non scambiano
$Q_{Y-W}$	0	autovett./h	Portata minore delle correnti che non scambiano
$Q_{X-W}$	156	autovett./h	Portata maggiore delle correnti che scambiano
$Q_{Y-Z}$	400	autovett./h	Portata minore delle correnti che scambiano
<b><math>f_s = Q_{X-W} + Q_{Y-Z}</math></b>	<b>556</b>	<b>autovett./h</b>	flusso di scambio nella zona di scambio
<b><math>f = \sum Q_{i-j}</math></b>	<b>1956</b>	<b>autovett./h</b>	il flusso totale nella zona di scambio

I risultati della verifica effettuata seguendo i passaggi precedentemente descritti, sono riportati di seguito:

Output di verifica	
<i>Fattori di intensità di scambio</i>	
$W_s$	0.498
$W_{n,s}$	0.220
<i>Velocità dei flussi</i>	
$V_s$	93.447 km/h
$V_{n,s}$	109.262 km/h
<i>Numero di corsie usate dai flussi di scambio</i>	
$N_s$	0.958 n
Tipo di funzionamento Non Costretto	
$N_s < N_{s,max} = 1.4$	SI
<i>Velocità media nello spazio di tutti i veicoli nella zona di scambio</i>	
$v_m$	104.251 km/h
<i>Densità veicolare media nella zona di scambio</i>	
D=	6.25 autovett./km/corsia
<i>Livello di Servizio del tronco di scambio</i>	
L.d.S.	A

PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.1. IL LIVELLO DI SERVIZIO IN ROTATORIA

Per la verifica della capacità delle rotatorie ed il calcolo del Livello di Servizio dei rami afferenti (valutazione della lunghezza delle code e dei tempi di attesa) si è calcolato il traffico all'ora di punta equamente distribuito tra le due direzioni di marcia (50%) relativa a ciascuna tratta.

Nello specifico sono svolte utilizzando il traffico dell'ora di punta direzionale espresso in autovetture equivalenti (quinta colonna).

TRAFFICO ORA DI PUNTA DIREZIONALE (50%) ANNO 2048					
Tratta	Leggeri v/h	Pesanti v/h	Totali v/h	% Pesanti	Equivalenti v/h
Le Ville - Monterchi	1548	163	1711	9,5%	1956
Monterchi - Pistrino	1356	154	1510	10,2%	1740
Pistrino - Selci (E45)	1507	169	1676	10,1%	1929
Selci (E45) - Lama	997	190	1187	16,0%	1473

Un'ulteriore fonte utilizzata per ipotizzare i flussi sulle viabilità afferenti alle rotatorie di progetto sono stati i dati di traffico medio giornaliero annuale bidirezionale Anas calcolati nel 2023, con riferimento alla SS73 con sezione di conteggio relativa al Comune di Anghiari di cui si riporta un estratto:



Tratta	Strada	Km	Comune	Pr	Consistenza gg	Leggeri	Pesanti
410006	SS728	14,307	Corciano	PG	360	6.734	336
575	SS73	136,918	Arezzo	AR	355	8.450	211
577	SS73	175,335	Anghiari	AR	360	4.824	371

Quindi per le verifiche funzionali dell'ultima rotatoria (4H) si è provveduto a stimare i flussi veicolari entranti e uscenti dal nodo (usando come riferimento le sopracitate fonti) e ad ipotizzare una distribuzione per le manovre di svolta.

PROGETTAZIONE ATI:

Per la valutazione ed il corretto dimensionamento della singola rotatoria di progetto sulla base della capacità di deflusso (dipendente principalmente dalle caratteristiche geometriche) e dei flussi veicolari che la interessano, è stata effettuata una verifica del livello di servizio previsto mediante analisi statiche.

In prima approssimazione e considerato l'ambito extraurbano di intervento, non si considererà l'influenza che i flussi pedonali e ciclabili avranno sui tempi di attesa e di uscita alla rotatoria.

Gli input utilizzati sono:

- scelta della metodologia di calcolo del Livello di servizio;
- scelta della metodologia per la stima della lunghezza di coda;
- dati geometrici della rotatoria;
- dati funzionali dei rami di immissione nella rotatoria (capacità, numero di corsie)
- dati di traffico da conteggi veicolari.

Con l'obiettivo di valutare le prestazioni della rotatoria sono stati estratti i seguenti indicatori:

- ritardo medio per i veicoli ai vari approcci;
- lunghezza media della coda per ogni approccio;
- corrispondente LOS per ogni approccio;
- LOS globale dell'intersezione.

Il ritardo medio veicolare (o perditempo) può essere definito per un certo tronco stradale come la differenza tra il tempo necessario a percorrere il tratto analizzato nelle reali condizioni di rete carica ed il tempo di percorrenza dello stesso tratto a rete scarica (flusso libero). Costituisce una misura del disagio e del costo generalizzato a carico dell'utente che percorre quell'arco della rete;

Il Livello di Servizio (LOS), secondo quanto prescritto dall'Highway Capacity Manual (HCM), è rappresentato da una lettera in una scala di valori che va da A ad F, dove A rappresenta il livello migliore in termini di prestazione della rete. La tabella a lato riporta i Livelli di Servizio con i rispettivi valori di perditempo per le intersezioni non semaforizzate.

LOS	Perditempo (sec)
A	< 10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

Tra le formulazioni di capacità oggi disponibili si sono utilizzate:

1. Formulazione Tedesca, Università Ruhr - Brilon e collaboratori,
  - $C = A - B \cdot Q_c$
2. Formulazione Americana dell'HCM 2010.
  - $C_i = f_p \cdot f_{HV} \cdot A \cdot e^{-BQ_c}$

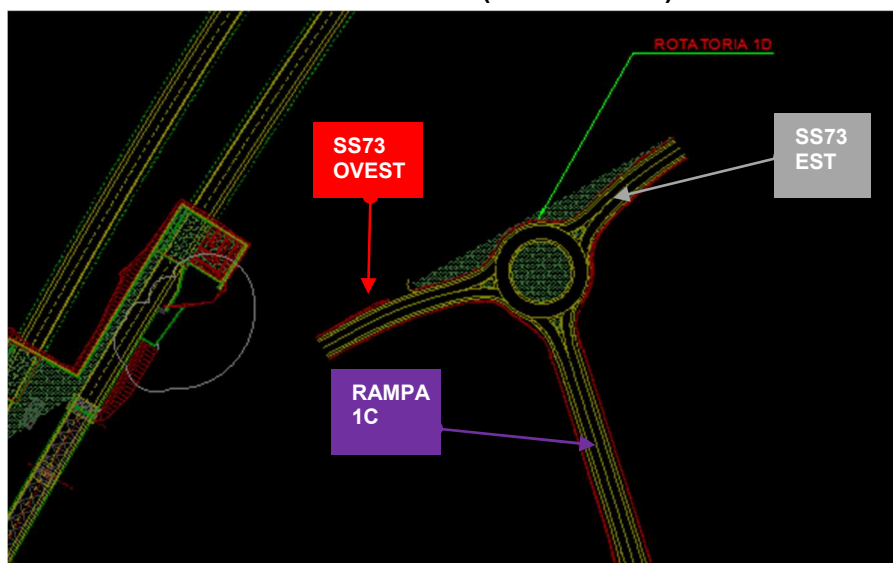
Fonti Teoriche:

- "La Progettazione Funzionale delle strade" - T. Esposito, R. Mauro e M. Corradini -2022 Edizioni Efestò.
- "STRADE – Teoria e tecnica delle costruzioni stradali" vol.1 – F.A. Santagata – 2016 Pearson.

I valori dei flussi riportati nelle Matrici O/D sono stati ottenuti analizzando i flussi veicolari ottenuti dalle fonti citate in precedenza. Successivamente sono stati distribuiti ipotizzando delle percentuali per ogni manovra per i rami afferenti alla singola rotatoria di progetto e contemporaneamente, si è verificato l'equilibrio (il pareggio) tra i veicoli uscenti ed entranti in ogni sezione dei rami. Ulteriori ipotesi adottate nella distribuzione delle manovre, sono quella di considerare nulli i flussi di scambio tra le Direzioni Grosseto-Fano e flussi nulli per le manovre di inversione.

PROGETTAZIONE ATI:

### Svincolo Le Ville (Rotatoria 1D)



### RISULTATI Rotatoria 1D

O\D	RAMPA 1C	SS73 EST	SS73 OVEST
RAMPA 1C	0	352	39
SS73 EST	320	0	80
SS73 OVEST	80	20	0

INPUT	$Q_e$ Traffico entrante [veic. Eq/h]	$Q_u$ Traffico uscente [Veq/h]	$Q_c$ Traffico circolante[veic. Eq/h]
1 - Rampa 1C	391	400	20
2 - SS73 EST	400	372	39
3 - SS73 OVEST	100	119	320

### OUTPUT:

FORMULAZIONE TEDESCA DI CAPACITA' (BRILON ET AL)	C = Capacità	RC (riserva di capacità)	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
1 - Rampa 1C	1203	812	32,51%	0,25	0,33	5,0	A
2 - SS73 EST	1189	789	33,64%	0,25	0,34	5,1	A
3 - SS73 OVEST	981	881	10,19%	0,25	0,10	4,3	A

### METODO HCM 2010 - SANTAGATA (DI STEFANO N: Progettare le intersezioni; MAURO R: Calculation of Roundabouts)

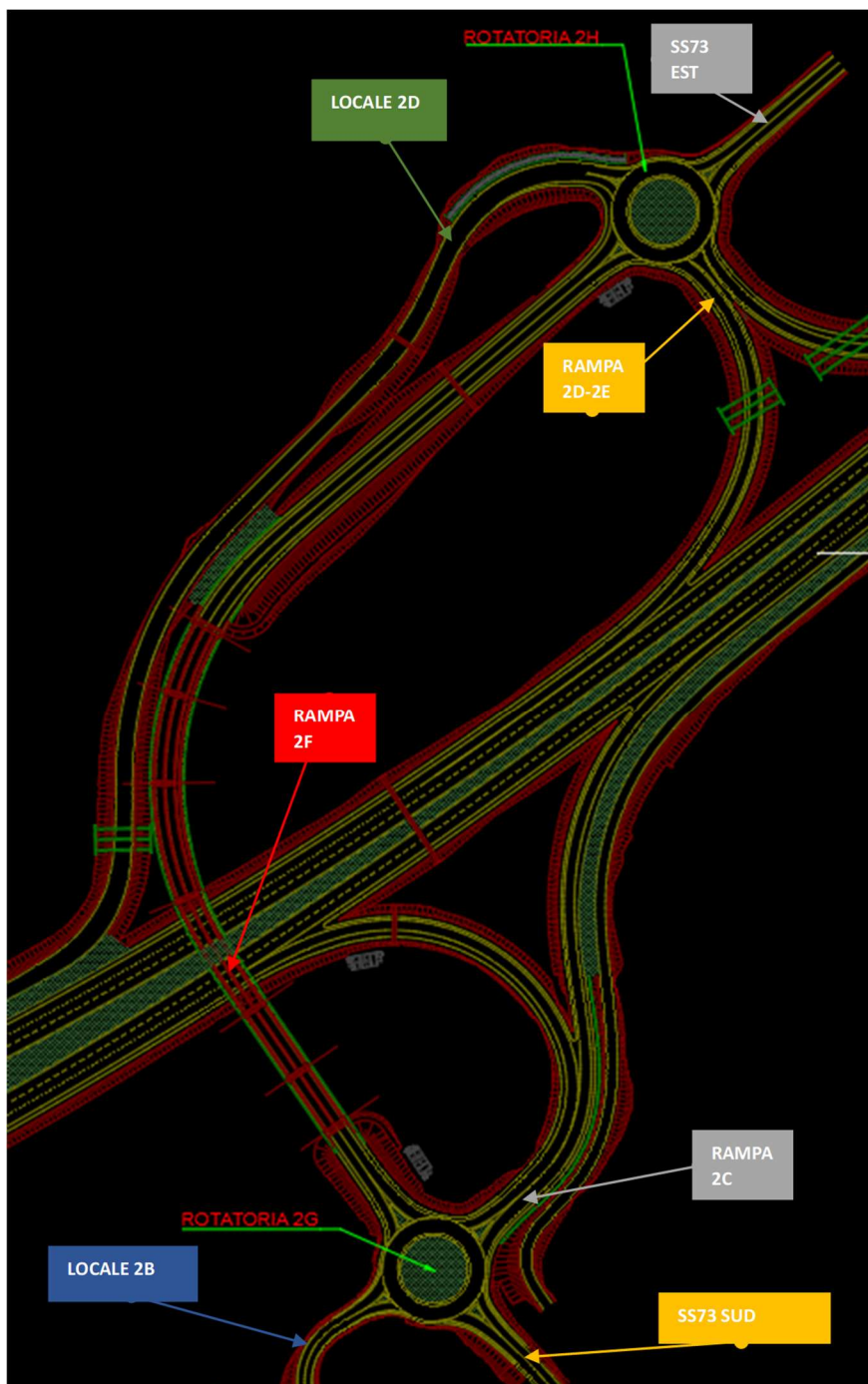
$f_p$ (fattore impedenza pedoni)	1									
$f_{HV}$ (fattore veicoli pesanti)	1		C = Capacità	RC (riserva di capacità)	RC%	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
$t_f$ (tempo di sequenza)	3,19	1 - Rampa 1C	1106	715	64,64%	35,36%	0,25	0,35	5,5	A

PROGETTAZIONE ATI:



A	1129	2 - SS73 EST	1085	685	63,14%	36,86%	0,25	0,37	5,6	A
$t_c$ (intervallo critico)	5,19	3 - SS73 OVEST	820	720	87,80%	12,20%	0,25	0,12	5,2	A
B	0,0010									

### Svincolo Monterchi (Rotatorie 2G-2H)



PROGETTAZIONE ATI:

## RISULTATI Rotatoria 2G

O/D	RAMPA 2C	RAMPA 2F	SS73 SUD	Locale 2B
RAMPA 2C	0	78	313	0
RAMPA 2F	66	0	359	0
SS73 SUD	80	420	0	0
Locale 2B	2	3	1	0

INPUT	Q <sub>e</sub> Traffico entrante [veic. Eq/h]	Q <sub>u</sub> Traffico uscente [Veq/h]	Q <sub>c</sub> Traffico circolante[veic. Eq/h]
1 - Rampa 2C	391	148	423
2 - Rampa 2F	425	501	313
3 - SS73 SUD	500	673	71
4 - Locale 2B	6	0	738

## OUTPUT:

FORMULAZIONE TEDESCA DI CAPACITA' (BRILON ET AL)							
	C = Capacità	RC (riserva di capacità)	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	x <sub>i</sub> (grado di saturazione)	d <sub>i</sub> (ritardo medio)	LOS
1 - Rampa 2C	905	514	43,23%	0,25	0,43	6,9	A
2 - Rampa 2F	986	561	43,13%	0,25	0,43	6,5	A
3 - SS73 SUD	1165	665	42,90%	0,25	0,43	5,8	A
4 - Locale 2B	672	666	0,89%	0,25	0,01	5,4	A

METODO HCM 2010 - SANTAGATA (DI STEFANO N: Progettare le intersezioni; MAURO R: Calculation of Roundabouts)										
f <sub>p</sub> (fattore impedenza pedoni)	1									
f <sub>HV</sub> (fattore veicoli pesanti)	1		C = Capacità	RC (riserva di capacità)	RC%	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	x <sub>i</sub> (grado di saturazione)	d <sub>i</sub> (ritardo medio)	LOS
t <sub>f</sub> (tempo di sequenza)	3,19	1 - Rampa 2C	740	349	47,11%	52,89%	0,25	0,53	8,9	A
A	1129	2 - Rampa 2F	826	400	48,47%	47,38%	0,25	0,52	8,1	A
t <sub>c</sub> (intervallo critico)	5,19	3 - SS73 SUD	1051	551	52,44%	37,21%	0,25	0,48	6,6	A
B	0,0010	4 - Locale 2B	540	534	98,89%	72,46%	0,25	0,01	6,7	A

PROGETTAZIONE ATI:

## RISULTATI Rotatoria 2H

O/D	RAMPA (2D-2E)	RAMPA 2F	SS73 EST	Locale 2D
RAMPA (2D-2E)	0	278	70	0
RAMPA 2F	322	0	179	0
SS73 EST	256	144	0	0
Locale 2D	2	3	1	0

INPUT	$Q_e$ Traffico entrante [veic. Eq/h]	$Q_u$ Traffico uscente [Veq/h]	$Q_c$ Traffico circolante[veic. Eq/h]
1 - Rampa (2D-2E)	348	580	180
2 - Rampa 2F	501	425	256
3 - SS73 EST	400	250	278
4 - Locale 2D	6	0	422

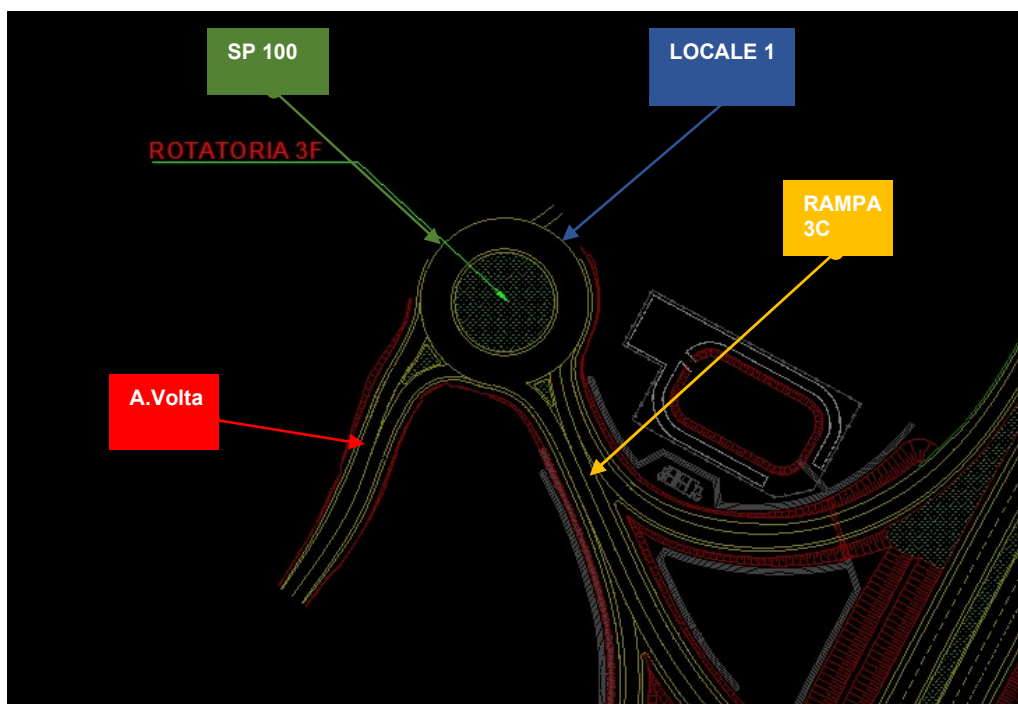
OUTPUT:

FORMULAZIONE TEDESCA DI CAPACITA' (BRILON ET AL)							
	$C =$ Capacità	$RC$ (riserva di capacità)	$TC\%$ (tasso di capacità)	$T$ (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
1 - Rampa (2D-2E)	1085	737	32,09%	0,25	0,32	5,3	A
2 - Rampa 2F	1029	527	48,73%	0,25	0,49	6,8	A
3 - SS73 EST	1012	612	39,53%	0,25	0,40	6,1	A
4 - Locale 2D	905	899	0,66%	0,25	0,01	4,0	A

METODO HCM 2010 - SANTAGATA (DI STEFANO N: Progettare le intersezioni; MAURO R: Calculation of Roundabouts)										
$f_p$ (fattore impedenza pedoni)	1									
$f_{HV}$ (fattore veicoli pesanti)	1		$C =$ Capacità	$RC$ (riserva di capacità)	$RC\%$	$TC\%$ (tasso di capacità)	$T$ (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
$t_f$ (tempo di sequenza)	3,19	1 - Rampa (2D-2E)	943	595	63,08%	36,92%	0,25	0,37	6,2	A
A	1129	2 - Rampa 2F	874	373	42,65%	39,82%	0,25	0,57	8,4	A
$t_c$ (intervallo critico)	5,19	3 - SS73 EST	855	455	53,19%	40,73%	0,25	0,47	7,5	A
B	0,0010	4 - Locale 2D	740	734	99,19%	47,02%	0,25	0,01	4,9	A

PROGETTAZIONE ATI:

### Svincolo Pistrino (Rotatoria 3F)



### RISULTATI Rotatoria 3F

O/D	RAMPA 3C	A.Volta	SP100	Locale1
RAMPA 3C	0	587	147	0
A.Volta	630	0	70	0
SP100	60	240	0	0
Locale1	4	1	0	0

INPUT	$Q_e$ Traffico entrante [veic. Eq/h]	$Q_u$ Traffico uscente [Veq/h]	$Q_c$ Traffico circolante[veic. Eq/h]
1-RAMPA 3C	734	694	70
2- A.Volta	700	828	64
3- SP100	300	217	592
4- Locale1	5	0	804

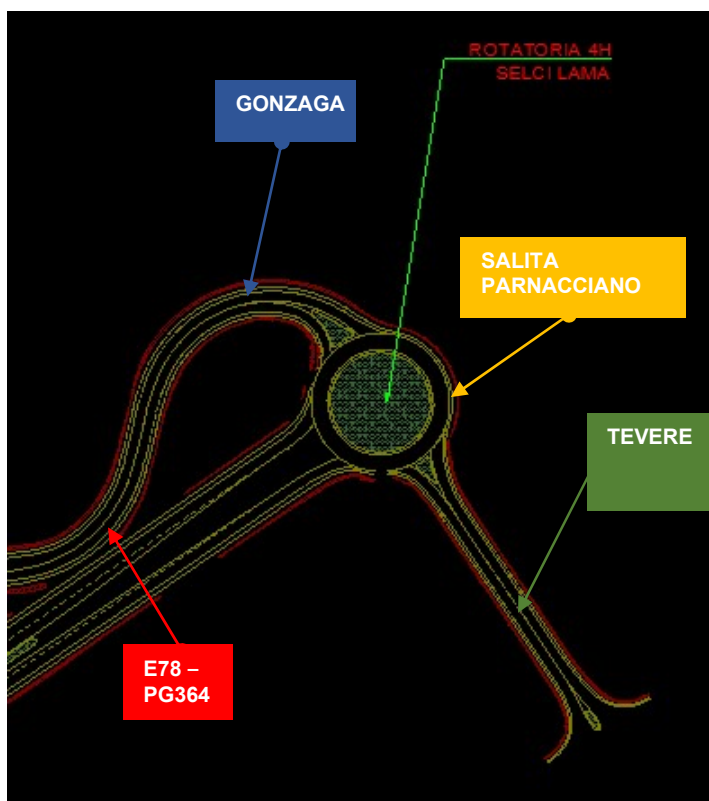
### OUTPUT:

	C = Capacità	RC (riserva di capacità)	FORMULAZIONE TEDESCA DI CAPACITA' (BRILON ET AL)				
			TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
1-RAMPA 3C	1345	611	54,56%	0,25	0,55	6,2	A
2- A.Volta	1171	471	59,80%	0,25	0,60	7,2	A
3- SP100	780	480	38,47%	0,25	0,38	7,3	A
4- Locale1	623	618	0,80%	0,25	0,01	5,8	A

PROGETTAZIONE ATI:

METODO HCM 2010 - SANTAGATA (DI STEFANO N: Progettare le intersezioni; MAURO R: Calculation of Roundabouts)										
$f_p$ (fattore impedenza pedoni)	1									
$f_{HV}$ (fattore veicoli pesanti)	1		<b>C = Capacità</b>	RC (riserva di capacità)	RC%	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
$t_f$ (tempo di sequenza)	3,19	1-RAMPA 3C	1052	319	30,27%	69,73%	0,25	0,70	8,9	A
A	1129	2- A.Volta	1059	359	33,88%	66,12%	0,25	0,66	8,3	A
$t_c$ (intervallo critico)	5,19	3- SP100	625	325	51,98%	48,02%	0,25	0,48	9,5	A
B	0,0010	4- Locale1	506	501	99,01%	0,99%	0,25	0,01	7,2	A

### Svincolo Selci Lama (Rotatoria 4H)



PROGETTAZIONE ATI:

## RISULTATI Rotatoria 4H

O/D	E78-PG364	Gonzaga	Tevere
E78 PG364	0	17	329
Gonzaga	14	0	1
Tevere	319	7	0

INPUT	$Q_e$ Traffico entrante [veic. Eq/h]	$Q_u$ Traffico uscente [Veq/h]	$Q_c$ Traffico circolante[veic. Eq/h]
1- E78-PG364	346	333	329
3- Gonzaga	15	24	319
4- Tevere	325	329	17

## OUTPUT:

FORMULAZIONE TEDESCA DI CAPACITA' (BRILON ET AL)							
	$C =$ Capacità	RC (riserva di capacità)	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
1- E78-PG364	<b>974</b>	628	35,50%	0,25	0,36	6,0	<b>A</b>
3- Gonzaga	<b>982</b>	967	1,53%	0,25	0,02	3,8	<b>A</b>
4- Tevere	<b>1205</b>	880	26,97%	0,25	0,27	4,6	<b>A</b>

METODO HCM 2010 - SANTAGATA (DI STEFANO N: Progettare le intersezioni; MAURO R: Calculation of Roundabouts)										
$f_p$ (fattore impedenza pedoni)	1									
$f_{HV}$ (fattore veicoli pesanti)	1		$C =$ Capacità	RC (riserva di capacità)	RC%	TC% (tasso di capacità)	T (periodo di analisi)	$x_i$ (grado di saturazione)	$d_i$ (ritardo medio)	LOS
$t_f$ (tempo di sequenza)	3,19	1- E78- PG364	<b>812</b>	466	57,41%	42,59%	0,25	0,43	7,4	<b>A</b>
A	1129	2- Gonzaga	<b>821</b>	806	98,17%	42,13%	0,25	0,02	4,5	<b>A</b>
$t_c$ (intervallo critico)	5,19	3- Tevere	<b>1109</b>	784	70,70%	31,18%	0,25	0,29	5,0	<b>A</b>

PROGETTAZIONE ATI:

#### 4.1.2. IL LIVELLO DI SERVIZIO DELLE RAMPE DI IMMISSIONE

La procedura per l'individuazione del Livello di Servizio delle rampe di immissione è quella formulata dall'HCM2000.

A monte della rampa si ha una redistribuzione dei veicoli della strada che tendono ad abbandonare le corsie più esterne per non essere coinvolti nelle turbolenze originate dai veicoli in ingresso che tendono a lasciare la corsia di accelerazione.

È individuata la cosiddetta *area di influenza*, ossia la zona in cui si manifesta maggiormente la perturbazione del flusso derivante dalla presenza della rampa. Tale zona è costituita dalle due corsie più esterne della strada e si estende per 450m a valle, come mostrato nella figura sottostante, in cui è anche indicata come viene misurata la lunghezza della corsia di accelerazione.

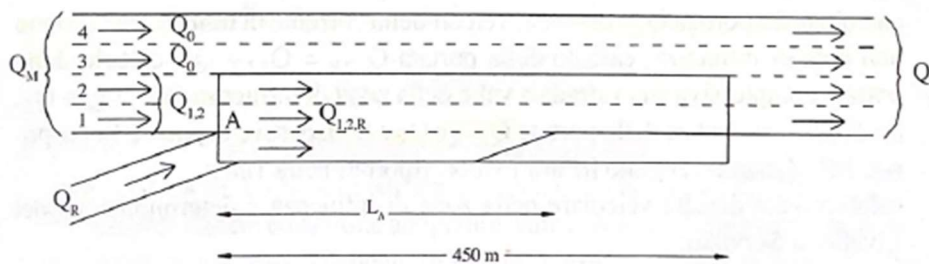


Figura 4-4 Area di influenza, corsia di accelerazione e portate significative

Il punto A risulta dall'intersezione delle linee che delimitano il margine destro della corsia 1 ed il margine sinistro della rampa. Inoltre sono riportate le portate che verranno utilizzate.

La procedura si articola nei seguenti passi:

- Calcolo delle portate orarie, espresse in autovetture equivalenti, sulla strada a monte della rampa ( $Q_M$ ) e sulla rampa stessa ( $Q_R$ ). Per il flusso  $Q_M$  adottato si è utilizzato il traffico dell'ora di punta direzionale proiettato all'anno 2048 in autovetture equivalenti evidenziato nella quinta colonna.

TRAFFICO ORA DI PUNTA DIREZIONALE (60%) ANNO 2048						
Tratta	Leggeri (v/h)	Pesanti (v/h)	Totali (v/h)	% Pesanti	Equivalenti (v/h)	60% corsia di marcia
Le Ville - Monterchi	1857	196	2053	9,5%	2347	1408
Monterchi - Pistrino	1628	184	1812	10,2%	2088	1253
Pistrino - Selci (E45)	1808	203	2011	10,1%	2315	1389
Selci (E45) - Lama	1196	228	1425	16,0%	1767	1060

Tabella 4-7 Flussi di progetto

Il flusso  $Q_R$  è ricavato attraverso l'analisi dell'equilibrio dei flussi di ciascuno svincolo svolta nel paragrafo "Il livello di servizio in rotatoria", come riportato di seguito:

$Q_R$ (Veic/h)	
Rampa 2B	148
Rampa 2D	580
Rampa 3B	517
Rampa 3D	178
Rampa 4B	499
Rampa 4F	887

- Calcolo della portata  $Q_{1,2}$ , cioè dei veicoli della corrente in transito che restano nell'area d'influenza e il calcolo della portata  $Q_{1,2,R} = Q_{1,2} + Q_R$

Il flusso veicolare che rimane nelle corsie 1 e 2 si ottiene moltiplicando la portata a monte  $Q_M$  per un coefficiente  $P_{FM}$  che varia in funzione del numero di corsie per direzione della strada principale. Nello specifico:

- Strada a due corsie per direzione

Si ha evidentemente  $P_{FM} = 1,00$ .

- Strada a quattro corsie per direzione

$$P_{FM} = 0,2178 - 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot Q_R + \frac{0,05887 \cdot L_A}{V_R} \quad (1)$$

in cui la lunghezza della corsia di accelerazione  $L_A$  è espressa in metri e la velocità a flusso libero della rampa in km/h.

- Strada a tre corsie per direzione

Vengono fornite tre espressioni

$$P_{FM} = 0,5775 + 9,2 \cdot 10^{-5} \cdot L_A \quad (2)$$

$$P_{FM} = 0,7289 - 10^{-4} \cdot (0,135 \cdot Q_V + 20,48 \cdot V_R - 2 \cdot L_M) \quad (3)$$

$$P_{FM} = 0,5487 + 0,08 \frac{Q_{RV}}{L_V} \quad (4)$$

in cui  $L_M$  e  $L_V$  sono, rispettivamente, le distanze delle rampe in uscita a monte ed a valle (in m) e  $Q_{RV}$  è la portata in uscita nella rampa a valle (autovett./h). Per decidere quale equazione adoperare, vale a dire se c'è influenza delle rampe adiacenti sul funzionamento di quella in esame, si calcola una lunghezza equivalente  $L_{EQ}$  ottenuta eguagliando la (2) e la (3) e ricavando  $L_M$ , ovvero uguagliando la (2) e la (4) e ricavando  $L_V$ ; si ottiene così:

$$L_{EQ} = 0,0675 \cdot Q_V + 0,46 \cdot L_A + 10,24 \cdot V_R - 757 \quad (5)$$

$$L_{EQ} = \frac{Q_{RV}}{0,3596 + 0,00115 \cdot L_A} \quad (6)$$

Se risulta  $L_{EQ} \leq L_M$  ovvero  $L_{EQ} \leq L_V$ , si utilizza la (2) per il calcolo di  $P_{FM}$ ; in caso contrario va usata la (3) o la (4), rispettivamente per rampa a monte o a valle; se le rampe adiacenti sono presenti ed influenti entrambe, si calcolano i due valori di  $P_{FM}$  dalla (3) e dalla (4) e si assume il maggiore.

Figura 4-5 Calcolo del coefficiente  $P_{FM}$

- Calcolo della densità veicolare nell'area d'influenza con la seguente relazione:

$$D_R = 3,402 + 0,00456 \cdot Q_R + 0,0048 \cdot Q_{1,2} - 0,01278 \cdot L_A \quad (\text{autovett./km/corsia})$$

- Sulla base dei valori di densità si individua il Livello di Servizio adottando la seguente tabella:

Livello di Servizio	Densità (autovetture/km/corsia)
A	$\leq 6$
B	6-12
C	12-17
D	17-22
E	$> 22$
F	La domanda eccede la capacità

Tabella 4-8 Valori delle densità che individuano il Livello di Servizio



### Rampa di immissione 2B (dir. Fano)

La portata subito a monte della rampa e la portata della rampa valgono rispettivamente:

$$Q_M = 2347 \text{ autovett./h}$$

$$Q_R = 148 \text{ autovett./h}$$

Il coefficiente  $P_{FM}$ , poiché riferito ad una strada a due corsie per direzione è pari a 1. Di conseguenza la portata  $Q_{1,2}$  nella zona d'influenza vale:

$$Q_{1,2} = 2347 \cdot 1 = 2567 \text{ autovett./h}$$

La portata complessiva nell'area di influenza risulta:

$$Q_{1,2,R} = 2347 + 148 = 2495 \text{ autovett./h}$$

Infine si calcola la densità e sulla base di tale valore si identifica il Livello di Servizio:

$$D_R = 9,20 \text{ autovett./km/corsia}$$

#### LOS B

RAMPA 2B		
DATI		
QM	2347	autovett./h
QR	148	autovett./h
PFM	1	
LA	481	m
ELABORAZIONE		
Q <sub>1,2</sub>	2347	autovett./h
Q <sub>1,2,R</sub>	2495	autovett./h
DR	9,20	autovett./Km/corsia
	LOS B	

### Rampa di immissione 2D (dir. Grosseto)

La portata subito a monte della rampa e la portata della rampa valgono rispettivamente:

$$Q_M = 2088 \text{ autovett./h}$$

$$Q_R = 580 \text{ autovett./h}$$

Il coefficiente  $P_{FM}$ , poiché riferito ad una strada a due corsie per direzione è pari a 1. Di conseguenza la portata  $Q_{1,2}$  nella zona d'influenza vale:

$$Q_{1,2} = 2088 \cdot 1 = 2088 \text{ autovett./h}$$

La portata complessiva nell'area di influenza risulta:

$$Q_{1,2,R} = 2088 + 580 = 2668 \text{ autovett./h}$$

Infine si calcola la densità e sulla base di tale valore si identifica il Livello di Servizio:

$$D_R = 10,09 \text{ autovett./km/corsia}$$

#### LOS B

RAMPA 2D		
DATI		
QM	2088	autovett./h
QR	580	autovett./h
PFM	1	
LA	468	m
ELABORAZIONE		
Q <sub>1,2</sub>	2088	autovett./h
Q <sub>1,2,R</sub>	2668	autovett./h
DR	10,09	autovett./Km/corsia
	LOS B	

PROGETTAZIONE ATI:

### Rampa di immissione 3D (dir. Grosseto)

La portata subito a monte della rampa e la portata della rampa valgono rispettivamente:

$$Q_M = 2315 \text{ autovett./h}$$

$$Q_R = 178 \text{ autovett./h}$$

Il coefficiente  $P_{FM}$ , poiché riferito ad una strada a due corsie per direzione è pari a 1. Di conseguenza la portata  $Q_{1,2}$  nella zona d'influenza vale:

$$Q_{1,2} = 2315 \cdot 1 = 2315 \text{ autovett./h}$$

La portata complessiva nell'area di influenza risulta:

$$Q_{1,2,R} = 2315 + 178 = 2493 \text{ autovett./h}$$

Infine si calcola la densità e sulla base di tale valore si identifica il Livello di Servizio:

$$D_R = 9,07 \text{ autovett./km/corsia}$$

#### LOS B

RAMPA 3D		
DATI		
QM	2315	autovett./h
QR	178	autovett./h
PFM	1	
LA	489	m
ELABORAZIONE		
Q <sub>1,2</sub>	2315	autovett./h
Q <sub>1,2,R</sub>	2493	autovett./h
DR	9,07	autovett./Km/corsia
	LOS B	

### Rampa di immissione 4B (dir. Fano)

La portata subito a monte della rampa e la portata della rampa valgono rispettivamente:

$$Q_M = 2315 \text{ autovett./h}$$

$$Q_R = 499 \text{ autovett./h}$$

Il coefficiente  $P_{FM}$ , poiché riferito ad una strada a due corsie per direzione è pari a 1. Di conseguenza la portata  $Q_{1,2}$  nella zona d'influenza vale:

$$Q_{1,2} = 2315 \cdot 1 = 2315 \text{ autovett./h}$$

La portata complessiva nell'area di influenza risulta:

$$Q_{1,2,R} = 2315 + 499 = 2814 \text{ autovett./h}$$

Infine si calcola la densità e sulla base di tale valore si identifica il Livello di Servizio:

$$D_R = 10,86 \text{ autovett./km/corsia}$$

#### LOS B

RAMPA 4B		
DATI		
QM	2315	autovett./h
QR	499	autovett./h
PFM	1	
LA	464	m
ELABORAZIONE		
Q <sub>1,2</sub>	2315	autovett./h
Q <sub>1,2,R</sub>	2814	autovett./h
DR	10,86	autovett./Km/corsia
	LOS B	

PROGETTAZIONE ATI:

**Rampa di immissione 4F (dir. Perugia)**

La portata subito a monte della rampa e la portata della rampa valgono rispettivamente:

$$Q_M = 1850 \text{ autovett./h}$$

$$Q_R = 887 \text{ autovett./h}$$

Il coefficiente  $P_{FM}$ , poiché riferito ad una strada a due corsie per direzione è pari a 1. Di conseguenza la portata  $Q_{1,2}$  nella zona d'influenza vale:

$$Q_{1,2} = 1850 \cdot 1 = 1850 \text{ autovett./h}$$

La portata complessiva nell'area di influenza risulta:

$$Q_{1,2,R} = 1850 + 887 = \text{autovett./h}$$

Infine si calcola la densità e sulla base di tale valore si identifica il Livello di Servizio:

$$D_R = 11,98 \text{ autovett./km/corsia}$$

**LOS B**

RAMPA 4F		
DATI		
QM	1850	autovett./h
QR	887	autovett./h
PFM	1	
LA	340	m
ELABORAZIONE		
Q <sub>1,2</sub>	1850	autovett./h
Q <sub>1,2,R</sub>	2737	autovett./h
DR	11,98	autovett./Km/corsia
	LOS B	

PROGETTAZIONE ATI:

## 5. DISPOSITIVI DI RITENUTA

### 5.1. PREMESSA

Sulla base dei dati di traffico (TGM>30'000 veic/giorno %Veic.Pesanti circa 15%), la tipologia dei dispositivi da adottare è stata individuata secondo quanto previsto dal D.M. 18 febbraio 1992, n.223 e s.m.i. facendo riferimento all'ultimo aggiornamento del 21 giugno 2004 e, partendo dai criteri di scelta dei dispositivi in esso contenuti, si sono individuate le zone da proteggere e le tipologie da adottare.

Si è altresì tenuto conto delle norme EN 1317 recepite dallo stesso D.M. 21 giugno 2004, per definire le caratteristiche prestazionali delle barriere.

### 5.2. SCELTE PROGETTUALI

In riferimento ai dati di traffico precedentemente esposti si deduce un tipo di traffico "II" del D.M.21.06.04 che prevede delle classi minime dei dispositivi quali "H2" per bordo laterale ed "H3" per bordo ponte e spartitraffico.

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤ 1000	Qualsiasi
I	> 1000	≤ 5
<b>II</b>	<b>&gt; 1000</b>	<b>5 &lt; n ≤ 15</b>
III	> 1000	> 15

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriera spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte <sup>(1)</sup>
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	<b>II</b>	<b>H3</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>
Strade extraurbane secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	III	H3-H4 <sup>(2)</sup>	H2-H3 <sup>(2)</sup>	H3-H4 <sup>(2)</sup>
	I	H1	N2	H2
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali(F).	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Tabella 5-1

<sup>(1)</sup> Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale

<sup>(2)</sup> La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Quindi per l'Asse principale, svincoli e rotatorie si prevedono:

- Bordo laterale Tipo ANAS con Livello di contenimento H2 e larghezza Utile ≤ W5 (in acciaio);
- Bordo Ponte con Livello di contenimento H2 e larghezza Utile ≤ W4 (in acciaio);
- Bordo Ponte Tipo ANAS con Livello di contenimento H3 e larghezza Utile ≤ W5 (in acciaio);
- Profilo redirettivo in cls all'interno ed in appoggio alle gallerie;
- Spartitraffico - Bordo laterale Tipo ANAS con Livello di contenimento H3 e larghezza Utile ≤ W5 (in acciaio);
- Spartitraffico – barriera tipo New Jersey NDBA ANAS (H120).

PROGETTAZIONE ATI:

I dispositivi tipo ANAS saranno dotati di “DSM” Dispositivo Salva Motociclisti. La fornitura di tutti i dispositivi sarà esclusa dal presente appalto; inoltre vanno previsti idonei tratti di transizione per garantire il pieno rispetto della lunghezza operativa dell’elemento come anche l’installazione di reti di protezione antilancio (ove necessario). Si rimanda alla successiva fase progettuale per dettagli e particolari costruttivi di cui il piano di sistemazione su strada di tali elementi strutturali.

Per quanto attiene i terminali delle barriere di sicurezza nei tratti di inizio e fine tratta, reputi pericoloso, si è previsto l’utilizzo di terminali speciali testati secondo la ENV 1317-4 e prEN1317-7 come richiamato dall’art. 6 del DM del 21/06/2004. In questo caso la scelta ha tenuto conto delle loro prestazioni e della destinazione secondo la tabella seguente:

VELOCITÀ IMPOSTA NEL SITO DA PROTEGGERE	CLASSE DEI TERMINALI
CON VELOCITÀ $V \geq 130$ KM/H	P3
CON VELOCITÀ $90 \leq V < 130$ KM/H	P2
CON VELOCITÀ $V < 90$ KM/H	P1

Nel progetto si sono adottati terminale di classe P2 per l’Asse Principale e svincoli. Dove non è prevista l’adozione dei terminali speciali, si prevedono in progetto o terminali semplici a manina; o per gli elementi di avvio esposti al traffico e avvio/fine di viabilità bidirezionali quando prossimi a tratti con margine in trincea o ad una opera di controripa (paratia) si prevede un terminale semplice inserito all’interno del corpo della trincea stessa o ancorato sull’opera.

Gli attenuatori d’urto sono sistemi di ritenuta installati davanti ad un ostacolo potenzialmente pericoloso con lo scopo di ridurre la severità dell’urto per gli occupanti del veicolo in svio al di sotto di prefissate soglie ritenute sicure per l’incolumità degli occupanti. La classe minima degli attenuatori d’urto è definita dall’art. 6 del D.M. 21.6.2004 in funzione della sola velocità imposta nella strada da cui diverge la rampa, come mostrato nella tabella seguente:

VELOCITÀ IMPOSTA NEL SITO DA PROTEGGERE	CLASSE DEGLI ATTENUATORI
CON VELOCITÀ $V \geq 130$ KM/H	100
CON VELOCITÀ $90 \leq V < 130$ KM/H	80
CON VELOCITÀ $V < 90$ KM/H	50

Sulle strade di cat. B e svincoli si prevede sempre l’utilizzo di attenuatori di classe 80 (standard Anas). Questa scelta è anche legata al più difficile reperimento sul mercato di quelli di classe 50. Per tale motivo, l’adozione di attenuatori di classe 50 potrà eventualmente essere valutata nella successiva fase progettuale in tutti quei casi la velocità di progetto si inferiore ai 90km/h (viabilità secondaria e rampe).

Per quanto attiene alla viabilità secondaria, si è ipotizzato un flusso giornaliero pari al 5% di quello transitante sull'Asse principale, risultando comunque > 10000veic /gg e una percentuale di veicoli pesanti inferiore al 15%. Inquadrando come Strade locali F le viab. secondarie di progetto, il D.M.21.06.04 prescrive classi minime N2 per bordo laterale e H2 bordo ponte.

Si sono adottate i seguenti i dispositivi:

- Bordo laterale con Livello di contenimento N2 e larghezza Utile  $\leq W5$  (in acciaio)
- Bordo laterale con Livello di contenimento H1 e larghezza Utile  $\leq W3$  (in acciaio)
- Bordo Ponte con Livello di contenimento H2 e larghezza Utile  $\leq W4$  (in acciaio)

Sono stati individuati i tratti che necessitano di protezione DSM, ove andranno previste barriere integrate e testate già con la presenza del Dispositivo Salva Motociclisti.

PROGETTAZIONE ATI:

## 6. SEGNALETICA

### 6.1. SEGNALETICA VERTICALE

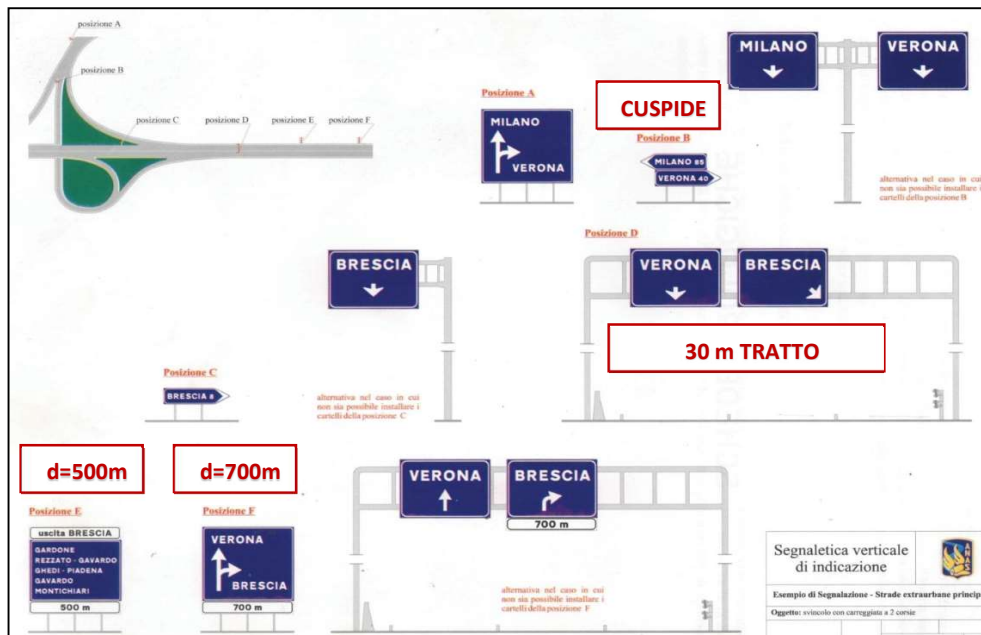
Si prevede l'installazione dei segnali verticali con formato "grande" per la strada CAT. B (comprese le rampe degli svincoli) e, invece, il formato "normale" per le strade rimanenti.

Per le dimensioni, i colori e le caratteristiche dei segnali indicati nella tavola si rimanda al D.P.R. del 16.12.1992 n° 495 e successive modifiche.

Si prevede installazione sull'Asse Principale dei delineatori modulari di curva (Fig. II 468 Art. 174) integrati con leds.

Per quanto concerne ai portali a bandiera, si prevede l'installazione del palo verticale ad una distanza minima di 3.50m da ciglio pavimentato, per permettere il corretto funzionamento della barriera stradale e della messa in opera dei presidi idraulici.

Si riporta di seguito il criterio progettuale adottato:



700 m: preavviso di intersezione (fig. II 234);

500 m: segnale di itinerario (fig. II 272);

30 m da tratto manovra: segnale di corsia con funzione di direzione posto sopra la carreggiata;

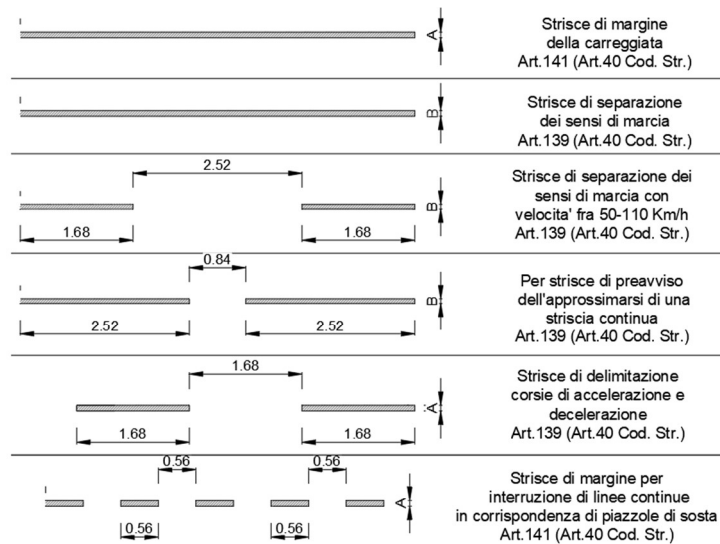
Cuspide: direzione a freccia (fig. II 249).



Figura 5.16-1. Schema esemplificativo di segnaletica

## 6.2. SEGNALETICA ORIZZONTALE

L'intervento prevede la realizzazione della segnaletica orizzontale, in modo particolare delle strisce longitudinali di margine e di separazione in base agli Articoli 141 e 139 (Art.40 Cod. Str.), utilizzando colato plastico "a goccia".



A= 25 cm. per le strade extraurbane principali; 15 cm. per le rampe dello svincolo;  
15 cm. per le strade extraurbane secondarie; 12 cm. per strade locali.  
B= 15 cm. per le strade extraurbane principali; 15 cm. per le rampe di svincolo;  
12 cm. per le strade extraurbane secondarie; 10 cm. per strade locali.

Figura 6-2

PROGETTAZIONE ATI:



## 7. DIFFORMITÀ D.M. 2001 – VIAB. SECONDARIE

Dai tabulati di tracciamento (in allegato al progetto) scaturisce che la soluzione progettuale presenta delle non conformità residue per quanto concerne il rispetto dei criteri plano-altimetrici degli assi delle viabilità secondarie.

In molti dei casi, le proposte di tracciamento si configurano come “adeguamento di un’infrastruttura esistente” e pertanto (in base a quanto specificato nell’Art. 1 del D.M. 22.04.2004 che modifica l’art. 2 del D.M.05.11.2001) le indicazioni del D.M. 05.11.2001 sono da considerarsi di riferimento (e quindi non strettamente vincolanti).

Si riportano di seguito le non conformità presenti nel progetto.

### 7.1. STRADE EXTRAURBANE CAT. F

Sono state analizzate le viabilità secondarie con categoria F2: **VS\_02 e VS\_03**.

Su tali Assi, classificabili come “adeguamento di un’infrastruttura esistente”, le modifiche plano-altimetriche apportate sono state influenzate dal tracciamento dell’Asse Principale.

Le non conformità presenti lungo i tracciati sono relative alla verifica dinamica dei parametri degli elementi di tracciato. Le verifiche risultano non soddisfatte utilizzando l’intervallo di velocità di progetto (DM2001) ed in particolare dalla  $V_{Pmax}$  fissata a 100km/h.

La scelta di attraversare l’Asse Principale alla progressiva km 4+440 per la SP42 (VS02) e al km 8+460 per Via Pianali (VS03) ha permesso di limitare le superfici di esproprio relative ai due assi. In modo particolare per quanto concerne la SP42, sono presenti in tale località diverse attività commerciali per le quali si è cercato di preservare l’accesso al provinciale alla stessa.

Le verifiche dinamiche richieste da normativa ed i diagrammi di visibilità (presenti in progetto) sono state condotte ipotizzando delle velocità coerenti con quelle indicate sulla viabilità esistente.

### 7.2. MITIGAZIONI

Sulle viabilità secondarie si prevede l’installazione del segnale verticale “limite massimo di velocità” indicante:

- Limite a 50km/h su **VS\_02-SP42**,
- Limite a 50km/h su **VS\_03-Pianali**.

### 7.3. RAMI DI APPROCCIO ALLE ROTATORIE DI PROGETTO

Le viabilità secondarie che costituiscono rami di approccio alle rotatorie di progetto e che hanno uno sviluppo inferiore ai 150/200 m sono le seguenti:

- Il ramo 3A “via VOLTA”, di approccio alla Rotatoria SV. “Pistrino”, ha un asse con piattaforma di categoria F1 e una  $V_p$  pari a (40-100) km/h. La velocità di progetto è stata limitata a 30 km/h nell’ultimo tratto di approccio della Rotatoria 3F, per garantire un ingresso nella stessa in sicurezza;
- Il ramo 4B “via Gonzaga” di approccio alla Rotatoria SV. “SELCI”, ha un asse con piattaforma di categoria F1 e una  $V_p$  pari a (40-100) km/h. La velocità di progetto è stata limitata a 30 km/h nell’ultimo tratto di approccio della Rotatoria 4H, per garantire un ingresso nella stessa in sicurezza. Il tracciato plano-altimetrico di tale asse è stato influenzato dal tracciamento dell’Asse Principale nel suo tratto terminale, dove è prevista la rotatoria 4H che rappresenta un collegamento esclusivamente provvisorio, in attesa de futuro raddoppio della E78 previsti nel lotto successivo “PG365 - Salita di Parnacciano”. Infine, con la necessità di limitare la superficie di esproprio e la presenza di aziende in tale località, il progetto ha restituito delle non conformità per quanto concerne i parametri geometrici utilizzando l’intervallo di  $V_p$  40-100km/h, da DM2001.

PROGETTAZIONE ATI:

Le difformità residue dei rami in approccio alle rotatorie (i.e. percezione curva) risultano accettabili data la funzione degli elementi planimetrici degli assi afferenti alle nuove intersezioni di progetto.

Nell'ottica di veicolare l'utenza in maniera consona e sicura, in particolare in approccio alle intersezioni regolate da circolazione rotatoria, è stato previsto l'impiego di segnaletica verticale e orizzontale opportunamente dimensionata per le rotatorie oggetto di realizzazione. Al paragrafo "segnaletica in approccio alle intersezioni rotatorie", vengono definiti i criteri di installazioni e la segnaletica prevista per regolare in modo adeguato la viabilità in dette rotatorie.

Per garantire un ulteriore grado di sicurezza, si è previsto di installare, in approccio alle rotatorie di progetto, sistemi di rallentamento della velocità costituiti da bande trasversali ad effetto ottico.

Tali sistemi di rallentamento ad effetto ottico sono realizzati mediante applicazione in serie di almeno 4 strisce bianche rifrangenti con larghezza crescente nel senso di marcia e distanziamento decrescente. La prima striscia deve avere una larghezza di 20 cm, le successive con incremento di almeno 10 cm di larghezza.

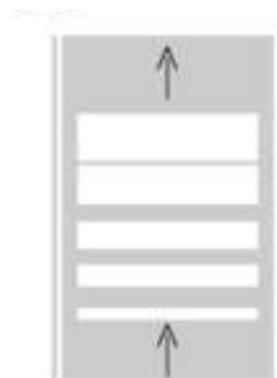


Figura 7-1: Rallentatori ad effetto ottico

Infine, sulla viabilità secondaria "Via Gonzaga" – Ramo 4B, si prevede l'installazione del segnale verticale "limite massimo di velocità" a 30km/h.