



REPUBBLICA ITALIANA

Regione Lombardia

BOLLETTINO UFFICIALE

MILANO - MARTEDÌ, 31 OTTOBRE 2006

1° SUPPLEMENTO STRAORDINARIO

Sommario

C) GIUNTA REGIONALE E ASSESSORI

DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE 27 SETTEMBRE 2006 - N. 8/3219 (5.2.0)
Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti ex art. 4, r.r. 24 aprile 2006, n. 7

2

C) GIUNTA REGIONALE E ASSESSORI

(BUR2006031)

D.g.r. 27 settembre 2006 - n. 8/3219

(5.2.0)

Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti ex art. 4, r.r. 24 aprile 2006, n. 7

LA GIUNTA REGIONALE

Vista la legge regionale 4 maggio 2001, n. 9, che all'art. 5-bis stabilisce che con regolamento regionale sono indicate le norme che definiscono le caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione di nuovi tronchi viari e per l'adeguamento di tronchi viari esistenti, ricadenti nel territorio lombardo;

Visto il regolamento regionale 24 aprile 2006, n. 7 inerente le «Norme tecniche per la costruzione delle strade»;

Preso atto che il comma 2, art. 4 del regolamento sopraccitato prevede che gli elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti siano approvati con specifica deliberazione di Giunta regionale entro sei mesi dall'entrata in vigore del regolamento stesso;

Constato che i «Criteri» previsti dall'art. 4 del r.r. 7/2006 definiscono, sulla base dei contenuti generali di cui agli artt. 5,6,7 e 8 del regolamento:

- le caratteristiche funzionali e geometriche da considerare per la costruzione degli assi stradali;
- le caratteristiche funzionali e geometriche da considerare per la costruzione delle zone di intersezione;
- gli elaborati progettuali che costituiscono un progetto stradale;
- le modalità per lo sviluppo delle analisi di traffico;

Considerato che i contenuti relativi agli elementi tecnici da definirsi ex comma 2, art. 4 del regolamento regionale in argomento erano stati già sviluppati nel corso del 2004 dalla D.G. Infrastrutture e Mobilità in vista della predisposizione degli atti di Giunta a seguito dell'approvazione del regolamento e affinché costituissero fin da subito un riferimento per la redazione dei progetti di infrastrutture stradali da realizzarsi sul territorio lombardo;

Preso atto che, in coerenza con quanto detto sopra, erano state approvate con d.g.r. n. 7/20829 del 16 febbraio 2005 le «Linee guida» relativamente a:

- le caratteristiche funzionali e geometriche da considerare per la costruzione delle zone di intersezione;
- gli elaborati progettuali che costituiscono un progetto stradale;
- le modalità per lo sviluppo delle analisi di traffico;

Preso atto che la D.G. Infrastrutture e Mobilità nel corso del 2004 aveva predisposto inoltre una bozza inerente le caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione degli assi stradali, riservandosi di effettuare in tempi successivi ulteriori studi e approfondimenti in merito a tale argomento anche confrontandosi con i principali soggetti pubblici e privati interessati (enti locali, società autostradali, studi di progettazione, ecc.);

Considerato che si sono svolti appositi incontri con i principali soggetti pubblici e privati interessati (enti locali, società autostradali, studi di progettazione, ecc.) per l'affinamento dei contenuti di base di tutti gli elementi tecnici in argomento e per la verifica dell'appropriatezza delle linee guida sperimentalmente utilizzate e che l'ultimo, in data 27 giugno 2006, ha riscontrato il generale consenso sui contenuti tecnici specifici;

Preso atto che l'articolo 5-bis della legge regionale 4 maggio 2001, n. 9 prevede che fino all'entrata in vigore delle norme regionali di cui sopra si applicano le norme funzionali e geometriche per le schede approvate con Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5 novembre 2001;

Ritenuto necessario che sia data comunicazione diffusiva nelle forme ritenute idonee dei nuovi elementi tecnici puntuali in argomento a tutti i principali soggetti pubblici e privati interessati;

Vista la documentazione predisposta dalla D.G. Infrastrutture e Mobilità allegata alla presente deliberazione, che definisce gli

elementi tecnici puntuali per la costruzione degli assi stradali (Allegato 1), per la progettazione delle zone di intersezione (Allegato 2), per la redazione dei progetti stradali (Allegato 3) e per lo sviluppo delle analisi di traffico (Allegato 4);

A voti unanimi espressi nelle forme di legge,

DELIBERA

1. Di approvare, quali elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti – così come previsto dal comma 2, art. 4, r.r. 24 aprile 2006, n. 7 – i seguenti allegati tecnici, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione:

- Allegato 1 – «Progettazione degli assi stradali»;
- Allegato 2 – «Progettazione delle zone di intersezione»;
- Allegato 3 – «Elaborati progettuali»;
- Allegato 4 – «Analisi di traffico».

2. Di dare mandato alla D.G. Infrastrutture e Mobilità di dare comunicazione nelle forme ritenute idonee ai principali soggetti pubblici e privati interessati (enti locali, società autostradali, studi di progettazione, ecc.) dei nuovi elementi tecnici puntuali elaborati in attuazione all'art. 4, r.r. 24 aprile 2006, n. 7.

3. Di disporre la pubblicazione della presente deliberazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.

4. Di dare atto che dal giorno successivo alla pubblicazione della presente deliberazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia entreranno in vigore sul territorio lombardo gli elementi tecnici puntuali di cui agli allegati del presente atto ai sensi del comma 3, art. 5-bis, l.r. 4 maggio 2001, n. 9 e dell'art. 4, comma 2, r.r. 24 aprile 2006, n. 7.

5. Di dare atto che il presente provvedimento non comporta oneri di spesa.

Il Segretario: Bonomo

_____ • _____



Regione Lombardia

Infrastrutture e Mobilità

ALLEGATO 1 PROGETTAZIONE DEGLI ASSI STRADALI

INDICE

1. ELEMENTI GENERALI	5
2. RETI STRADALI, CLASSIFICAZIONE FUNZIONALE REGIONALE E TIPOLOGIE STRADALI PREVISTE DAL D.LGS. 285/92	5
3. TIPOLOGIE STRADALI E CRITERI COMPOSITIVI DELLA PIATTAFORMA	8
3.1 <i>PREMESSA</i>	8
3.2 <i>INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE DI TRAFFICO</i>	8
3.3 <i>ELEMENTI COSTITUTIVI DELLO SPAZIO STRADALE</i>	12
3.4 <i>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI TRAFFICO DELLE SEZIONI</i>	16
3.4.1 Numero delle corsie per senso di marcia	16
3.4.2 Larghezza delle corsie	16
3.4.3 Larghezza del margine interno e del margine laterale	16
3.4.4 Larghezza del marciapiede	16
3.4.5 Regolazione della sosta	16
3.4.6 Regolazione dei mezzi pubblici	17
3.5 <i>ESEMPI DI ORGANIZZAZIONE DELLA PIATTAFORMA STRADALE</i>	17
4. ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE	30
4.1 <i>SEZIONE STRADALE IN SEDE ARTIFICIALE</i>	30
4.1.1 Opere di scavalco e sottopassi	30
4.1.2 Gallerie	32
4.2 <i>CORSIE SUPPLEMENTARI PER VEICOLI LENTI</i>	35
4.3 <i>ELEMENTI MARGINALI E DI ARREDO DELLA SEDE STRADALE</i>	36
4.3.1 Margine interno	36
4.3.2 Margine laterale	36
4.3.3 Margine esterno	36
4.3.4 Cigli e cunette	36
4.3.5 Marciapiedi	37
4.3.6 Piazzole di sosta	38
4.3.7 Dispositivi di ritenuta ed altri elementi di arredo funzionale	38
5. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE	39
5.1 <i>DISTANZE DI VISIBILITÀ</i>	39
5.1.1 Visuali libere	39
5.1.2 Distanza di visibilità per l'arresto	39
5.1.3 Distanza di visibilità per il sorpasso	43
5.1.4 Applicazioni progettuali	43

5.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE.....	43
5.2.1 Criteri di composizione dell'asse	43
5.2.2 Elementi del tracciato planimetrico.....	43
5.2.3 Pendenze trasversali della piattaforma nei rettifili	44
5.2.4 Pendenze trasversali della piattaforma in funzione del raggio delle curve circolari e della velocità.....	45
5.2.5 Curve a raggio variabile.....	47
5.2.5.1 Criteri per la definizione del parametro di scala.....	49
5.2.5.2 Campo di utilizzazione dei raccordi di clotoide.....	50
5.2.6 Pendenze trasversali nelle curve a raggio variabile.....	52
5.2.6.1 Valori massimi della pendenza Δi	53
5.2.6.2 Valori minimi della pendenza Δi	53
5.2.7 Allargamento della carreggiata in curva.....	53
5.3 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL'ASSE.....	58
5.3.1 Elementi del profilo altimetrico	58
5.3.2 Raccordi verticali.....	58
5.3.3 Raccordi verticali convessi (dossi).....	60
5.3.4 Raccordi verticali concavi (sacche).....	61
5.4 DIAGRAMMA DELLE VELOCITA'	62
5.4.1 Lunghezza di transizione.....	63
5.4.2 Distanza di riconoscimento	63
5.4.3 Costruzione del diagramma delle velocità	63
5.4.4 Esame del diagramma delle velocità.....	65
5.5 COORDINAMENTO PLANO - ALTIMETRICO.....	67
5.5.1 Posizione del raccordo verticale: osservazioni indicative	67
5.5.2 Difetti di coordinamento fra elementi planimetrici ed altimetrici: osservazioni indicative.....	67
5.5.3 Perdita di tracciato: osservazioni indicative.....	67

1. ELEMENTI GENERALI

La pianificazione e le strategie territoriali ed infrastrutturali, confrontando l'evoluzione delle esigenze di mobilità (domanda) con le specificità della rete esistente (offerta), individuano gli ambiti di intervento strutturale sulle strade. Le valutazioni strategiche si concretizzano nell'individuazione delle priorità di costruzione di nuovi tronchi viari ovvero di ammodernamento/potenziamento di tronchi viari esistenti. L'identificazione delle principali funzioni trasportistiche che dovranno assolvere gli interventi in progetto comporta quindi la determinazione del livello di rete e dell'eventuale classe funzionale regionale (vedi il capitolo 2) da assegnare al nuovo tronco ovvero al tronco ammodernato/potenziato. Ad ogni livello di rete e all'eventuale classe funzionale regionale correlata (come sarà evidenziato nel già citato capitolo 2) corrispondono le categorie stradali (A, B, C, D, E, F) da Codice della Strada di riferimento nella progettazione dell'intervento.

Mediante le analisi di traffico si individua la domanda di trasporto prevista, determinata dal "traffico dell'ora di punta", dalle categorie di utenza che la compongono e dalla velocità libera di riferimento, al fine di specificare le caratteristiche della sezione stradale e l'intervallo della velocità di progetto. In particolare, la scelta del numero di corsie di marcia della sezione stradale e della loro geometria definisce la capacità di traffico, mentre la scelta dell'intervallo di velocità di progetto condiziona, in relazione all'ambiente attraversato dall'infrastruttura, le caratteristiche plano-altimetriche dell'asse e le dimensioni di specifici elementi della sezione.

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 (rettifili, curve circolari, curve a raggio variabile). Detti valori possono variare da elemento a elemento, allo scopo di consentire al progettista una certa libertà nell'adeguare il tracciato al territorio attraversato.

Il parametro "velocità" e l'omogeneità di questo stesso parametro lungo un percorso risultano fondamentali nella progettazione degli assi extraurbani e delle strade urbane di scorrimento. In tutti gli altri casi, le caratteristiche della mobilità che contraddistinguono le arterie, pur non togliendo alla velocità il ruolo di importante riferimento per la progettazione, rendono meno centrale la ricerca della sua omogeneità. Per tutte le tipologie stradali si dovrà comunque sempre garantire un dimensionamento degli elementi geometrici tale da consentire l'adeguato inserimento dinamico dei veicoli sulla carreggiata.

Il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto è il valore di riferimento per la progettazione degli elementi meno vincolanti del tracciato, date le caratteristiche di sezione della strada. Esso è comunque almeno pari alla velocità massima di utenza consentita dal Codice della Strada per i diversi tipi di strada (limiti generali di velocità).

Il limite inferiore dell'intervallo è il valore di riferimento per la progettazione degli elementi plano-altimetrici più vincolanti per una strada di assegnate caratteristiche.

Nel fissare le velocità di progetto di due elementi successivi e contigui del tracciato stradale sarà opportuno evitare l'adozione dei valori minimo e massimo dell'intervallo prefissato.

Si osserva che, in situazioni favorevoli per conformazione del territorio interessato dal tracciato e per assenza di vincoli di qualunque tipo, è consigliabile, senza un sensibile aggravio dei costi di costruzione, adottare per la progettazione degli elementi plano-altimetrici più vincolanti, una velocità di riferimento maggiore del limite inferiore dell'intervallo previsto.

2. RETI STRADALI, CLASSIFICAZIONE FUNZIONALE REGIONALE E TIPOLOGIE STRADALI PREVISTE DAL D.LGS. 285/92

Come indicato nel capitolo 1, l'individuazione della funzione che una strada di nuova costruzione (o da potenziare o da adeguare) deve assumere all'interno di una rete rappresenta il primo e più importante passo da compiere per la definizione della tipologia di strada che dovrà essere realizzata (o potenziata o ammodernata).

Ai fini della valorizzazione di una cultura delle infrastrutture stradali centrata sulla funzionalità e sulla sicurezza e orientata al rispetto delle risorse ambientali ed allo sviluppo socio-economico, risulta infatti fondamentale individuare un ordinamento delle strade basato sulla funzione da esse assolta all'interno del territorio e della rete stradale di appartenenza.

Il sistema globale di infrastrutture stradali può essere schematizzato come un insieme integrato di reti, ciascuna delle quali costituita da un insieme di elementi componenti che si identificano con le strade (archi), collegate da un sistema di interconnessioni (nodi).

In considerazione di ciò e della necessità di una classificazione funzionale delle strade, risulta quindi indispensabile eseguire una valutazione complessiva delle reti stradali a cui le singole strade appartengono e definire per tali reti un preciso rapporto gerarchico basato sull'individuazione della funzione assolta dalla rete nel contesto territoriale e nell'ambito del sistema globale delle infrastrutture stradali. A tale scopo si individuano alcuni fattori fondamentali che, caratterizzando le reti stradali da un punto di vista funzionale-funzionale, consentono di classificarle. Essi sono:

- tipo di movimento servito: di transito, di distribuzione, di penetrazione, di accesso (il movimento è da intendersi pure nel senso opposto, cioè di raccolta progressiva ai vari livelli);
- entità dello spostamento: distanza mediamente percorsa dai veicoli;
- funzione assunta nel contesto territoriale attraversato: collegamento nazionale, interregionale, provinciale, locale;
- componenti di traffico e relative categorie: veicoli leggeri, veicoli pesanti, motoveicoli, pedoni, ecc.

I livelli di rete, le classi funzionali regionali e le classi stradali da Codice della Strada risultano tra di loro indicativamente correlati secondo quanto indicato nella tabella 2.1.

LIVELLO DI RETE	CLASSE FUNZIONALE REGIONALE	CLASSI STRADALI DA CODICE DELLA STRADA (art. 2, comma 2 D.LGS. 285/92)	
		In ambito extraurbano	In ambito urbano
Rete primaria	Autostrade	Autostrada - A	Autostrada - A
	Strada di interesse regionale di primo livello - R1	Extraurbana principale - B	Urbana di scorrimento - D
Rete principale	Strada di interesse regionale di primo livello - R1	Extraurbana principale - B, Extraurbana secondaria - C	Urbana di scorrimento - D
	Strada di interesse regionale di secondo livello - R2	Extraurbana principale - B, Extraurbana secondaria - C	Urbana di scorrimento - D
Rete secondaria	Strada di interesse provinciale di primo livello - P1	Extraurbana secondaria - C	Urbana di quartiere - E
	Strada di interesse provinciale di secondo livello - P2	Extraurbana secondaria - C	Urbana di quartiere - E
Rete locale	Strada di interesse locale - L	Extraurbana locale - F	Urbana di quartiere - E, Urbana locale - F

Tabella 2.1

Procedendo in ordine decrescente nella gerarchia prefissata per le reti, si verifica che la velocità media di percorrenza decresce e la qualità del servizio offerto diminuisce più rapidamente all'aumentare del flusso di traffico. Da evidenziare inoltre che, nell'ambito del fattore "componenti di traffico", la variabile veicoli pesanti, oltre a dare implicitamente indicazioni sulla tipologia di movimento servito, pone l'accento sull'eventuale necessità di istituire "canali di traffico preferenziale" da introdurre come elementi fondamentali, a destinazione specifica, delle reti stradali.

Ai quattro livelli funzionali di rete indicati nella tabella 2.1 sopraccitata deve essere aggiunto, inoltre, il livello terminale, che si identifica con le strutture predisposte alla sosta dei veicoli, limitate anche a poche unità di superficie, e che risulta caratterizzato nel modo che segue:

LIVELLO TERMINALE

- movimento servito: sosta
- entità dello spostamento: nulla
- funzione nel territorio: locale
- componenti di traffico: tutte le componenti, salvo limitazioni specifiche.

Gli elementi che, inoltre, secondo quanto specificato con la DGR n. 14739/2003, aiutano a discriminare all'interno di un medesimo livello di rete tra due diverse classi funzionali regionali sono quelli connessi al carico veicolare, al bacino residenziale ed occupazionale servito dalla strada, all'estensione dell'itinerario che è garantito dall'infrastruttura e alla natura del collegamento sviluppato (collegamento tra comuni capoluogo, asse di penetrazione ad un capoluogo, collegamento tra comuni non capoluogo, tangenziale ad un comune capoluogo).

Individuati i differenti livelli di rete ed, eventualmente, le differenti classi funzionali regionali, è possibile individuare gli elementi componenti della rete, cioè le strade, definendo per essi le caratteristiche tecniche e d'uso più idonee. In linea teorica, la funzione principale assegnata alla singola strada deve coincidere con quella propria della rete di appartenenza. In realtà, si può raggiungere solo una coerenza funzionale tra rete ed elemento stradale; a tale proposito può essere utile definire per il singolo tronco stradale una funzione principale ed eventuali funzioni secondarie, le quali, però, per garantire il buon funzionamento della rete, devono corrispondere alle funzioni principali dei livelli contigui a quello proprio dell'elemento oggetto di studio, secondo lo schema riportato nella pagina seguente.

LIVELLI DI RETE FUNZIONE	RETE PRIMARIA	RETE PRINCIPALE	RETE SECONDARIA	RETE LOCALE
transito, scorrimento	●	○		
distribuzione	○	●	○	
penetrazione		○	●	○
accesso			○	●

- funzione principale propria
- funzione principale della classe adiacente

Da ciò emerge che per il buon funzionamento del sistema globale è necessaria una chiara attribuzione di funzioni alle singole reti ed una precisa individuazione delle funzioni principali e secondarie per gli archi di esse; in questo modo è possibile evitare che singoli elementi stradali appartengano contemporaneamente a diverse classi di reti.

Inoltre, per assicurare il funzionamento del sistema globale devono essere aggiunte le interconnessioni che, se omogenee, collegano strade della stessa rete, e se disomogenee collegano, di norma, strade appartenenti a reti di livello funzionale adiacente.

Si individuano le seguenti classi:

- interconnessione primaria (nella rete primaria e tra rete primaria e rete principale)
- interconnessione principale (nella rete principale e fra rete principale e rete secondaria)
- interconnessione secondaria (nella rete secondaria e tra rete secondaria e rete locale)
- interconnessione locale (nella rete locale)

Tali nodi o interconnessioni avranno caratteristiche tecniche diverse a seconda della classe funzionale e geometrica cui appartengono le strade che vi si innestano (vedi Allegato 2). Inoltre, essi sono presenti sulle reti in numero crescente al diminuire della loro collocazione gerarchica.

All'interno di un sistema globale di reti esistenti è possibile l'assenza di qualche livello funzionale; ciò risulta accettabile purché venga rispettato l'ordinamento gerarchico dei movimenti fra elementi stradali gerarchicamente più prossimi.

La figura 2.a. rappresenta esemplificativamente i quattro livelli di rete (con a: rete primaria; b: rete principale; c: rete secondaria; d: rete locale).

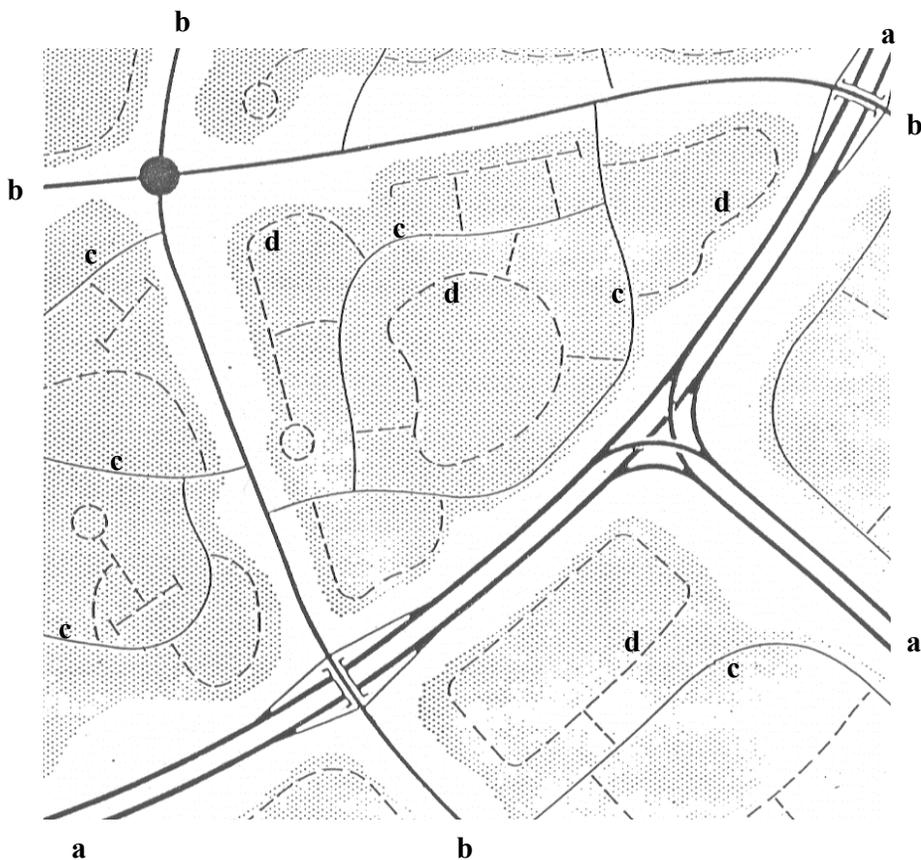


Fig. 2.a

3. TIPOLOGIE STRADALI E CRITERI COMPOSITIVI DELLA PIATTAFORMA

3.1 PREMESSA

Conformemente a quanto previsto dall'art. 2 del Codice della Strada, le strade si classificano, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

- A - Autostrade (extraurbane ed urbane)
- B - Strade extraurbane principali
- C - Strade extraurbane secondarie
- D - Strade urbane di scorrimento
- E - Strade urbane di quartiere
- F - Strade locali (extraurbane ed urbane).

3.2 INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE DI TRAFFICO

Sulla strada possono circolare, a norma del Codice della Strada, tre componenti di traffico: pedoni, veicoli e animali. I veicoli risultano classificati agli articoli 47 e 73 del Codice e sono riassunti nella tabella 3.2.a.

Le funzioni di traffico ammesse per la circolazione sulla sede stradale sono: movimento, sosta di emergenza, sosta, accesso privato diretto.

Il collegamento tra componenti e funzioni di traffico è illustrato nella tabella 3.2.b.

Ai fini di pervenire all'identificazione degli spazi stradali necessari alle diverse componenti di traffico, per assolvere le funzioni previste nel rispetto dei criteri di sicurezza e regolarità della circolazione, le componenti di traffico, le classi veicolari e le funzioni ammesse sono state raggruppate in quattordici categorie di traffico, omogenee per caratteristiche ed esigenze funzionali (tabella 3.2.c).

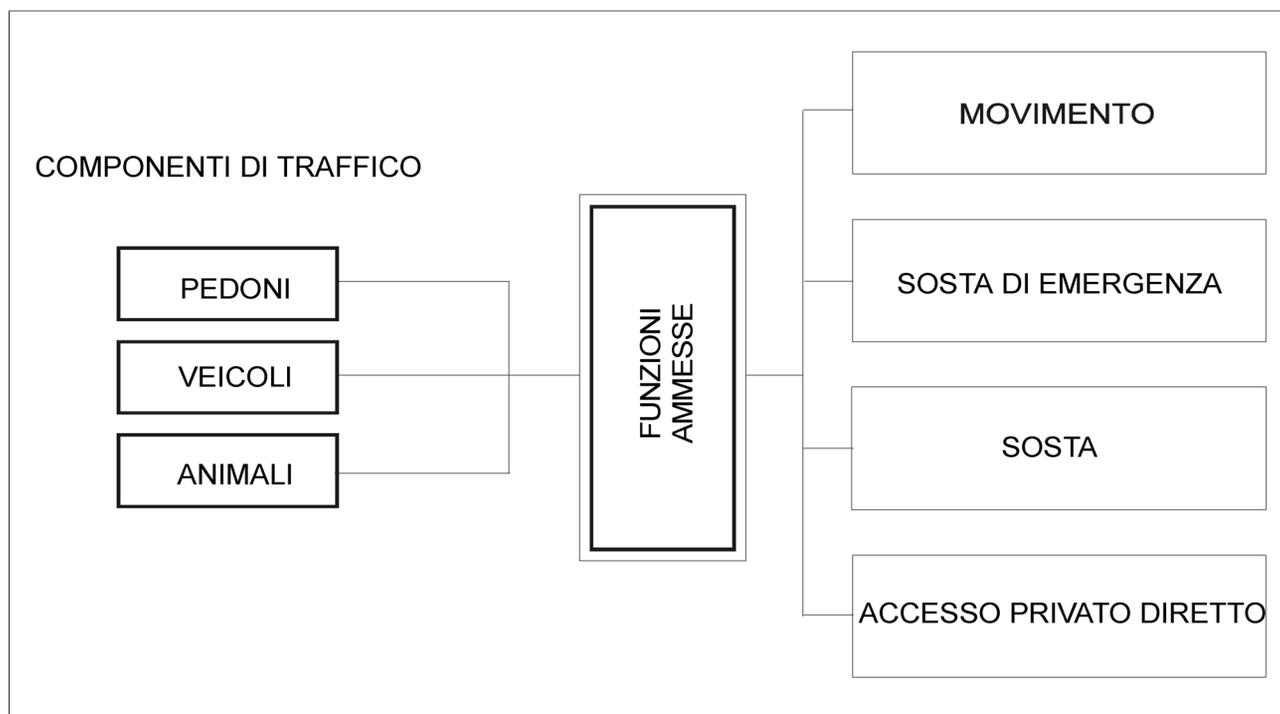
Ad ogni categoria corrisponde uno spazio stradale che, nella composizione finale della sezione corrente, potrà essere autonomo o comune a più categorie compatibili.

L'assegnazione delle categorie di traffico ai diversi tipi di strada di cui al paragrafo 3.1, anche tenendo conto delle condizioni dettate dalle norme del Codice della Strada, è illustrata nella tabella 3.2.d. In questa tabella è stata introdotta per certi tipi di strada l'ulteriore distinzione, ammessa dal Codice della Strada, tra strada principale e strada di servizio per poter consentire, sulla stessa piattaforma, funzioni di traffico per veicoli appartenenti a categorie non compatibili tra loro.

TAB. 3.2.a - CLASSIFICAZIONE DEI VEICOLI

a) veicoli a braccia	<ul style="list-style-type: none"> a) spinti o trainati dall'uomo a piedi b) azionati dalla forza muscolare dello stesso conducente
b) veicoli a trazione animale	<ul style="list-style-type: none"> a) veicoli destinati principalmente al trasporto di persone b) veicoli destinati principalmente al trasporto di cose c) carri agricoli destinati a trasporti per uso esclusivo delle aziende agricole
c) velocipedi	
d) slitte	
e) ciclomotori	
f) motoveicoli	<ul style="list-style-type: none"> a) motocicli b) motocarrozze c) motoveicoli per trasporto promiscuo d) motocarri e) mototrattori f) motoveicoli per trasporti specifici g) motoveicoli per uso speciale h) quadricicli a motore
g) autoveicoli	<ul style="list-style-type: none"> a) autovetture b) autobus c) autoveicoli per trasporto promiscuo d) autocarri e) trattori stradali f) autoveicoli per trasporti specifici g) autoveicoli per uso speciale h) autotreni i) autoarticolati l) autosnodati m) autocaravan n) mezzi d'opera
h) filoveicoli	
i) rimorchi	<ul style="list-style-type: none"> a) rimorchi per trasporto di persone b) rimorchi per trasporto di cose c) rimorchi per trasporti specifici d) rimorchi ad uso speciale e) caravan f) rimorchi per trasporto di attrezzature turistiche e sportive
l) macchine agricole	<ul style="list-style-type: none"> a) SEMOVENTI <ul style="list-style-type: none"> 1) trattrici agricole 2) macchine agricole operatrici a 2 o più assi 3) macchine agricole operatrici ad un asse b) TRAINATE <ul style="list-style-type: none"> 1) macchine agricole operatrici 2) rimorchi agricoli
m) macchine operatrici	<ul style="list-style-type: none"> a) macchine impiegate per la costruzione e la manutenzione di opere civili o delle infrastrutture stradali o per il ripristino del traffico b) macchine sgombraneve, spartineve o ausiliarie quali spanditrici di sabbia e simili c) carrelli
n) veicoli con caratteristiche atipiche	
o) veicoli su rotaia in sede promiscua	

TAB. 3.2.b - COMPONENTI DI TRAFFICO E FUNZIONI AMMESSE



TAB. 3.2.c – CATEGORIE DI TRAFFICO

1. PEDONI	7. AUTOBUS
2. ANIMALI	- autobus
3. VEICOLI A BRACCIA E A TRAZIONE ANIMALE	- autosnodati
- veicoli a braccia	- filoveicoli
- veicoli a trazione animale	8. AUTOCARRI
- slitte	- autocarri
4. VELOCIPEDI	- autocaravan
5. CICLOMOTORI	- trattori stradali
- ciclomotori	9. AUTOTRENI E AUTOARTICOLATI
- motocicli (< 150 cc)	- autotreni
- motocarrozette (< 250 cc)	- autoarticolati
- motoveicoli con massa a vuoto ≤ 400 kg	- caravan
- motoveicoli con massa tot. ≤ 1300 kg	- mezzi d'opera
6. AUTOVETTURE	10. MACCHINE OPERATRICI
- motoveicoli con massa a vuoto > 400 kg	- macchine agricole
- motoveicoli con massa tot. > 1300 kg	- macchine operatrici
- autovetture	11. VEICOLI SU ROTAIA IN SEDE PROMISCUA
- autoveicoli ad uso promiscuo	12. SOSTA DI EMERGENZA
	13. SOSTA
	14. ACCESSO PRIVATO DIRETTO

3.3 ELEMENTI COSTITUTIVI DELLO SPAZIO STRADALE

Ai fini delle presenti norme le denominazioni degli spazi stradali hanno i significati di seguito riportati (figura 3.3.a).

BANCHINA: parte della strada, libera da qualsiasi ostacolo (segnaletica verticale, delineatori di margine, dispositivi di ritenuta), compresa tra il margine della carreggiata e il più vicino tra i seguenti elementi longitudinali: marciapiede, spartitraffico, arginello, ciglio interno della cunetta, ciglio superiore della scarpata nei rilevati.

Si distingue in:

"Banchina in destra", che ha funzione di franco laterale destro. È di norma pavimentata ed è sostituita, in talune tipologie di sezione, dalla corsia di emergenza

"Banchina in sinistra", che è la parte pavimentata del margine interno.

CARREGGIATA: parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli; essa è composta da una o più corsie di marcia; è pavimentata ed è delimitata da strisce di margine (segnaletica orizzontale).

CONFINE STRADALE: limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea.

CORSIA: parte longitudinale della strada, normalmente delimitata da segnaletica orizzontale, di larghezza idonea a permettere il transito di una sola fila di veicoli. Si distingue in:

- a) corsia di marcia: corsia facente parte della carreggiata, destinata alla normale percorrenza o al sorpasso;
- b) corsia riservata: corsia di marcia destinata alla circolazione esclusiva di una o solo di alcune categorie di veicoli;
- c) corsia specializzata: corsia destinata ai veicoli che si accingono ad effettuare determinate manovre, quali svolta, attraversamento, sorpasso, decelerazione, accelerazione, manovra per la sosta o che presentino basse velocità (corsia di arrampicamento) o altro;
- d) corsia di emergenza: corsia, adiacente alla carreggiata, destinata alle soste di emergenza, al transito dei veicoli di soccorso ed, eccezionalmente, al movimento dei pedoni.

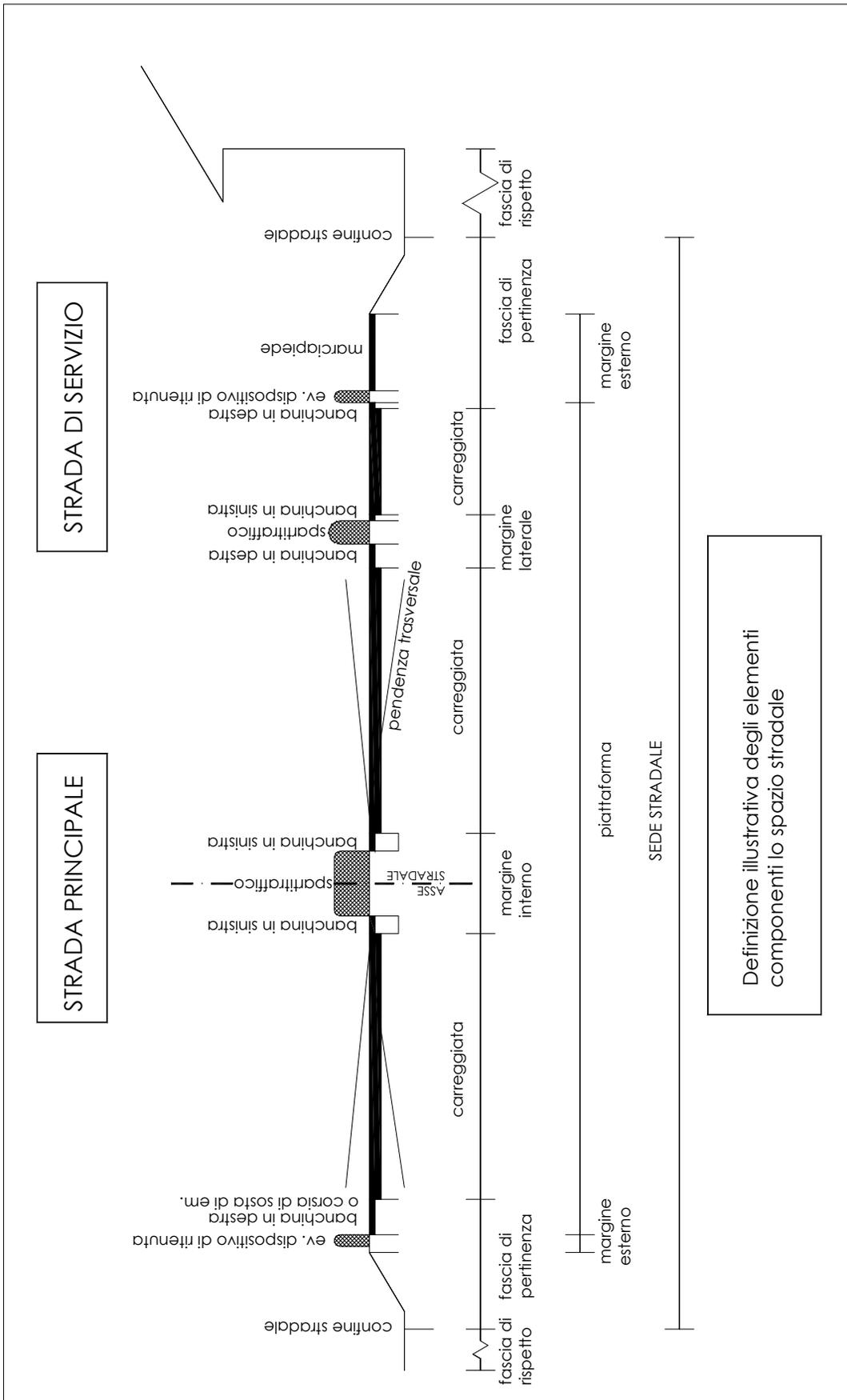


Fig. 3.3.a

DISPOSITIVO DI RITENUTA: elemento tendente ad evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla piattaforma o comunque a ridurne le conseguenze dannose. È contenuto all'interno dello spartitraffico o del margine esterno alla piattaforma.

FASCIA DI PERTINENZA: striscia di terreno compresa tra la carreggiata più esterna e il confine stradale. È parte della proprietà stradale e può essere utilizzata solo per la realizzazione di altre parti della strada.

FASCIA DI RISPETTO: striscia di terreno, esterna al confine stradale, sulla quale esistono vincoli alla realizzazione, da parte del proprietario del terreno, di scavi, costruzioni, recinzioni, piantagioni, depositi e simili. Per la larghezza vedere gli articoli 26, 27 e 28 del DPR 495/92.

FASCIA DI SOSTA LATERALE: parte della strada adiacente alla carreggiata, separata da questa mediante striscia di margine discontinua e comprendente la fila degli stalli di sosta e la relativa corsia di manovra.

MARCIAPIEDE: parte della strada, esterna alla carreggiata, rialzata o altrimenti delimitata e protetta, destinata ai pedoni.

MARGINE INTERNO: parte della piattaforma che separa carreggiate percorse in senso opposto.

MARGINE LATERALE: parte della piattaforma che separa carreggiate percorse nello stesso senso.

MARGINE ESTERNO: parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti sostegni, ecc.).

PARCHEGGIO: area o infrastruttura posta fuori della carreggiata, destinata alla sosta regolamentata o non dei veicoli.

PIATTAFORMA: parte della sede stradale che comprende i seguenti elementi:

- a) una o più carreggiate complanari, di cui la corsia costituisce il modulo fondamentale;
- b) le banchine in destra e in sinistra;
- c) i margini (eventuali) interno e laterale (comprensivi delle banchine);
- d) le corsie riservate, le corsie specializzate, le fasce di sosta laterale e le piazzole di sosta o di fermata dei mezzi pubblici (se esistenti).

Non rientra nella piattaforma il margine esterno.

SEDE STRADALE: superficie compresa entro i confini stradali.

SEDE TRANVIARIA: parte longitudinale della strada, opportunamente delimitata, riservata alla circolazione dei tram e dei veicoli assimilabili.

SPARTITRAFFICO: parte non carrabile del margine interno o laterale, destinata alla separazione fisica di correnti veicolari. Comprende anche lo spazio destinato al funzionamento (deformazione permanente) dei dispositivi di ritenuta.

STRADA DI SERVIZIO: strada affiancata ad una strada principale (tipo A, B e D), avente la funzione di consentire la sosta ed il raggruppamento degli accessi dalle proprietà laterali alla strada principale e viceversa, nonché il movimento e le manovre dei veicoli non ammessi sulla strada principale stessa.

STRADA EXTRAURBANA: strada esterna ai centri abitati.

STRADA URBANA: strada interna ad un centro abitato.

Gli spazi stradali associati alle diverse categorie di traffico, di cui alla tabella 3.2.c, sono individuati nella tabella 3.3.b, relativa alla piattaforma corrente.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI TRAFFICO DELLE SEZIONI

Il progetto della sezione stradale consiste nell'organizzazione della piattaforma e dei suoi margini. Tale organizzazione risulta dalla composizione degli spazi stradali definiti, per ogni categoria di traffico, nel paragrafo 3.3 e concepiti come elementi modulari, anche ripetibili.

Il numero di elementi e la loro geometria sono funzione rispettivamente della domanda di trasporto e del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto.

Per ogni tipo di strada si possono pertanto avere diversi tipi di sezione, in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista.

Le dimensioni della piattaforma stradale, a meno di cambiamenti del numero di corsie, devono essere mantenute invariate lungo tutto il tracciato della strada, sia in sede naturale, sia in sede artificiale (galleria, sottopasso, ponte, viadotto, ecc.).

Le tabelle 3.4.a e 3.4.b riportano, tra l'altro, per ogni tipo di strada e per le eventuali strade di servizio associate, la composizione possibile della carreggiata, i limiti dell'intervallo di velocità di progetto, le dimensioni da assegnare ai singoli elementi modulari, la disciplina delle soste, la regolamentazione del trasporto pubblico, del traffico pedonale e degli accessi.

Si evidenzia infine come le caratteristiche di un tracciato stradale e delle sue intersezioni determinano la capacità di smaltimento dei flussi di traffico, ovvero la qualità della circolazione (livello di servizio – portata di servizio) degli utenti dell'asse. In ragione della necessità di garantire un'offerta infrastrutturale adeguata alle esigenze della domanda e coerente con le condizioni territoriali di riferimento, si evidenzia pertanto la necessità di scegliere le caratteristiche geometriche (ed in particolare la sezione) della strada in costruzione (o in adeguamento) anche a seguito di specifiche analisi di traffico (vedi Allegato 4 - "Analisi di traffico").

A proposito di tutto quanto detto sopra, valgono le seguenti precisazioni.

3.4.1 Numero delle corsie per senso di marcia

Esso dipende dalla quantità e qualità dei movimenti richiesti. Il valore indicato nelle tabelle non tiene conto di eventuali corsie riservate. Soluzioni con più di quattro corsie di marcia per ogni direzione, su unica carreggiata, richiedono l'adozione di specifici accorgimenti non trattati dai presenti criteri.

3.4.2 Larghezza delle corsie

La larghezza delle corsie è intesa come la distanza tra gli assi delle strisce che le delimitano; le dimensioni indicate non riguardano le corsie impegnate dalle categorie di traffico numerate 7, 8, 9, 10 e 11 della tabella 3.2.c, per le quali si fissa una larghezza minima di 3,50 m.

Le corsie riservate ai mezzi pubblici, o ad uso promiscuo con i mezzi privati, sono da ubicare vicino ai marciapiedi; sulle strade a più carreggiate esse vanno collocate sulle carreggiate laterali.

3.4.3 Larghezza del margine interno e del margine laterale

La larghezza del margine è intesa come distanza tra gli assi delle strisce che delimitano due carreggiate, appartenenti alla strada principale (margine interno) o a una strada principale ed a una di servizio (margine laterale).

3.4.4 Larghezza del marciapiede

La larghezza del marciapiede va considerata al netto sia di strisce erbose o di alberature che di dispositivi di ritenuta. Tale larghezza non può essere inferiore a metri 1,50. Sul marciapiede possono, comunque, trovare collocazione alcuni servizi di modesto impegno, quali centralini semaforici, colonnine di chiamata di soccorso, idranti, pali e supporti per l'illuminazione e per la segnaletica verticale, nonché, eventualmente per cartelloni pubblicitari (questi ultimi da ubicare, comunque, parallelamente all'asse stradale). In presenza di occupazioni di suolo pubblico localizzate e impegnative (edicole di giornali, cabine telefoniche, cassonetti ecc.) la larghezza minima del passaggio pedonale dovrà comunque essere non inferiore a metri 2,00.

3.4.5 Regolazione della sosta

Tale voce indica se la sosta è consentita, o meno, sulla piattaforma o in appositi spazi separati connessi opportunamente con la strada principale, con disposizione degli stalli in senso longitudinale o trasversale rispetto alla via.

Gli stalli devono essere delimitati con segnaletica orizzontale; la larghezza della fascia stradale da loro occupata è di 2,00 m. (eccezionalmente 1,80 m.) per la sosta in longitudinale, di 4,80 m. per la sosta inclinata a 45° e di 5,00 m. per quella perpendicolare al bordo della carreggiata. La larghezza del singolo stallo è di 2,00 m. (eccezionalmente di 1,80 m.) per la sosta longitudinale, con una lunghezza occupata di 5,00 m.; è di 2,30 m. per le tipologie di sosta trasversale.

Le eventuali corsie di manovra a servizio delle fasce di sosta devono avere una larghezza, misurata tra gli assi delle strisce che le delimitano, rispettivamente pari a 3,50 m per la sosta longitudinale e 6,00 m per la sosta perpendicolare al bordo della carreggiata, con valori intermedi per la sosta inclinata.

Le dimensioni indicate sono da intendersi come spazi minimi, liberi da qualsiasi ostacolo, occorrenti per la sicurezza delle manovre.

3.4.6 Regolazione dei mezzi pubblici

Vengono indicate le condizioni che regolano la possibilità di fermata dei mezzi pubblici e viene specificato in quali casi sia necessaria la presenza di una corsia riservata.

La fermata va comunque organizzata all'esterno della carreggiata.

3.5. ESEMPI DI ORGANIZZAZIONE DELLA PIATTAFORMA STRADALE

Per esplicitare il significato delle indicazioni contenute nel paragrafo precedente e nelle tabelle 3.4.a e 3.4.b, vengono rappresentati nelle figure 3.5.a - 3.5.m una serie di esempi di piattaforma stradale risultanti dalla composizione di alcuni degli elementi modulari già definiti. Gli elementi marginali e di arredo verranno definiti successivamente nel Cap. 4.

Le piattaforme rappresentate, sono quelle ritenute di più frequente applicazione, ma non le uniche che derivino dalle possibili combinazioni degli elementi modulari.

Per ogni tipo di strada viene proposta come soluzione base la configurazione minima prevista dal Codice della Strada; i successivi casi presentati riguardano piattaforme nelle quali sono stati aggiunti alcuni elementi modulari integrativi, la cui presenza o meno dovrà essere definita dal progettista in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista.

Tabella 3.4.a – Composizione della carreggiata

1. Tipologie stradali da D.Lgs. 285/92	2. Ambito territoriale	3. Limite di velocità* (km/h)	4. Numero delle corsie per senso di marcia	5. Intervallo della velocità di progetto (km/h)	6. Larghezza della corsia di marcia (m)	7. Larghezza minima dello spartitraffico (m)	8. Larghezza minima della banchina in sinistra (m)	9. Larghezza minima della banchina in destra (m)	10. Larghezza della corsia di emergenza (m)	11. Larghezza minima del margine interno (m)	12. Larghezza minima del margine laterale (m)	13. Larghezza minima del marciapiede (m)
A	extraurb.	strada principale A1 130	2 o più	90-140	3,75	2,60	0,70	2,50*****	3,00	4,00 (a)	6,10 (c)	-
		strada principale A2 110	2 o più	70-120	3,75	2,50	0,50	2,50*****	3,00	3,50 (a)	6,00 (c)	-
		eventuale strada di servizio 90	1 o più	40-100	3,50**	-	0,50	1,25	-	-	-	-
	urbano	strada principale A1 130	2 o più	80-140	3,75	1,80	0,70	2,50*****	3,00	3,20 (a)	5,30 (c)	-
		strada principale A2 110	2 o più	70-120	3,75	1,80	0,50	2,50*****	3,00	2,80 (a)	5,30 (c)	-
		eventuale strada di servizio 50	1 o più	40-60	3,00* **	-	0,50	0,50	-	-	-	1,50
B	extraurb.	strada principale 110	2 o più	70-120	3,75	2,50***	0,50	1,75	-	3,50 (a)	4,25 (c)	-
		eventuale strada di servizio 90	1 o più	40-100	3,50**	2,00****	0,50	1,25	-	-	-	-
C	extraurb.	strada principale C1 90	1	60-100	3,75	-	-	1,50	-	-	-	-
		strada principale C2 90	1	60-100	3,50	-	-	1,25	-	-	-	-
D	urbano	strada principale 70	2 o più	50-80	3,25*	1,80	0,50	1,00	-	2,80 (a)	3,30 (c)	1,50
		eventuale strada di servizio 50	1 o più	25-60	2,75* **	-	0,50	0,50	-	-	-	1,50
E	urbano	strada principale 50	1 o più	40-60	3,00* **	-	-	0,50	-	0,50 (b)	-	1,50
F	extraurb.	strada principale F1 90	1	40-100	3,50	-	-	1,00	-	-	-	-
		strada principale F2 90	1	40-100	3,25	-	-	1,00	-	-	-	-
	urbano	strada principale 50	1 o più	25-60	2,75* **	-	-	0,50	-	-	-	1,50

C1-F1: strada extraurbana a traffico sostenuto

C2-F2: strada extraurbana a traffico limitato

* 3,50 m per una corsia per senso di marcia, se strada percorsa da autobus

** nel caso di una strada a senso unico con una sola corsia, la larghezza complessiva della corsia più le banchine deve essere non inferiore a 5,50 m, incrementando la corsia sino ad un massimo di 3,75 m e riportando la differenza sulla banchina in destra

*** per spartitraffico che ricade nel margine interno

**** per spartitraffico che ricade nel margine laterale

***** in assenza di corsia di emergenza

(a) colonne 7+(8x2) (b) segnaletica orizzontale (c) colonne 7+8 della strada di servizio+9 o 10 (d) carreggiate separate (e) carreggiata unica/carreggiate separate (f) carreggiata unica, una sola corsia (g) il livello di servizio dipende dagli elementi geometrici e dalla regolazione della circolazione (caratteristiche dei cicli semaforici, presenza di accessi, etc.) (h) nell'ipotesi di flusso 100% in una direzione e percentuale di visibilità per il sorpasso dello 0%

(i) nell'ipotesi di flussi bilanciati nei due sensi e percentuale di visibilità per il sorpasso del 100%

Tabella 3.4.b – Regolamentazioni della sosta, del trasporto pubblico, del traffico pedonale e degli accessi

Tipologie stradali da D.Lgs. 285/92	Ambito territoriale	Limite di velocità' (km/h)	Regolazione della sosta	Regolazione dei mezzi pubblici	Regolazione del traffico pedonale	Accessi	
A	extraurbano	strada principale A1 130	Ammessa in spazi separati con immissioni ed uscite concentrate	Esclusa la fermata	Escluso	Esclusi	
		strada principale A2 110					
		eventuale strada di servizio 90	Ammessa in appositi spazi (fascia di sosta)	Fermate organizzate in apposite aree al fianco delle carreggiate	In banchina	Ammessi	
	urbano	strada principale A1 130	Ammessa in spazi separati con immissioni ed uscite concentrate	Esclusa la fermata	Escluso	Escluso	Esclusi
		strada principale A2 110					
		eventuale strada di servizio 50	Ammessa in appositi spazi (fascia di rispetto)	Piazzole di fermata o eventuale corsia riservata	Su marciapiedi protetti	Ammessi	
B	extraurbano	strada principale 110	Ammessa in spazi separati con immissioni ed uscite concentrate o in piazzole di sosta	Ammessa in spazi separati con immissioni ed uscite apposite	Escluso	Esclusi	
		eventuale strada di servizio 90	Ammessa in appositi spazi (fascia di sosta)	Fermate organizzate in apposite aree al fianco delle carreggiate	In banchina	Ammessi	
C	extraurbano	strada principale C1 90	Ammessa in piazzole di sosta	Fermate organizzate in apposite aree al fianco delle carreggiate	In banchina	Ammessi	
		strada principale C2 90	Ammessa in piazzole di sosta	Fermate organizzate in apposite aree al fianco delle carreggiate	In banchina	Ammessi	
D	urbano	strada principale 70	Ammessa in spazi separati con immissioni ed uscite concentrate	Corsia riservata e/o fermate organizzate	Su marciapiedi protetti	Esclusi	
		eventuale strada di servizio 50	Ammessa in appositi spazi (fascia di sosta)	Piazzole di fermata	Su marciapiedi	Ammessi	
E	urbano	strada principale 50	Ammessa in appositi spazi (fascia di sosta)	Piazzole di fermata o eventuale corsia riservata	Su marciapiedi	Ammessi	
F	extraurbano	strada principale F1 90	Ammessa in piazzole di sosta	Fermate organizzate in apposite aree al fianco delle carreggiate	In banchina	Ammessi	
		strada principale F2 90	Ammessa in piazzole di sosta	Fermate organizzate in apposite aree al fianco delle carreggiate	In banchina	Ammessi	
	urbano	strada principale 50	Ammessa in appositi spazi (fascia di sosta)	Piazzole di fermata	Su marciapiedi	Ammessi	

CATEGORIA A

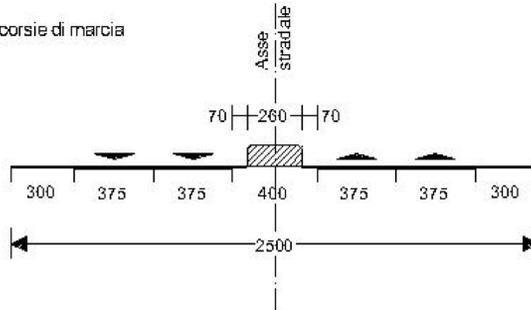
AUTOSTRADE

A1 - AMBITO EXTRAURBANO

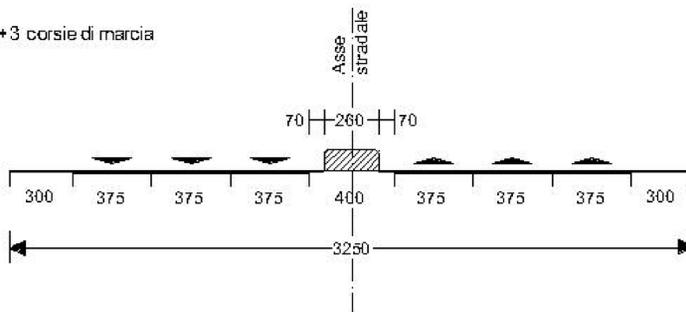
Principale	Servizio
Vp min. 90	Vp min. 40
Vp max. 140	Vp max. 100

Nota: la Vp può essere aumentata in coerenza con l'entrata in vigore di nuovi limiti di velocità. In questo caso si dovrà sempre prevedere una Vp maggiore di 10 km/h rispetto al limite di velocità previsto dalla nuova normativa.

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

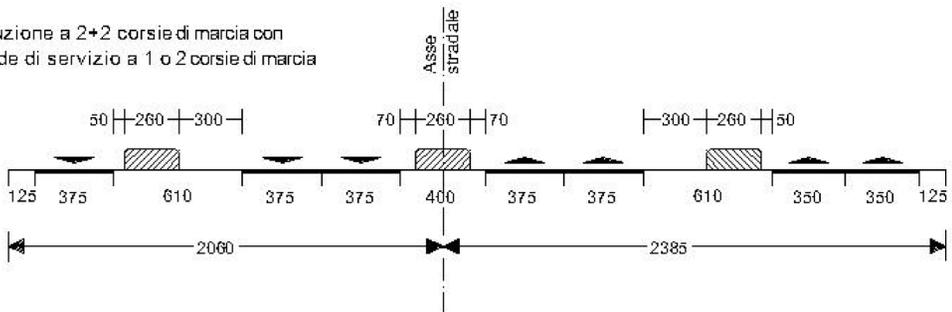


Fig. 3.5.a

CATEGORIA A

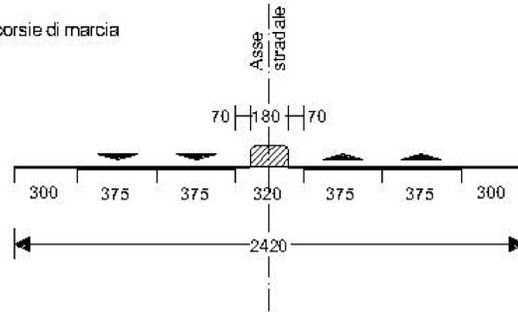
AUTOSTRADE

A1 - AMBITO URBANO

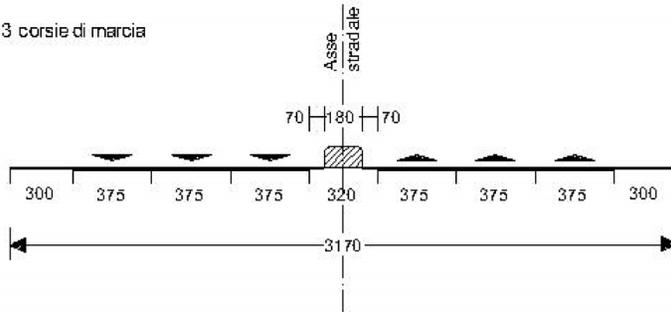
Principale	Servizio
Vp min. 80	Vp min. 40
Vp max. 140	Vp max. 60

Nota: la Vp può essere aumentata in coerenza con l'entrata in vigore di nuovi limiti di velocità. In questo caso si dovrà sempre prevedere una Vp maggiore di 10 km/h rispetto al limite di velocità previsto dalla nuova normativa.

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia di cui 1 percorsa da autobus

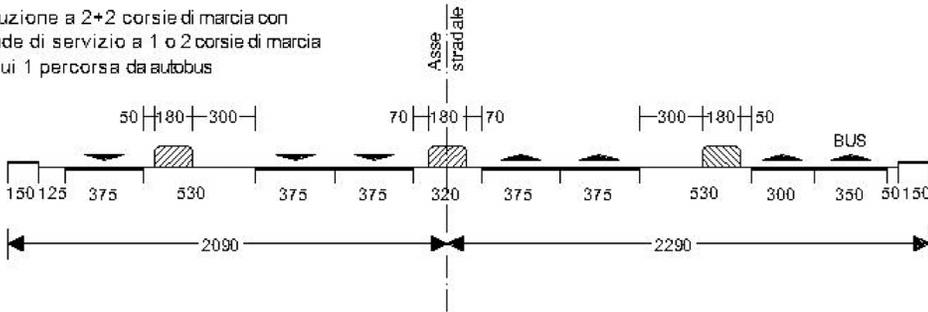


Fig. 3.5.b

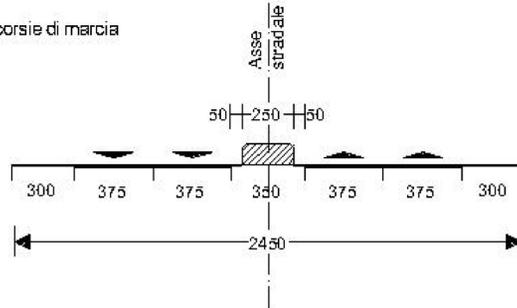
CATEGORIA A

AUTOSTRADE

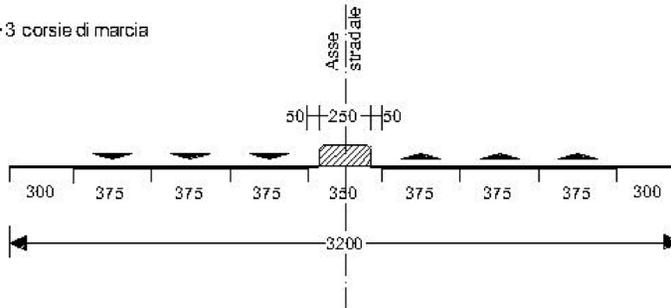
A2 - AMBITO EXTRAURBANO

Principale	Servizio
Vp min. 70	Vp min. 40
Vp max. 120	Vp max. 100

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione base a 2+2 corsie di marcia con strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

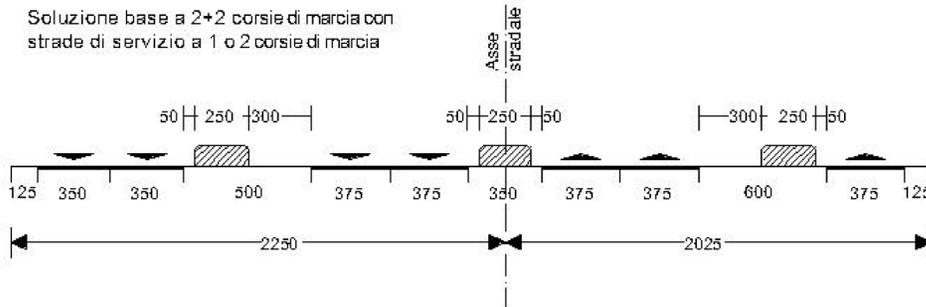


Fig. 3.5.c

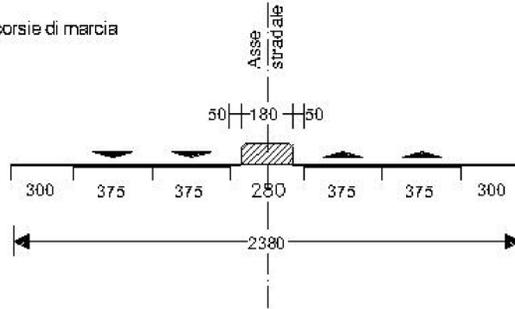
CATEGORIA A

AUTOSTRADE

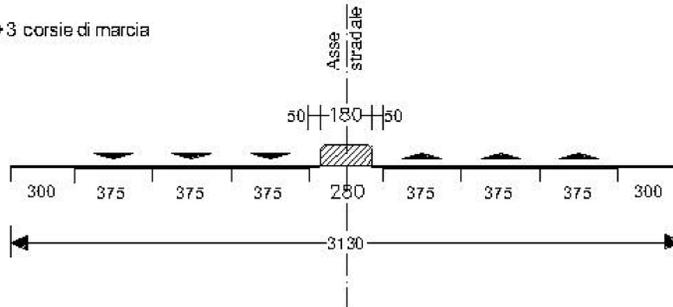
A2 - AMBITO URBANO

Principale	Servizio
Vp min. 70	Vp min. 40
Vp max. 120	Vp max. 100

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione base a 2+2 corsie di marcia con strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

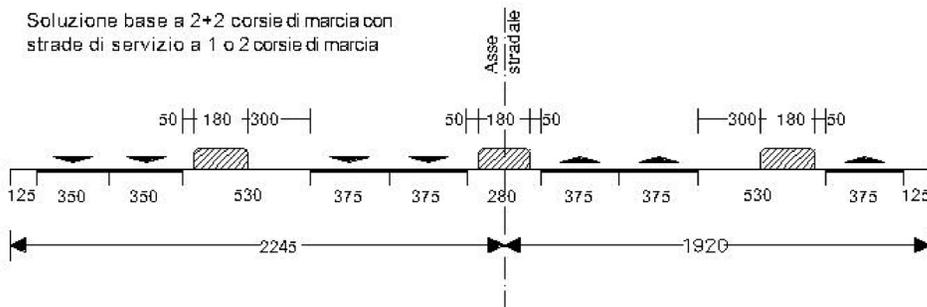


Fig. 3.5.d

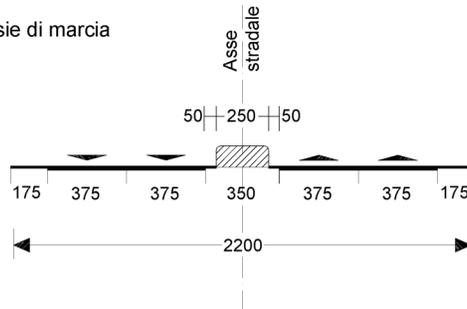
CATEGORIA B

EXTRAURBANE PRINCIPALI

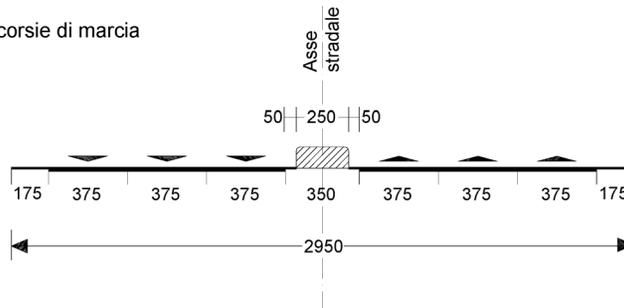
B

Principale	Servizio
Vp min. 70	Vp min. 40
Vp max. 120	Vp max. 100

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione base a 2+2 corsie di marcia con strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

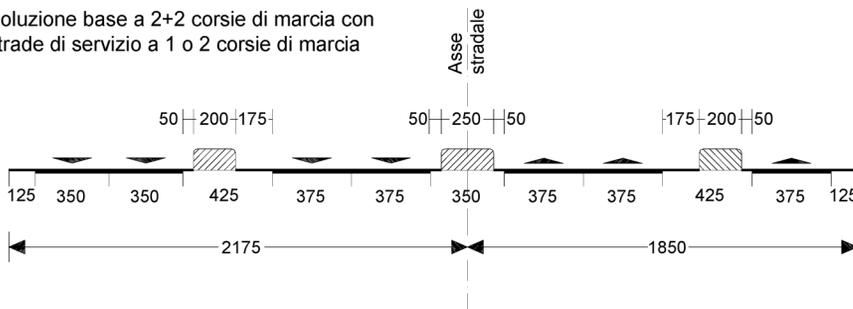


Fig. 3.5.e

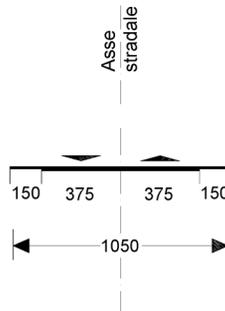
CATEGORIA C

EXTRAURBANE SECONDARIE

C1

Principale
Vp min. 60
Vp max. 100

Soluzione base a 2 corsie di marcia



C2

Principale
Vp min. 60
Vp max. 100

Soluzione base a 2 corsie di marcia

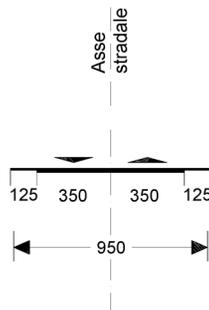


Fig. 3.5.f

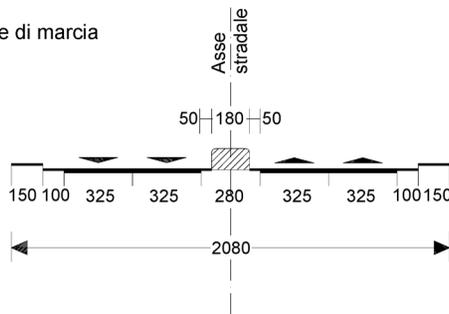
CATEGORIA D

URBANE DI SCORRIMENTO

D

Principale	Servizio
Vp min. 50	Vp min. 25
Vp max. 80	Vp max. 60

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia

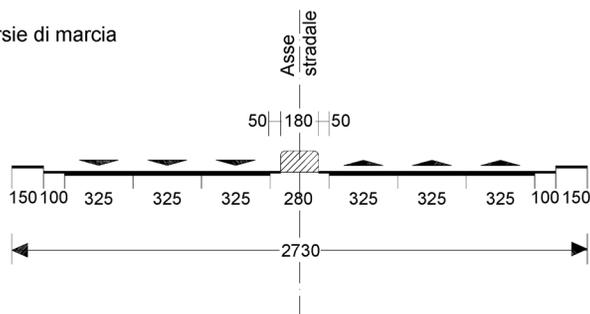


Fig. 3.5.g

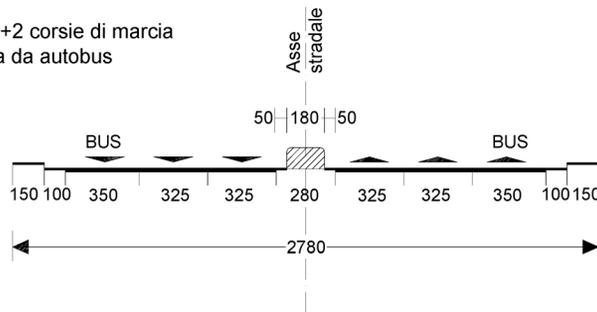
CATEGORIA D

URBANE DI SCORRIMENTO

D

Principale	Servizio
Vp min. 50	Vp min. 25
Vp max. 80	Vp max. 60

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia con corsia percorsa da autobus



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con strade di servizio ad 1 o 2 corsie di marcia di cui 1 percorsa da autobus

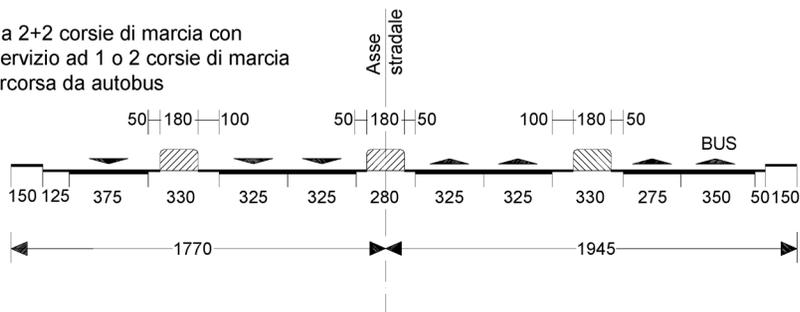


Fig. 3.5.h

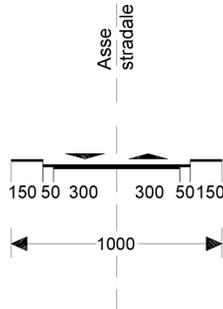
CATEGORIA E

URBANE DI QUARTIERE

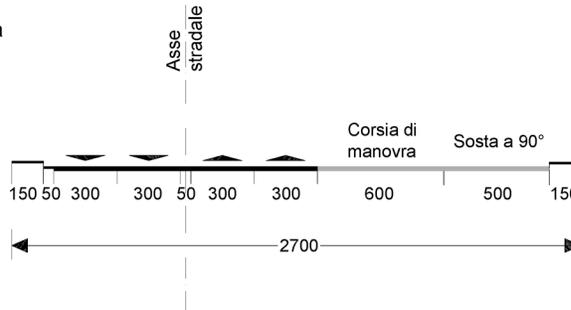
E

Principale
Vp min. 40
Vp max. 60

Soluzione base a 1+1 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con fascia di sosta laterale



Soluzione a 2+2 corsie di marcia di cui 1+1 percorsa da autobus

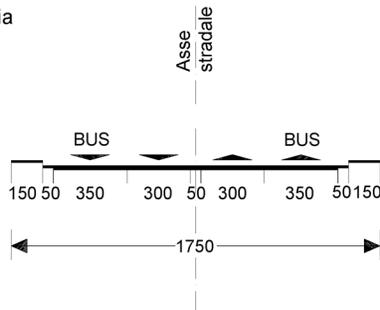


Fig. 3.5.i

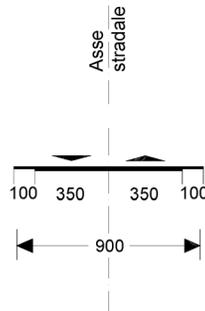
CATEGORIA F

LOCALI

AMBITO EXTRAURBANO - F1

Principale
Vp min. 40
Vp max. 100

Soluzione base a 2 corsie di marcia



AMBITO EXTRAURBANO - F2

Principale
Vp min. 40
Vp max. 100

Soluzione base a 2 corsie di marcia

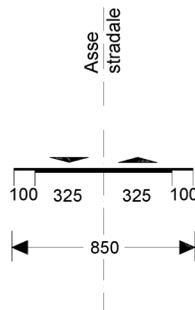


Fig. 3.5.1

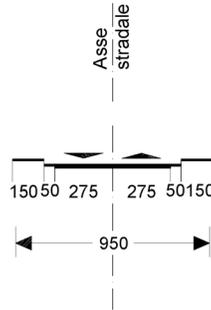
CATEGORIA F

LOCALI

AMBITO URBANO - F1

Principale
Vp min. 25
Vp max. 60

Soluzione base a 2 corsie di marcia



AMBITO EXTRAURBANO - F2

Principale
Vp min. 25
Vp max. 60

Soluzione a 2 corsie di marcia con due file di stalli

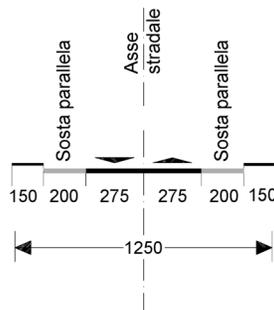


Fig. 3.5.m

4. ORGANIZZAZIONE DELLA SEDE STRADALE

4.1 SEZIONE STRADALE IN SEDE ARTIFICIALE

4.1.1 Opere di scavalco e sottopassi

Sulle opere di scavalco (ponti, viadotti, sovrappassi) devono essere mantenute invariate le dimensioni degli elementi componenti la piattaforma stradale, relative al tipo di strada di cui fanno parte dette opere. A margine della piattaforma delle strade extraurbane e delle autostrade urbane devono essere predisposti dispositivi di ritenuta (vedi par. 4.3.7) e/o parapetti di altezza non inferiore a m. 1,00 (Fig. 4.1.1.a), (vedi D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali", par. 3.11). Inoltre deve essere valutata l'opportunità di predisporre una adeguata protezione del traffico sottostante, sia esso stradale o ferroviario, con l'adozione di reti di conveniente altezza.

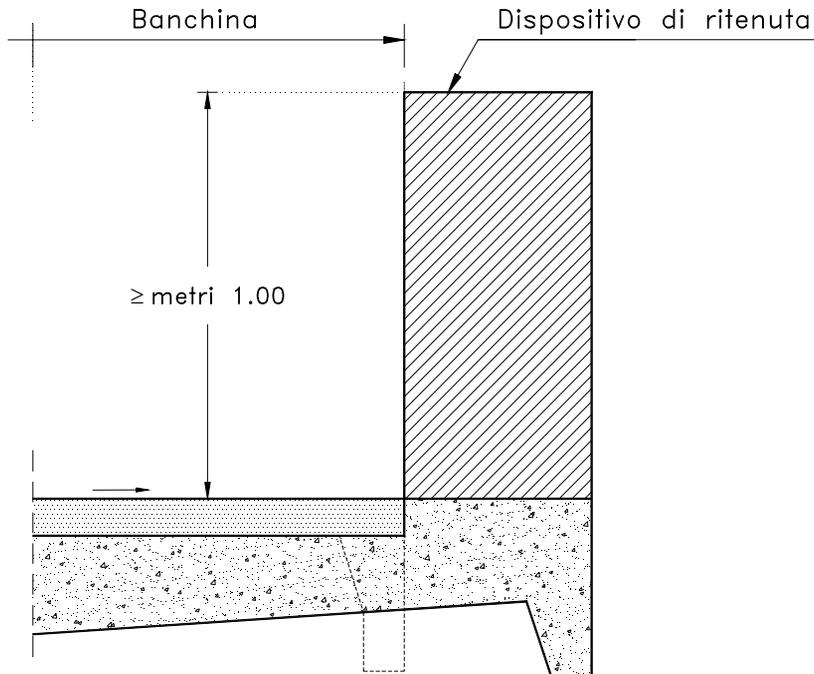


Fig. 4.1.1.a

Qualora si tratti di strade urbane di tipo D, occorre introdurre sul lato destro di ciascuna carreggiata e al di là della banchina un marciapiede, di larghezza adeguata ma non minore di metri 1,50, delimitato verso la banchina da un ciglio sagomato e protetto da dispositivo di ritenuta invalicabile (Fig. 4.1.1.b). Il ciglio in figura può essere eliminato qualora si adottino barriere continue in calcestruzzo.

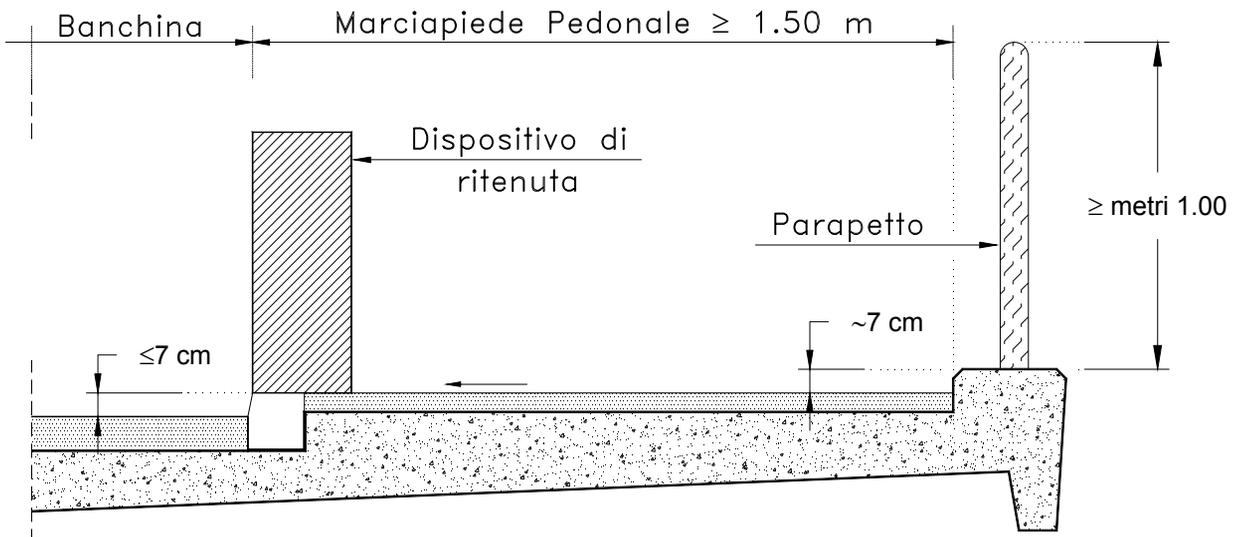


Fig. 4.1.1.b

Nelle strade tipo E ed F in ambito urbano e nelle strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento, il marciapiede sarà delimitato verso la banchina da un ciglio non sormontabile sagomato (cordolo se marciapiede a raso), di altezza non superiore a 15 cm e con parapetto o barriera parapetto al limite esterno (Fig. 4.1.1.c).

Nel caso di carreggiate separate o indipendenti, il marciapiede deve essere disposto solo sul lato destro.

Soluzioni analoghe a quelle sopra descritte devono essere adottate in caso di corpi stradali in rilevato, delimitati da opere di sostegno a tutta altezza.

Nella progettazione di un'opera di sovra/sottopasso, la piattaforma della strada sottostante deve mantenere immutate le proprie dimensioni e composizione. Le strutture di sostegno dell'opera di scavalcamento dovranno essere previste al di fuori della piattaforma e comunque a distanza non inferiore a quella compatibile con il corretto funzionamento dei dispositivi di ritenuta (Fig. 4.1.1.d).

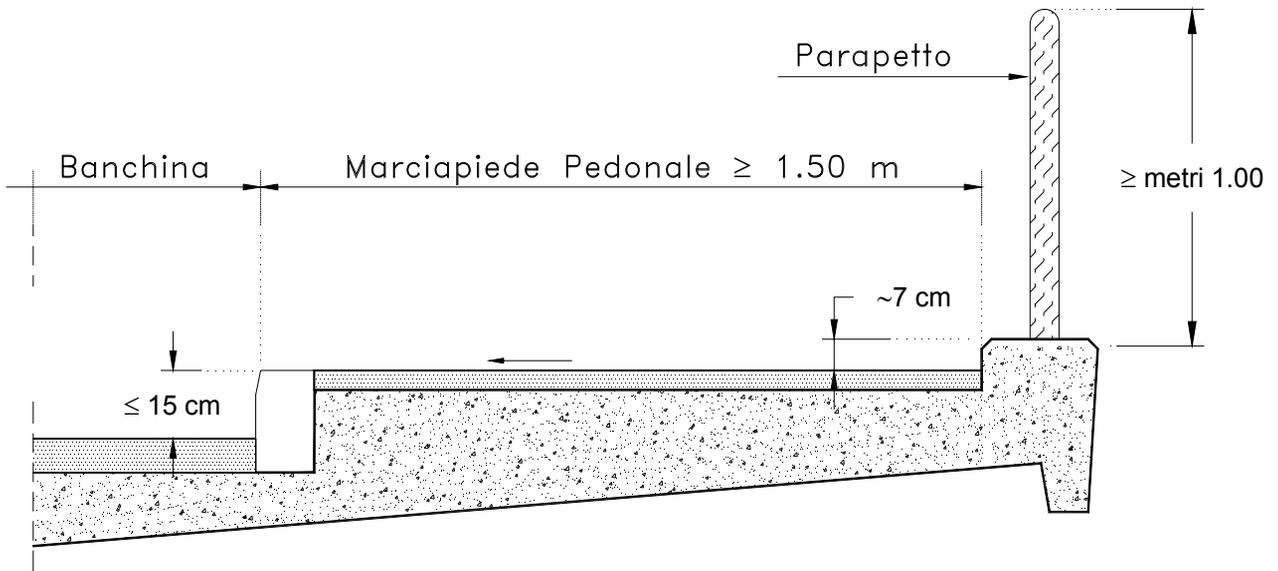


Fig. 4.1.1.c

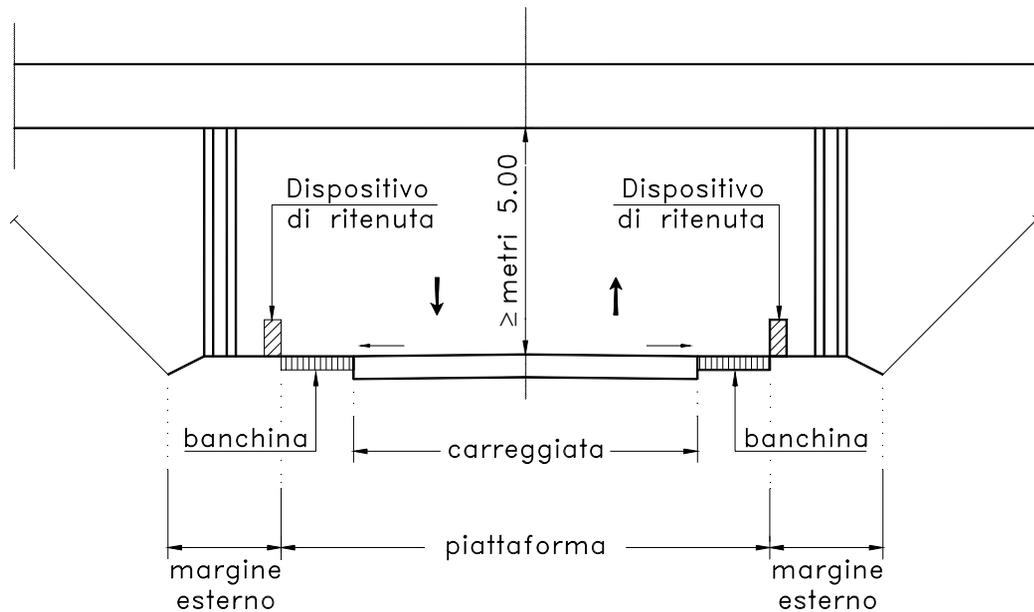


Fig. 4.1.1.d

Se la strada sottostante è di tipo D, E e F in ambito urbano, oppure è una delle strade di servizio già citate, occorrerà prevedere un marciapiede in analogia con le tipologie delle figure 4.1.1.b e 4.1.1.c.

Per tutti i tipi di strada, qualora l'opera in sottopasso abbia una lunghezza superiore ai metri 20, la piattaforma e gli elementi marginali saranno previsti in analogia al caso delle gallerie (Cap. 4.1.2).

Solo allorché la strada sottostante sia a carreggiate separate ed abbia un margine interno compatibile con il funzionamento dei dispositivi di ritenuta, può prevedersi un sostegno centrale dell'opera di scavalcamento (Fig. 4.1.1.e).

In tutti i casi per le strutture di sostegno deve essere verificato quanto disposto dal D.M. 4 maggio 1990, già citato, e dal D.M. 18 febbraio 1992 n. 223 e succ. int. e mod.

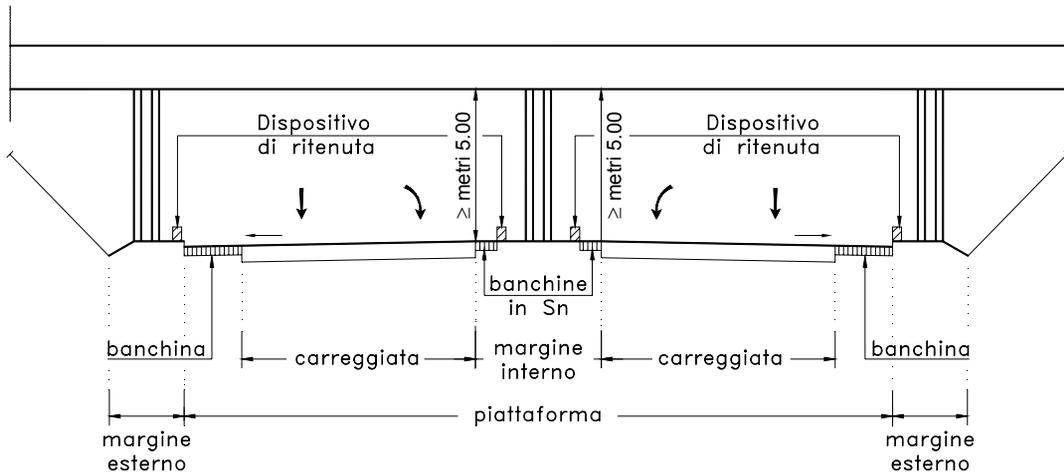


Fig. 4.1.1.e

Le strutture orizzontali devono dar luogo ad una altezza libera, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della carreggiata stradale sottostante, non inferiore a 5,00 metri. Nei casi previsti al par. 2.2 del D.M. 4 maggio 1990 si potrà derogare dalla misura suddetta, adottando contemporaneamente opportuni dispositivi segnaletici di sicurezza (ad es. controsagome), posti a conveniente distanza dall'opera.

4.1.2 Gallerie

Per le strade a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico (tipo A, B e D) devono prevedersi gallerie a doppio foro.

Per il tipo A le carreggiate e le banchine in sinistra nonché le corsie di emergenza o banchine in destra, saranno mantenute di dimensioni invariate rispetto all'esterno.

Sul lato destro la corsia di emergenza sarà delimitata da un profilo ridirettivo addossato al piedritto. Analogo provvedimento deve venir adottato a margine della banchina in sinistra. (Fig. 4.1.2.a).

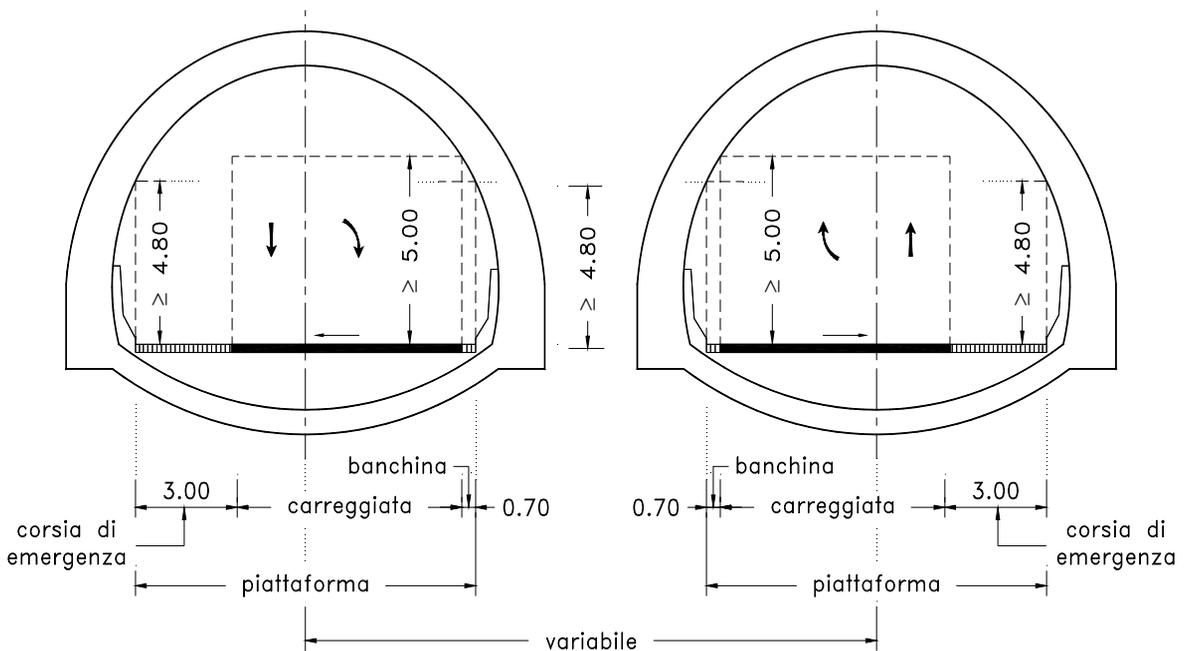


Fig. 4.1.2.a

Per il tipo B le carreggiate, le banchine in destra ed in sinistra conservano le dimensioni dell'esterno. Gli elementi di margine si modificano come nella Fig. 4.1.2.b.

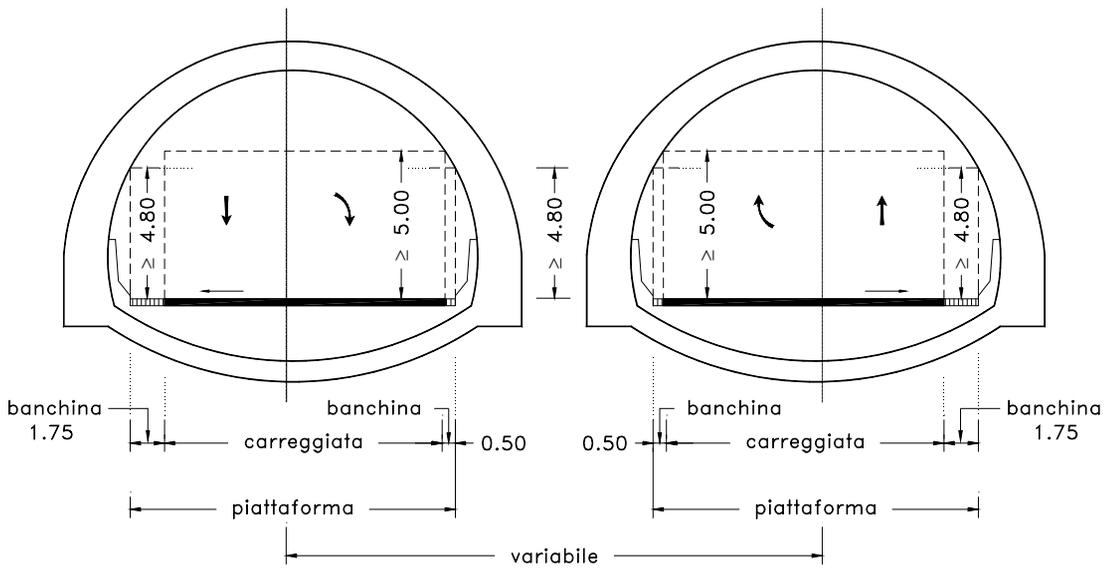


Fig. 4.1.2.b

Per il tipo D dovrà essere previsto su ciascuna delle due carreggiate ed affiancato alla banchina in destra un marciapiede, di larghezza adeguata ma non minore di metri 1,50, protetto da dispositivo di ritenuta invalicabile (Fig. 4.1.2.c).

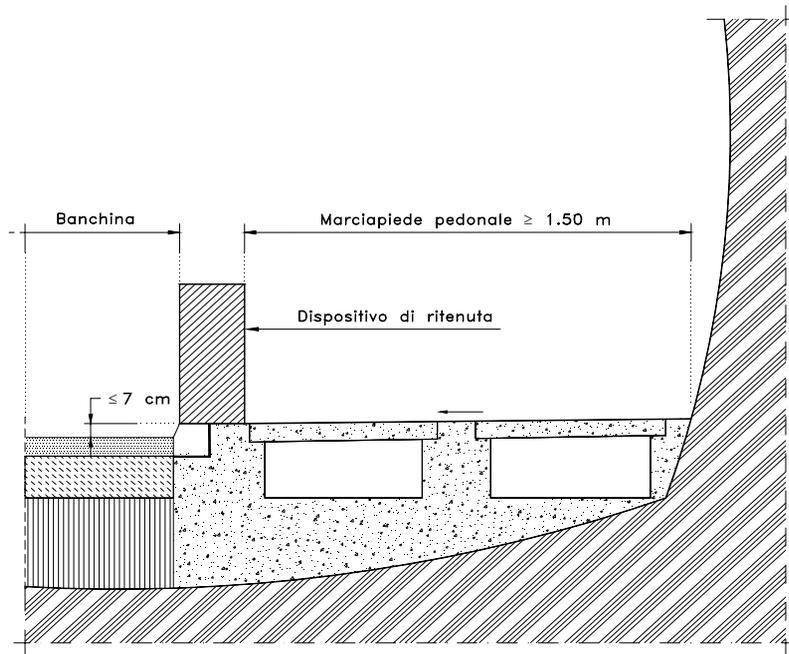


Fig. 4.1.2.c

Il ciglio in figura può essere eliminato qualora si adottino barriere continue in calcestruzzo. La banchina ed il margine in sinistra si realizzano come per il tipo B.

Per le strade a carreggiata unica bidirezionale in ambito extraurbano (tipo C e F in ambito extraurbano) l'organizzazione della piattaforma è riportata in Fig. 4.1.2.d.

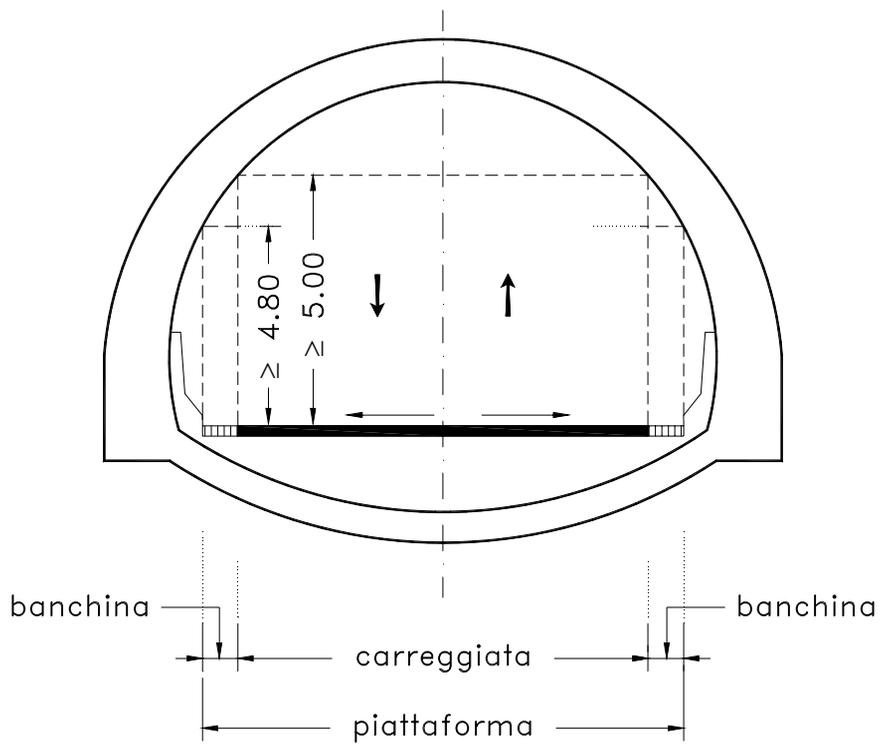


Fig. 4.1.2.d

Per le strade di tipo E e F in ambito urbano e nelle strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade urbane di scorrimento, dovranno essere previsti, affiancati alle banchine (che conservano la dimensione di cui all'esterno), marciapiedi rialzati di larghezza adeguata ma non minore di metri 1,50, delimitati verso le banchine da un ciglio sagomato (cordolo se marciapiede a raso), di altezza non superiore a 15 cm, senza dispositivi di ritenuta invalicabili (Fig. 4.1.2.e)

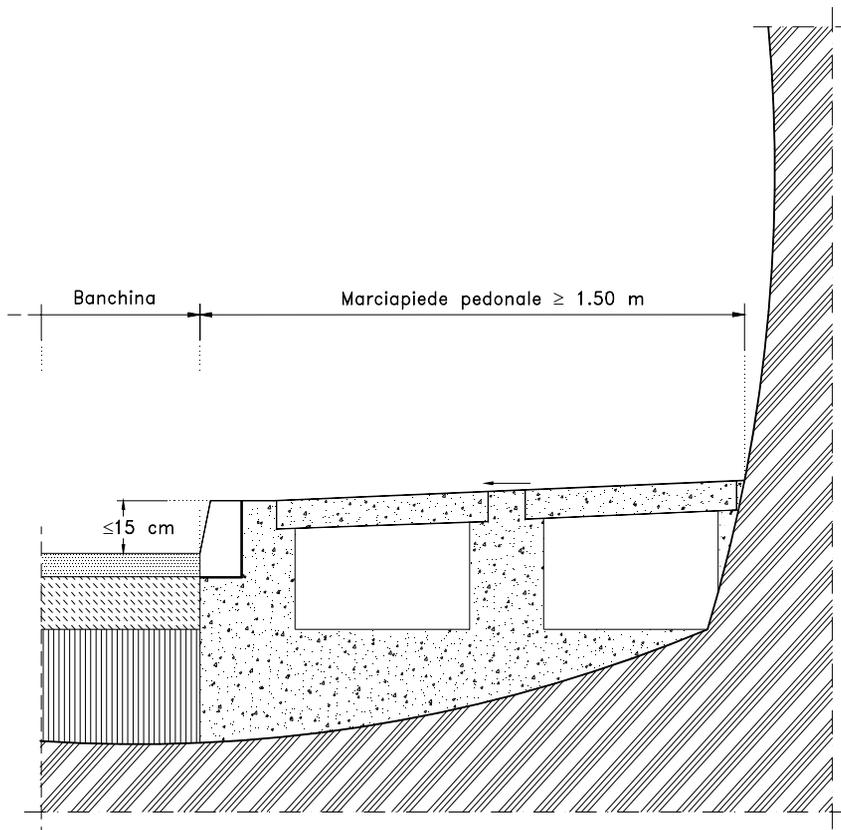


Fig.4.1.2.e

In tutti i casi l'altezza libera nella galleria, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della piattaforma, non deve essere inferiore a metri 4.80. Nel caso di controsoffitto o di intradosso piano (galleria in artificiale) o di presenza di apparecchi sospesi, il franco libero in corrispondenza alla carreggiata non deve essere inferiore a metri 5,00. Ciò, salvo il caso di strade a traffico selezionato con altezza di sagoma limite ridotta.

Gli schemi di sezione illustrati nelle figure individuano lo spazio minimo necessario in corrispondenza della piattaforma; il progettista dovrà adeguare la sagoma in relazione alle esigenze connesse alla dislocazione di elementi marginali necessari (segnaletica stradale, marciapiedi di servizio protetti, canalizzazioni, ecc.).

Le dimensioni delle banchine laterali in destra ed in sinistra, richiamate nel presente paragrafo per i diversi tipi di strada, si intendono come valori minimi, eventualmente da incrementare qualora le considerazioni circa la visibilità di cui al capitolo 5 ne dimostrino la necessità. Le superfici aggiuntive rispetto i valori minimi devono essere trattate per scoraggiarne l'utilizzo da parte degli utenti.

Nelle gallerie più lunghe di 1000 m per le quali non è prevista la presenza di una corsia di emergenza continua devono essere posizionate piazzole di dimensioni minime 45 x 3 m con interdistanza di 600 m per ogni senso di marcia; nel caso di galleria a doppio senso di marcia le piazzole sui due lati devono essere sfalsate.

Per gallerie a doppio fornice devono essere previsti collegamenti pedonali ogni 300 m e collegamenti per il passaggio di veicoli di soccorso o di servizio ogni 900 m.

Sono rinviati ad apposita normativa specifica tutti gli apprestamenti ulteriori di sicurezza attiva e passiva (illuminazione, ventilazione, sorveglianza, impianto antincendio, uscite di emergenza, cave di servizio, ecc.).

4.2 CORSIE SUPPLEMENTARI PER VEICOLI LENTI

Sulle livellette di forte pendenza, soprattutto per quelle di notevole lunghezza, dovrà valutarsi l'opportunità di allargare la sezione trasversale della strada, realizzando una corsia supplementare destinata ai veicoli lenti.

L'introduzione di questa corsia dovrà, in ogni caso, essere giustificata in base ad uno studio che tenga conto:

- del rallentamento subito dai veicoli pesanti sulle rampe, da considerarsi intollerabile se la velocità di detti veicoli si riduce a meno del 50% di quella delle autovetture sulle stesse rampe. Per la valutazione delle suddette velocità, vanno seguiti i criteri esposti al punto 5.4 (diagramma delle velocità), con l'avvertenza che, in relazione alle analisi di cui al presente paragrafo, per quanto riguarda le autovetture le velocità si riducono convenzionalmente sulle pendenze uguali o superiori al 6% secondo i valori percentuali indicati nella tabella seguente,

i (%)	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10
valore percentuale (%)	95	85	80	75	70

mentre per quanto riguarda i veicoli pesanti le velocità sulle rampe vanno determinate in base ai diagrammi di prestazione (secondo le indicazioni contenute nel manuale H.C.M.);

- del decadimento della qualità della circolazione e delle condizioni di sicurezza in rapporto alla percentuale di veicoli pesanti ed al volume di traffico previsto (vedi le indicazioni contenute nel manuale H.C.M.).

La corsia supplementare per i veicoli lenti deve avere una larghezza pari a 3,50 m ed essere fiancheggiata da una banchina pavimentata di larghezza minima pari a 1,25 m, nonché dagli elementi marginali e di arredo previsti per l'organizzazione della sede stradale nella sezione corrente. Tale banchina non può in alcun caso sostituire la corsia di emergenza, qualora prevista dal tipo di strada considerata.

Lo sviluppo della corsia supplementare è articolato in tre tratti:

1. il tronco di manovra per il cambiamento di corsia, di lunghezza non inferiore a 40 m, tale da consentire ai veicoli lenti l'uscita dalla corsia di marcia normale (Fig. 4.2.a);
2. la corsia supplementare propriamente detta, la cui lunghezza, determinata in relazione alle esigenze anzidette, va definita in modo tale da consentire al veicolo pesante di raggiungere già prima del raccordo di rientro non meno del 60% della velocità delle autovetture sulla stessa rampa (Fig. 4.2.a);

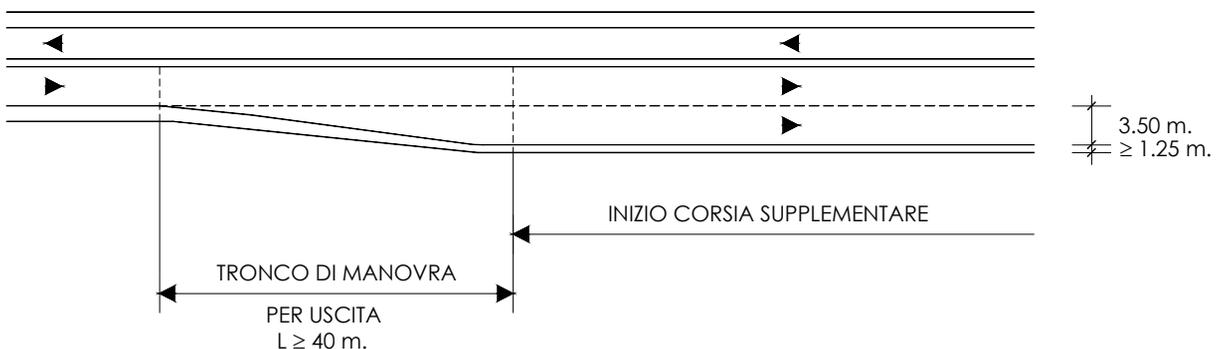


Fig. 4.2.a

3. il tronco di raccordo per il rientro dei veicoli lenti nella corsia di marcia normale, di lunghezza non inferiore a 80 m (Fig. 4.2.b).

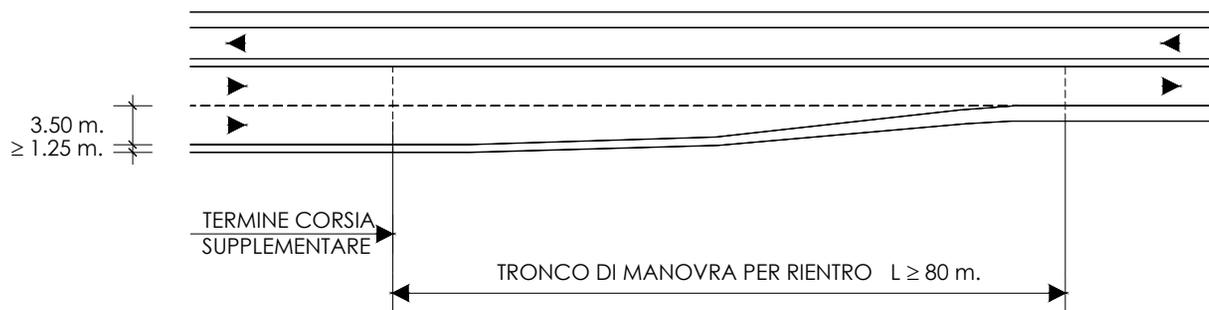


Fig. 4.2.b

Infine, fra le corsie supplementari disposte nello stesso senso di marcia dovrà aversi un distanziamento non inferiore a 600 m; laddove il tronco intermedio dovesse risultare di lunghezza inferiore, dovrà essere realizzata un'unica corsia supplementare continua.

4.3 ELEMENTI MARGINALI E DI ARREDO DELLA SEDE STRADALE

4.3.1 Margine interno

È la parte della piattaforma che separa corsie percorse in senso opposto.

Nel caso di strade con carreggiate separate distanziate non più di 12 m, all'interno del margine devono essere collocati dispositivi di ritenuta invalicabili.

Le banchine in sinistra, oltre il limite interno della carreggiata, devono essere pavimentate, avere la medesima pendenza della carreggiata stessa e le larghezze indicate nella tabella 3.4.a del capitolo 3.

La zona compresa fra le due banchine suddette (spartitraffico) deve essere mantenuta a verde nel caso di margine di larghezza $\geq 4,00$ m; potrà essere mantenuta a verde pure nel caso di margini di larghezza inferiore.

Lo spartitraffico (parte non carrabile del margine) deve essere interrotto, in linea di massima ogni due chilometri, da una zona pavimentata atta a consentire lo scambio di carreggiata (varco).

Analoghi varchi nello spartitraffico devono essere previsti in prossimità degli imbocchi delle gallerie, delle testate di viadotti e ponti di notevole lunghezza.

In corrispondenza dei varchi non deve interrompersi la continuità dei dispositivi di ritenuta, da realizzarsi anche di classe inferiore rispetto a quella corrente (vedi D.M. n. 223 del 18 febbraio 1992 e succ. int. e mod.), in modo tale da essere facilmente rimossi in caso di necessità.

Al fine di assicurare lo smaltimento delle acque lo spartitraffico nei tratti in curva deve assumere un'opportuna conformazione ed essere dotato di appositi apprestamenti.

Nella sistemazione sullo spartitraffico delle siepi anabbaglianti e dei dispositivi di ritenuta, occorre verificare che essi, nelle curve sinistrorse, non costituiscano ostacolo alla visibilità lungo la corsia più interna.

4.3.2 Margine laterale

È la parte della piattaforma che separa la carreggiata principale da quella di servizio. Ha le caratteristiche di cui al paragrafo 4.3.1.

4.3.3 Margine esterno

È la parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti, sostegni, ecc.).

4.3.4 Cigli e cunette

Le banchine devono essere raccordate con gli elementi marginali contigui dello spazio stradale (scarpate, cunette, marciapiedi ecc.) mediante elementi di raccordo che possono essere costituiti, a seconda delle situazioni, da arginelli, o fasce di raccordo (cigli), destinati ad accogliere eventuali dispositivi di ritenuta o elementi di arredo. In taluni casi detti elementi di raccordo possono anche mancare. Le dimensioni di tali elementi sono precisate nelle Figg. 4.3.4.a/b/c ed in tabella 4.3.4.d.

L'arginello dovrà avere un'altezza rispetto alla banchina di $5 \div 10$ cm; sarà raccordato alla scarpata mediante un arco con tangenti di lunghezza non inferiore a 0,50 m.

Nella sezione in trincea, la fascia di raccordo fra banchina e cunetta va opportunamente trattata in modo da assicurarne l'impermeabilità ed evitarne l'erosione; se pavimentata, la sua pendenza trasversale potrà essere uguale a quella della banchina. Ove per la cunetta sia adottata la conformazione del tipo di cui alla figura 4.3.4.b (non necessitante di dispositivo di ritenuta), tale elemento di raccordo scompare e la cunetta può essere accostata direttamente alla banchina.

Nel caso in cui la sede stradale risulti sostenuta da un muro, l'elemento marginale sarà progettato in analogia con quanto previsto per la sezione stradale su opere di scavalco.

La sezione delle cunette deve comunque essere dimensionata in base ad un calcolo idraulico.

4.3.5 Marciapiedi

Oltre quanto indicato al paragrafo 3.4.4, va precisato che per le strade urbane di tipo D, E ed F, la larghezza dei marciapiedi va comunque determinata in base ai flussi pedonali previsti.

Per i tratti di strada in cui la velocità veicolare risulta maggiore, in relazione ai risultati del diagramma di velocità (paragrafo 5.4), di 70 km/h, il marciapiedi va protetto da dispositivi di ritenuta, sistemati come in Fig. 4.1.1.b. e 4.1.2.c. Qualora la velocità prevista sia inferiore al valore sopra indicato, la protezione potrà essere omessa, ma in questo caso il marciapiedi dovrà essere delimitato da un ciglio sagomato, come in Fig. 4.1.1.c. e 4.1.2.e. L'ente proprietario della strada valuterà l'opportunità, in relazione alle condizioni viarie e ambientali locali, di dotare il ciglio del marciapiede di idonee protezioni per la salvaguardia dei pedoni e per impedire il sormonto dei veicoli.

Tutti i marciapiedi ed i passaggi pedonali che si affacciano su carreggiate sottostanti devono essere muniti di rete di protezione alta almeno 2,00 m.

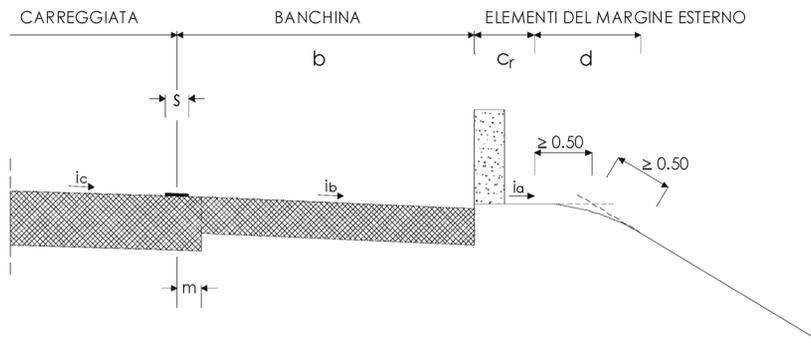


Fig. 4.3.4.a

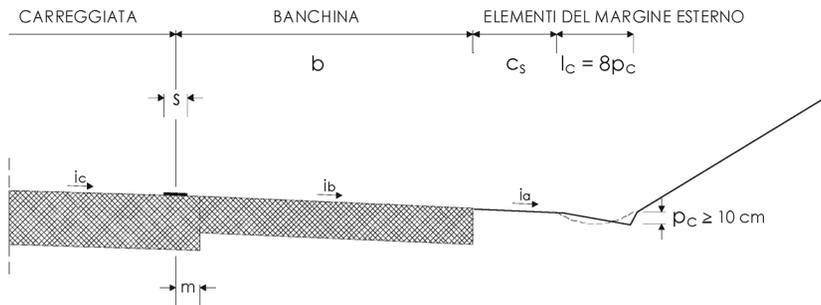


Fig. 4.3.4.b

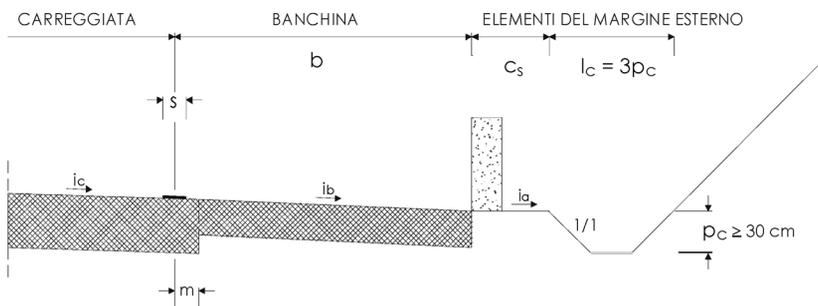


Fig. 4.3.4.c

ELEMENTO	DENOMINAZIONE	STRADA	DIMENSIONE
s	striscia di delimitazione	A - B C - D - E F	0,25 m 0,15 m 0,12 m
m	bordo carreggiata	tutte	≥ 0,30 m
i _c	pendenza trasversale carreggiata in rettilineo in curva	tutte	2,5 % ≥ 2,5 %
i _b	pendenza trasversale banchina	tutte	= i _c
c _r	ciglio o arginello in rilevato	A - B - C - D E - F	≥ 0,75 m ≥ 0,50 m
d	raccordo	ove previsto	1,00 m
c _s	ciglio in scavo	ove previsto	come c _r
i _a	pendenza trasversale c _r e c _s	tutte	4 %
l _c	larghezza cunetta	tutte	≥ 0,80 m
p _c	profondità cunetta	tutte	vedi figure 4.3.4.b/c
b	banchina	vedi Tab. 3.4.a al Cap. 3	

* dipende dallo spazio richiesto per il funzionamento del dispositivo di ritenuta

Tabella 4.3.4.d

4.3.6. Piazzole di sosta

Le strade di tipo B, C e F extraurbane devono essere dotate di piazzole per la sosta ubicate all'esterno della banchina. Dette piazzole devono avere dimensioni non inferiori a quelle indicate nella figura 4.3.6.a. Esse devono essere distanziate l'una dall'altra in maniera opportuna ai fini della sicurezza della circolazione ad intervalli di circa 1.000 m lungo ciascuno dei due sensi di marcia. Tali piazzole è consigliabile che siano previste anche per le strade di tipo A, con lunghezza complessiva non inferiore a 65 m e con eventuale diversa articolazione.

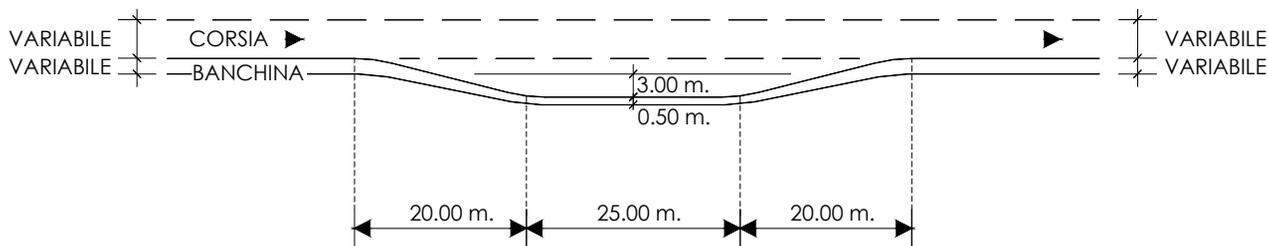


Fig. 4.3.6.a

4.3.7. Dispositivi di ritenuta ed altri elementi di arredo funzionale

La presente norma non dà specifiche indicazioni circa le barriere stradali di sicurezza in quanto la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle stesse è disciplinato dal D.M. n. 223 del 18 febbraio 1992 e successive modificazioni ed integrazioni; pertanto nelle figure contenute in questa norma esse sono rappresentate in maniera schematica.

In aggiunta alle prescrizioni specifiche contenute nel decreto citato si segnala però la necessità, per il progettista stradale, di verificare sempre e comunque che le condizioni di installazione delle barriere di sicurezza siano tali da consentirne il corretto funzionamento, adottando, se necessario, per il margine interno, il margine laterale o il margine esterno dimensioni maggiori delle minime previste dalla presente norma.

Si segnala inoltre la necessità di verificare che sia assicurata la necessaria azione di contenimento sui sostegni delle barriere.

Analoghe verifiche e maggiorazioni dei margini dovranno essere previste per l'eventuale installazione di altri elementi di arredo funzionale (barriere antirumore, pali di illuminazione, portali per segnaletica, ecc.).

5. GEOMETRIA DELL'ASSE STRADALE

5.1 DISTANZE DI VISIBILITÀ

5.1.1 Visuali libere

Per distanza di visuale libera 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.

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con le seguenti distanze:

- Distanza di visibilità per l'arresto, che è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto.
- Distanza di visibilità per il sorpasso, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

5.1.2 Distanza di visibilità per l'arresto

La distanza di visibilità per l'arresto si valuta con la seguente espressione:

$$D_A = D_1 + D_2 = \frac{V_0}{3,6} \times \tau - \frac{1}{3,6^2} \int_{V_0}^{V_1} \frac{V}{g \times \left[f_1(V) \pm \frac{i}{100} \right] + \frac{Ra(V)}{m} + r_0(V)} dV \quad [m]$$

dove:

D_1	=	spazio percorso nel tempo t	
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	[%]
t	=	tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione)	[s]
g	=	accelerazione di gravità	[m/s ²]
Ra	=	resistenza aerodinamica	[N]
m	=	massa del veicolo	[kg]
f_1	=	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 ²]
ρ	=	massa volumica dell'aria in condizioni standard	[kg/m ³]

Per f_1 possono adottarsi le due serie di valori di seguito riportate, una relativa alle autostrade e l'altra valida per tutti gli altri tipi di strade (vedi Fig. 5.1.2.a). Tali valori sono compatibili anche con superficie stradale leggermente bagnata (spessore del velo idrico di 0,5 mm).

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140	160
f_1 Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34	0.32
f_1 Altre strade	0,45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-	-

Per le autostrade sono stati adottati valori di f_1 maggiori in considerazione del fatto che esse sono caratterizzate da standard geometrici rilevanti nonché da piani viabili di qualità in genere elevata.

Il progettista può considerare valori di f_i differenti da quelli proposti, purché essi vengano assicurati – in condizioni di velo idrico di 0,5 mm - per tutta la vita utile della pavimentazione. Il progetto dello strato d'usura, il Piano di Manutenzione della strada e tutti gli interventi sulla stessa dovranno garantire i valori di aderenza prescelti.

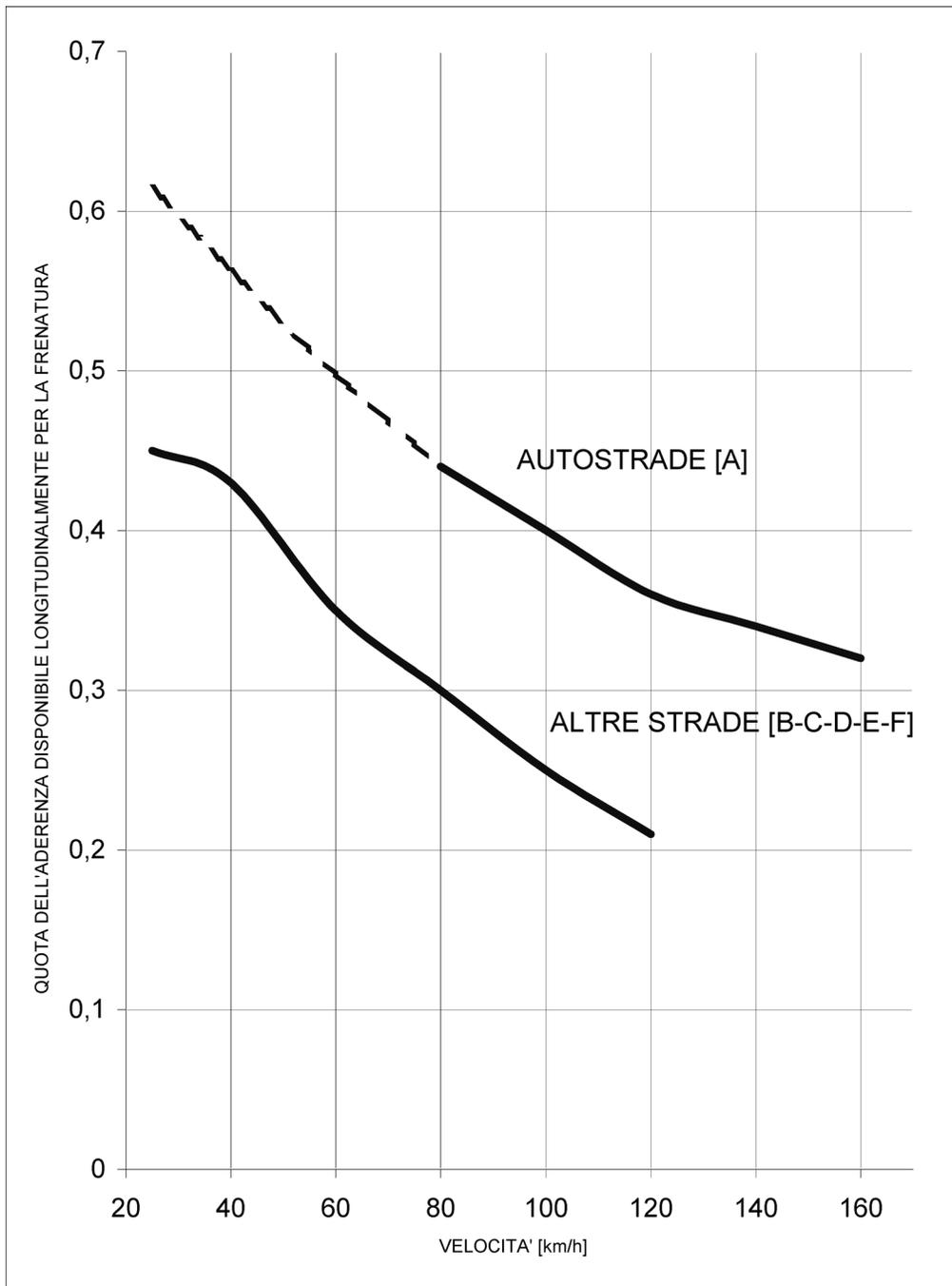


Fig. 5.1.2.a

Le distanze così calcolate sono valide sia in rettilineo che in curva.

Per il tempo complessivo di reazione si assumono valori linearmente decrescenti con la velocità da 2,6 s per 20 km/h, a 1,2 s per 160 km/h., in considerazione della maggiore concentrazione alla guida in corrispondenza delle alte velocità.

$$\tau = (2,8 - 0,01 V) \quad [s] \quad \text{con } V \text{ in km/h}$$

In situazioni particolari quali incroci o tratti di difficile lettura ed interpretazione (intersezioni complesse, innesti o deviazioni successive ecc.) il tempo di cui sopra va maggiorato di 1 secondo nel caso di strada extraurbana e fino a 3 secondi in ambito urbano.

Le figure 5.1.2.b e 5.1.2.c riportano le distanze di visibilità per l'arresto calcolate come sopra, in funzione di una pendenza longitudinale costante. In caso di variabilità di tale pendenza (raccordi verticali), si può assumere per essa il valore medio.

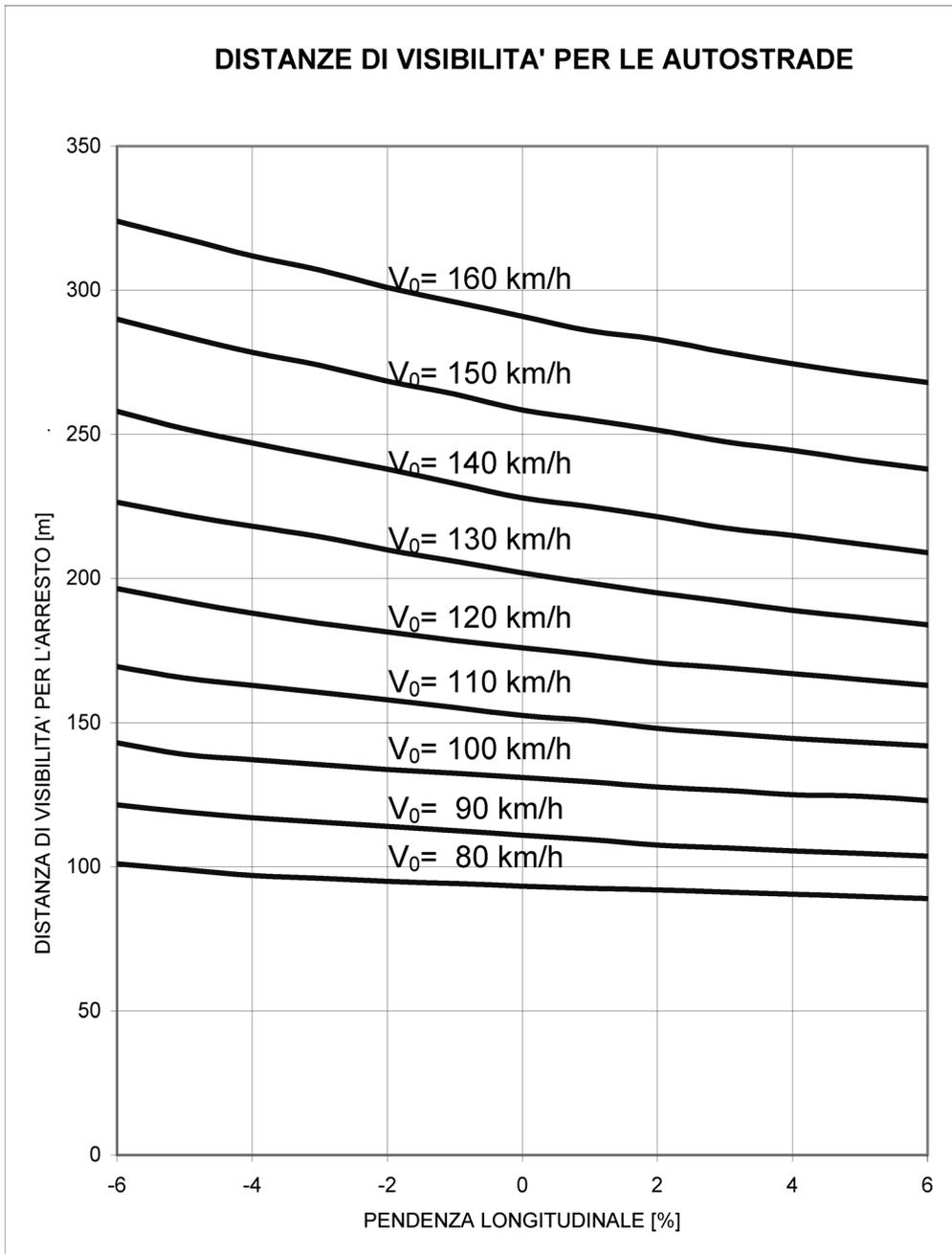


Fig. 5.1.2.b

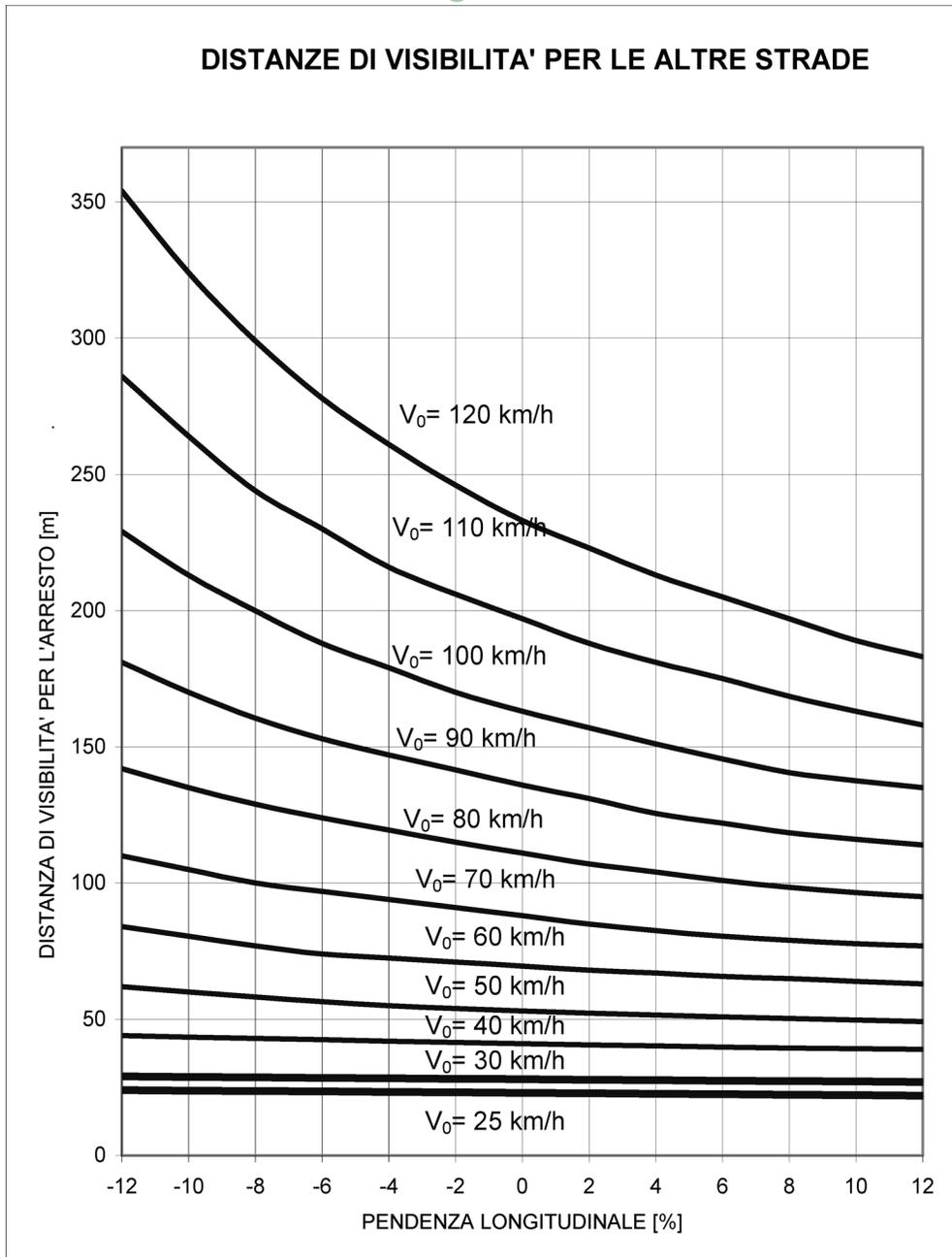


Fig. 5.1.2.c

I diagrammi di figure 5.1.2.b e 5.1.2.c sono calcolati per il caso di arresto di una autovettura le cui caratteristiche di resistenza aerodinamica (con riferimento ad una autovettura media) sono precisate di seguito:

C_x = coefficiente aerodinamico	= 0,35	
S = superficie resistente	= 2,1	[m ²]
m = massa del veicolo	= 1250	[kg]
ρ = massa volumica dell'aria in condizioni standard	= 1,15	[kg/m ³]

Con queste condizioni e V espressa in km/h

$$\frac{Ra}{m} = 2,61 \times 10^{-5} \times V^2 \quad [N/kg]$$

5.1.3 Distanza di visibilità per il sorpasso

In presenza di veicoli marcianti in senso opposto la distanza di visibilità completa per il sorpasso si valuta con la seguente espressione:

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

dove:

v (m/s) oppure V (km/h) è la velocità di progetto desunta puntualmente dal diagramma della velocità (cfr. par. 5.4) per la direzione oggetto di analisi ed attribuita uguale sia per il veicolo sorpassante che per il veicolo proveniente dal senso opposto.

5.1.4 Applicazioni progettuali

Le distanze di visibilità da verificare dipendono dal tipo di strada in progetto e dall'ambito di riferimento (ambito urbano o extraurbano). Indipendentemente però dal tipo di strada e dall'ambito, lungo tutto il tracciato deve essere assicurata la distanza di visibilità per l'arresto.

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

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

Ai fini delle verifiche delle visuali libere, la posizione del conducente deve essere sempre considerata al centro della corsia da lui impegnata con l'altezza del suo occhio a m. 1,10 dal piano viabile. Nella valutazione della distanza di visibilità per l'arresto, l'ostacolo va calcolato a m. 0,10 dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente. Nel caso della distanza di visibilità per il sorpasso, l'ostacolo mobile va collocato nella corsia opposta con altezza pari a m. 1,10.

5.2 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

5.2.1 Criteri di composizione dell'asse

In genere, nelle strade a unica carreggiata si assume come asse quello della carreggiata stessa; nelle strade a due carreggiate complanari e ad unica piattaforma, l'asse si colloca a metà del margine interno. Negli altri casi occorre considerare due assi distinti.

Nella definizione dell'asse di una strada, tradizionalmente si studia separatamente l'andamento planimetrico da quello altimetrico.

Secondo tale impostazione il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali, quali i rettilifi, le curve circolari ed i raccordi a raggio variabile, mentre quello altimetrico si articola in una successione di livellette e raccordi concavi o convessi.

Ai fini di garantire una soluzione sicura, confortevole per gli utenti e soddisfacente dal punto di vista ottico, è necessario adottare per la planimetria e l'altimetria, soluzioni coordinate e compatibili con le velocità di progetto.

Sono possibili, per definire la linea d'asse, soluzioni alternative che si basano sulla utilizzazione di linee polinomiali; ciò può essere fatto considerando separatamente la linea planimetrica e quella altimetrica, oppure definendo la linea d'asse direttamente nello spazio. Tuttavia, nel caso in cui l'asse stradale sia definito secondo linee di tipo polinomiale o con l'impiego di curve diverse da quelle indicate in seguito, le verifiche di accettabilità devono essere effettuate riconducendo le medesime linee alle equivalenti linee tradizionali con procedimenti numerici di assimilazione.

Di seguito ci si riferisce soltanto al modo tradizionale di composizione dei tracciati.

5.2.2 Elementi del tracciato planimetrico

Tra due elementi a raggio costante (curve circolari, ovvero rettilifo e curva circolare) si inserisce una curva a raggio variabile, lungo la quale generalmente si ottiene la graduale modifica della piattaforma stradale, cioè della pendenza trasversale, e, ove necessario, della larghezza.

La definizione dei rettilifi, delle curve e delle clotoidi e la determinazione della loro combinazione è connessa soprattutto ad esigenze di sicurezza.

- Rettilifi

Per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettilifi, a meno della presenza di intersezioni che spezzino la linearità delle traiettorie veicolari, di barriere di pedaggio ovvero di altri elementi che realizzino una interruzione dello sviluppo rettilineo del tracciato, abbiano una lunghezza L_r contenuta nel seguente limite

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

dove $V_p \text{ Max}$ è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della tipologia stradale di riferimento, in km/h.

Inoltre, in genere, l'adozione dei rettilifi di lunghezza limitata favorisce l'inserimento della strada nell'ambiente.

Un rettilifo, per poter esser percepito come tale dall'utente, deve avere però una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella seguente tabella; per velocità si intende la massima desunta dal diagramma di velocità per il rettilifo considerato.

Velocità [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360	420	480

- Curve circolari

Una curva circolare, per essere correttamente percepita, deve avere uno sviluppo corrispondente ad un tempo di percorrenza di almeno 2,5 secondi valutato con riferimento alla velocità di percorrenza della curva (cfr. par. 5.4).

I rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari che si succedono (senza l'interposizione di un rettifilo) lungo il tracciato di strade di tipo A, B, C, D e F extraurbane, sono regolati dall'abaco riportato nella figura 5.2.2.a. In particolare, per le strade di tipo A e B detto rapporto deve collocarsi nella "zona buona"; per le strade degli altri tipi è utilizzabile pure la "zona accettabile".

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

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

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

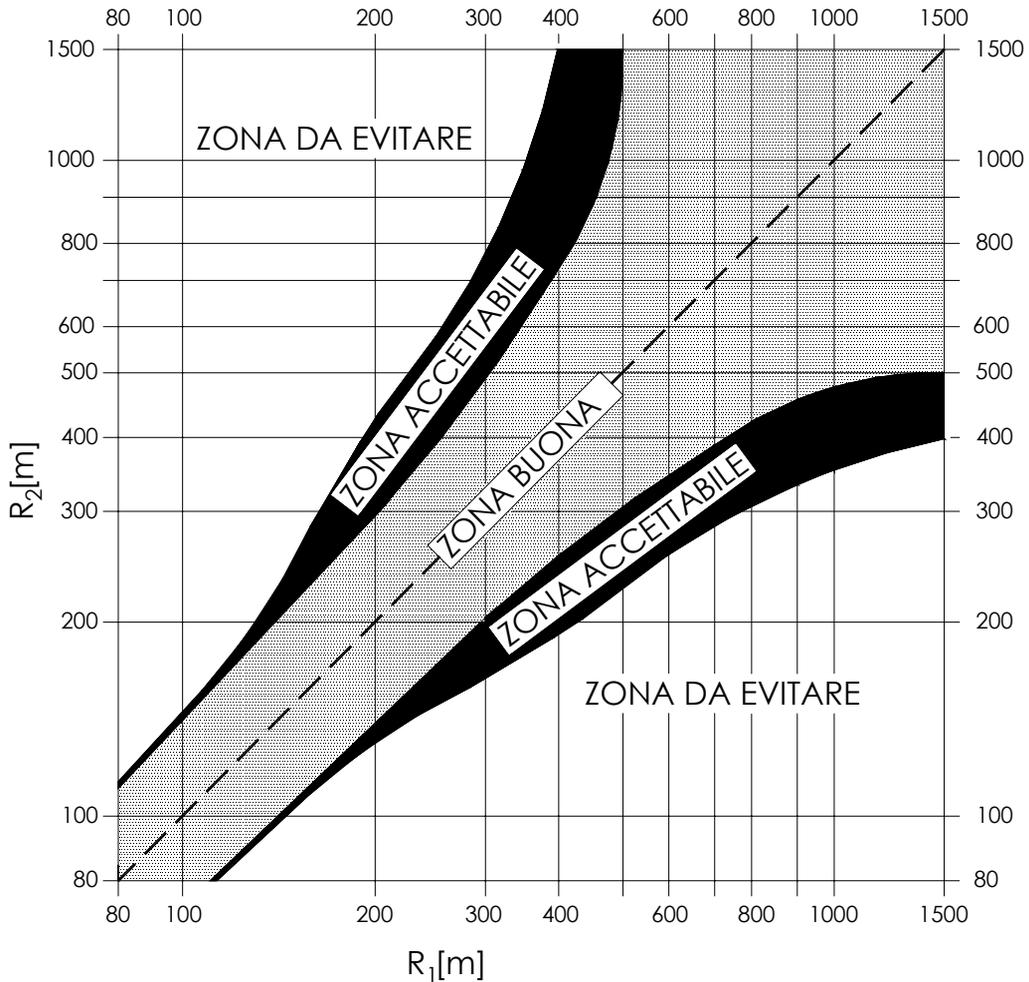


Fig. 5.2.2.a

5.2.3 Pendenze trasversali della piattaforma nei rettifili

La pendenza trasversale in rettifilo nasce dall'esigenza di allontanamento dell'acqua superficiale. A seconda del tipo di strada si adottano le sistemazioni di cui alla figura 5.2.3.a.

STRADE TIPO	PIATTAFORMA	PENDENZE TRASVERSALI
STRADE A DOPPIA CARREGGIATA CON DUE O PIU' CORSIE PER SENSO DI MARCIA		
STRADE A SINGOLA CARREGGIATA CON DUE O PIU' CORSIE PER SENSO DI MARCIA		
STRADE A SINGOLA CARREGGIATA CON UNA CORSIA PER SENSO DI MARCIA		

Fig. 5.2.3.a

Indipendentemente dal tipo di strada, la pendenza minima delle falde della carreggiata, i_c , è del 2,5 % ($q = 0,025$). Valori inferiori saranno impiegati, con gli accorgimenti indicati nel cap. 5.2.4, solo nei tratti di transizione tra elementi di tracciato caratterizzati da opposte pendenze trasversali.

5.2.4 Pendenze trasversali della piattaforma in funzione del raggio delle curve circolari e della velocità

In curva la carreggiata è inclinata verso l'interno. La pendenza trasversale è la stessa su tutta la lunghezza dell'arco di cerchio.

La pendenza massima vale 7% ($q=0,07$) per le strade tipo A (urbane ed extraurbane), tipo B, C, F extraurbane e strade di servizio extraurbane; vale 5% per le strade di tipo D e 3,5 % per le strade di tipo E ed F urbane, nonché per le strade di servizio delle autostrade urbane e delle strade di scorrimento.

Per la determinazione della pendenza in funzione del raggio è indispensabile stabilire il legame tra la velocità di progetto V_p , la pendenza trasversale in curva i_c e la quota parte del coefficiente di aderenza impegnato trasversalmente f_t . Dallo studio dell'equilibrio di un veicolo transitante su una curva circolare si ottiene:

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

dove:

V_p = velocità di progetto della curva [km/h]

R = raggio della curva [m]

$q = \frac{i_c}{100}$

f_t = quota parte del coeff. di aderenza impegnato trasversalmente.

Per quanto riguarda la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile trasversalmente $f_t \max$, valgono i valori di seguito riportati. Tali valori tengono conto, per ragioni di sicurezza, che una quota parte dell'aderenza possa essere impegnata anche longitudinalmente in curva.

Velocità km/h	25	40	60	80	100	120	140	160
aderenza trasv. max imp. $f_t \max$ per strade tipo A, B, C, F extra urbane, e relative strade di servizio	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
aderenza trasv. max imp. $f_t \max$ per strade tipo D, E, F urbane, e relative strade di servizio	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-	-

Per velocità intermedie fra quelle indicate si provvede all'interpolazione lineare.

Per una strada di assegnato intervallo di velocità di progetto, il raggio minimo R_{\min} è quello calcolato con l'espressione dianzi citata e con la velocità al limite inferiore dell'intervallo di progetto, per una pendenza trasversale pari alla q_{\max} , nonché per un impegno di aderenza trasversale pari a $f_t \max$. Vedansi i valori nella tabella seguente.

STRADA TIPO	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	V_p min [km/h]	q max	f_t max	Raggio minimo [m]
A1	extraurbano	Strada principale	90	0,07	0,118	339
		Strada di servizio (eventuale)	40	0,07	0,210	45
	urbano	Strada principale	80	0,07	0,130	252
		Strada di servizio (eventuale)	40	0,035	0,210	51
A2	extraurbano	Strada principale	70	0,07	0,147	178
		Strada di servizio (eventuale)	40	0,07	0,210	45
B	extraurbano	Strada principale	70	0,07	0,147	178
		Strada di servizio (eventuale)	40	0,07	0,210	45
C	extraurbano		60	0,07	0,170	118
D	urbano	Strada principale	50	0,05	0,205	77
		Strada di servizio (eventuale)	25	0,035	0,220	19
E	urbano		40	0,035	0,210	51
F	extraurbano		40	0,07	0,210	45
	urbano		25	0,035	0,220	19

Per raggi maggiori di R_{min} si utilizzano gli abachi di cui alle figure 5.2.4.a (per le strade tipo A urbane ed extraurbane, tipo B, C, F extraurbane e strade di servizio extraurbane) e 5.2.4.b (strade tipo D, E, F urbane e strade di servizio urbane), procedendo nel modo di seguito riportato.

Finché il raggio è minore di quello R^* , calcolato con l'espressione citata all'inizio del paragrafo, per la velocità V_{max} di progetto per la pendenza i_{max} e per f_{tmax} , la pendenza trasversale dovrà essere mantenuta costante e pari al valore massimo. In tale campo, cioè per $R_{min} \leq R \leq R^*$, la velocità di progetto V_p è data dall'espressione già citata, sempre con $f_{tmax}(V_p)$.

La pendenza trasversale 2,5% deve essere impiegata per tutte le tipologie stradali quando il raggio di curvatura è uguale o maggiore ai valori del raggio $R_{2,5}$, riportati nelle figure seguenti.

Per valori del raggio non inferiori a quelli R' indicati nella Tabella seguente, è possibile conservare la sagoma in contropendenza al valore - 2,5%.

STRADA TIPO	A1	A2	B	C F extraurb.	D	E F urbane
R' [m]	10250	7500	7500	5250	2000	1150

STRADA DI SERVIZIO	A extraurbane.	A urbane	B F extraurb.	D
R' [m]	5250	1150	5250	1150

Per strade soggette a frequente innevamento (e comunque in tutti i casi in cui le condizioni ambientali e la sicurezza delle componenti ammesse alla circolazione lo consiglino) la pendenza trasversale va limitata al 6% e di conseguenza il raggio minimo utilizzabile è quello che corrisponde negli abachi a tale valore.

Smaltimento delle acque di prima pioggia.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di prima pioggia non è indispensabile prevedere la raccolta ed il trattamento specifico di tali acque con apposite vasche ad impianti se non espressamente previsto in sede di studio di impatto ambientale o ritenuto opportuno in fase progettuale per le peculiarità del territorio attraversato.

La previsione di vasche di emergenza per la raccolta di fluidi inquinanti derivati dallo sversamento accidentale di autocisterne deve essere valutato alla luce delle necessità di protezione di particolari aree ad alta vulnerabilità, della possibile elevata frequenza di eventi accidentali e del possibile maggior rischio di inquinamento derivante dalla raccolta e stoccaggio di consistenti quantitativi di fluidi inquinanti.

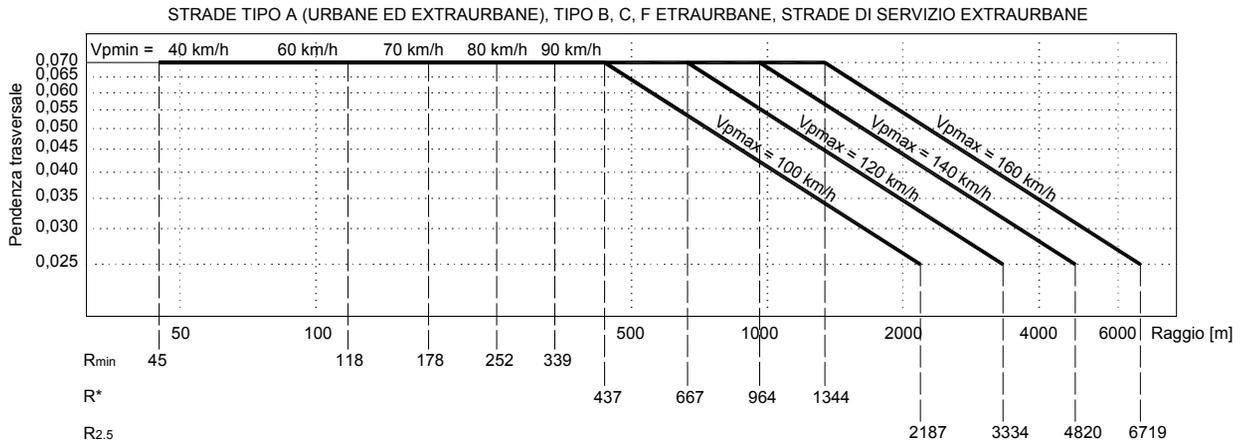


Fig. 5.2.4.a

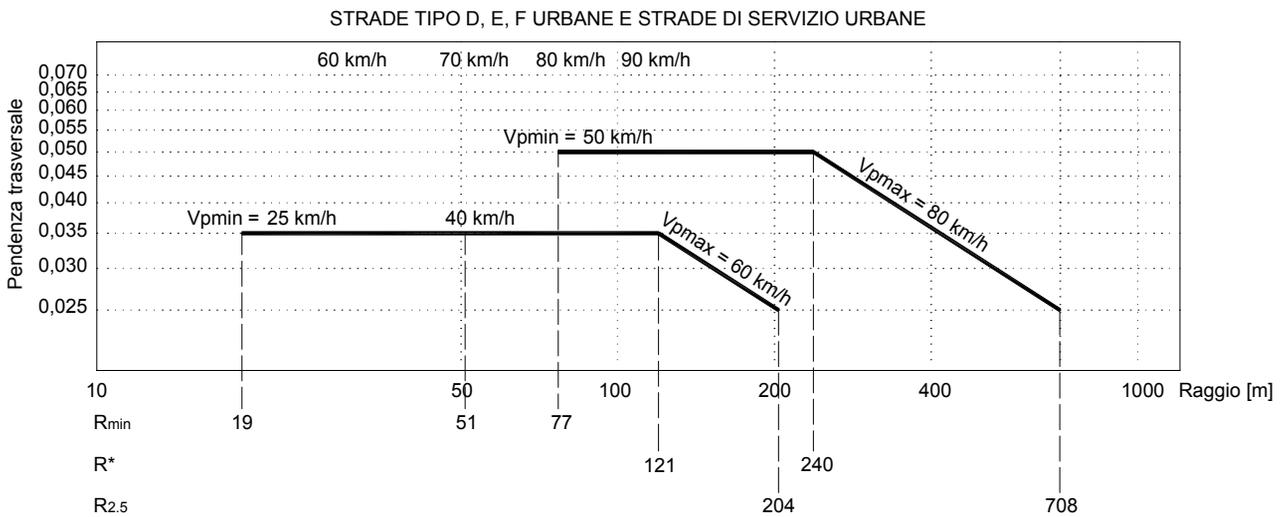


Fig. 5.2.4.b

La pendenza geodetica J risultante dalla combinazione della pendenza trasversale i_c e di quella longitudinale i_l , pari a:

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

non deve superare il valore del 10% per le strade di tipo A e B e del 12% per le altre; nel caso di strade a frequente innevamento tale valore limite è dell' 8%.

La pendenza trasversale calcolata con i criteri ora descritti deve essere estesa all'intera piattaforma, banchine comprese.

La determinazione dei valori del raggio e della velocità nelle curve sulla base dell'equilibrio del veicolo non esime però dall'esame della congruità del valore ottenuto mediante la verifica della visuale libera per le manovre previste ai paragrafi precedenti, verifica che potrebbe comportare una maggiorazione di tale valore oppure un incremento dei franchi laterali, in particolare nelle curve sinistrorse, per la presenza di siepi anabbaglianti o di dispositivi di ritenuta, e nelle gallerie.

In galleria la pendenza trasversale minima può essere ridotta all'1%.

Le norme contenute in questo paragrafo non si applicano, come già detto, alla progettazione dei tornanti delle strade di montagna, dove il raggio risulterà normalmente inferiore al valore minimo ricavato col criterio precedentemente indicato.

5.2.5 Curve a raggio variabile

Queste curve sono progettate con la finalità di garantire:

- una variazione di accelerazione centrifuga non compensata (contraccollo) contenuta entro valori accettabili;
- una limitazione della pendenza (o sovrappendenza) longitudinale delle linee di estremità della piattaforma;
- la percezione ottica corretta dell'andamento del tracciato.

La curva a raggio variabile da impiegarsi è la clotoide, che è una particolare curva della famiglia delle spirali generalizzate definite dalla seguente equazione:

$$r \times s^n = A^{n+1}$$

dove:

- r = raggio di curvatura nel punto P generico
- s = ascissa curvilinea nel punto P generico
- A = parametro di scala
- n = parametro di forma; regola la variazione della curvatura 1/r

e dove, per n = 1, si ottiene l'equazione della clotoide (Fig. 5.2.5)

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

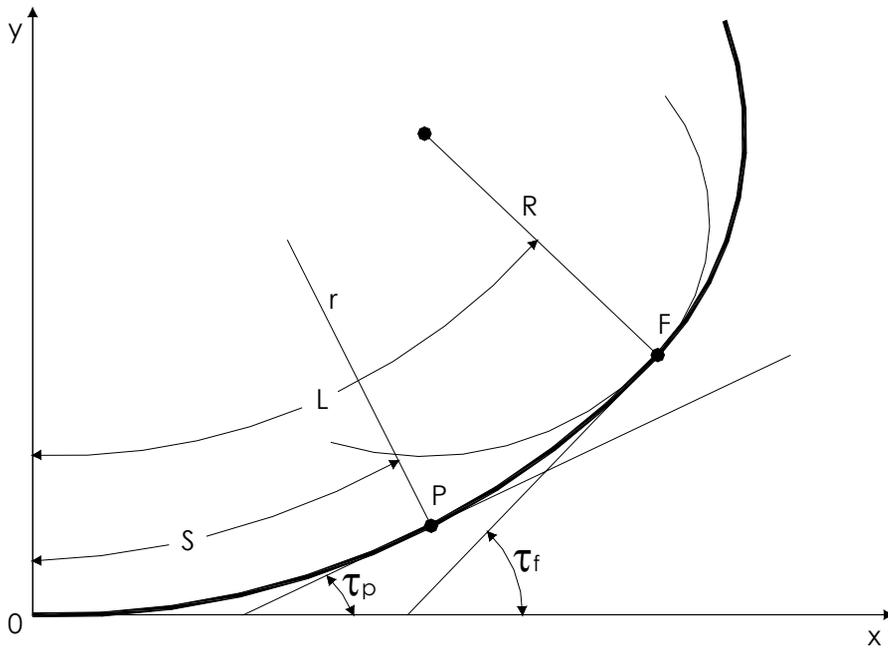


Fig. 5.2.5

e dove ancora, nella figura:

- F = punto finale della clotoide
- R (m) = raggio dell'arco di cerchio da raccordare
- L (m) = lunghezza dell'arco di clotoide
- τ_p = angolo di deviazione nel generico punto P
- τ_f = angolo di deviazione nel punto di fine della clotoide

Gli elementi a curvatura variabile possono non essere inseriti in corrispondenza di curve aventi raggi che, in relazione alla velocità di percorrenza della curva (cfr. par. 5.4), risultano maggiori o uguali a quelli indicati in tabella:

Velocità di percorrenza della curva	Raggio (R _L)
≤ 80 km/h	2000 m
> 80 km/h e ≤ 120 km/h	3500 m
> 120 km/h	5000 m

5.2.5.1 Criteri per la definizione del parametro di scala**Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)**

Affinchè lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo c), fra il parametro A e la massima velocità V (km/h) che caratterizza la clotoide (in ragione dei risultati del diagramma di velocità), per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

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

dove:

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100}, \text{ con } i_{ci} = \text{pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;}$$

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100}, \text{ con } i_{cf} = \text{pendenza trasversale nel punto finale della clotoide.}$$

Trascurando il secondo termine dell'espressione del radicando e assumendo per il contraccolpo il valore limite

$$c_{\max} = \frac{50,4}{V} \quad (\text{m/s}^3)$$

si ottiene:

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

Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti assetti trasversali, che vanno raccordati longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione.

Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

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

dove:

B_i = distanze fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile (vedi Fig. 5.2.6.a) [m]

Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione (vedi par. 5.2.6); in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata

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

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

Nel caso in cui anche il raggio iniziale sia di valore finito (continuità) il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza

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

dove:

R_i = raggio nel punto iniziale della curva a raggio variabile [m]

R_f = raggio nel punto terminale della curva a raggio variabile [m]

Critério 3 (Ottico)

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

$$A \geq R/3 \quad (R_i/3 \text{ in caso di continuit\`a})$$

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

$$A \leq R$$

5.2.5.2 Campo di utilizzazione dei raccordi di clotoide

Resta quindi definito il campo dei valori ammissibili per il parametro A, come in figura 5.2.5.1.1.a

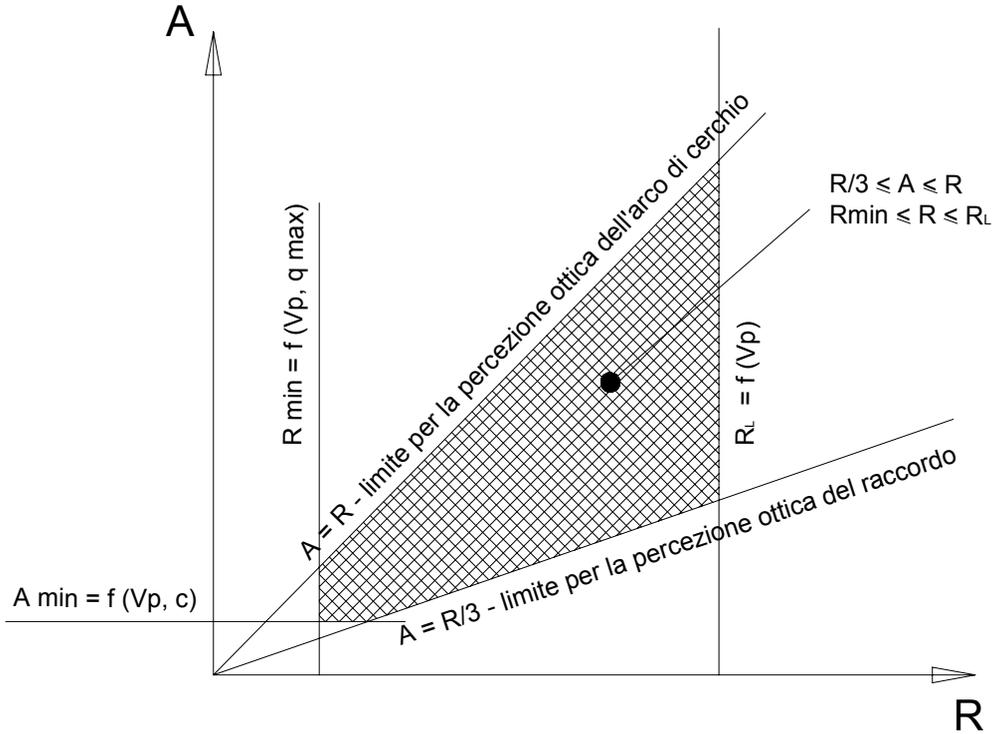


Fig. 5.2.5.1.1.a

dove:

$$R_{min} = \frac{V_p^2}{127 [f_{t \ max} (V_p) + q_{max}]}$$

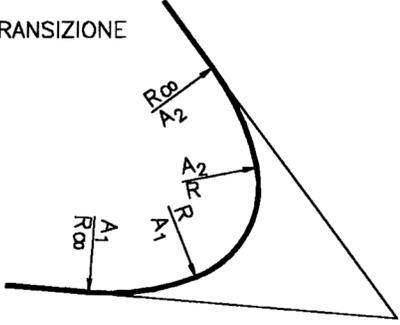
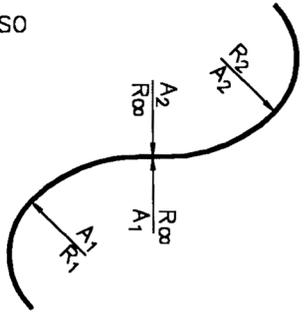
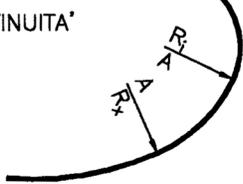
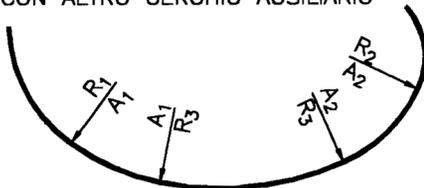
$$A_{min} = 0,021 \times V_p^2$$

$R_L = 2000 \text{ m}$ (per $\leq 80 \text{ km/h}$); 3500 m (per $V > 80 \text{ km/h}$ e $\leq 120 \text{ km/h}$); 5000 m (per $V > 120 \text{ km/h}$)

In caso di continuit\`a $\frac{R_i}{3} < A < R$

APPLICAZIONI

I casi pi\`u importanti nei quali la clotoide viene inserita in un tracciato sono riassunti nella figura 5.2.5.1.1.b, dove sono anche indicate le limitazioni per i valori dei parametri e sono anche indicate le situazioni da evitare.

TIPOLOGIA	LIMITI
<p>TRANSIZIONE</p> 	$A_1 \geq A_{min}$ $A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R}{3} \leq A_1 \leq R$ $\frac{R}{3} \leq A_2 \leq R$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$
<p>FLESSO</p> 	$R_2 \leq R_1 \quad A_1 \geq A_{min} \quad A_2 \geq A_{min}$ FLESSO ASIMMETRICO $A_1 \neq A_2$ $\frac{R_1}{3} \leq A_1 \leq R_1 \quad \frac{R_2}{3} \leq A_2 \leq R_2 \quad \frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$ FLESSO SIMMETRICO $A_1 = A_2 = A$ $\frac{R_1}{3} \leq A \leq R_2$
<p>CONTINUITA'</p> 	$R_x \leq R_i \quad R_x \text{ all'interno di } R_i \text{ ma non concentrico}$ $A_{min} \leq A$ $\frac{R_i}{3} \leq A \leq R_x$
<p>RACCORDO TRA DUE CERCHI SECANTI CON ALTRO CERCHIO AUSILIARIO</p> 	$A_1 \geq A_{min} \quad A_2 \geq A_{min}$ $\frac{R_3}{3} \leq A_1 \leq R_1$ $\frac{R_3}{3} \leq A_2 \leq R_2$ $\frac{2}{3} \leq \frac{A_1}{A_2} \leq \frac{3}{2}$

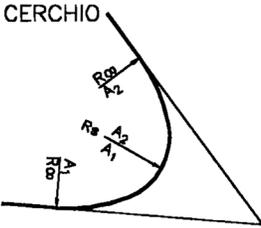
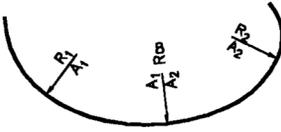
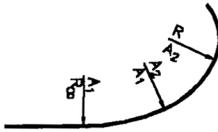
CASI DA EVITARE		
<p>TRANSIZIONE SENZA IL CERCHIO</p> 	<p>FALSO OVALE</p> 	<p>PIU' CURVE DI RACCORDO CONSECUTIVE</p> 

Fig. 5.2.5.1.1.b

Nel caso del flesso è possibile inserire un rettilo di lunghezza non superiore a

$$L = \frac{A_1 + A_2}{12,5} \text{ [m]}$$

In questo caso non vale perciò il requisito minimo fissato al par. 5.2.2.

5.2.6 Pendenze trasversali nelle curve a raggio variabile

Lungo le curve a raggio variabile inserite fra due elementi di tracciato a curvatura costante si realizza il graduale passaggio della pendenza trasversale dal valore proprio di un elemento a quello relativo al successivo (paragrafi 5.2.3 e 5.2.4) ⁽¹⁾.

Questo passaggio si ottiene facendo ruotare la carreggiata stradale, o parte di essa, secondo i casi, intorno al suo asse ovvero intorno alla sua estremità interna (Fig.5.2.6.a).

La rotazione intorno all'asse è generalmente da preferire, ove possibile, perché comporta un minor sollevamento dell'estremità della piattaforma: essa può essere generalmente adottata nelle strade a carreggiata unica a 2 o più corsie e nelle strade a carreggiate separate con spartitraffico di larghezza superiore ai 4 m. Per larghezze minori, allo scopo di evitare che lo spartitraffico acquisti una eccessiva pendenza trasversale, è necessario far ruotare le due vie intorno alle estremità interne delle carreggiate.

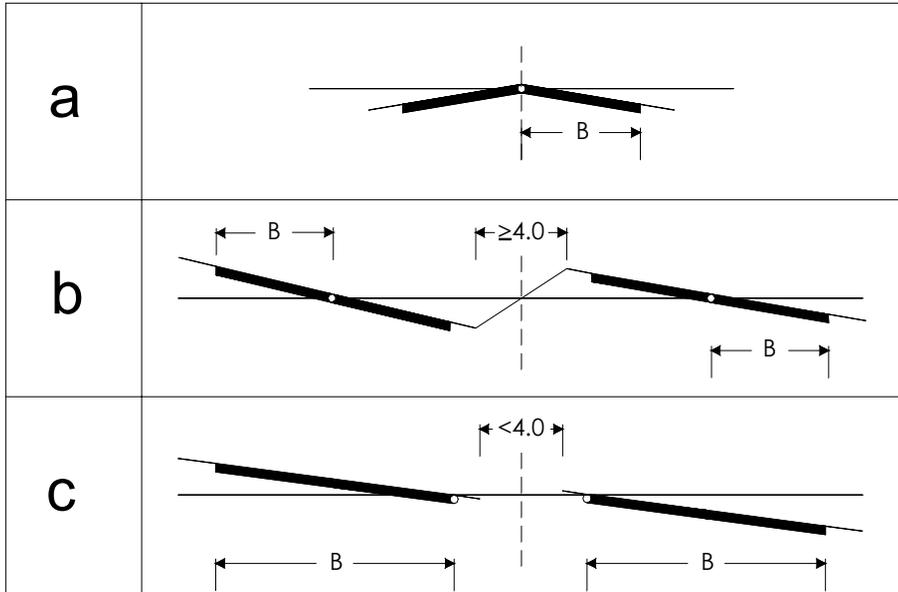


Fig. 5.2.6.a

Nelle strade ad unica carreggiata a due o più corsie, la cui sagoma in rettilineo è a doppia falda, il passaggio dalla sagoma propria del rettilineo a quella della curva circolare avviene generalmente in due tempi: in una prima fase ruota soltanto la falda esterna intorno all'asse della carreggiata fino a realizzare una superficie piana, successivamente ruota l'intera carreggiata (Fig. 5.2.6.b), sempre intorno al suo asse.

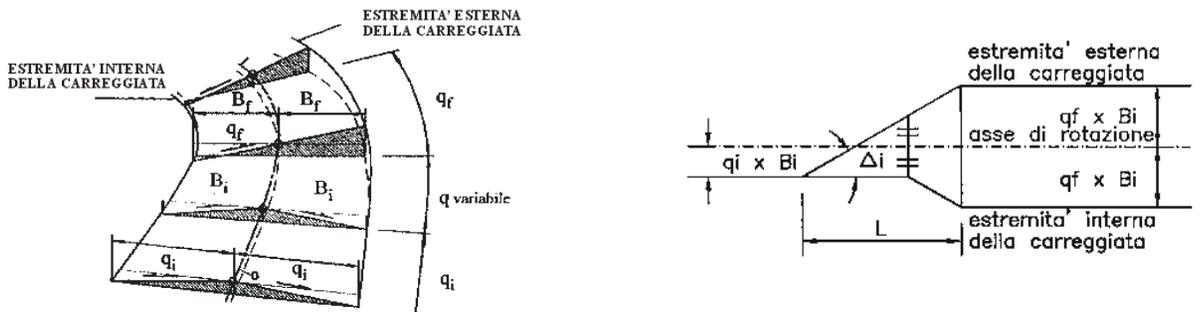


Fig. 5.2.6.b

In curva gli elementi che fiancheggiano la carreggiata (banchine, corsie di emergenza, corsie specializzate, piazzole di sosta) presentano pendenza uguale e concorde a quella della carreggiata.

(1) Se le curve a raggio variabile non sono presenti la variazione della pendenza trasversale avviene a cavallo (metà per metà) dei due elementi geometrici a curvatura costante che si susseguono. Il valore della sovrappendenza longitudinale da adottare è pari al valore del Δi minimo indicato al successivo paragrafo 5.2.6.2.

5.2.6.1 Valori massimi della pendenza Δi

Per ragioni dinamiche (cioè per limitare la velocità di rotazione trasversale dei veicoli – velocità di rollio) la sovrappendenza longitudinale Δi [%] delle estremità della carreggiata (esclusi gli eventuali allargamenti in curva) non può superare il valore massimo che si calcola con la seguente espressione.

$$\Delta i_{\max} = \frac{dq}{dt} \times \frac{B_i}{v} \times 100 \cong 18 \times \frac{B_i}{V} \quad [\%]$$

dove:

$\frac{dq}{dt}$ = variazione della pendenza trasversale nel tempo pari a 0,05 rad. s⁻¹

B_i = distanza (in m) fra l'asse di rotazione e l'estremità della carreggiata all'inizio della curva a raggio variabile

V = velocità di progetto [km/h]

v = velocità di progetto [m/s]

5.2.6.2 Valori minimi della pendenza Δi

Quando la pendenza trasversale della carreggiata cambia segno, per esempio lungo una clotoide di flesso e nel passaggio dal rettilineo alla curva circolare, durante una certa fase della rotazione la pendenza trasversale è inferiore a quella minima del 2,5% necessaria per il deflusso dell'acqua. In questi casi, allo scopo di ridurre al minimo la lunghezza del tratto di strada in cui può aversi ristagno di acqua, è necessario che la pendenza longitudinale Δi dell'estremità che si solleva sia non inferiore ad un valore Δi_{\min} [%] dato da:

$$\Delta i_{\min} = 0,1 \times B_i \quad [\%]$$

Se pertanto la pendenza Δi è inferiore a Δi_{\min} , è necessario spezzare in due parti il profilo longitudinale di quella estremità della carreggiata che è esterna alla curva, realizzando un primo tratto con pendenza maggiore o uguale a Δi_{\min} , fino a quando la pendenza trasversale della via ha raggiunto il 2,5%; la pendenza risultante per il tratto successivo potrà anche essere inferiore a Δi_{\min} .

I vari casi che possono presentarsi sono riassunti nella figura 5.2.6.2.a, dove sono indicate le sagome della carreggiata nelle sezioni caratteristiche ed i profili delle estremità riferiti a quello dell'asse.

Detti casi si riferiscono alla condizione a) della figura 5.2.6.a; le condizioni b) e c) si risolvono combinando opportunamente le indicazioni della figura 5.2.6.2.a.

5.2.7 Allargamento della carreggiata in curva

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.

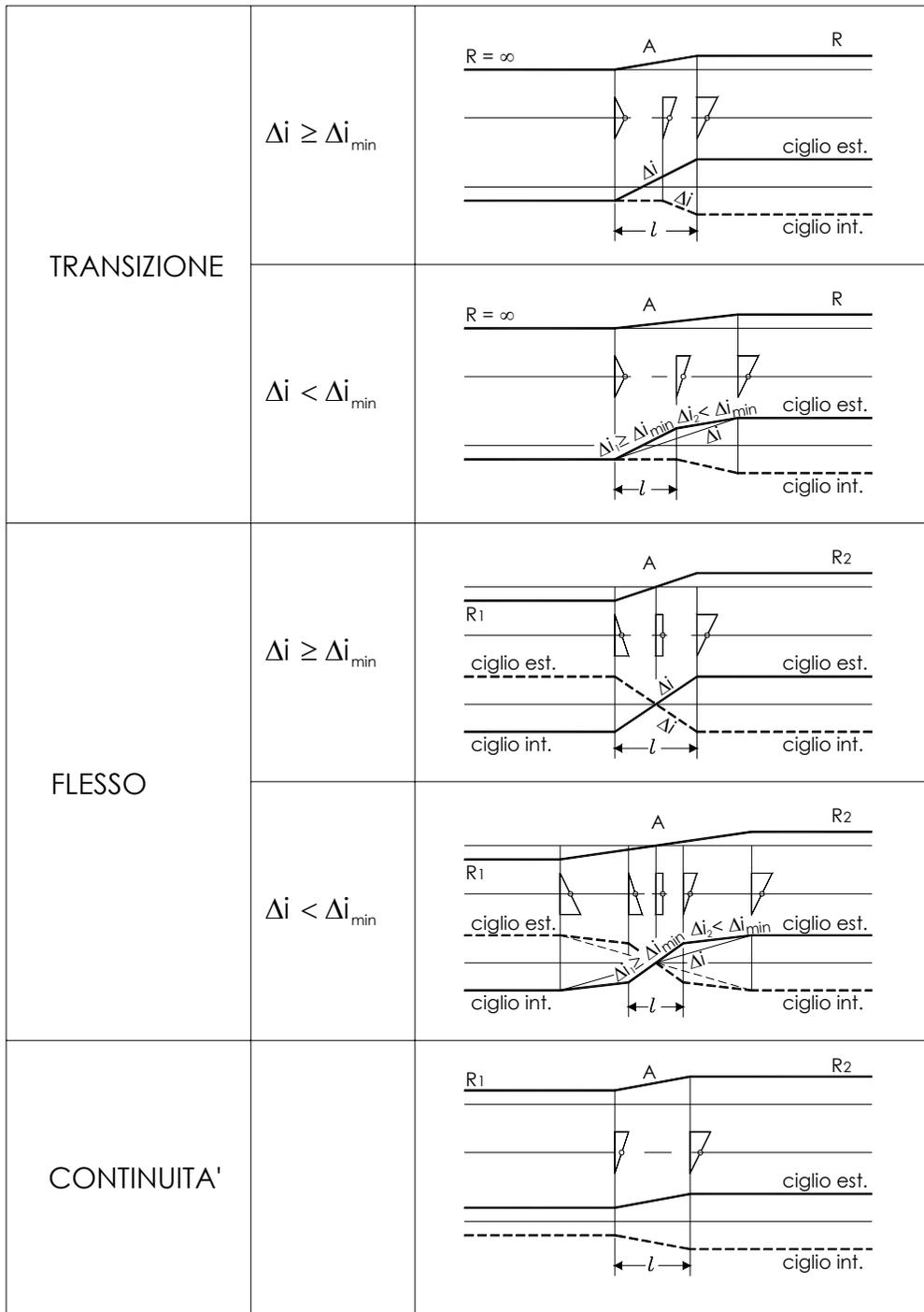


Fig. 5.2.6.2.a

Per $R > 40$ m si può assumere, nel caso di strade ad unica carreggiata a due corsie, il valore del raggio uguale a quello dell'asse della carreggiata. Nel caso di strade a carreggiate separate, o ad unica carreggiata a più di una corsia per senso di marcia, si assume come raggio per il calcolo dell'allargamento quello dell'asse di ciascuna carreggiata o semi carreggiata.

Se l'allargamento E , così calcolato, è inferiore a 20 cm, la corsia conserva la larghezza del rettilifeo.

Il valore così determinato potrà essere opportunamente ridotto, al massimo fino alla metà, qualora si ritenga poco probabile l'incrocio in curva di due veicoli appartenenti ai seguenti tipi: autobus ed autocarri di grosse dimensioni, autotreni ed autoarticolati.

L'allargamento complessivo della carreggiata o semicarreggiata E_t sarà pari alla somma degli allargamenti delle singole corsie nel caso in cui esse siano in numero di una o al massimo due per senso di marcia; nel caso in cui il numero di corsie per senso di marcia sia maggiore di due, l'allargamento complessivo della carreggiata sarà pari alla somma di quelli calcolati per le due corsie più interne alla curva.

Nel caso di raccordo clotoidico (rettifilo/curva), l'allargamento parte 7,50 m prima dell'inizio della curva di raccordo e termina 7,50 m dopo il punto finale del raccordo (Fig. 5.2.7.a).

La lunghezza complessiva L_z del tratto di strada lungo il quale si effettua l'allargamento è quindi:

$$L_z = 2 \times 7,50 + L \quad [m]$$

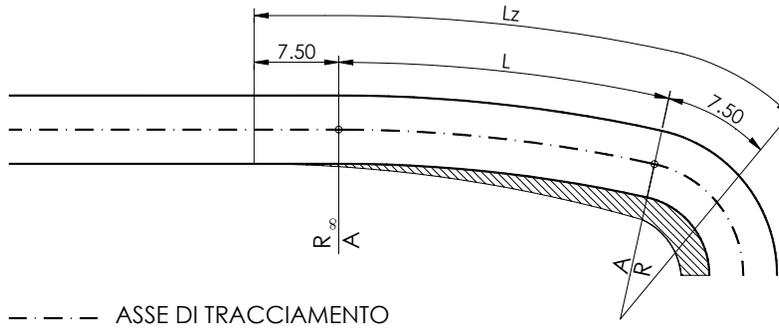


Fig. 5.2.7.a

dove:

L (m) = lunghezza della curva di raccordo.

In ogni caso la lunghezza L_z , anche in assenza di raccordo clotoidico, deve essere di almeno 15 m.

Nel caso di raccordo di transizione, se la curva circolare ha uno sviluppo inferiore a 15 m (strade esistenti) deve risultare per ciascun ramo del raccordo (Fig. 5.2.7.b)

$$L_z = 7,50 + L + \frac{s}{2} \quad [m]$$

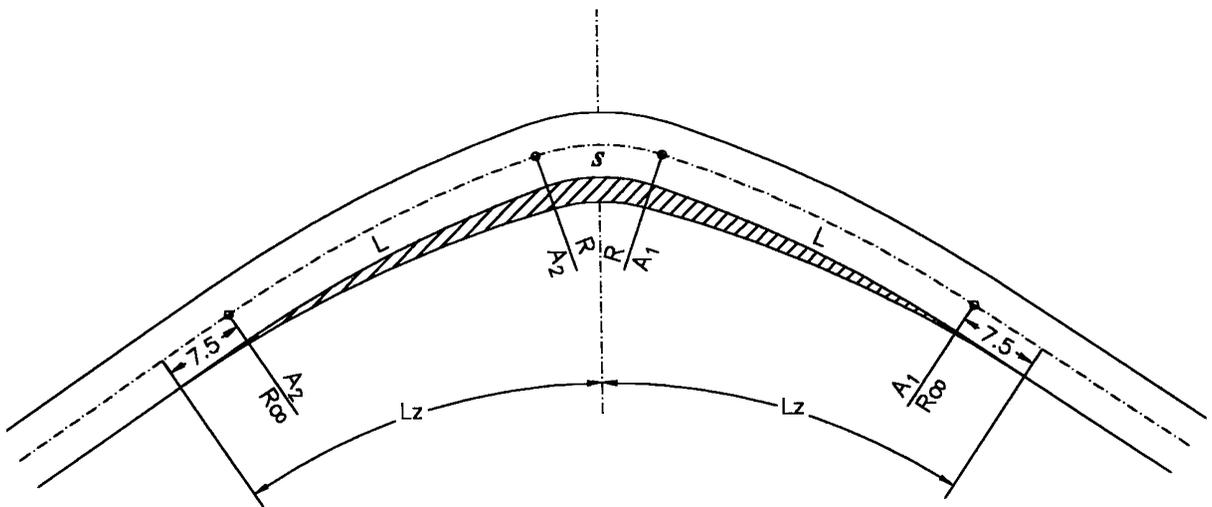


Fig. 5.2.7.b

dove:

s (m) = sviluppo della curva circolare (al limite $s = 0$)

L (m) = lunghezza della curva di raccordo considerata.

Nel caso di flesso, per ciascun ramo del raccordo l'inizio del tratto di allargamento è anticipato di 7,50 m rispetto al punto di flesso e termina di uguale misura dopo il punto finale della curva di raccordo (Fig. 5.2.7.c). Si ha quindi:

$$L_z = 2 \times 7,50 + L \quad [m]$$

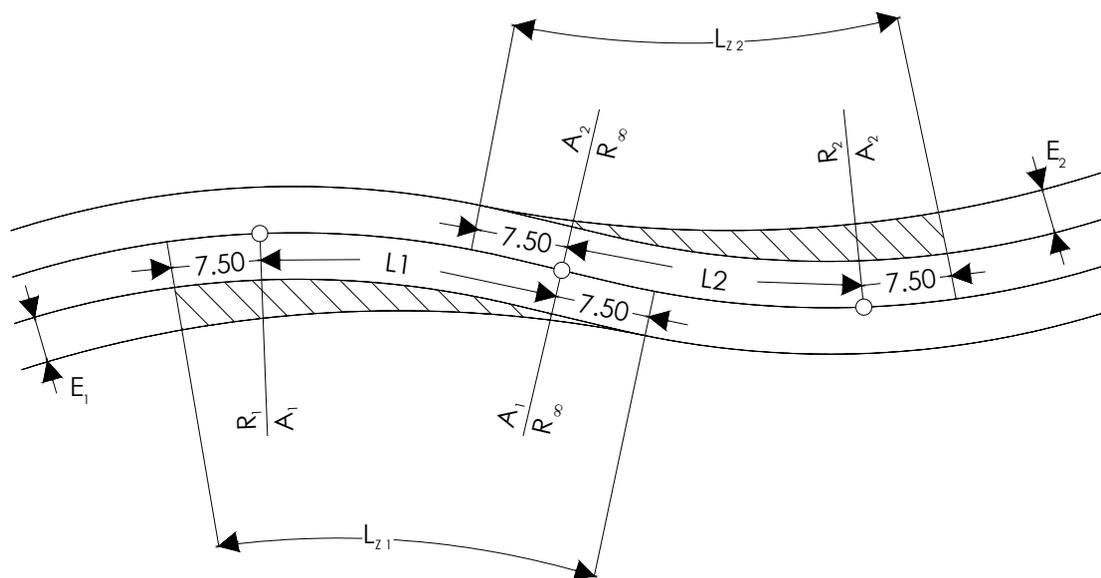
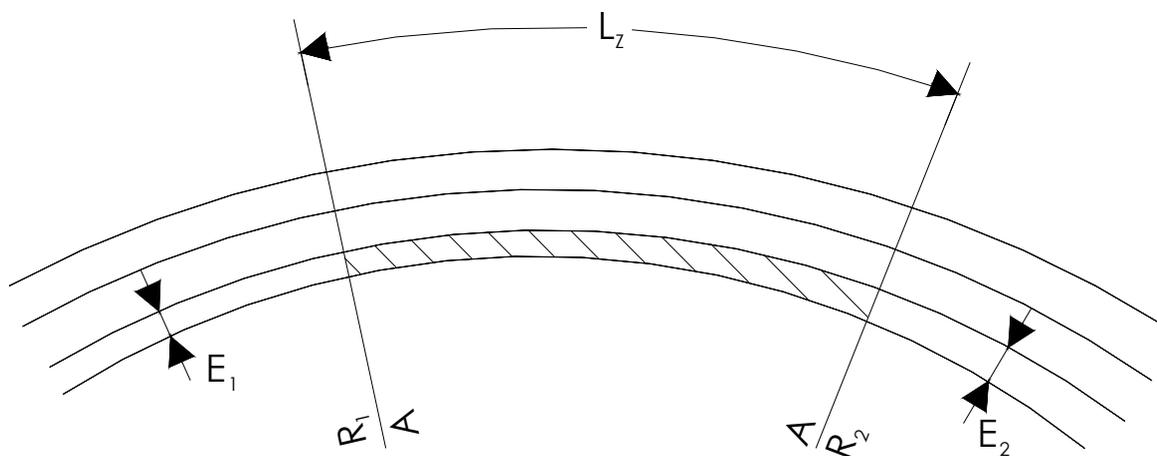


Fig. 5.2.7.c

$$L_z = L$$



Nel caso di raccordo di continuità l'allargamento avviene lungo il raccordo (Fig. 5.2.7.d). Pertanto risulta:

Fig. 5.2.7.d

L'allargamento complessivo della carreggiata deve essere riportato tutto sul lato interno della curva (Fig. 5.2.7.e). Le banchine e le eventuali corsie di sosta conservano le larghezze che hanno in rettilineo.

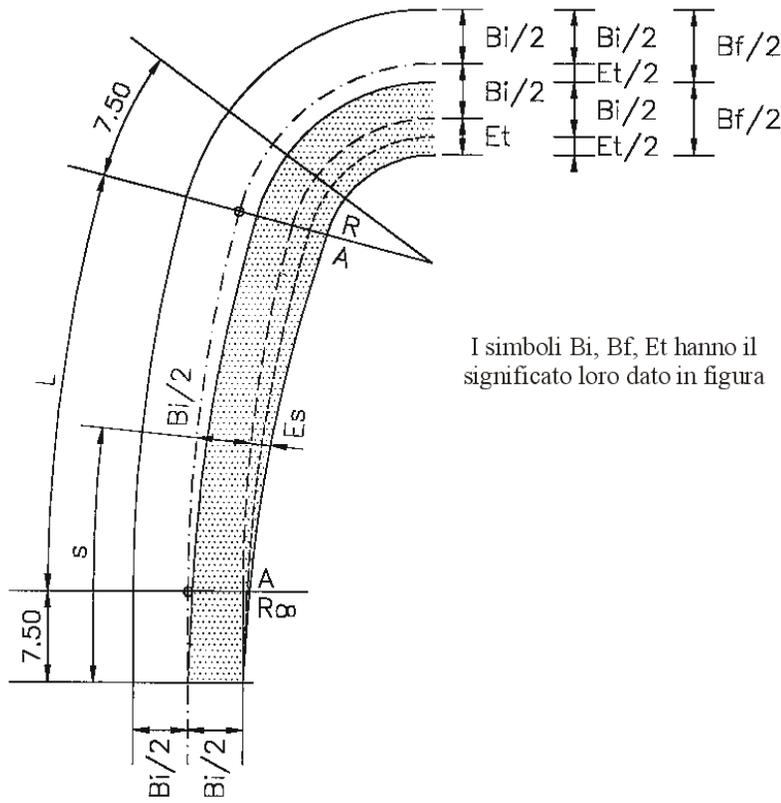


Fig. 5.2.7.e

Il valore dell'allargamento E_s al variare dell'ascissa curvilinea s si ottiene come nella figura 5.2.7.f e dalle espressioni di seguito riportate.

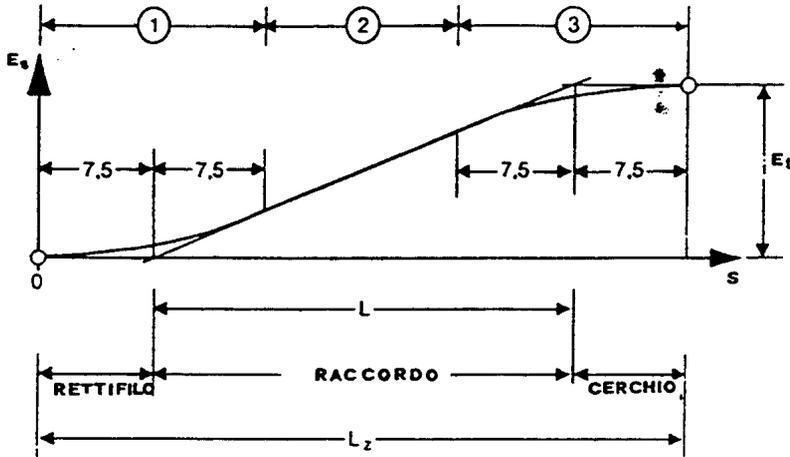


Fig. 5.2.7.f

$$E_s = \frac{E_t}{30 \times L} \times s^2 \quad \text{per} \quad 0 \leq s \leq 15 \text{ m} \quad (\text{tratto 1})$$

$$E_s = \frac{E_t}{L} \times (s - 7,5) \quad \text{per} \quad 15 \text{ m} \leq s \leq (L_z - 15) \quad (\text{tratto 2})$$

$$E_s = E_t - \frac{E_t}{30 \times L} \times (L_z - s)^2 \quad \text{per} \quad (L_z - 15) \leq s \leq L_z \quad (\text{tratto 3})$$

5.3 ANDAMENTO ALTIMETRICO DELL'ASSE

5.3.1 Elementi del profilo altimetrico

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

Le pendenze massime adottabili per i diversi tipi di strada sono indicate nella tabella seguente.

TIPO DI STRADA		AMBITO URBANO	AMBITO EXTRAURBANO
AUTOSTRADA	A	6%	5%
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	-	6%
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	-	7%
URBANA DISCORRIMENTO	D	6%	-
URBANA DI QUARTIERE	E	8%	-
LOCALE	F	10%	10%

I suddetti valori della pendenza massima possono essere aumentati di una unità qualora, da una verifica, da effettuarsi di volta in volta, risulti che lo sviluppo della livelletta sia tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione, in termini di riduzione delle velocità e della qualità del deflusso.

Per quanto riguarda le strade di servizio è consigliabile mantenere pendenze longitudinali uguali a quelle della strada principale corrispondente.

Per strade di tipo A, B e D è opportuno, per contenere le emissioni di sostanze inquinanti e di fumi, non superare in galleria la pendenza del 4%, e ancor meno nel caso di lunghe gallerie, in relazione ai volumi ed alla composizione del traffico previsto.

5.3.2 Raccordi verticali

Possono essere realizzati con archi di cerchio (raccordi circolari) ovvero con archi di parabola quadratica ad asse verticale (raccordi parabolici).

In ragione della maggiore facilità nella descrizione analitica degli archi di parabola quadratica, di seguito si farà riferimento, in via esemplificativa, solo ad essi.

Lo sviluppo degli archi di parabola quadratica si calcola con l'espressione

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

dove Δi è la variazione di pendenza in percento delle livellette da raccordare (Fig. 5.3.2.a) ed R_v è il raggio del cerchio osculatore, nel vertice della parabola, determinato come ai paragrafi seguenti.

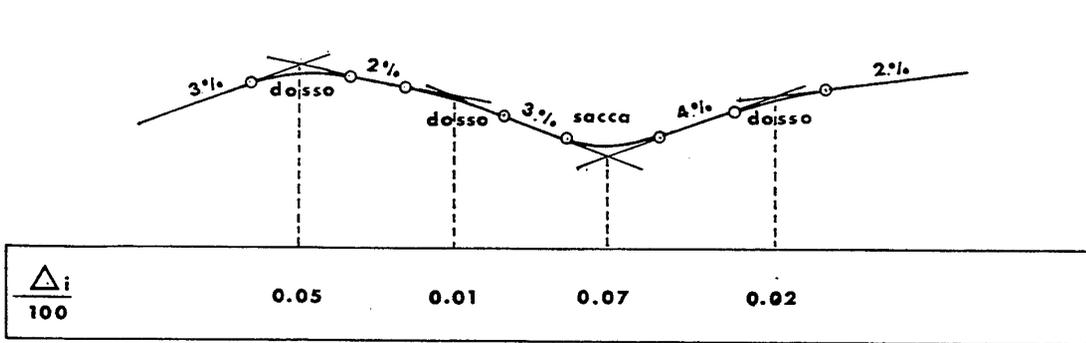


Fig. 5.3.2.a

L'arco di parabola da inserire tra due livellette ha, rispetto al riferimento cartesiano indicato nella figura 5.3.2.b, la seguente equazione

$$y = bx - ax^2$$

dove:

$$a = \text{parametro della parabola} = \frac{\Delta i}{100 \times 2L} = \frac{1}{2R_v} \quad [m^{-1}]$$

$$b = \frac{i_1}{100}$$

$$R_v = \frac{1}{2a} = \text{raggio del cerchio osculatore nel vertice A della parabola} \quad [m]$$

$$L = \frac{\Delta i}{100 \times 2A} = R_v \frac{\Delta i}{100} = \text{lunghezza dell'arco di parabola} \quad [m]$$

$$x_a = \frac{i_1}{\Delta_i} \times L = \frac{i_1}{100} \times R_v = \text{ascissa del punto a tangente orizzontale} \quad [m]$$

(punto più alto del dosso o più basso della sacca)

$$y_a = \frac{i_1}{100} \times x_a - ax_a^2 \quad [m]$$

$$f = \frac{R_v}{8} \left(\frac{\Delta i}{100} \right)^2 \quad [m]$$

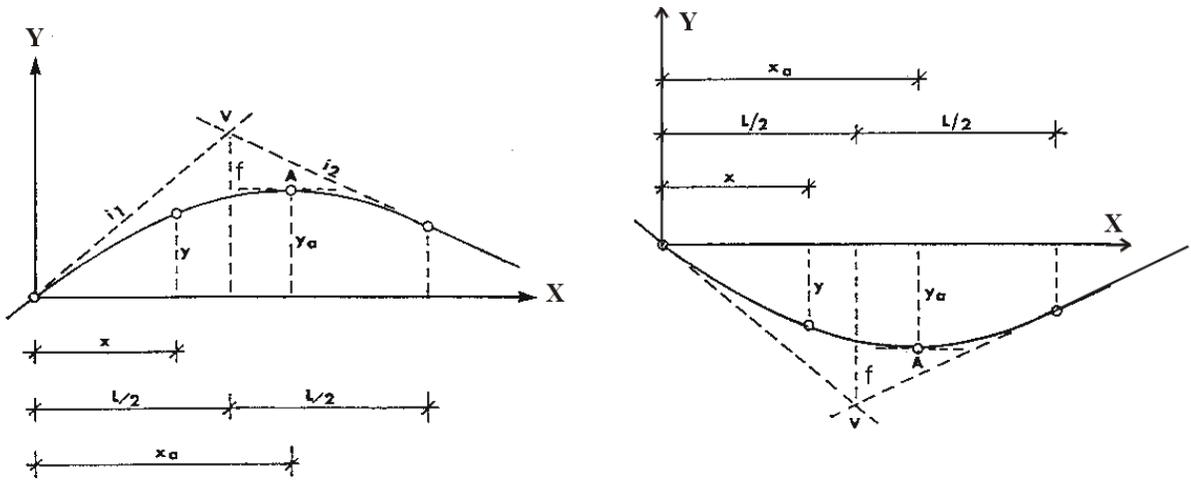


Fig. 5.3.2.b

Il valore minimo del raggio R_v (del cerchio, per i raccordi circolari, ovvero del cerchio osculatore, per i raccordi parabolici), che definisce la lunghezza del raccordo, deve essere determinato in modo da garantire:

- che nessuna parte del veicolo (eccetto le ruote) abbia contatti con la superficie stradale; ciò comporta:
 $R_v \geq R_v \text{ min} = 20 \text{ m}$ nei dossi
 $R_v \geq R_v \text{ min} = 40 \text{ m}$ nelle sacche
- che per il comfort dell'utenza l'accelerazione verticale a_v non superi il valore a_{lim} ; si ha

$$a_v = \frac{v_p^2}{R_v} \leq a_{lim}$$

dove:

v_p = velocità di progetto della curva [m/s], desunta puntualmente dal diagramma delle velocità (par. 5.4)

R_v = raggio del raccordo verticale [m]

a_{lim} = $0,6 \text{ m/s}^2$

- che vengano garantite le visuali libere di cui al par. 5.1 con i criteri di cui ai paragrafi seguenti.

In ogni caso, al di là delle verifiche secondo i criteri sopraesposti che conducono alla determinazione di raggi (del cerchio ovvero del cerchio osculatore) da intendersi come minimi, è opportuno adottare valori anche sensibilmente maggiori, al fine di garantire una corretta percezione ottica del tracciato, in particolare nei casi di piccole variazioni di pendenza delle livellette e nei casi di sovrapposizione di curve verticali con curve orizzontali (torsione dell'asse).

5.3.3 Raccordi verticali convessi (dossi)

Con riferimento alle distanze di visibilità da verificare in relazione alle situazioni progettuali assunte, e specificate al par. 5.1.4, il raggio minimo del raccordo viene determinato come di seguito.

Siano:

R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]

D = distanza di visibilità da realizzare [m]

Δ_i = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

Si distinguono due casi:

– se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

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

– se invece $D > L$

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

Si pone di norma $h_1 = 1,10$ m. In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0,10$ m. In caso di visibilità necessaria per il sorpasso si pone $h_2 = 1,10$ m.

La fig. 5.3.3.a fornisce, per diversi valori di D , le lunghezze di R_v quando $h_1 = 1,10$ m e $h_2 = 0,10$ m.

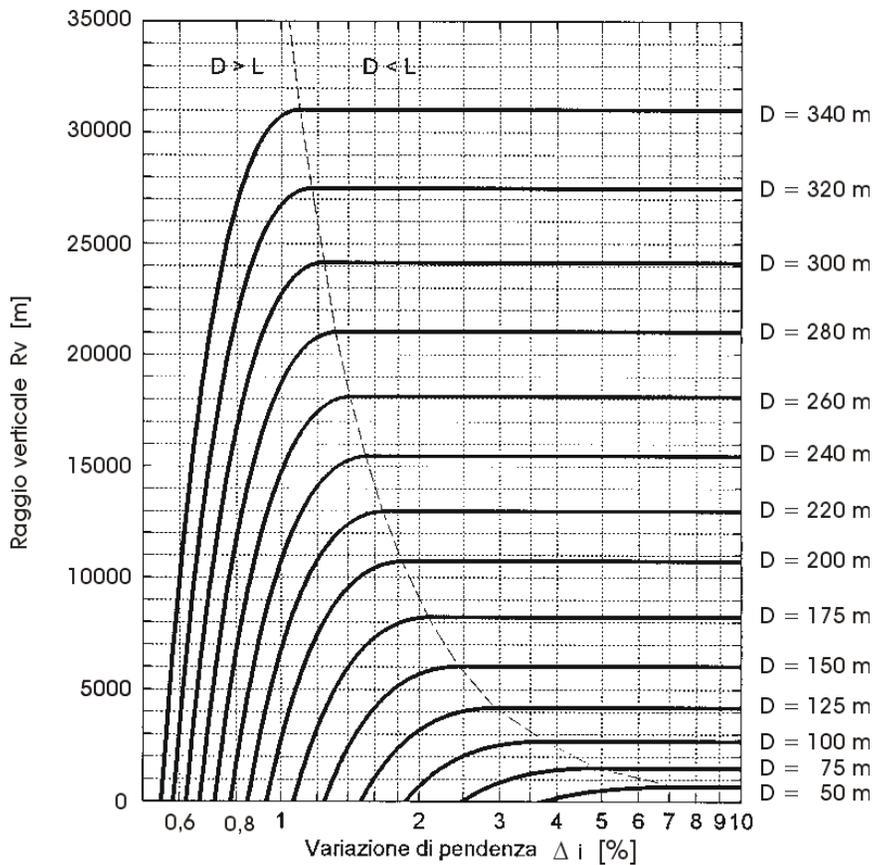


Fig. 5.3.3.a

La fig. 5.3.3.b si riferisce invece ad $h_1 = h_2 = 1,10$ m.

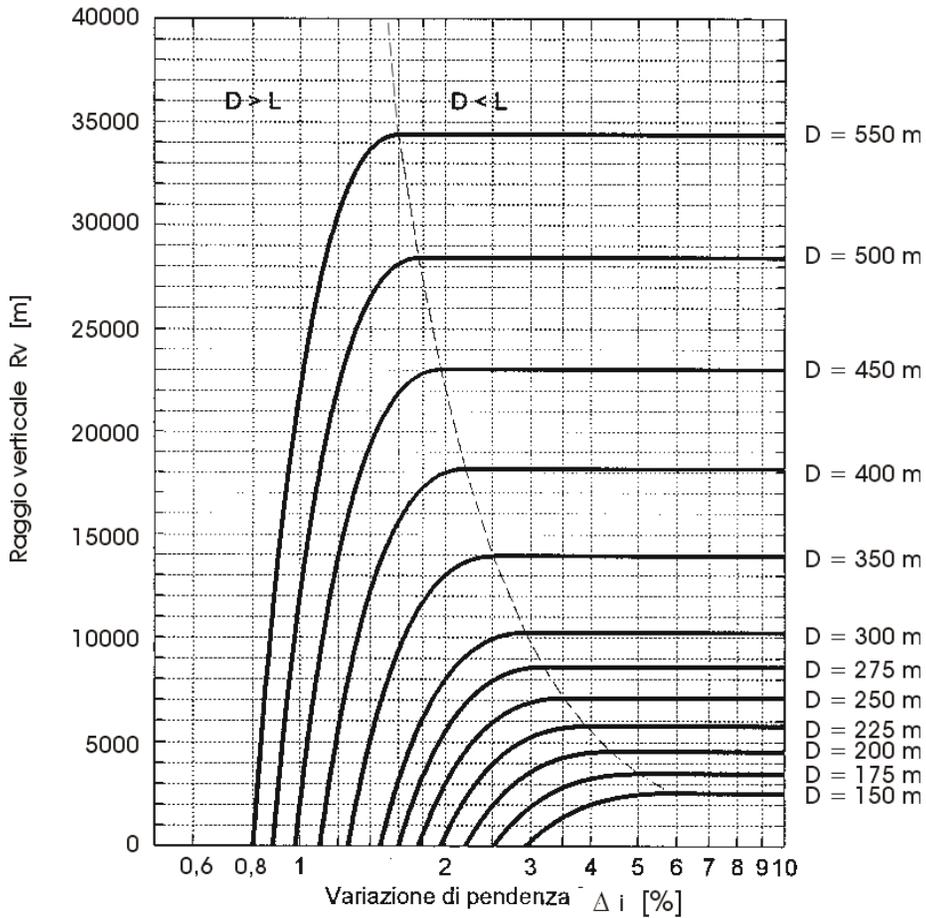


Fig. 5.3.3.b

5.3.4 Raccordi verticali concavi (sacche)

Con riferimento alla sola distanza di visibilità per l’arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso (par. 5.1.4), ed in mancanza di luce naturale, il raggio minimo del raccordo viene determinato come di seguito.

Siano:

R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l’arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m]

Δi = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

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

θ = massima divergenza verso l’alto del fascio luminoso rispetto l’asse del veicolo

Si distinguono due casi:

- se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

- se invece $D > L$

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

ponendo $h = 0,5 \text{ m}$ e $\theta = 1^\circ$ si hanno i valori di R_v riportati nella figura 6.3.4.a

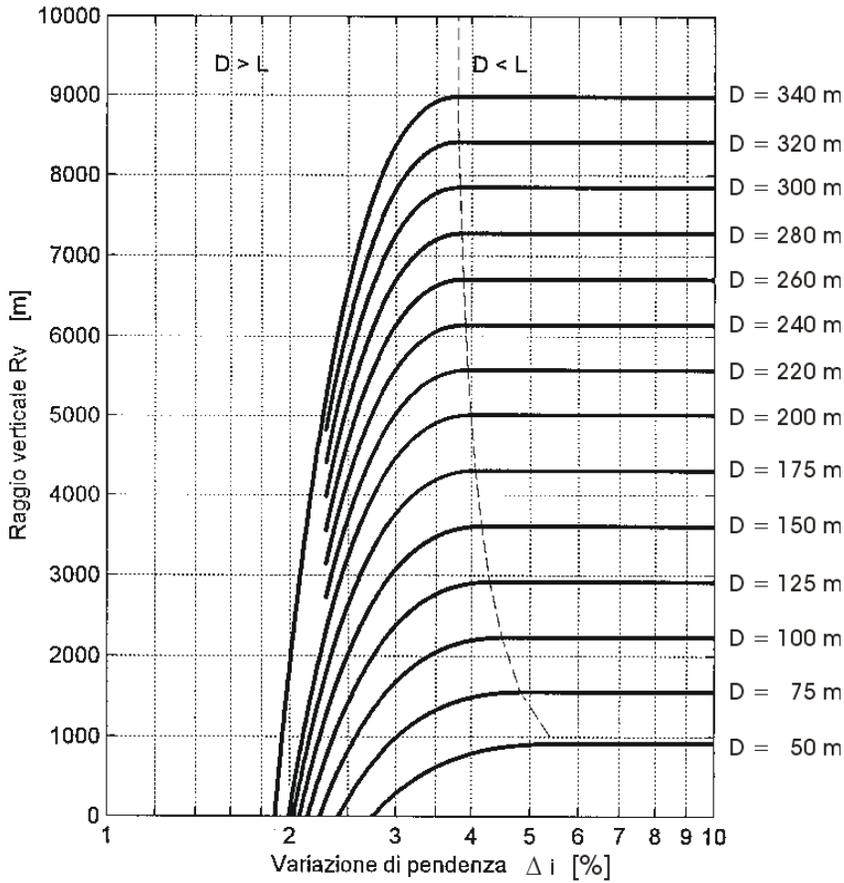


Fig. 5.3.4.a

5.4 DIAGRAMMA DELLE VELOCITA'

La verifica della correttezza della progettazione comporta la redazione del diagramma di velocità per ogni senso di circolazione.

Come indicato al cap. 2 ed evidenziato nella tabella 3.4.a, ad ogni tipo di strada sono associati un limite inferiore ed uno superiore per le velocità di progetto degli elementi plano-altimetrici che compongono il suo asse.

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce, sulla base delle caratteristiche del tracciato planimetrico e delle limitazioni di velocità imposte, calcolando l'andamento della velocità di progetto, che deve essere contenuto nei limiti di cui sopra.

Il modello semplificato di variazione della velocità lungo il tracciato, che di seguito si presenta, si basa sulle seguenti ipotesi:

- in rettilineo, sugli archi di cerchio con raggio non inferiore a $R_{2,5}$ (par. 5.2.4), e nelle clotoidi, la velocità di progetto tende al limite superiore dell'intervallo; gli spazi di accelerazione conseguenti all'uscita da una curva circolare, e quelli di decelerazione per l'ingresso a detta curva, ricadono soltanto negli elementi considerati (rettilineo, curve ampie con $R > R_{2,5}$ e clotoidi);
- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve con raggio inferiore a $R_{2,5}$, e si determina dagli abachi 5.2.4.a e 5.2.4.b;
- i valori dell'accelerazione e della decelerazione restano determinati sempre in $1,0 \text{ m/s}^2$, eccetto le decelerazioni da effettuare per impostare le intersezioni che, per la loro natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincolano la velocità di percorrenza libera dei veicoli⁽²⁾: in questi casi si utilizza il valore di $1,5 \text{ m/s}^2$;
- in corrispondenza delle intersezioni che, per la loro natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincolano la velocità di percorrenza libera dei veicoli, si applica una velocità pari a zero in corrispondenza dei segnali di "fermarsi e dare precedenza";
- STOP) e, comunque, si applicano alla zona di intersezione le velocità di percorrenza libera per esse ammissibili in ragione alla configurazione geometrica della strada ed alle traiettorie veicolari;
- l'imposizione di un limite di velocità in una tratta vincola, in quella tratta, il diagramma di velocità al raggiungimento, al massimo, di una velocità limite (V_{lim}) pari al limite di velocità + 10 km/h;
- si assume che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

(2) Ad esempio: le rotatorie, le intersezioni canalizzate, le intersezioni a precedenza, etc.

5.4.1 Lunghezza di transizione

La lunghezza di transizione D_T è la lunghezza in cui la velocità, conformemente al modello teorico ammesso, passa dal valore V_{p1} a quello V_{p2} , competenti a due elementi che si succedono.

D_T (in metri) è dato dalla seguente espressione:

$$D_T = \frac{\Delta V \times V_m}{12,96 \times a}$$

dove:

ΔV = differenza di velocità ($V_{p1} - V_{p2}$) [km/h]

V_m = velocità media tra due elementi [km/h]

a = accelerazione o decelerazione $\pm 1,0$ ovvero $-1,5$ [m/s²]

5.4.2 Distanza di riconoscimento

Per distanza di riconoscimento D_r s'intende la lunghezza massima del tratto di strada entro il quale il conducente può riconoscere eventuali ostacoli e avvenimenti. Essa è funzione della velocità e può essere calcolata in metri con la relazione:

$$D_r = t \times v_p$$

con:

$t = 12$ s

v_p , espressa in m/s, è da intendersi riferita all'elemento di raggio maggiore

Secondo questo modello l'apprezzamento di una variazione del tracciato, che consente al conducente di modificare la sua velocità, può avvenire solo all'interno della distanza di riconoscimento e quindi, per garantire la sicurezza della circolazione:

in caso di decelerazioni la distanza di transizione deve avere una lunghezza non superiore alla distanza di riconoscimento

$$D_T \leq D_r$$

ed inoltre perché la variazione di curvatura sia effettivamente percepita deve essere

$$D_T \leq D_V$$

dove con D_V si indica la distanza di visuale libera nel tratto che precede la curva circolare o l'intersezione.

5.4.3 Costruzione del diagramma delle velocità

Per chiarezza operativa è opportuno predisporre preliminarmente il diagramma delle curvature dell'asse stradale (con indicate anche le intersezioni che, per la loro natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincolano la velocità di percorrenza libera dei veicoli), associandolo alle velocità di progetto nei tratti a curvatura costante e nelle intersezioni e quindi individuando i punti di inizio delle manovre di accelerazione (O) e quelli finali per le decelerazioni (□). La distanza D indicata nei grafici successivi assomma le lunghezze dei raccordi di transizione e dell'eventuale rettifilo interposto, il tutto fra i punti di tangenza di due curve circolari successive.

Il diagramma delle velocità si ottiene riportando le D_T relative alle manovre di accelerazione o decelerazione dai rispettivi punti di inizio (O) o di fine (□).

Come si può osservare nella figura 5.4.3.a e nella tabella 5.4.3.b, i casi che si possono presentare dipendono dal rapporto fra le lunghezze D e D_T , cioè

$$D > D_T$$

$$D = D_T$$

$$D < D_T$$

DIAGRAMMA DELLE CURVATURE

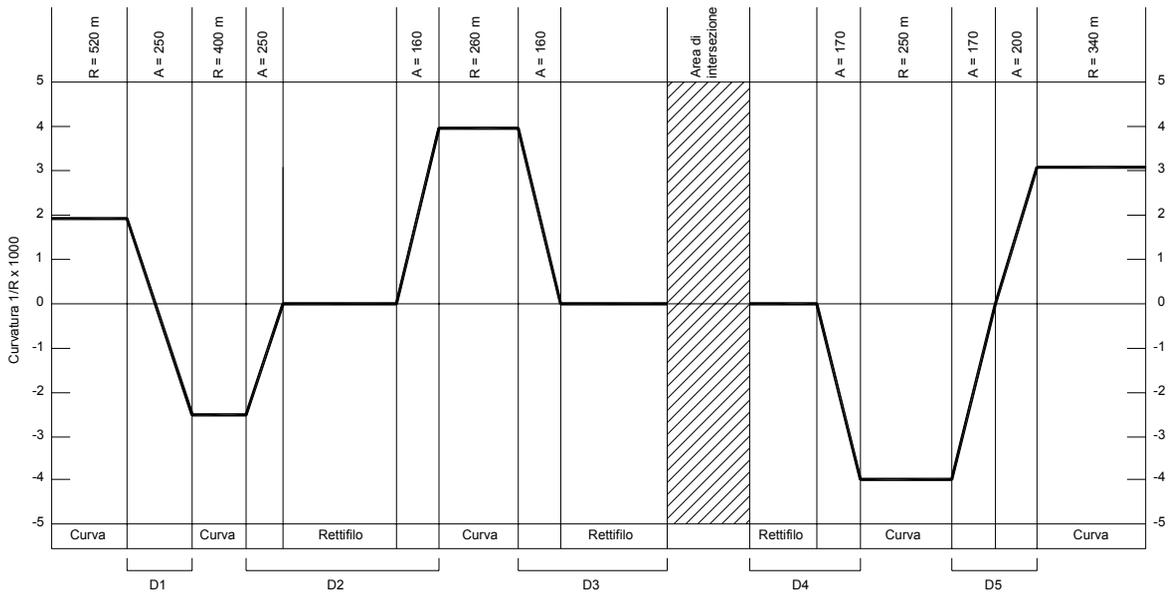


DIAGRAMMA DELLE VELOCITA' (1)

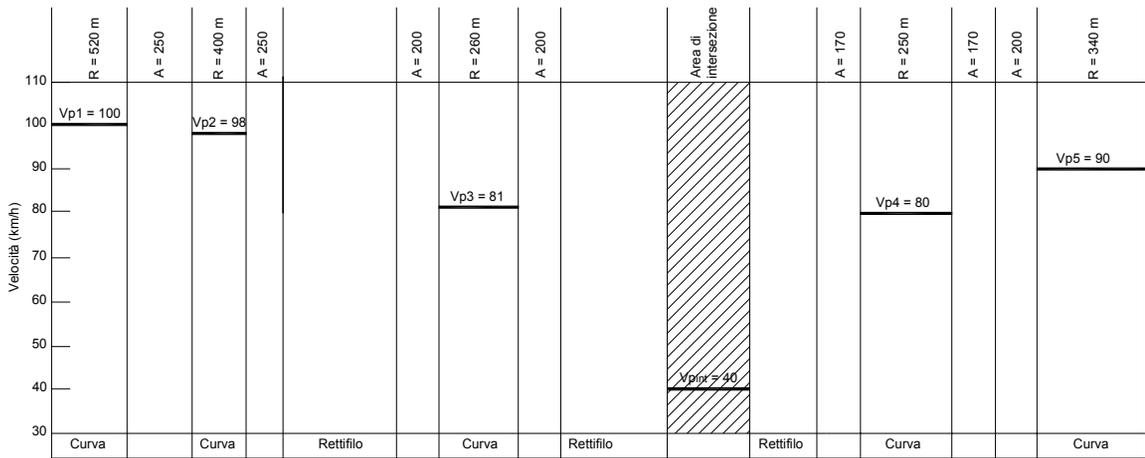


DIAGRAMMA DELLE VELOCITA' (2)

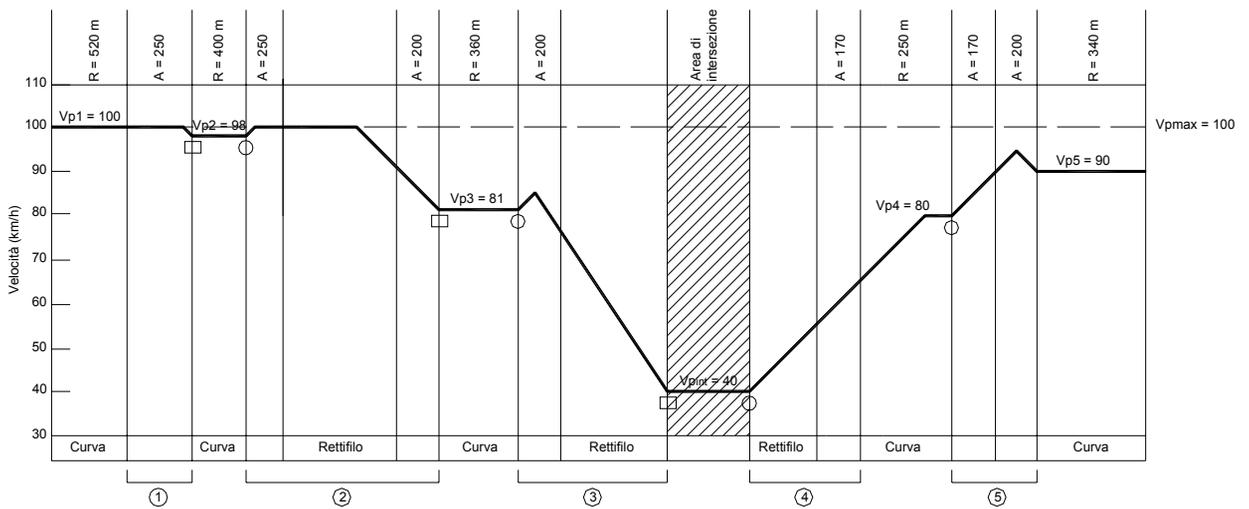


Fig. 5.4.3.a

1	$V_{pmax} = V_{p1} > V_{p2}$	$D_1 > D_T$	D_T : lunghezza di transizione per decelerare da V_{p1} a V_{p2}	$V_{p1} - V_{p2} \leq 10$ accett.
2	$V_{pmax} > V_{p2} > V_{p3}$	$D_2 > (D_{T2} + D_{T3})$	D_{T2} : lunghezza di transizione per accelerare da V_{p2} a V_{pmax} D_{T3} : lunghezza di transizione per decelerare da V_{pmax} a V_{p3}	$V_{p2} - V_{p3} \leq 20$ accett. $V_{pmax} - V_{p3} > 10$ non accett.
3	$V_{pmax} > V_{p3} > V_{pint}$	$D_3 > D_T$	D_T : lunghezza di transizione per decelerare da V_{p3} a V_{pint}	-
4	$V_{pint} < V_{p4} < V_{pmax}$	$D_4 < D_T$	D_T : lunghezza di transizione per accelerare da V_{pint} a V_{p4}	-
5	$V_{p4} < V_{p5} < V_{pmax}$	$D_5 > D_T$	D_T : lunghezza di transizione per accelerare da V_{p4} a V_{p5}	$V_{p5} - V_{p4} \leq 20$ accett.

Tabella 5.4.3.b

5.4.4 Esame del diagramma delle velocità.

Il diagramma di velocità è sempre un riferimento utile per la progettazione di tutti quegli elementi geometrici che, in relazione a quanto evidenziato nei paragrafi precedenti, hanno caratteristiche geometriche dipendenti dalla velocità di percorrenza.

Per tutte le strade, inoltre, i valori delle velocità del diagramma di velocità sono finalizzate alla verifica della visibilità per l'arresto. Nel caso in cui essa venisse a mancare sarà necessario applicare delle variazioni geometriche del tracciato volte a ridurre la velocità di percorrenza ovvero ad eliminare ogni vincolo esistente all'ottenimento della sufficiente distanza di visibilità.

Qualora anche le azioni di cui le variazioni geometriche di cui sopra non risultassero sufficienti, sarà possibile procedere preferibilmente operando un allargamento limitato (indicativamente inferiore ai 2 m) della carreggiata ovvero applicando limitazioni di velocità (anche associate all'utilizzo di specifiche misure tecniche di mitigazione della velocità) tali da imporre una velocità inferiore a quella che sarebbe consentita dalla sola geometria dell'asse, ma comunque uguale o superiore al limite inferiore dell'intervallo di velocità di progetto che contraddistingue la tipologia stradale di riferimento e non inferiore al 75% del valore della velocità risultante dalla lettura del diagramma di velocità.

Tutti gli allargamenti realizzati per le motivazioni di cui al presente paragrafo devono essere approntati in modo tale da scoraggiarne l'uso da parte dell'utenza.

Nel caso di apposizione di limite di velocità si deve provvedere a ricostruire il diagramma di velocità così come indicato in figura 5.4.4.a ed in tabella 5.4.4.b.

Per le strade di tipo E e F urbane, con limiti di velocità ≤ 50 km/h, non è necessario effettuare altre verifiche.

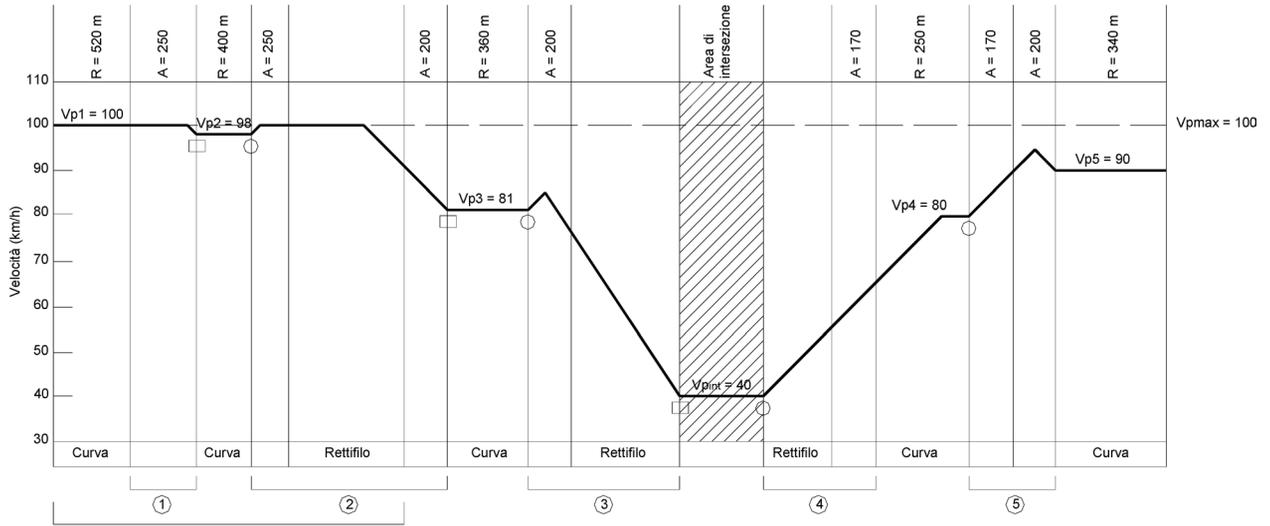
Per tutte le altre strade, invece, una volta ottenuto il diagramma di velocità e verificato che le condizioni precedentemente indicate sulle distanze di transizione D_T , risultano soddisfatte, occorre assicurarsi che il tracciato possa essere ritenuto omogeneo per entrambi i sensi di circolazione.

In particolare deve essere verificato che nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} (la massima velocità ammessa su tutto il tracciato in progetto) a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10 km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20 km/h, è indicativamente consigliabile che non superi i 15 km/h⁽⁶⁾.

(6) Queste verifiche non devono essere effettuate per le relazioni:

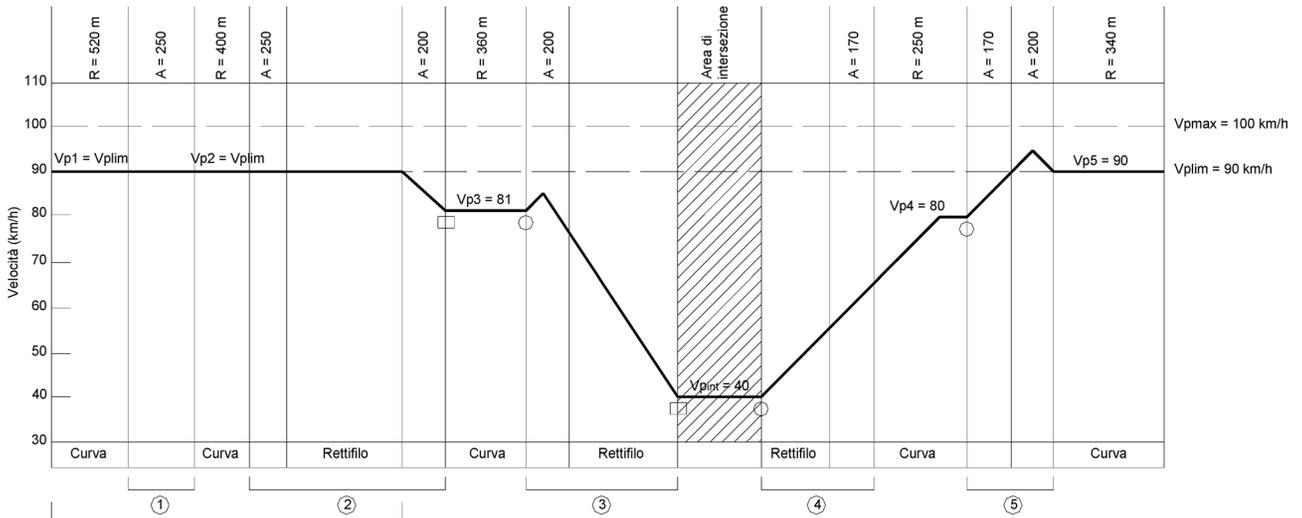
- tra un rettilineo percorso a V_{pmax} e la successiva intersezione che, per la sua natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincola la velocità di percorrenza libera dei veicoli;
- tra una curva e la successiva intersezione che, per la sua natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincola la velocità di percorrenza libera dei veicoli;
- tra due curve con tra di esse interposta un'intersezione che, per la sua natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincola la velocità di percorrenza libera dei veicoli;
- tra un rettilineo percorso a V_{pmax} ed una curva con tra di essi interposta un'intersezione che, per la sua natura geometrica o per le modalità di regolamentazione delle manovre, vincola la velocità di percorrenza libera dei veicoli.

DIAGRAMMA DELLE VELOCITA' (Prima dell'imposizione del limite di velocità)



In questa area si verificano problemi di rispetto della distanza di visibilità

DIAGRAMMA DELLE VELOCITA' (Dopo l'imposizione del limite di velocità)



Imposizione di un limite di velocità di 80 km/h (che contribuisce a risolvere il problema della distanza di visibilità)

Fig. 5.4.4.a

1	$V_{plim} = V_{p1} = V_{p2}$	$D_1 > D_T$	$D_T = 0$	$V_{p1} - V_{p2} \leq 10$ accett.
2	$V_{plim} = V_{p2} > V_{p3}$	$D_2 > D_T$	D_T : lunghezza di transizione per decelerare da V_{plim} a V_{p3}	$V_{p2} - V_{p3} \leq 20$ accett.
3	$V_{pmax} > V_{p3} > V_{pint}$	$D_3 > D_T$	D_T : lunghezza di transizione per decelerare da V_{p3} a V_{pint}	-
4	$V_{pint} < V_{p4} < V_{pmax}$	$D_4 < D_T$	D_T : lunghezza di transizione per accelerare da V_{pint} a V_{p4}	-
5	$V_{p4} < V_{p5} < V_{pmax}$	$D_5 > D_T$	D_T : lunghezza di transizione per accelerare da V_{p4} a V_{p5}	$V_{p5} - V_{p4} \leq 20$ accett.

Tabella 5.4.4.b

Poiché si tratta di una verifica globale sulle scelte puntuali dei vari elementi di un tracciato, nel caso le condizioni sopra espresse non siano verificate, anche solo in singole parti, occorrerà procedere, secondo quanto già precedentemente indicato, alla ridefinizione delle caratteristiche geometriche del tracciato ovvero all'imposizione di adeguate limitazioni di velocità.

5.5 COORDINAMENTO PLANO - ALTIMETRICO

Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, occorre coordinare opportunamente l'andamento planimetrico dell'asse con il profilo longitudinale. Un valido strumento di controllo di tale coerenza è fornito dalla rappresentazione prospettica del tracciato.

5.5.1 Posizione del raccordo verticale: osservazioni indicative

Quando un raccordo verticale è situato in un tratto ad andamento rettilineo ed è sufficientemente distante dai punti di tangenza delle curve planimetriche, la percezione del tracciato è corretta. Se non è possibile evitare la sovrapposizione dei due elementi curvilinei, è opportuno far coincidere il vertice del raccordo verticale con quello della curva planimetrica. In tal caso, il risultato ottimale dal punto di vista ottico lo si ottiene se la lunghezza dei due raccordi è dello stesso ordine.

Nei tratti con andamento planimetrico sinuoso è opportuno evitare cambiamenti di pendenza longitudinale.

5.5.2 Difetti di coordinamento fra elementi planimetrici ed altimetrici: osservazioni indicative

Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso. Se ciò si verifica, risulta mascherato il cambiamento di direzione in planimetria.

Un miglioramento del quadro prospettico lo si ottiene anticipando l'inizio dell'elemento curvilineo planimetrico quanto più possibile.

Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo. Se ciò si verifica la visione prospettica dei cigli presenta una falsa piega.

Quando non sia possibile spostare i due elementi in modo che le posizioni dei rispettivi vertici coincidano, un miglioramento della qualità ottica del tracciato lo si ottiene imponendo che il rapporto fra il raggio verticale R_v ed il raggio della curva planimetrica R sia ≥ 6 .

Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo. In questo caso, la visione prospettica di uno dei cigli presenta difetti di continuità.

Per correggere tale difetto occorre aumentare il più possibile il rapporto R_v/R in modo che gli sviluppi dei due raccordi coincidano.

Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica. Anche in questo caso nelle linee di ciglio si presentano evidenti difetti di continuità ed inoltre si percepisce un restringimento della larghezza della sede stradale che può indurre l'utente ad adottare comportamenti non rispondenti alla reale situazione del tracciato.

Questo difetto può essere ancora corretto portando a coincidere i vertici dei due elementi.

Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica. Anche in questo caso la visione prospettica è falsata e l'utente percepisce un falso restringimento della larghezza della sede stradale.

Per ovviare a tale difetto si provvede come nel caso precedente.

5.5.3 Perdita di tracciato: osservazioni indicative

Quando un raccordo concavo segue un raccordo convesso, nel quadro prospettico dell'utente può rimanere mascherato un tratto intermedio del tracciato. Si definisce questa situazione come "perdita di tracciato" (vedi figura 5.5.3.a). Questa perdita può disorientare l'utente quando il tracciato ricompare ad una distanza inferiore a quella riportata nella tabella seguente.

Velocità [km/h]	25	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Distanza di ricomparsa [m]	150	180	220	280	350	420	500	560	640	720	800	860	930	1000

Occorre evitare queste situazioni, in particolare, quando mascherano intersezioni o cambiamenti di direzione.

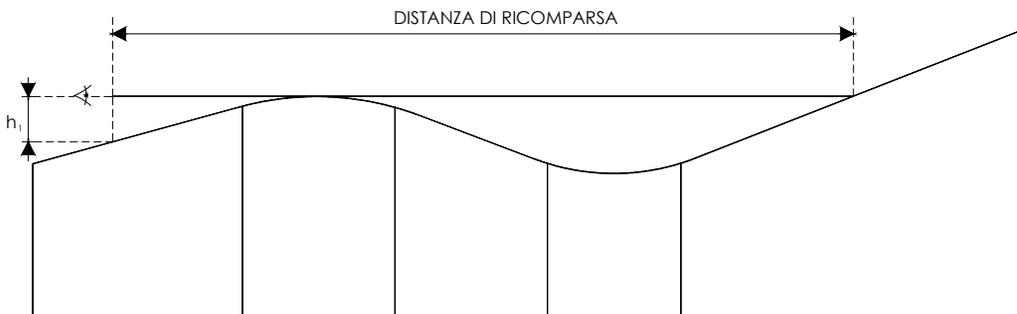


Fig. 5.5.3.a

ALLEGATO 2

PROGETTAZIONE DELLE ZONE DI INTERSEZIONE

1. GENERALITÀ.....	71
2. DEFINIZIONI.....	77
2.1 DEFINIZIONI.....	77
3. INTERSEZIONI A RASO.....	78
A - LE INTERSEZIONI A RASO DI TIPO ROTATORIO.....	78
3.A.1 Generalità.....	78
3.A.1.1 In quali casi è ragionevole realizzare una rotatoria.....	78
3.A.1.2 Quali caratteristiche garantiscono una maggiore sicurezza.....	78
3.A.2 Verifiche di capacità.....	79
3.A.2.1 Il calcolo della capacità delle rotatorie.....	79
3.A.2.2 Quali caratteristiche consentono un aumento di capacità.....	80
3.A.3 Diverse tipologie di rotatorie.....	80
3.A.4 Configurazione geometrica e allineamento strade.....	81
3.A.5 Visibilità e percezione.....	81
3.A.6 Deflessione.....	82
3.A.7 Pendenze e scolo acque meteoriche.....	83
3.A.8 Geometria degli elementi.....	83
3.A.8.1 Isola centrale.....	83
3.A.8.2 Carreggiata anulare.....	84
3.A.8.3 Ingressi.....	85
3.A.8.4 Uscite.....	85
3.A.8.5 Isole direzionali.....	85
3.A.8.6 Svolta a destra svincolata.....	85
3.A.8.7 Tabella riepilogativa.....	86
3.A.9 Particolari attenzioni per le diverse tipologie di utenti.....	87
3.A.9.1 Pedoni e ciclisti.....	87
3.A.9.2 Trasporto pubblico locale.....	87
3.A.9.3 Trasporti eccezionali.....	88
3.A.10 Segnaletica orizzontale e verticale.....	89
3.A.11 Barriere di sicurezza.....	89
3.A.12 Illuminazione.....	89
B - LE INTERSEZIONI A RASO CANALIZZATE.....	90
3.B.1 Generalità.....	90
3.B.1.1 In quali casi è ragionevole realizzare una intersezione canalizzata.....	90
3.B.1.2 Quali caratteristiche consentono una maggiore sicurezza.....	91
3.B.2 Configurazione geometrica e allineamento degli assi stradali.....	92
3.B.3 Diverse tipologie di intersezioni canalizzate a raso.....	92
3.B.4. Visibilità e percezione.....	92
3.B.4.1 Visibilità.....	92
3.B.4.1.1 IL TEMPO DI MANOVRA.....	93
3.B.4.1.2 LA VELOCITÀ DI RIFERIMENTO.....	93
3.B.4.1.3 COLLOCAZIONE PLANIMETRICA DEI PUNTI DI OSSERVAZIONE.....	93
3.B.4.1.4 COLLOCAZIONE ALTIMETRICA DEI RIFERIMENTI VISIVI.....	93
3.B.4.1.5 LA DISTANZA DI VISIBILITÀ PRINCIPALE.....	93
3.B.4.1.6 INDICAZIONI GENERALI.....	94
3.B.4.2. Percezione.....	94
3.B.5 Pendenze e scolo acque meteoriche.....	95
3.B.6 Geometria degli elementi.....	95
3.B.6.1 Corsie di accumulo.....	95

3.B.6.2 Corsie di decelerazione	99
3.B.6.3 Corsie di accelerazione	100
3.B.6.4 Zone di scambio	101
3.B.6.5 Corsie di immissione nella mezzera stradale	103
3.B.6.6 Allargamento della banchina pavimentata nelle intersezioni a T	104
3.B.6.7 Geometria dei margini stradali	104
3.B.6.8 Criteri di inserimento delle diverse tipologie di intersezioni a raso canalizzate	105
3.B.6.9 Isole di canalizzazione	106
3.B.6.8.1 ISOLE DIVISIONALI	106
3.B.6.8.2 ISOLE A GOCCIA	106
3.B.6.8.3 ISOLE DIREZIONALI	107
3.B.6.8.4 ISOLE SALVAPEDONE	107
3.B.7 Particolari attenzioni per le diverse tipologie di utenti	107
3.B.7.1 Pedoni e ciclisti	107
3.B.7.2 Trasporto pubblico locale	108
3.B.7.3 Trasporti eccezionali	108
3.B.8 Segnaletica orizzontale e verticale	108
3.B.9 Barriere di sicurezza	108
3.B.10 Illuminazione	108
4. INTERSEZIONI A LIVELLI SFALSATI	109
4.1 GENERALITÀ	109
4.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE RAMPE DI SVINCOLO	109
4.2.1 Velocità di progetto	109
4.2.2 Caratteristiche planoaltimetriche	109
4.3 DIMENSIONAMENTO FUNZIONALE DELLE CORSIE DI SVINCOLO	110
4.3.1 Larghezza delle corsie	110
4.3.2 Lunghezze dei tratti specializzati	110
4.3.3 Geometria dei margini stradali	110
4.4 PENDENZE E SCOLO DELLE ACQUE METEORICHE	111
4.5 SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE	111
4.6 BARRIERE DI SICUREZZA	111
4.7 ILLUMINAZIONE	111

1. GENERALITÀ

Nell'ambito di questo documento le intersezioni vengono suddivise in due macrotipologie:

- intersezioni a raso (di tipo rotatorio e canalizzate);
- intersezioni a livelli differenziati.

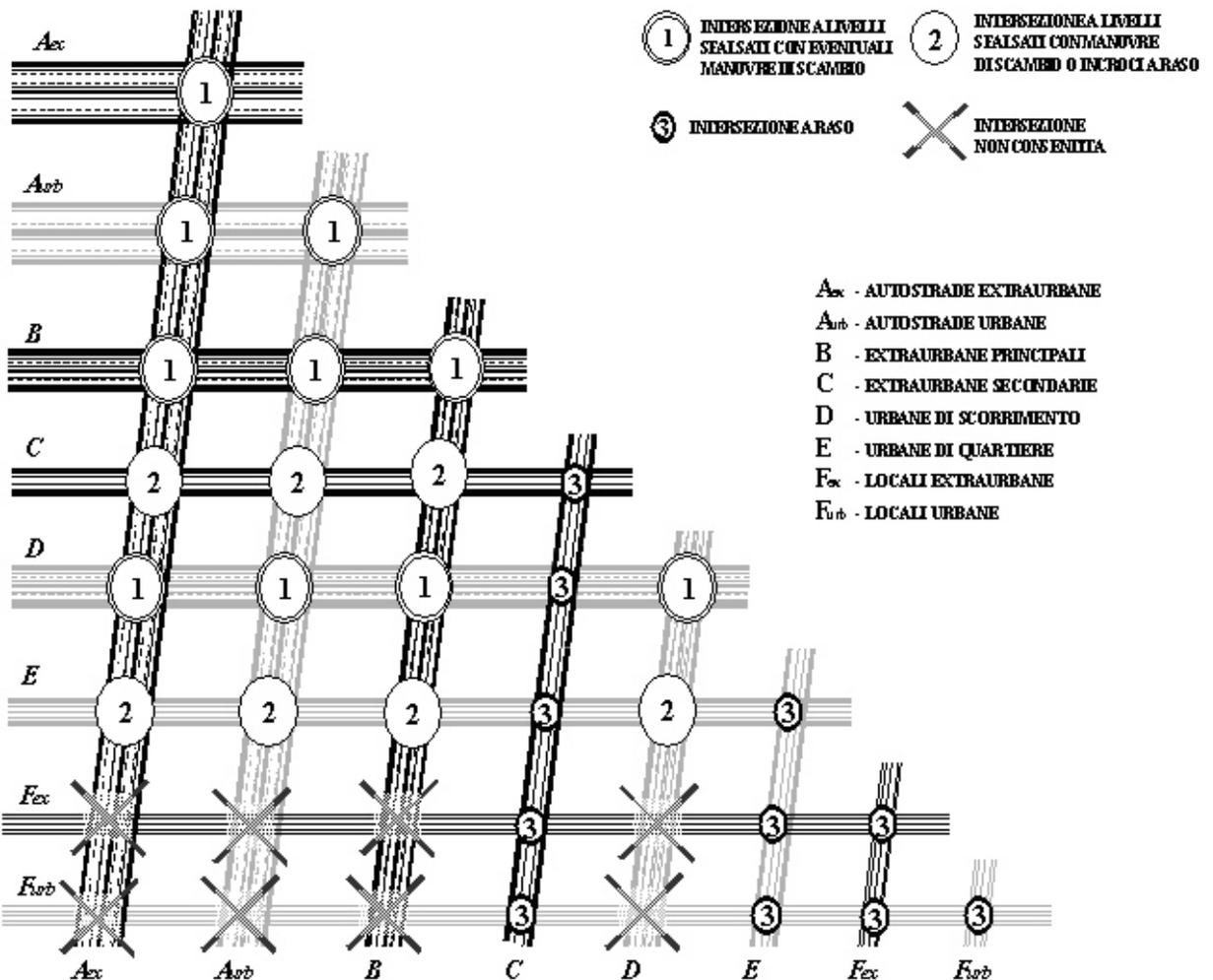
Nei capitoli che seguono, per ciascuna di queste tipologie vengono esplicitati i criteri a cui attenersi nella progettazione dei vari elementi che le compongono.

Come riferimento indicativo per la scelta delle tipologia delle intersezioni tra due o più assi intersecantisi si evidenziano nelle tabelle 1.1, 1.2 ed 1.3 alcune modalità di soluzione geometrica dei nodi.

In particolare la tabella 1.1 fa riferimento alle categorie geometriche delle strade ex art. 2 del Nuovo Codice della Strada (Tipo A, B, C, D, E, F). In questa tabella, laddove le connessioni sono ammesse, si dà un'indicazione, in relazione alle nuove realizzazioni, circa il modo di risoluzione della stesse; l'indicazione determina la possibilità o meno che in corrispondenza del nodo possano essere presenti punti di conflitto tra le manovre di svolta. Tale possibilità è correlata, per evidenti motivi di sicurezza della circolazione, al mantenimento in corrispondenza del nodo della sezione corrente per le strade a carreggiate separate. Nel caso di nodo in cui le strade confluenti in esso sono tutte a carreggiate separate, la connessione sarà risolta con una intersezione a livelli sfalsati, ammettendo eventualmente per le sole correnti di svolta manovre di scambio; questi casi nella tabella vengono indicati come nodi di tipo 1.

Laddove una delle strade che convergono nel nodo è di un tipo per il quale la sezione trasversale è prevista ad unica carreggiata, possono essere ammesse su tale strada manovre a raso di svolta a sinistra, mentre l'incrocio fra le correnti principali va risolto sfalsando i livelli (nodo di tipo 2). Laddove le due strade che si considerano appartengano a tipi per i quali la sezione trasversale prevista è ad unica carreggiata, l'intersezione potrà essere risolta a raso (nodo di tipo 3).

Nelle tabelle 1.2 e 1.3 si dà invece indicazione della tipologia di intersezione da adottare nella risoluzione di un nodo in relazione alla classe funzionale regionale eventualmente correlata alle strade intersecantisi: in tabella 1.2 si forniscono indicazioni per la rete esistente, in tabella 1.3 si danno invece le caratteristiche tecniche ottimali per le strade di nuova realizzazione. Per le autostrade (caso non evidenziato nelle tabelle 1.2 e 1.3) si devono realizzare sempre intersezioni a livelli sfalsati.



Tab. 1.1 Tipologia delle intersezioni

Nelle successive tabelle 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 per ciascuna classe funzionale regionale ed in relazione alle categorie geometriche da Codice della Strada, si dà un'informazione indicativa circa la distanza minima accettabile tra due successive intersezioni lungo un asse viario. Anche in queste tabelle si forniscono due livelli di analisi: l'uno per la rete esistente, l'altro per la realizzazione di nuovi interventi.

Per quanto riguarda le autostrade, per le quali non si danno indicazioni nelle tabelle, è comunque opportuno che due intersezioni successive non siano mai a distanze inferiori a 2 km.

Tutte le informazioni contenute nell'ambito delle tabelle di cui al presente capitolo dovranno comunque adeguarsi alle specificità dell'intersezione in analisi. In particolare si dovranno considerare l'entità e la tipologia dei flussi che impegneranno l'intersezione, la distribuzione percentuale delle manovre di svolta e le caratteristiche morfologiche dell'ambito su cui insiste l'intersezione.

Classe funzionale regionale	Tipo CNR		Frequenza massima intersezioni	
			Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria
R1	A		-	-
	B		Una ogni 1,5 km.	Una ogni 1,5 km.
	C		Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.
	D		Una ogni 700 m.	Una ogni 700 m.
	E		Una ogni 500 m.	-
	F	urbana	Una ogni 500 m.	-
		extraurbana	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con le sole svolte a destra ogni 500 m.	-

Tab. 1.4 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale R1

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Frequenza massima intersezioni		
		Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria	
R2	A	-	-	
	B	Una ogni 1,5 km.	Una ogni 1,5 km.	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	
	D	Una ogni 700 m.	Una ogni 700 m.	
	E	Una ogni 500 m.	-	
	F	urbana	Una ogni 500 m.	-
		extraurbana	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con le sole svolte a destra ogni 500 m.	-

Tab. 1.5 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale R2

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Frequenza massima intersezioni		
		Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria	
P1	A	-	-	
	B	-	-	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m. Intersezioni semaforizzate: una ogni 1,5 km.	Una ogni km. Intersezioni semaforizzate: una ogni 1,5 km.	
	D	-	-	
	E	Una ogni 300 m.	Una ogni 300 m.	
	F	urbana	Una ogni 300 m.	-
		extraurbana	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate ogni 500 m.	

Tab. 1.6 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale P1

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Frequenza massima intersezioni		
		Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria	
P2	A	-	-	
	B	-	-	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m. Intersezioni semaforizzate: una ogni 1,5 km.	Una ogni km.	
	D	-	-	
	E	Una ogni 300 m.	Una ogni 300 m.	
	F	urbana	Una ogni 300 m.	-
		extraurbana	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate ogni 500 m.	

Tab. 1.7 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale P2

Classe funzionale regionale	Tipo CNR	Frequenza massima intersezioni		
		Norme di salvaguardia della rete viaria esistente	Nuovi interventi sulla rete viaria	
L	A	-	-	
	B	-	-	
	C	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate con sole svolte a destra ogni 500 m.	-	
	D	-	-	
	E	Nessun limite.	Una ogni 300 m.	
	F	urbana	Nessun limite.	Una ogni 300 m.
		extraurbana	Una ogni 500 m.	Una ogni km. Possibilità di inserimento di intersezioni canalizzate ogni 500 m.

Tab. 1.8 Tipologia e frequenza delle intersezioni per strade di classe funzionale L

2. DEFINIZIONI

2.1 DEFINIZIONI

Intersezione a raso

Area comune a più strade, organizzata in modo da consentire lo smistamento delle correnti di traffico dall'una all'altra di esse.

Intersezione a livelli sfalsati

Insieme di infrastrutture (sovrappassi, sottopassi e rampe) che consente lo smistamento delle correnti veicolari fra rami di strade poste a livelli diversi.

Zona di intersezione

L'area che comprende le intersezioni (a raso o a livelli sfalsati) e la parte di ognuna delle strade intersecatesi dall'intersezione sino al ripristino della sezione e/o delle caratteristiche planimetriche correnti di ciascuna strada (vedi figura 2.1.a).

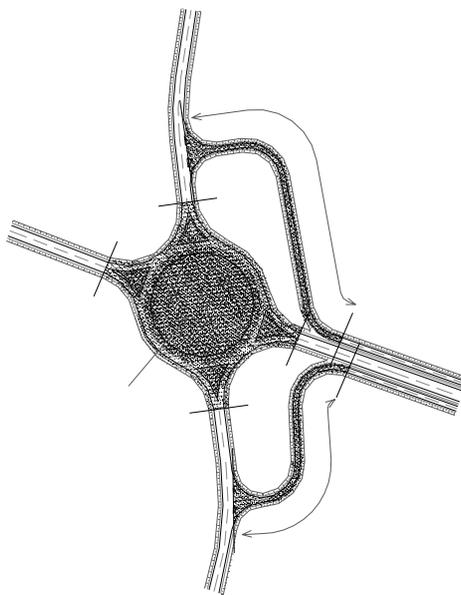


Fig. 2.1.a

Anello (carreggiata anulare)

Carreggiata stradale di forma anulare comprensiva di corsie e banchine transibili, delimitata all'interno dall'isola centrale.

Anello interno sormontabile (corona sormontabile)

Parte dell'isola centrale di forma anulare e larghezza variabile, rialzata dalla carreggiata anulare per consentire solo ai mezzi pesanti il suo sormonto.

Capacità

Flusso veicolare massimo che ogni singolo braccio d'ingresso alla rotatoria può supportare.

Deflessione

Modifica di una traiettoria veicolare rispetto ad un andamento rettilineo dovuto alla presenza dell'isola centrale.

Flussi veicolari

Numero dei veicoli, espresso in termini di veicoli equivalenti, in una determinata sezione stradale.

Isola direzionale

Isola insormontabile che separa le manovre di ingresso e uscita in una rotatoria.

Leggibilità/Percezione

Capacità di una strada/intersezione (e dei loro apprestamenti/elementi costitutivi) di dare agli utenti della strada una giusta immagine, facilmente riconoscibile, della natura e della tipologia dell'infrastruttura, del suo utilizzo, del proprio migliore comportamento di utilizzo, dei possibili movimenti di altri utenti.

Rotatoria

Intersezione stradale composta da un'isola centrale insormontabile o parzialmente sormontabile, solitamente di forma circolare, attorno alla quale si sviluppa una carreggiata a senso unico percorribile in senso antiorario sulla quale si innestano differenti strade.

Minirotatoria

Intersezione stradale composta da un'isola centrale parzialmente o totalmente sormontabile di ridotte dimensioni, solitamente di forma circolare, attorno alla quale si sviluppa una carreggiata a senso unico percorribile in senso antiorario sulla quale si innestano differenti strade esclusivamente di carattere locale.

Rampe lateralmente confinate

Corsie specializzate, a una o più corsie di marcia, fisicamente separate dalla carreggiata principale.

Corsie di accumulo

Corsie specializzate per le svolte a sinistra dalla strada principale, eventualmente protette.

Corsie di decelerazione

Corsie dedicate per la svolta a destra (o uscita) dalla strada principale in modo da non provocare rallentamenti ai veicoli non interessati da tale manovra.

Corsie di accelerazione

Corsie dedicate per consentire ed agevolare la svolta a destra dalla secondaria e la conseguente immissione ai veicoli sulla strada principale.

Corsie di immissione nella mezzzeria della strada principale

Corsie destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria garantendo una prima manovra di impegno della corsia dedicata nella mezzzeria della principale e una seconda di inserimento nel flusso della principale.

Isole di canalizzazione

Parte della strada, opportunamente delimitata e non transitabile, destinata ad incanalare le correnti di traffico.

Intersezione a livelli sfalsati

Insieme di infrastrutture (sovrappassi, sottopassi e rampe) che consente lo smistamento delle correnti veicolari fra rami di strade poste a diversi livelli.

Svincolo

Intersezione a livelli sfalsati in cui le correnti veicolari non si intersecano tra loro.

Pseudocorsia di raccordo

Allargamento progressivo della sezione stradale principale mediante la creazione di un tratto di raccordo di larghezza crescente fino al raggiungimento del calibro di corsia.

3. INTERSEZIONI A RASO***A - LE INTERSEZIONI A RASO DI TIPO ROTATORIO*****3.A.1 Generalità*****3.A.1.1 In quali casi è ragionevole realizzare una rotatoria***

Dal punto di vista tecnico la rotatoria è una tipologia di intersezione a raso che, se ben progettata in tutti i suoi elementi, consente l'ottenimento di un notevole livello di sicurezza. Inoltre consente:

- la riduzione delle velocità operative nella zona d'intersezione;
- la buona gestione dei flussi veicolari con discreti livelli di servizio.

La condizione ottimale per la realizzazione di una rotatoria è la presenza di flussi il più possibile uniformi in tutti i bracci d'ingresso, di strade intersecantesi della medesima gerarchia funzionale e/o di un numero elevato di veicoli in svolta a sinistra (> 400 veicoli/giorno).

Sarà preferibile, invece, rinunciare alla realizzazione della rotatoria:

- se la capacità non è sufficiente per smaltire i flussi di traffico presenti o attesi;
- se esiste la necessità di privilegiare una corrente di traffico.

Le rotatorie, infatti, contribuiscono a penalizzare in maniera notevole il deflusso veicolare sulle direttrici principali in quanto, di fatto, ogni braccio d'entrata possiede la stessa priorità/penalità per l'ingresso nell'anello.

3.A.1.2 Quali caratteristiche garantiscono una maggiore sicurezza

Alcune attenzioni in fase di progetto possono far aumentare gli standard di sicurezza delle rotatorie. In particolare occorre garantire:

- **la maggiore semplicità di realizzazione e funzionamento**, ovvero:
 - la regolamentazione della circolazione con precedenza all'anello;
 - l'isola centrale di forma circolare;
 - la larghezza regolare della carreggiata anulare;
 - le dimensioni contenute dei singoli elementi geometrici (bracci di ingresso e di uscita, carreggiata anulare, isola centrale);
- **l'assenza di ostacoli rigidi** lungo le traiettorie di possibile fuoriuscita dei veicoli, in particolare sull'isola centrale;

- **una buona percezione e leggibilità** della rotatoria tramite un corretto disegno degli elementi geometrici, la presenza di una collinetta sull'isola centrale (previa verifica di visibilità) e un corretto posizionamento della segnaletica verticale;
- **l'utilizzo di traiettorie veicolari ben definite e "obbligate"** per evitare velocità operative troppo elevate incompatibili sia con la sicurezza che con l'obbligo di dare precedenza (è necessaria altresì una sufficiente deflessione, cfr. par. 3.A.6);
- **la continuità dimensionale** delle rotatorie lungo un medesimo itinerario.

3.A.2 Verifiche di capacità

3.A.2.1 Il calcolo della capacità delle rotatorie

Il calcolo della capacità di una rotatoria in ambito extraurbano, a titolo indicativo, può essere effettuato attraverso la metodologia francese proposta dal SETRA. Tale metodo ha il pregio di fornire, oltre al valore della capacità, anche altri elementi utili per la conoscenza del livello di servizio di una rotatoria.

La capacità, espressa dalla formula seguente, è funzione decrescente del traffico di disturbo Q_d che ne ostacola l'ingresso, mentre aumenta in funzione della larghezza della corsia di entrata ENT :

$$Q_e = (1330 - 0,7Q_d) [1 + 0,1(ENT - 3,5)]$$

dove:

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

ENT = larghezza della corsia in entrata misurata dietro il primo veicolo fermo all'altezza della linea del "dare precedenza" [m]

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

$$Q_d = (Q_c + 2/3Q'_u) [1 - 0,085(ANN - 8)]$$

Q_c = traffico circolante, ovvero flusso che percorre l'anello all'altezza della immissione [veic/h]

ANN = larghezza dell'anello [m]

Q'_u = traffico uscente equivalente [veic/h]:

$$Q'_u = Q_u (15 - SEP) / 15$$

Q_u = traffico uscente [veic/h]

SEP = larghezza dell'isola spartitraffico all'estremità del braccio [m]

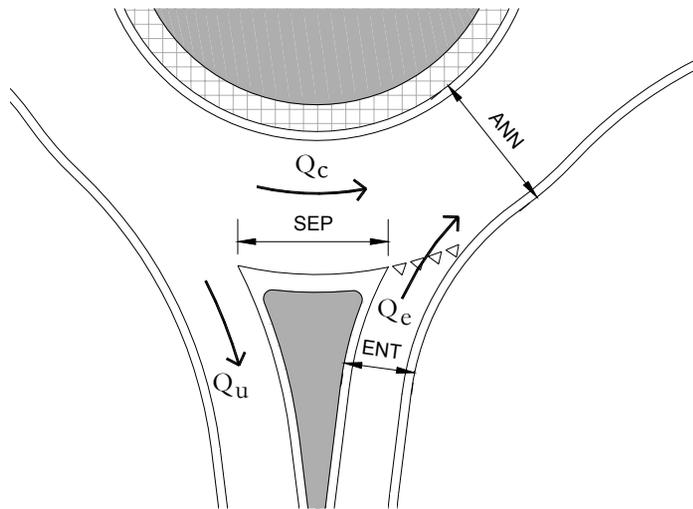


Fig. 3.A.1 Caratteristiche geometriche e di traffico di una rotatoria

In ambito urbano, invece, una metodologia che si può seguire è quella proposta dal CETUR. In questo caso la capacità si esprime con la formula:

$$Q_e = \gamma(1500 - 0.83Q_d) \quad [\text{veic/h}]$$

dove:

Q_e = capacità di un braccio di ingresso [veic/h]

$\gamma = 1$ nel caso di una corsia in ingresso

$\gamma = 1,5$ per due o più corsie all'ingresso

Q_d = traffico di disturbo [veic/h]:

$$Q_d = \alpha Q_c + 0.2 Q_u$$

$\alpha = 1$ qualora si sia in presenza di una rotatoria con $ANN < 8$ m

$\alpha = 0.7$ per $ANN \geq 8$ m e $R \geq 20$ m

$\alpha = 0.9$ per $ANN \geq 8$ m e $R < 20$ m

ANN = larghezza dell'anello [m]

R = raggio esterno della rotatoria ($D_e/2$) [m]

Q_c = traffico circolante, ovvero flusso che percorre l'anello all'altezza della immissione [veic/h]

Le verifiche di capacità, attraverso usuali modelli di calcolo, sono sempre consigliate per ottenere un corretto dimensionamento degli elementi compositivi lo svincolo.

Sono necessarie in tutti i casi in cui il flusso totale entrante sia complessivamente maggiore di 2000 veic./ora (traffico dell'ora di punta) e comunque nel caso in cui:

- almeno una delle arterie afferenti abbia una connotazione non locale;
- la rotatoria sia necessaria al fine di garantire l'accessibilità a nuovi contesti residenziali/commerciali/produttivi che vadano a modificare le condizioni di deflusso attuali o a generare nuovo traffico indotto;
- l'isola centrale abbia una forma non circolare (vedi paragrafo 3.A.8.1);
- si vogliano inserire due corsie in uscita (vedi paragrafo 3.A.8.4);
- si voglia inserire una corsia per la svolta a destra svincolata (vedi paragrafo 3.A.8.6).

Sia la capacità che i flussi devono essere misurati in veicoli equivalenti per ora (V_{eq}). Per la trasformazione dei flussi di veicoli diversi dalle autovetture in V_{eq} si possono adottare i seguenti coefficienti di conversione:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------|
| • 1 ciclo o motociclo sull'anello | 0.8 autovetture |
| • 1 ciclo o motociclo in ingresso | 0.2 autovetture |
| • 1 veicolo pesante | 2.0 autovetture |
| • 1 autobus | 2.0 autovetture |

Per il corretto dimensionamento della rotatoria occorre considerare anche gli eventuali flussi futuri attesi (nuovi volumi di traffico relativi a previsioni urbanistiche di tipo residenziale, commerciale, produttivo,...).

In relazione ai margini di capacità residua dei singoli bracci (in corrispondenza dell'ora di punta tipica per l'intersezione) è possibile adottare alcuni accorgimenti progettuali finalizzati al corretto dimensionamento dell'impianto:

- riserva di capacità bassa: si rimanda al successivo paragrafo 3.A.2.2.
- riserva di capacità elevata (>70-80%): occorre verificare se la larghezza dei bracci d'entrata non sia sovradimensionata.

3.A.2.2 Quali caratteristiche consentono un aumento di capacità

Per aumentare la capacità di una rotatoria, in funzione degli elementi derivanti dalle analisi di cui al paragrafo precedente, è possibile:

- aggiungere una corsia di attestamento in ingresso, ovvero aumentare la larghezza dei bracci di ingresso e uscita (tenendo comunque conto delle considerazioni di cui al paragrafo 3.A.8.3 e 3.A.8.4);
- aumentare la larghezza della carreggiata anulare;
- aumentare la larghezza dell'isola direzionale al bordo della rotatoria;
- realizzare una corsia dedicata per la svolta a destra continua.

Laddove, anche con gli accorgimenti descritti, esistano problemi di capacità occorre valutare la realizzazione di una differente tipologia di intersezione a raso ovvero di un'intersezione a due livelli.

3.A.3 Diverse tipologie di rotatorie

E' possibile distinguere le rotatorie in funzione del tipo di isola centrale (sormontabile, parzialmente sormontabile, insormontabile), delle dimensioni del diametro esterno D_e (diametro relativo al bordo esterno terminale della carreggiata anulare) e in relazione alla loro collocazione nella rete stradale. E' pertanto possibile suddividere ed identificare le rotatorie nelle seguenti tipologie:

- minirotorie sormontabili ($14 \text{ m} \leq D_e < 18 \text{ m}$; isola centrale sormontabile);
- minirotorie parzialmente sormontabili ($18 \text{ m} \leq D_e < 26 \text{ m}$; isola centrale parzialmente sormontabile);
- rotatorie compatte ($26 \text{ m} \leq D_e < 50 \text{ m}$; isola centrale parzialmente sormontabile);
- grandi rotatorie ($50 \text{ m} \leq D_e < 70 \text{ m}$; isola centrale insormontabile);
- rotatorie "eccezionali" ($D_e \geq 70 \text{ m}$; isola centrale insormontabile).

Le intersezioni a raso di tipo rotatorio possono prevedersi su strade:

- extraurbane secondarie (C);
- urbane di scorrimento (D), anche se per le nuove realizzazioni di strade urbane di scorrimento è auspicabile che vengano utilizzate intersezioni a livelli sfalsati;
- urbane di quartiere (E);
- locali extraurbane (F_{ex});
- locali urbane (F_{urb});

con le dimensioni minime del diametro esterno D_e che, in funzione delle tipologie delle strade intersecantesi, dovrebbero indicativamente essere quelle rappresentate in tabella 3.A.1.

	C	D	E	F_{ex}	F_{urb}
C	≥ 26	$\geq 50^*$	≥ 26	≥ 26	≥ 26
D	$\geq 50^*$	$\geq 50^*$	$\geq 50^*$	-	-
E	≥ 26	$\geq 50^*$	≥ 26	≥ 26	≥ 18
F_{ex}	≥ 26	-	≥ 26	≥ 26	≥ 26
F_{urb}	≥ 26	-	≥ 18	≥ 18	≥ 14

* in casi del tutto eccezionali (urbanizzato esistente in fregio alle strade) è ammissibile un diametro esterno D_e di 40 m.

Tab. 3.A.1 Dimensioni minime del diametro esterno D_e in relazione alla collocazione della rotatoria nella rete stradale.

3.A.4 Configurazione geometrica e allineamento strade

In ambito extraurbano, una rotatoria può svincolare da tre a sei bracci e, per favorire e migliorare la leggibilità dell'impianto, è necessario che questi siano ripartiti in maniera regolare attorno all'anello. In generale, piuttosto che mantenere un'ulteriore intersezione in prossimità della rotatoria, è preferibile aggiungere un braccio, eventualmente ingrandendo la rotatoria stessa.

La posizione dell'isola centrale è da ritenersi ottimale se gli assi delle arterie afferenti al nodo passano per il suo centro: occorre fare in modo che tale condizione sia sempre rispettata, ammettendosi comunque anche una leggera eccentricità sulla sinistra (cfr. fig. 3.A.2). Sulle strade di tipo E ed F è ammissibile anche una leggera eccentricità sulla destra.

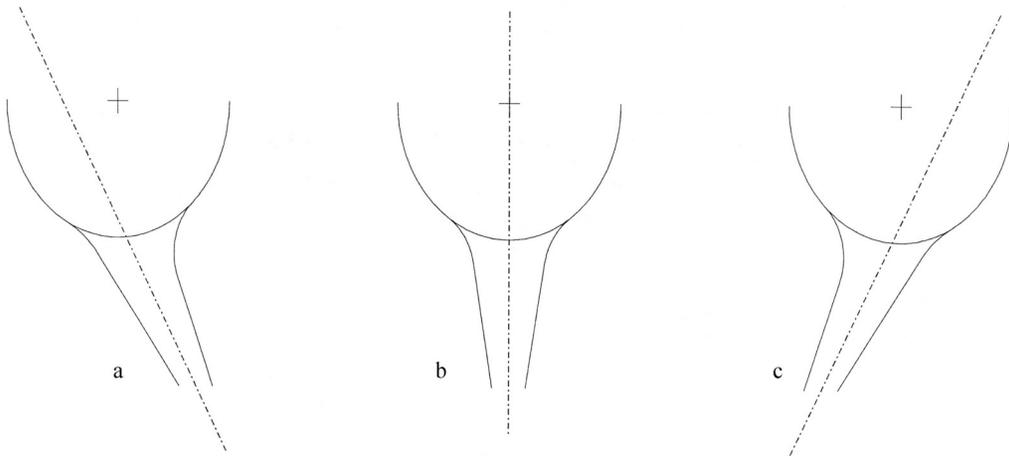


Fig. 3.A.2 Direzione dell'asse di un braccio afferente ad una rotatoria: a) ammissibile; b) ottimale; c) da escludere ed al limite ammissibile per strade di tipo E o F.

La progettazione ottimale degli incroci lineari si attua garantendo la ortogonalità tra gli assi afferenti alla zona di incrocio. Si può procedere a tale fine correggendo il tracciato della strada secondaria.

3.A.5 Visibilità e percezione

Gli utenti che si avvicinano ad una rotatoria devono percepire i veicoli con precedenza all'interno della corona in tempo per modificare la propria velocità per cedere il passaggio o eventualmente fermarsi. In particolare, onde garantire un'adeguata visibilità, si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15 m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;
- la posizione planimetrica si pone sulla mezziera della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1 m sul piano viabile;

- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

La modalità di costruzione delle aree di visibilità è rappresentata in figura 3.A.3.

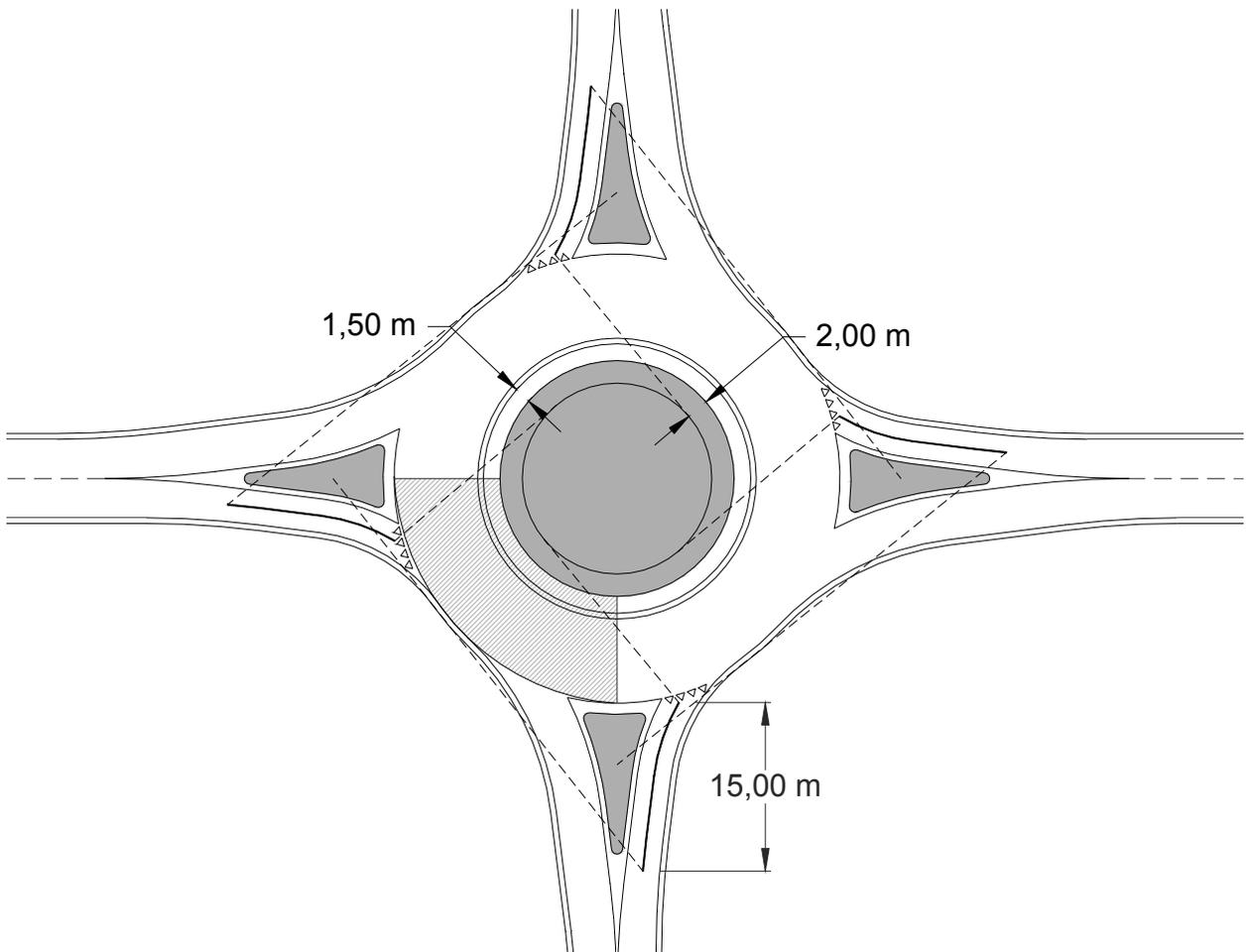


Fig. 3.A.3 Costruzione dell'area di visibilità da garantire nelle rotonde.

Per quanto concerne la percezione della rotonda, si consiglia di realizzare un'isola centrale di rotazione sopraelevata o con bordi inclinati ben visibili: a tal fine si possono utilizzare delle piantumazioni o dei riempimenti in terra come elementi di sistemazione e d'arredo tali, però, da non pregiudicare una corretta visibilità. È necessario comunque mantenere una corona libera da ogni tipologia di ostacolo visivo (arbusti,...) di larghezza pari a 2 m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile o dal bordo periferico dell'isola centrale (nel caso di rotonde con isola centrale insormontabile).

È assolutamente da evitare l'inserimento di ostacoli visivi sulle isole direzionali.

Per aumentare la percezione e la "leggibilità" della rotonda tutti gli elementi ad essa connessa (isola direzionale ed isola centrale) dovrebbero essere visibili ad almeno 250 m di distanza dalla stessa. La leggibilità è raggiungibile anche attraverso l'esclusione di:

- una configurazione d'approccio in curva e controcurva;
- un'isola centrale di forma non circolare;
- una larghezza irregolare dell'anello;
- un'inclinazione trasversale della piattaforma giratoria orientata verso l'interno;
- una presenza di piantumazione su i bracci in prossimità dell'innesto sulla rotonda, in quanto può dare l'illusione di continuità dell'itinerario.

3.A.6 Deflessione

Si definisce deflessione di una traiettoria il raggio dell'arco di circonferenza passante a 1,5 m dal bordo dell'isola centrale e a 2 m dal bordo delle corsie d'entrata e d'uscita, siano esse adiacenti o opposte (cfr. fig. 3.A.4). Occorre verificare l'ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita.

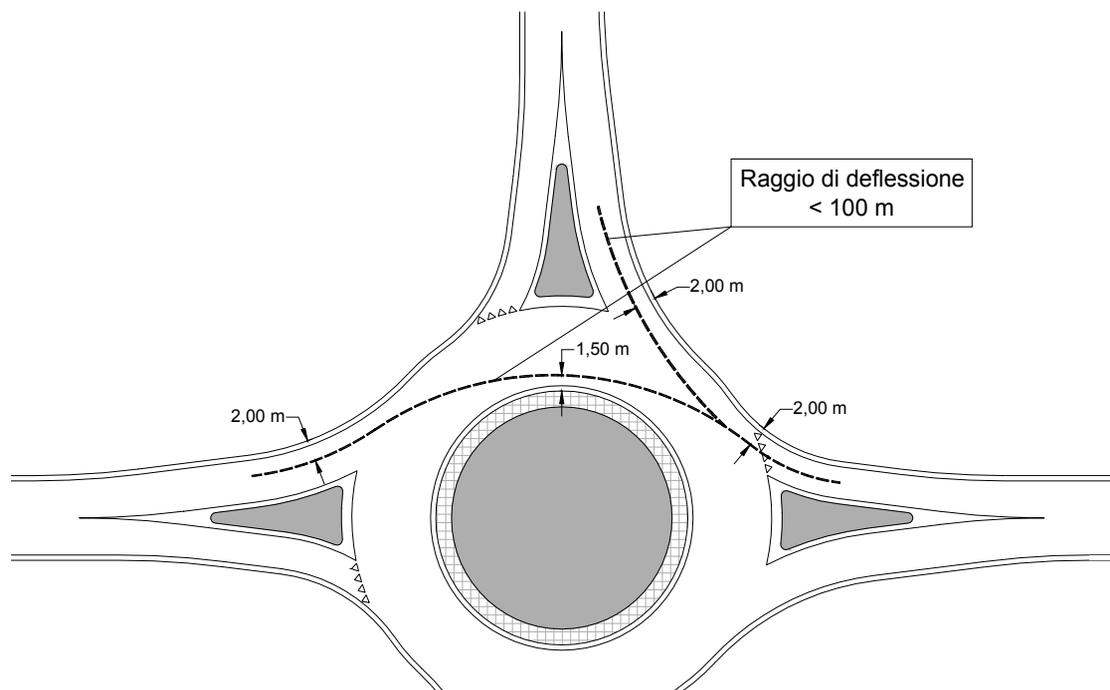


Fig. 3.A.4 Deflessione.

Tale raggio deve essere inferiore a 100 m: in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie “più tese” non potranno essere superiori a 50 km/h.

È opportuno evidenziare che quanto più una rotatoria è piccola tanto più il valore del raggio della deflessione dovrebbe essere inferiore a 100 m al fine di avere simili velocità di percorrenza (in ingresso e in attraversamento dell’intersezione).

3.A.7 Pendenze e scolo acque meteoriche

Onde garantire la migliore efficacia dello scolo delle acque meteoriche, la pendenza della carreggiata anulare nelle minirotorie deve sempre essere rivolta verso l’esterno (pendenza 1,5-2%). Si consiglia tale soluzione anche per le rotatorie compatte, mentre per rotatorie con diametro $D_e > 50$ m si consiglia una pendenza verso l’interno (1,5-3%).

In caso si opti per una pendenza verso l’interno occorre predisporre un adeguato sistema di raccolta delle acque meteoriche dimensionando opportunamente i pozzetti lungo il margine interno dell’anello.

Per quanto concerne la massima pendenza tra due punti diametrali esterni della corona giratoria tale valore non dovrebbe superare il 6%.

3.A.8 Geometria degli elementi

3.A.8.1 Isola centrale

L’isola centrale dovrebbe essere sempre circolare. Sono tollerate rotatorie anche con isola centrale non circolare nel caso in cui tale configurazione sia imposta:

- dalla necessità di inserire in modo ottimale un ulteriore braccio;
- dalle condizioni al contorno (urbanizzato esistente), ma in questo caso si impone uno studio della capacità per verificare la fattibilità di una rotatoria con un diametro più piccolo e un’isola centrale circolare.

La presenza di una collinetta sull’isola centrale è fortemente consigliata in quanto consente una maggiore percezione della rotatoria e garantisce velocità di ingresso meno elevate a causa della non completa visibilità su tutta l’area d’intersezione. Devono comunque essere rispettati i criteri di visibilità di cui al capitolo 3.A.5. La pendenza della collinetta non può essere superiore del 15%. È necessario mantenere, come già richiamato nel capitolo 3.A.5, una corona libera da ogni tipologia di ostacolo visivo (arbusti,...) di larghezza pari a 2 m misurata a partire dal bordo interno della corona sormontabile o dal bordo periferico dell’isola centrale (nel caso di rotatorie con isola centrale insormontabile).

Per quanto riguarda i casi specifici di rotatorie con isole centrali parzialmente o totalmente sormontabili, occorre evidenziare che:

- *isola centrale parzialmente sormontabile*: l’anello interno o corona sormontabile, di larghezza l_{is} variabile tra 1,5 e 2 m, deve essere rialzata dalla carreggiata anulare per consentire solo ai mezzi pesanti il suo sormonto (o agli altri veicoli solo in casi eccezionali) tramite un gradino di 3 cm e realizzata con materiali differenti rispetto alla carreggiata anulare. La pendenza della fascia sormontabile deve essere normalmente compresa tra il 4 e il 6% e, in ogni caso, non deve essere superiore del 10%. La parte insormontabile dell’isola centrale deve comunque avere un raggio minimo di 3,5 m.
- *isola centrale sormontabile*: è preferibile, piuttosto che l’utilizzo della sola segnaletica orizzontale, realizzare l’isola centrale sormontabile con una pendenza compresa tra il 4 e il 6% e con materiali differenti rispetto alla carreggiata anulare.

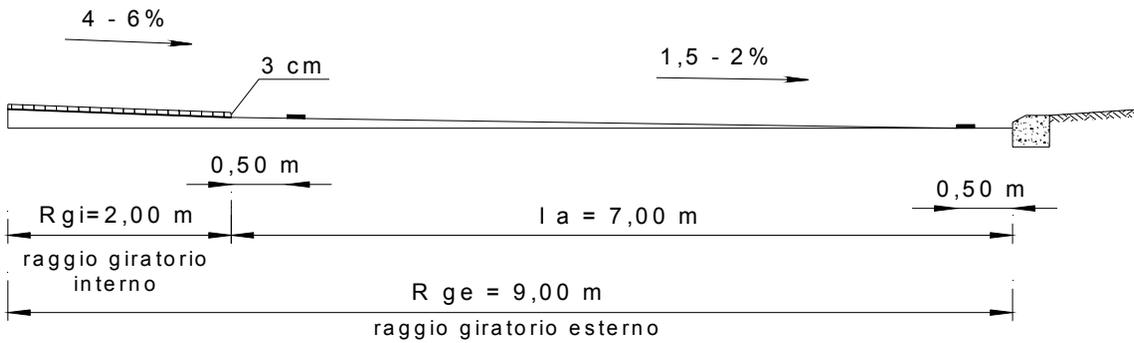


Fig. 3.A.5 Esempio di isola centrale di minirotoratoria completamente sormontabile.

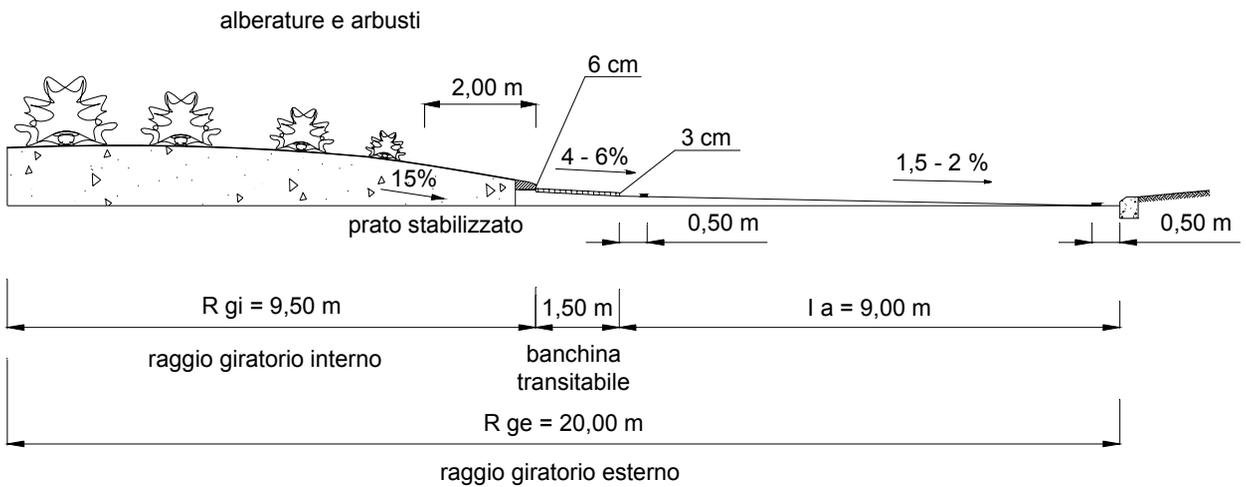


Fig. 3.A.6 Esempio di isola centrale di rotoratoria compatta.

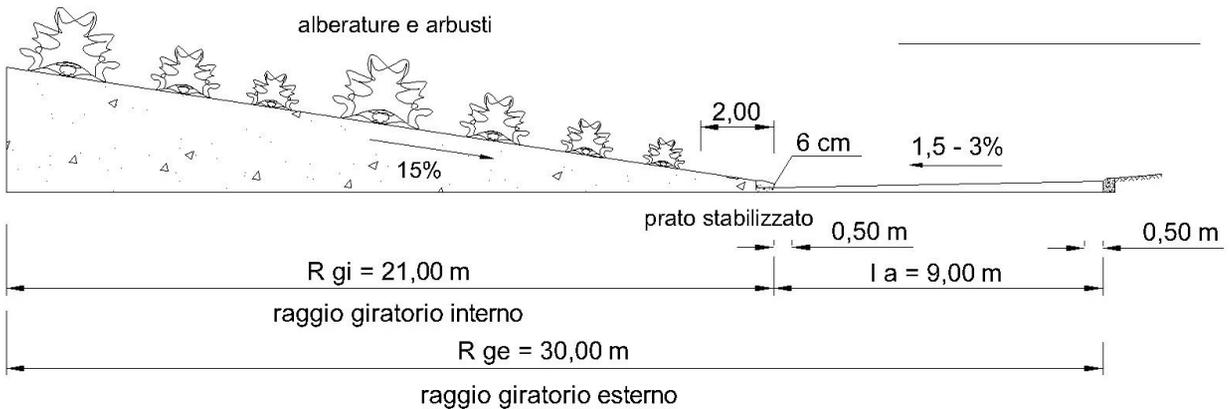


Fig. 3.A.7 Esempio di isola centrale di grande rotoratoria.

3.A.8.2 Carreggiata anulare

La carreggiata anulare, o anello, è costituita da una o più corsie di marcia comprensive delle banchine.

La sua larghezza (l_a) deve essere mantenuta costante lungo tutto il suo sviluppo. In particolare le dimensioni dell'anello, comprensive delle banchine, variano in funzione delle dimensioni della rotoratoria e del numero delle corsie di ingresso:

- minirotoratorie ($D_e < 26$ m): 7÷8 m
- rotoratorie compatte ($26 \text{ m} \leq D_e < 50$ m) con ingressi a singola corsia: 8 m
- rotoratorie compatte ($26 \text{ m} \leq D_e < 50$ m) con ingressi a doppia corsia: 9 m
- grandi rotoratorie e rotoratorie "eccezionali": 9÷10 m

La larghezza dell'anello può tuttavia essere aumentata per garantire l'iscrizione dei mezzi pesanti internamente alla rotatoria allorché ne sia comprovata la necessità.

3.A.8.3 Ingressi

In ingresso possono essere realizzate al massimo due corsie.

Per i bracci di accesso si adotta una larghezza di 4,00÷4,50 m per una corsia e 7,00÷9,00 m per due corsie in entrata (l_e), comprese le banchine. Tali valori possono essere ridotti nel caso delle minirotatorie.

Il raggio d'entrata R_e dovrebbe essere inferiore al raggio della circonferenza esterna della rotatoria, garantendo comunque un valore minimo non inferiore a 10÷15 m.

Il raggio di raccordo R_r deve essere pari al doppio del diametro esterno della rotatoria (cfr. fig. 3.A.10).

3.A.8.4 Uscite

In uscita deve essere realizzata soltanto una corsia. Soltanto quando le verifiche di capacità ne dimostrino la necessità, in via del tutto eccezionale è possibile realizzare un'uscita a due corsie.

Per la larghezza delle corsie in uscita dalla rotatoria (l_u) si adotta un valore di 4,50÷6,00 m onde facilitare la cinematica della manovra; 7,50÷9,00 m nel caso di uscite a due corsie. In entrambi i casi le misure si intendono comprensive delle banchine. Tali valori possono essere ridotti nel caso delle minirotatorie.

Il raggio di uscita R_u dovrebbe essere superiore al raggio della circonferenza dell'isola giratoria interna, garantendo comunque un valore minimo non inferiore a 15-20 m e un valore massimo di 30 m.

Il raggio di raccordo R_r deve essere pari al doppio del diametro esterno della rotatoria.

3.A.8.5 Isole direzionali

E' opportuno separare fisicamente le correnti entranti da quelle uscenti dalla rotatoria mediante isole direzionali di forma triangolare. Le isole direzionali (cfr. fig. 3.A.8) devono essere sempre presenti ed insormontabili al fine di:

- garantire una maggiore percezione della rotatoria;
- consentire l'attraversamento dei pedoni in sicurezza.

Tuttavia, per le sole minirotatorie, può essere ammissibile anche un'isola direzionale sormontabile purché ben visibile e con pavimentazione differenziata dalla restante.

La larghezza dell'isola al bordo della rotatoria non dovrebbe essere inferiore a 3 m; la sua lunghezza, nel caso di presenza di attraversamenti pedonali, deve essere tale da consentire anche la protezione fisica dei pedoni.

I passaggi pedonali dovrebbero essere posizionati ad una distanza di 4÷5 m dal bordo della corona giratoria.

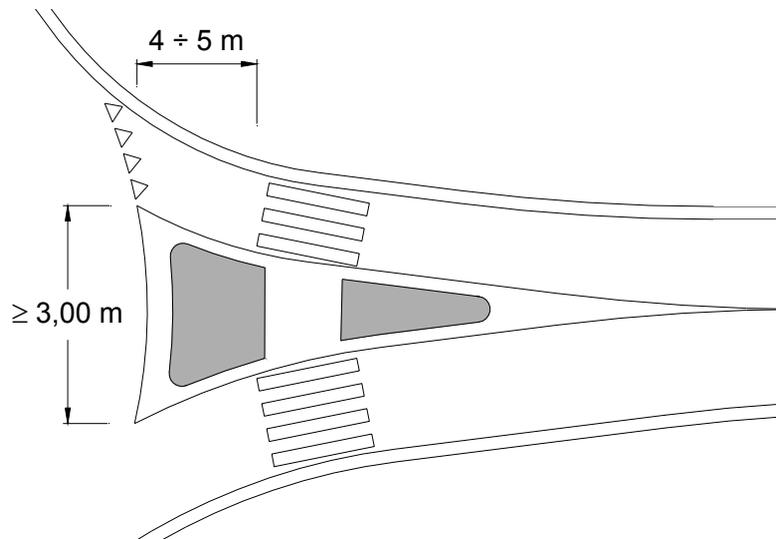


Fig. 3.A.8 Isola direzionale

È opportuno, nel caso si voglia inibire o proteggere una svolta a sinistra in uscita dalla rotatoria, allungare o configurare opportunamente l'isola direzionale.

3.A.8.6 Svolta a destra svincolata

Nel caso in cui gli studi di capacità dimostrino la presenza di criticità in un braccio di ingresso, è possibile realizzare una corsia per la svolta a destra svincolata (cfr. fig. 3.A.9). Tale scelta progettuale è valida anche nel caso in cui, quella della svolta a destra, sia la direzione prevalente ovvero il volume veicolare di svolta sia di almeno 500÷600 veic/h nei periodi di punta.

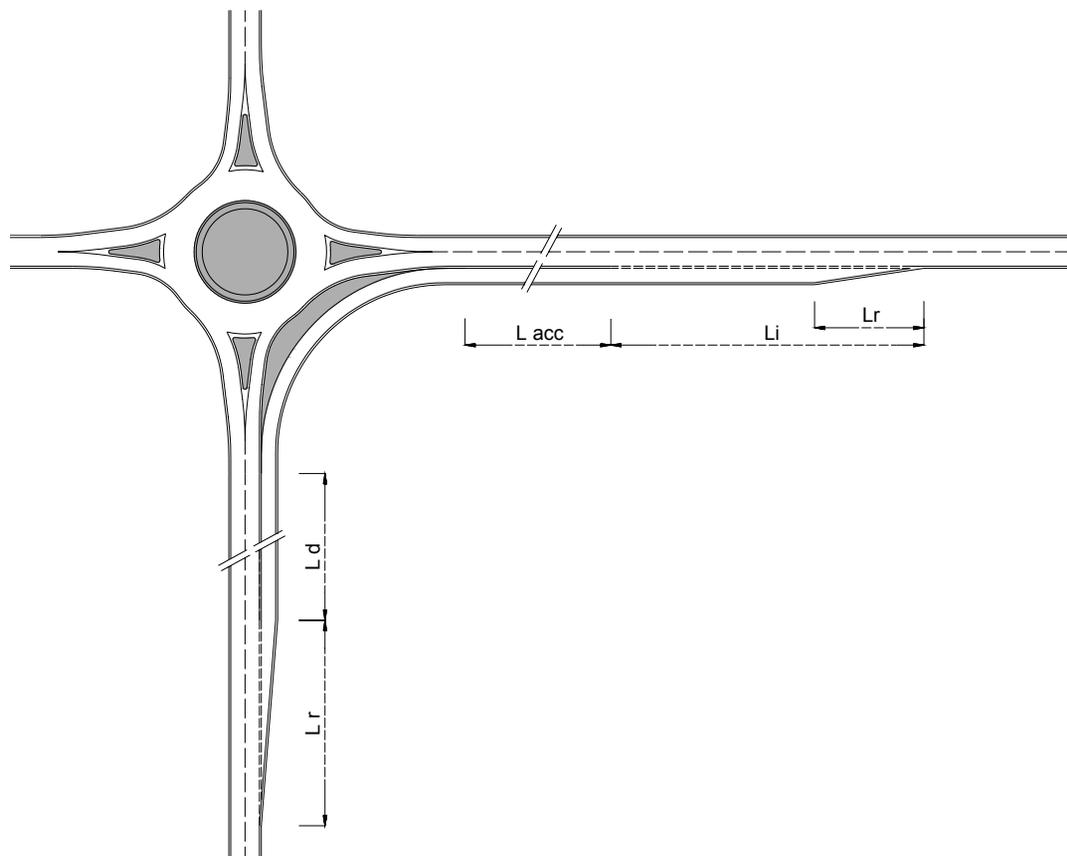


Fig. 3.A.9 Rotatoria potenziata con svolta diretta

Le corrette modalità di progettazione di tale corsia sono da individuare nelle successive indicazioni inerenti la progettazione delle intersezioni a raso canalizzate.

È necessario posizionare idonea segnaletica verticale in grado di indirizzare in maniera ottimale i veicoli.

3.A.8.7 Tabella riepilogativa

In tabella 3.A.2 vengono riepilogati i valori di progetto dei principali elementi costituenti le rotatorie rappresentati in figura 3.A.10.

Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
		Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi rotatorie Rotatorie eccezionali
Diametro della rotatoria	$D_e \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	> 50
Raggio giratorio esterno	$D_e/2$	7÷9	9÷13	13÷25	> 25
Raggio giratorio interno	$R_{gi} - l_a$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	$7 \text{ m} \leq l_a \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello interno sormontabile	$0 \leq l_{is} \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d'entrata	$10 \text{ m} \leq R_e \leq D_e/2$	10	10÷13	10÷25	$10 \div D_e/2$
Larghezza corsia entrante	$4 \text{ m} \leq l_e \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq l_e \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d'uscita	$15 \text{ m} \leq R_u \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15÷30
Larghezza corsia uscita	$4,5 \text{ m} \leq l_u \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq l_u \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	$2 \times D_e$	28÷36	36÷52	52÷100	> 100

Tab. 3.A.2 Riepilogo dei valori di progetto degli elementi costituenti le rotatorie.

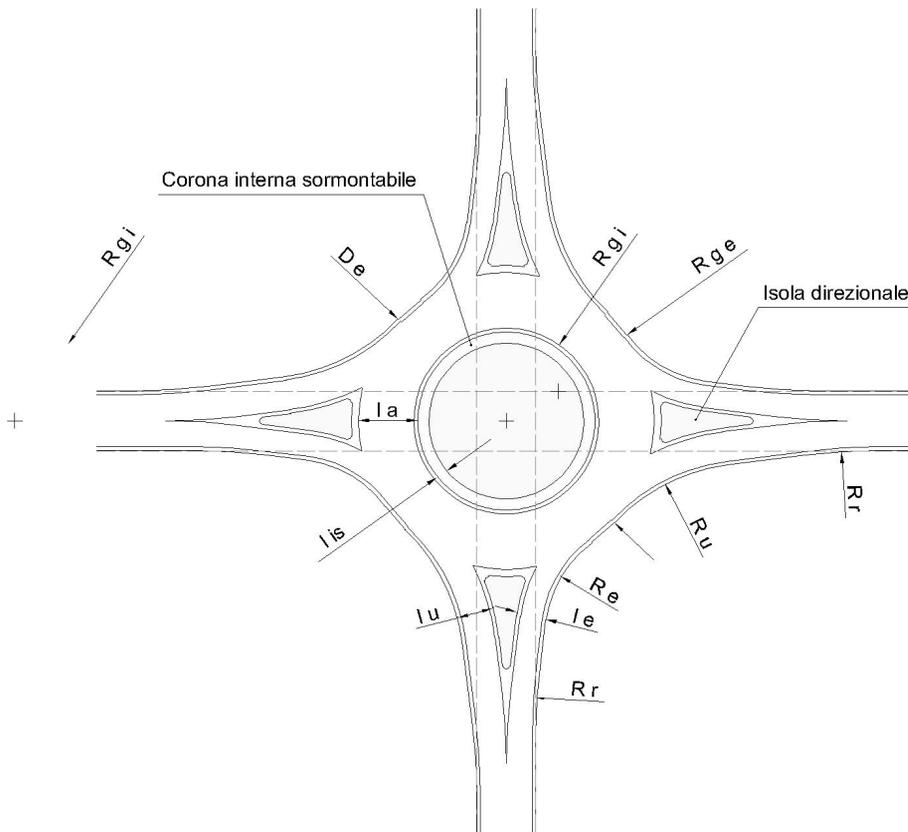


Fig. 3.A.10 Elementi di progetto delle rotatorie.

3.A.9 Particolari attenzioni per le diverse tipologie di utenti

3.A.9.1 Pedoni e ciclisti

La corretta progettazione di una rotatoria, così come la verifica della sua funzionalità e sicurezza - soprattutto in ambito urbano - non può prescindere da un'analisi attenta dei movimenti e dei percorsi ciclo pedonali in potenziale conflitto con i veicoli in movimento.

Se necessario si devono pertanto predisporre delle isole direzionali le quali, oltre a rinforzare la percezione della rotatoria ed a separare fisicamente le correnti veicolari entranti ed uscenti, sono di basilare importanza per la protezione dei pedoni: a tal fine come già precisato, la larghezza dell'isola al bordo della rotatoria non dovrebbe essere inferiore a 3 m.

I passaggi pedonali dovrebbero essere posizionati ad una distanza di 4÷5 m dal bordo della corona giratoria. In questo modo:

- si allontanano i flussi veicolari circolanti internamente alla corona giratoria dagli stessi pedoni;
- non si allungano troppo i percorsi pedonali così da evitare comportamenti scorretti e pericolosi da parte dei pedoni (attraversamento fuori dalle strisce pedonali, attraversamento all'interno dell'anello rotatorio, ecc..).

Sono assolutamente da escludere gli attraversamenti pedonali entro la carreggiata anulare.

In ogni caso, per tutelare la sicurezza dei pedoni, si possono utilizzare alcuni accorgimenti in fase di progettazione, quali:

- la riduzione della velocità dei veicoli in uscita attraverso una adeguata deflessione per ogni itinerario;
- la progettazione di isole spartitraffico più larghe possibile in relazione allo spazio disponibile;
- la proibizione della sosta dei veicoli sui bracci della rotatoria in prossimità dell'incrocio in modo da assicurare un'ampia visibilità;
- l'illuminazione sia dell'anello, sia delle vie di ingresso e uscita;
- l'installazione di cartelli stradali in modo tale da non nascondere alla vista dei guidatori eventuali pedoni.

3.A.9.2 Trasporto pubblico locale

Si presentano alcune tra le possibili sistemazioni per le fermate dei mezzi pubblici nelle vicinanze di una rotatoria (cfr. figg. 3.A.11 e 3.A.12):

- sulla corsia d'entrata, 1 m a monte dell'attraversamento pedonale, con apposita piazzola riservata;
- sulla corsia d'uscita, subito dopo l'attraversamento pedonale, con apposita piazzola riservata;
- sulla corsia d'entrata, un metro prima dell'attraversamento pedonale, quando il traffico è scarso e il mezzo pubblico non necessita di lunghi tempi di sosta. Tale sistemazione è però da escludere in presenza di doppia corsia d'innesto alla rotatoria, in quanto bisogna assolutamente evitare che i veicoli possano superare il mezzo pubblico a scapito della sicurezza dei pedoni.

Sono, invece, assolutamente vietate le fermate all'interno della corona giratoria.

In ambito urbano è consentito realizzare a fianco degli ingressi una zona sormontabile per consentire la fermata dei mezzi pubblici tramite un sopralzo di tale zona rispetto alla carreggiata (non superiore a 3 cm), l'utilizzo di materiali differenti rispetto alla piattaforma stradale (autobloccanti, pavé,...) ovvero un rivestimento rugoso che presenti contrasto sia di giorno che di notte rispetto all'anello e la separazione di queste zone mediante segnaletica orizzontale.

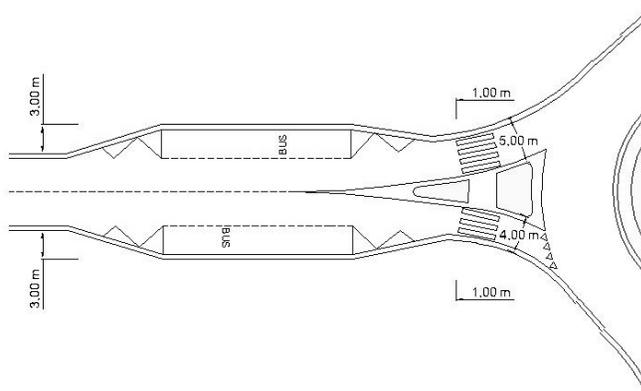


Fig. 3.A.11 Esempio di apprestamenti per i mezzi pubblici con piazzola riservata.

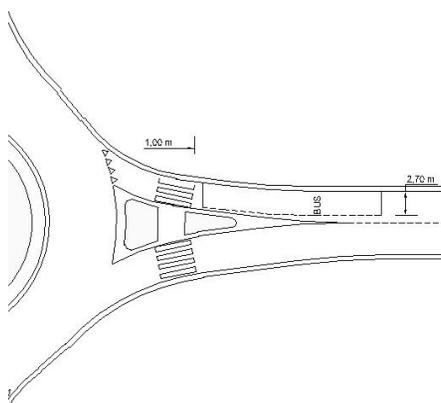


Fig. 3.A.12 Esempio di apprestamenti per i mezzi pubblici senza piazzola riservata.

3.A.9.3 Trasporti eccezionali

Si suggerisce di adottare, almeno inizialmente, le abituali regole di progettazione senza preoccuparsi dei trasporti eccezionali, potendosi, in sede di affinamento del progetto, adattare le caratteristiche geometriche dei vari elementi che compongono lo svincolo, ad esempio prevedendo zone sormontabili sull'isola centrale, sulle isole spartitraffico di entrata e uscita e sulla banchina, e definendo altresì zone prive di ostacoli.

Di fatto non è consigliabile, per ragioni di sicurezza, prevedere grandi rotatorie solo per offrire facile accesso ai veicoli eccezionali, senza rendere congruenti agli elevati raggi dell'isola centrale anche i raggi d'entrata dei vari bracci e la larghezza dell'anello: queste sistemazioni potrebbero infatti indurre gli utenti ordinari ad impegnare l'intersezione con velocità eccessive.

È bene inoltre concepire le zone sormontabili (o semi-sormontabili) in modo tale da dissuadere i veicoli leggeri a transitarvi. A tal fine si suggerisce di adottare (cfr. fig. 3.A.13):

- una contropendenza delle zone sormontabili in banchina;
- un sopralzo delle zone sormontabili rispetto alla carreggiata (non superiore a 3 cm);
- un rivestimento rugoso che presenti contrasto sia di giorno che di notte rispetto all'anello;
- una separazione di queste zone mediante segnaletica orizzontale.

È comunque sempre opportuno effettuare una verifica dell'inserimento dinamico dei mezzi pesanti nell'area di intersezione.

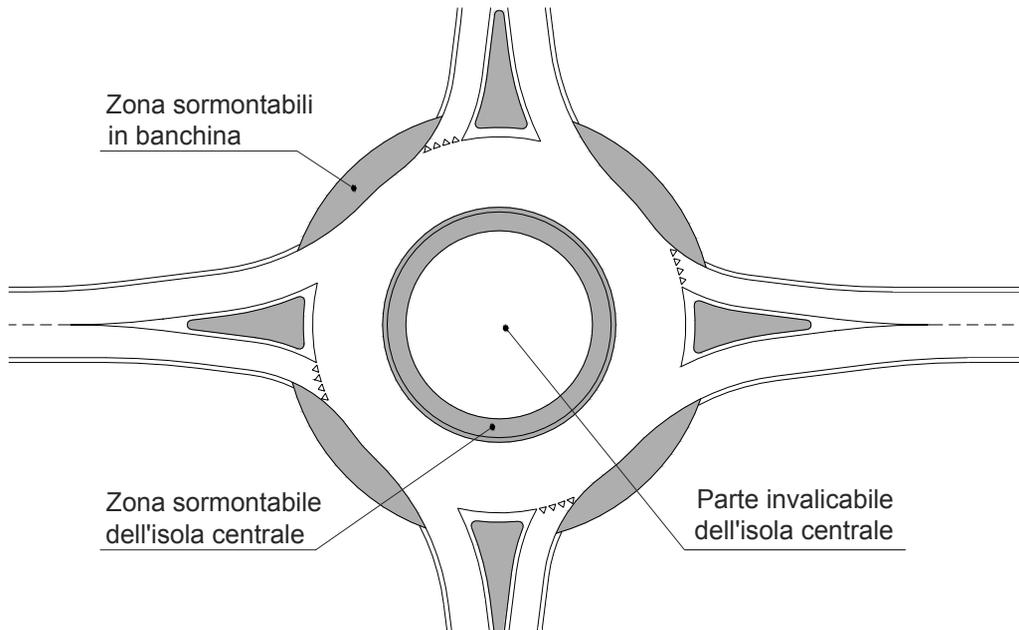


Fig. 3.A.13 Esempio di sistemazione di una rotonda per tenere conto dei movimenti dei veicoli eccezionali.

3.A.10 Segnaletica orizzontale e verticale

I riferimenti per il progetto della segnaletica sono al Codice della Strada e al relativo Regolamento di attuazione.

In particolare si prescrive la sistemazione del segnale “rotatoria” sulla soglia della carreggiata anulare; in ambito extraurbano tale indicazione deve essere preceduta dal segnale “circolazione a rotatoria” ad una distanza di 150 m. Nel caso in cui non sia possibile rispettare questa distanza, il segnale deve essere integrato con l’apposito pannello indicante l’effettiva distanza dall’intersezione. Nelle rotonde con regime di precedenza all’anello è necessario integrare la segnaletica descritta con il segnale “dare la precedenza” corredati dalla segnaletica orizzontale prevista.

Sull’isola centrale, in corrispondenza di ogni ingresso, deve essere posizionato il cartello di direzione obbligatoria a destra (ad esclusione delle minirotonde con isola centrale sormontabile).

Sull’isola direzionale i segnali di direzione rivolti verso la carreggiata anulare devono segnalare soltanto le direzioni in uscita. Le altre direzioni, infatti, devono essere presegnalate tramite pannelli di preavviso di intersezione a rotatoria posti possibilmente ad una distanza di 150÷300 m dall’incrocio.

I passaggi pedonali devono essere posizionati ad una distanza di 4÷5 m dal bordo della corona giratoria, mentre per ragioni di sicurezza e di facilità di circolazione si consiglia di non tracciare nell’anello le corsie di demarcazione, fatta eccezione per le rotonde di diametro D_e maggiore di 40 m e con un anello di larghezza uguale o maggiore ai 9 m. In ogni caso la carreggiata anulare è da delimitare sia internamente che esternamente (escluse le zone d’entrata e d’uscita) con strisce continue. E’ assolutamente da evitare l’installazione di dispositivi rallentatori (bande rumorose,...) sulle zone di frenatura dei veicoli in quanto diminuiscono le condizioni generali d’aderenza.

3.A.11 Barriere di sicurezza

L’utilizzo delle barriere di sicurezza nelle intersezioni a rotatoria è, nella maggior parte dei casi, da escludere. Tuttavia il loro posizionamento è consigliato per rotonde con $D_e \geq 50$ m, a causa delle velocità di percorrenza più elevate, e in tutti i casi in cui la sicurezza della circolazione lo imponga. Le barriere devono essere opportunamente raccordate (transizioni tra i differenti tipi di barriera) e i terminali devono consentire un sufficiente assorbimento di energia secondo la normativa vigente.

È comunque sempre da escludere il posizionamento di barriere di sicurezza sull’isola centrale e sulle isole direzionali.

3.A.12 Illuminazione

L’installazione in una rotonda di un impianto d’illuminazione deve avere come obiettivo la rottura della linearità del tracciato: evidenziando l’assetto circolare dell’intersezione si facilita la percezione e la comprensione del suo funzionamento da parte degli utenti. L’illuminazione dell’area di incrocio porta sicuramente dei benefici a condizione che siano evitati:

- “l’aggressività” dei pali dei lampioni e delle torri faro, molto pericolosi in caso di impatto per la loro elevata rigidità;
- l’abbagliamento in entrata ed il fenomeno della presenza dei cosiddetti “buchi neri” o zone d’ombra in uscita dalla rotonda;
- la cattiva leggibilità, se la modalità di sistemazione dei lampioni inganna i conducenti circa la geometria dell’intersezione.

Non tutte le rotonde devono essere illuminate o illuminate con la medesima tipologia e modalità d’impianto, ma è necessario adeguare la progettazione in base alla localizzazione dell’intervento:

- in *ambito urbano*: le rotonde devono essere necessariamente illuminate in modo sistematico anche per garantire la continuità d’illuminazione all’interno di zone già illuminate. I conducenti devono, infine, cogliere la presenza di biciclette e pedoni su attraversamenti ciclo-pedonali;

- in *ambito extraurbano*: l'illuminazione non è indispensabile, ma è raccomandata se almeno uno dei bracci afferenti è illuminato o se nelle immediate vicinanze è presente una zona illuminata che possa distrarre i conducenti da un regolare approccio all'intersezione ed in ogni caso se il livello di traffico notturno confluyente assume una consistenza elevata.

Per rotonde che presentano problemi di visibilità o di percezione in lontananza si possono utilizzare dei dispositivi speciali (boe luminose sulle testate delle isole direzionali, lampade intermittenti,...) al fine di attirare l'attenzione dei conducenti.

I supporti non devono essere d'ostacolo visuale alla segnaletica verticale, né alle entrate né ai margini della carreggiata e, come si è detto, non devono costituire pericolo in caso di incidente. Ciò impone di evitare l'installazione dei pali all'interno delle isole direzionali, sempre che queste non siano di grande ampiezza o i calcoli illuminotecnici non lo impongano.

Dal punto di vista progettuale un impianto di illuminazione per una rotonda si compone di tre parti principali: l'illuminazione della carreggiata anulare, una installazione complementare e la creazione di una zona d'adattamento.

L'illuminazione della corona giratoria, tenuto conto della particolare condizione di simmetria delle rotonde, può essere realizzata con l'impianto in un unico punto luce centrale o di più punti luce diffusi lungo l'anello. In particolare:

- l'*installazione di tipo centrale* si caratterizza per la presenza di un unico supporto al centro dell'isola di rotazione, denominato "torre faro";
- l'*installazione di punti luce diffusi* si caratterizza per la ripartizione dei supporti sulla circonferenza esterna dell'anello. Il numero e l'altezza dei pali dipende dalla larghezza e dal diametro della rotonda.

In entrambi i casi è necessario completare l'illuminazione con l'installazione di altri punti luce sui bracci d'accesso alla rotonda (lato destro) per garantire continuità con una eventuale installazione periferica sull'anello e per diminuire le deformazioni prospettiche verso sinistra.

B - LE INTERSEZIONI A RASO CANALIZZATE

3.B.1 Generalità

3.B.1.1 In quali casi è ragionevole realizzare una intersezione canalizzata

La condizione ottimale per la realizzazione di una intersezione canalizzata è la presenza di strade intersecantesi di differente gerarchia funzionale e con flussi disomogenei. Una intersezione canalizzata consente infatti:

- di privilegiare una corrente di traffico garantendo la massima fluidità sulla direttrice principale;
- di inibire, eventualmente, una determinata manovra veicolare non voluta.

È bene inserire intersezioni a raso di tipo canalizzato di tipo parziale - che consentano cioè solo alcune manovre - quando, in prossimità della stessa (in linea generale a distanza massima di 500 m onde evitare l'allungamento dei percorsi o il prodursi di manovre di svolta non consentite), esista già un'intersezione a raso di tipo rotatorio (vedi figg. 3.B.1 e 3.B.2). In questo caso, infatti, la riduzione o la totale eliminazione delle svolte a sinistra consente di:

- diminuire il numero dei punti di collisione e dei possibili conflitti veicolari contribuendo a rendere più sicura l'intersezione;
- rendere più fluide le condizioni di deflusso dell'intersezione.

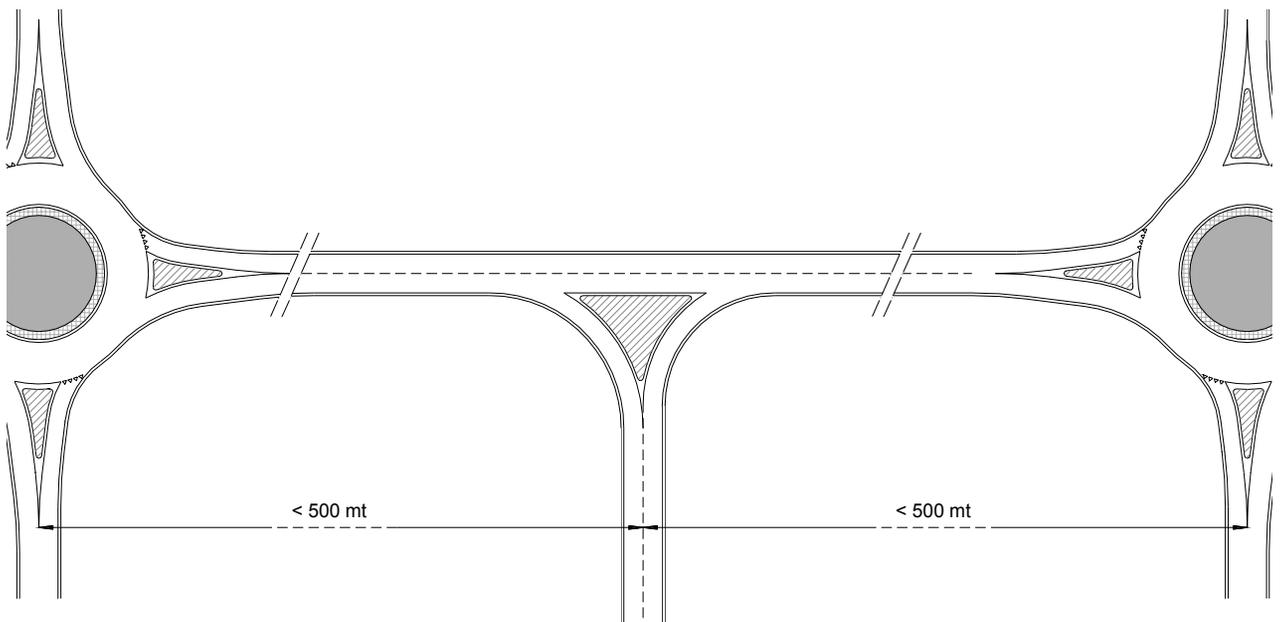


Fig. 3.B.1 Tipologia di intersezione a raso canalizzata in presenza, nelle vicinanze, di due intersezioni di tipo rotatorio

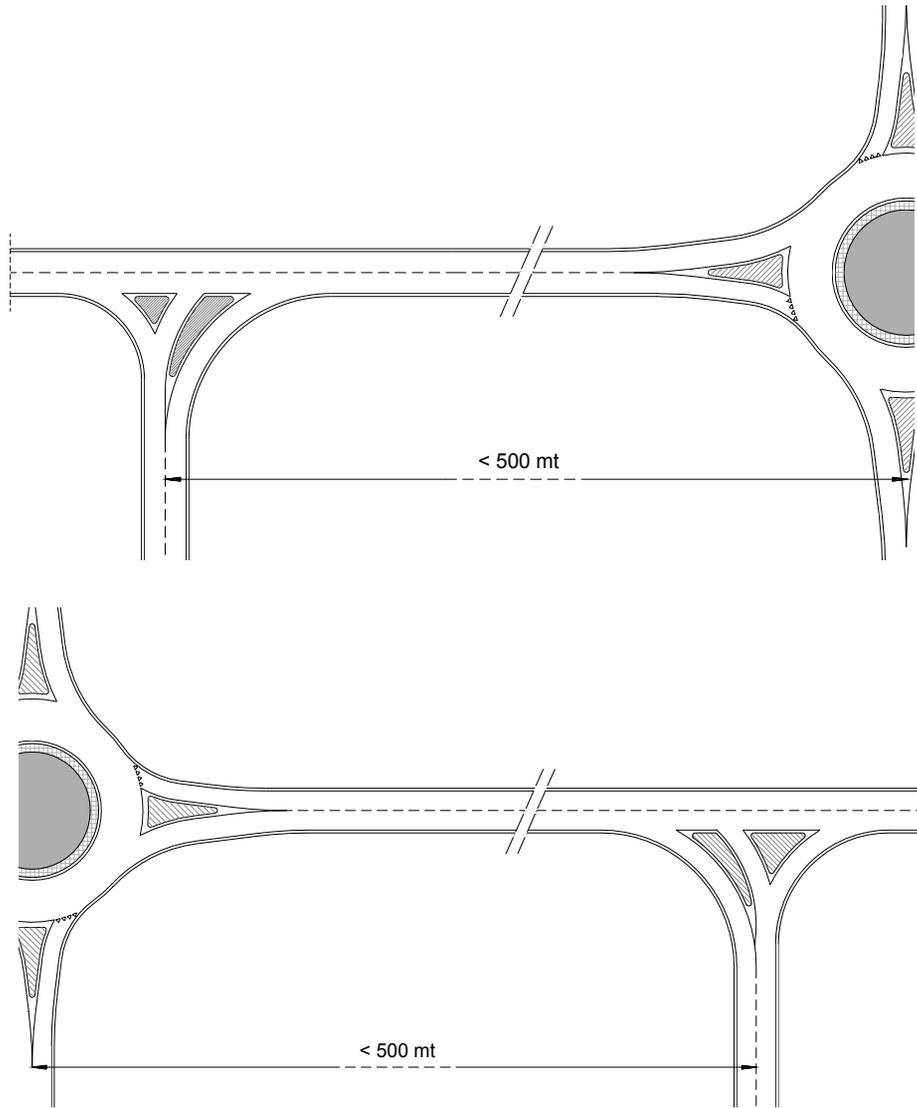


Fig. 3.B.2 Tipologie di intersezioni a raso canalizzate in presenza, nelle vicinanze, di una intersezione di tipo rotatorio

Un numero limitato di veicoli in svolta a sinistra - sia dalla principale che dalla secondaria - (tendenzialmente 400 veic/giorno) rende ragionevole la realizzazione di intersezioni canalizzate. La presenza di più elevati flussi in svolta a sinistra potrebbe rendere meno sicura l'intersezione; occorrerebbe pertanto valutare la possibilità di realizzare una rotatoria.

3.B.1.2 Quali caratteristiche consentono una maggiore sicurezza

Alcune cautele e attenzioni in fase di progetto possono aumentare gli standard di sicurezza delle intersezioni canalizzate. In particolare occorre garantire:

- la maggiore semplicità di realizzazione e funzionamento, ovvero:
 - dimensioni contenute e normalizzate dei singoli elementi geometrici (corsie di accumulo, corsie di immissione,...);
 - uno scostamento progressivo dalle traiettorie passanti;
- **l'assenza di ostacoli rigidi** lungo le traiettorie di possibile fuoriuscita dei veicoli, in particolare sulle isole direzionali o divisionali;
- **una buona percezione e leggibilità** dell'intersezione tramite un corretto disegno degli elementi geometrici e un corretto posizionamento della segnaletica verticale;
- **l'utilizzo di traiettorie veicolari ben definite e "obbligate"** per evitare velocità operative troppo elevate incompatibili con la sicurezza.
- la riduzione delle possibili aree di collisione tra i veicoli;
- **il corretto dimensionamento** degli elementi compositivi l'intersezione anche al fine di consentire una diminuzione della velocità in ingresso e un rapido abbandono dell'intersezione in uscita per i veicoli provenienti/diretti dalle/alle strade secondarie;
- la realizzazione di **isole insormontabili** per la delimitazione delle zone escluse dalle manovre veicolari, anche al fine di inibire manovre non consentite la cui proibizione, con la sola segnaletica orizzontale e verticale, potrebbe essere disattesa.

3.B.2 Configurazione geometrica e allineamento degli assi stradali

La progettazione ottimale degli incroci lineari si attua preferibilmente garantendo la ortogonalità (o quantomeno angoli superiori a 70°) tra gli assi afferenti alla zona di incrocio. Si può procedere a tale fine o correggendo il tracciato della secondaria o creando uno schema a baionetta (purché sia possibile distanziare gli assi di almeno 100 m) (fig. 3.B.3).

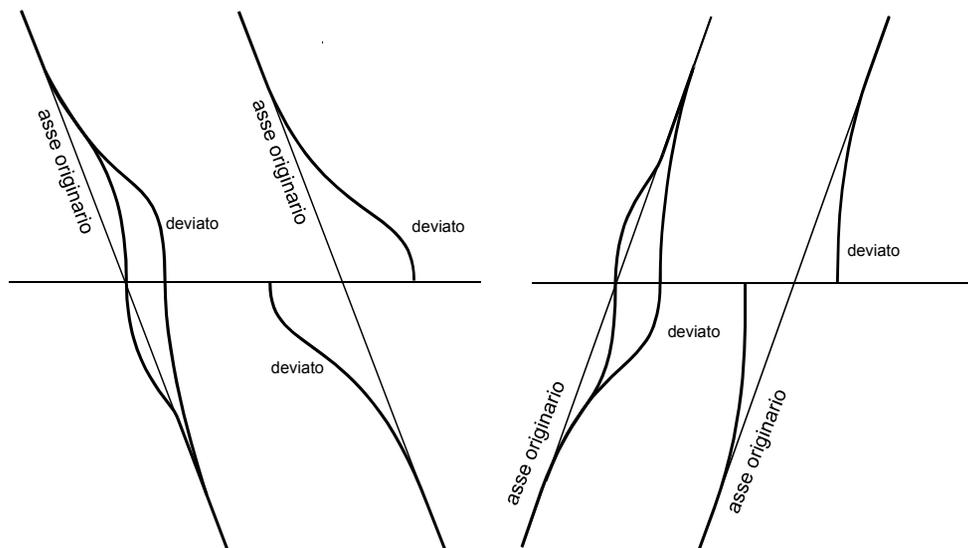


Fig. 3.B.3 Rettifica d'asse della secondaria

3.B.3 Diverse tipologie di intersezioni canalizzate a raso

È possibile distinguere le intersezioni a raso canalizzate in funzione degli elementi progettuali e compositive che le contraddistinguono. Si possono avere:

- corsie di accumulo specializzate per le svolte a sinistra dalla strada principale, eventualmente protette;
- corsie di decelerazione per la svolta a destra dalla strada principale;
- corsie di accelerazione per la svolta a destra dalla secondaria;
- corsie di immissione nella mezzera della strada principale destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria.

La scelta delle differenti tipologie compositive avviene in funzione dei flussi veicolari presenti o previsti, dei vincoli ambientali presenti, dei bracci confluenti al nodo e delle loro caratteristiche di sicurezza.

In ordine al tipo di regolazione, le suddette intersezioni possono poi essere così ulteriormente suddivise:

- intersezioni con precedenza regolata dal segnale “dare precedenza”;
- intersezioni con precedenza regolata dal segnale “fermarsi e dare precedenza” (STOP);
- intersezioni regolate da impianti semaforici.

Le intersezioni a raso canalizzate si possono prevedere su strade:

- extraurbane secondarie (C);
- urbane di scorrimento (D);
- urbane di quartiere (E);
- locali extraurbane (F_{ex});
- locali urbane (F_{urb}).

3.B.4. Visibilità e percezione

3.B.4.1 Visibilità

La trattazione delle condizioni di visibilità negli incroci a raso impone la verifica differenziata tra le manovre di svolta, aventi la precedenza, e le traiettorie veicolari non prioritarie e quindi destinate a condizioni di flusso interrotto a favore del passaggio di altri veicoli. La metodologia qui descritta non possiede carattere di cogenza, anche se risulta auspicabile che tutte le nuove intersezioni possano avere tali requisiti progettuali.

Per le traiettorie prioritarie - traiettorie aventi precedenza sulle altre - si devono mantenere all'interno dell'intera area di svincolo le medesime condizioni di visibilità previste dalla specifica normativa per gli assi stradali; la presenza dell'intersezione non può difatti costituire deroga agli standard usuali in rapporto alla visibilità del tracciato.

Per le manovre non prioritarie - la cui regolamentazione avviene con segnali di stop o di precedenza - le verifiche vengono sviluppate secondo il criterio dei triangoli di visibilità relativi ai punti di conflitto di intersezione generati dalle correnti veicolari: all'interno del triangolo non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato.

La verifica globale circa le condizioni di visibilità dell'intersezione richiede pertanto di considerare tutti i triangoli relativi ai punti di collisione; l'ubicazione degli eventuali nuovi vincoli esterni all'area di svincolo sarà da determinarsi in considerazione dell'involuppo dei segmenti relativi ai singoli triangoli.

Al fine di garantire il regolare funzionamento delle intersezioni a raso risulta essenziale procedere sempre ad una gerarchizzazione viaria delle manovre in modo da articolare le varie correnti veicolari in principali e secondarie; ne consegue la necessità di introdurre segnali di precedenza o di stop per ogni punto di collisione, evitando di porre in essere situazioni di semplice precedenza a destra senza regolazione segnaletica.

Nel caso in cui non possa essere garantita la visibilità sui triangoli così costruiti si rende necessario regolare l'intersezione mediante segnale di stop sulla strada secondaria con il contestuale inserimento di specchi parabolici che facilitino l'avvistamento dei veicoli sulla principale.

I parametri da acquisire per le verifiche di visibilità sono i seguenti:

- determinazione del tempo di manovra;
- individuazione della velocità di riferimento;
- collocazione planimetrica dei punti di osservazione;
- collocazione altimetrica dei riferimenti visivi.

3.B.4.1.1 Il tempo di manovra

La sicurezza dell'intersezione impone che l'utente impegnato nelle traiettorie prive di diritto di precedenza possa disporre del tempo necessario per verificare la presenza di veicoli in arrivo sulla strada principale, per decidere sulla manovra da compiere, per eseguire e completare l'attraversamento e lo sgombero dell'area di incrocio.

Si definisce pertanto tempo di manovra il periodo intercorrente tra l'approccio del veicolo nell'area di visibilità dell'incrocio e l'ultimazione della manovra di sgombero relativa al punto di collisione considerato. Il tempo di manovra si compone pertanto di fasi psico-tecniche e di fasi cinematiche ed il suo valore dipende anche dai seguenti elementi:

- larghezza trasversale dell'arteria principale;
- tipo di regolazione segnaletica.

In via generale e semplificativa si possono adottare per il tempo di manovra 6 secondi per le manovre regolate da stop e 12 secondi per le manovre regolate da precedenza.

Una ulteriore implementazione dei tempi di manovra deve prevedersi nei casi, per quanto possibile da evitarsi, in cui le traiettorie siano soggette a pendenze longitudinali superiori al 2%. In questi casi si incrementa il tempo di 1 secondo per ogni punto percentuale di pendenza eccedente il 2%.

3.B.4.1.2 La velocità di riferimento

Il lato maggiore del triangolo di visibilità corrisponde al prodotto della velocità di riferimento per il tempo di manovra. Si definisce velocità di riferimento il valore cinematico cui corrispondono le condizioni ordinarie di circolazione da considerarsi più impegnative ai fini della sicurezza dell'intersezione.

Per la determinazione della velocità di riferimento può articolarsi secondo tre criteri alternativi:

- strade di nuova realizzazione: si adotta il valore relativo al diagramma di velocità;
- strade esistenti: si adotta il valore prescritto dalla segnaletica stradale, quello massimo ammissibile dal Codice della Strada ovvero quello del 85-esimo percentile.

3.B.4.1.3 Collocazione planimetrica dei punti di osservazione

I punti caratteristici per le verifiche di visibilità vanno assunti sulla mezzzeria delle traiettorie veicolari a cui si riferiscono.

In caso di regolazione mediante segnale di precedenza, il vertice del triangolo di visibilità relativo alla direzione secondaria si pone ad una distanza di 20 m dal ciglio della strada principale.

In caso di regolazione mediante segnale di stop il vertice del triangolo di visibilità relativo alla direzione secondaria si pone ad una distanza di 3 m dalla linea di arresto.

3.B.4.1.4 Collocazione altimetrica dei riferimenti visivi

Il punto di osservazione convenzionale per le verifiche di visibilità viene posto altimetricamente ad una quota di 1,10 m al di sopra del piano viabile, in corrispondenza delle posizioni planimetriche indicate nel paragrafo precedente.

Nessun ostacolo alla visione diretta e continua dei veicoli confluenti può perforare il piano virtuale individuato dalla superficie congiungente i tre vertici del triangolo di visibilità come sopra definito. Non si considerano ostacoli visivi elementi discontinui (pali di illuminazione, segnaletica, ecc.) aventi larghezze in orizzontale inferiori a 0,80 m.

3.B.4.1.5 La distanza di visibilità principale

Il lato maggiore del triangolo viene rappresentato dalla distanza di visibilità principale D , quale viene espressa dalla formula:

$$D = v \times t$$

dove:

D = distanza di visibilità principale [m]

v = velocità di riferimento [m/s]

t = tempo di manovra [s]

3.B.4.1.6 Indicazioni generali

Per i nuovi interventi sono da escludere le intersezioni site in corrispondenza di una curva, come pure vanno attentamente verificate le condizioni di eventuali raccordi altimetrici che potrebbero determinare sia effetti negativi sulla visibilità sia disagi per le percezioni delle velocità dei veicoli in approccio (ad esempio quando la secondaria si raccorda in una concavità della principale).

In prossimità di una intersezione ogni oggetto situato al contorno stradale è suscettibile di mascherare la visibilità. Si considerano ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi una delle dimensioni planimetriche superiori a 0,80 m.

3.B.4.2. Percezione

In ogni caso, nei casi di insufficiente visibilità in uno o più rami dell'incrocio, è necessario procedere ad interventi atti a potenziare la leggibilità del nodo nel senso di facilitare all'utente la rapida comprensione del funzionamento delle intersezioni così da permettere agli utenti in avvicinamento di adeguare il proprio comportamento di guida (ad esempio rallentando e cedendo la precedenza) in relazione al comportamento tenuto o che si presume verrà tenuto dagli altri automobilisti.

Favoriscono certamente la percezione delle "singolarità" del tracciato e della zona di interscambio:

- una visibilità della zona di intersezione adeguata alle velocità di approccio veicolari;
- l'impiego di geometrie di svincolo il più possibili vicine agli schemi tipo;
- una segnaletica semplice, ben posizionata e di facile comprensione;
- la presenza di elementi strutturali o di riferimenti specifici che avvertono dell'avvicinamento ad un'area di interscambio (isole di separazione delle corsie, ecc.).

La lettura del tracciato può, nondimeno, essere facilitata dal paesaggio che può essere opportunamente "costruito" così da fornire, ad esempio, una visualizzazione anticipata delle vie secondarie (figg. 3.B.4 e 3.B.5).

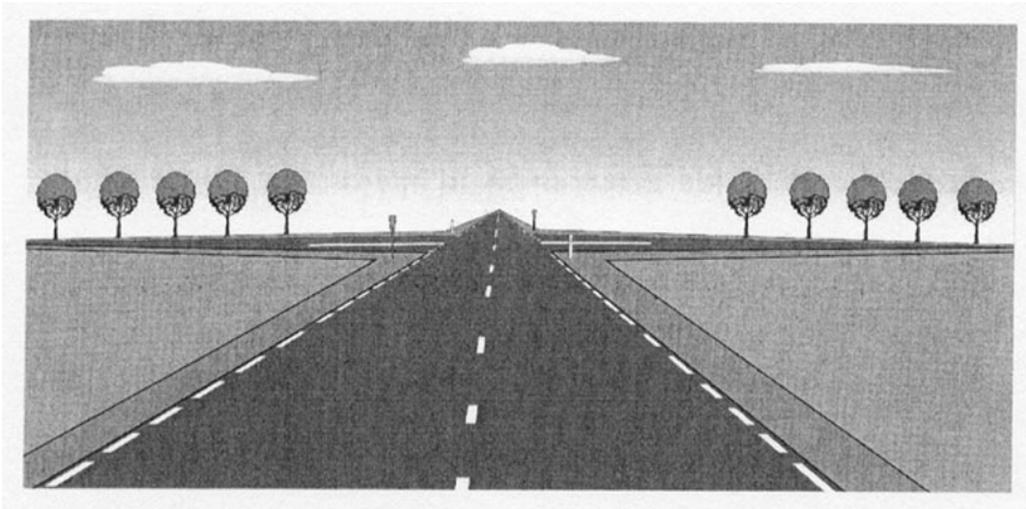


Fig. 3.B.4 Visualizzazione della strada secondaria mediante un allineamento trasversale.

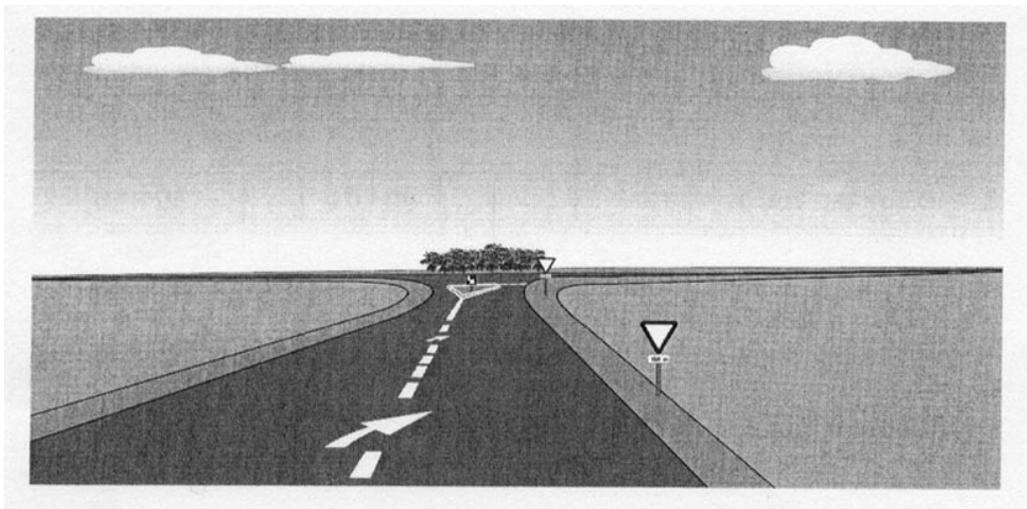


Fig. 3.B.5 Schermo di vegetazione che blocca la visuale sul ramo secondario di un'intersezione a T.

Tali sistemazioni, ovviamente, devono essere studiate in modo da non compromettere la sicurezza dell'intersezione riducendo, ad esempio, la visibilità dell'area di incrocio.

3.B.5 Pendenze e scolo acque meteoriche

In linea generale, nella impostazione progettuale dell'area di svincolo, occorre:

- eliminare le zone piane all'interno dell'intersezione mediante la sistematica adozione sia di pendenze longitudinali sia di pendenze trasversali;
- individuare i punti di recapito dei compluvi mediante caditoie o scarichi laterali in modo da delimitare sia le singole superfici scolanti sia i percorsi delle acque meteoriche sulla pavimentazione.

3.B.6 Geometria degli elementi

Per la sistemazione delle vie di preselezione e delle isole di traffico delle intersezioni a raso canalizzate sono necessarie delle modifiche planimetriche del tracciato stradale, la creazione di opportuni allargamenti e/o restringimenti della carreggiata stradale dei bracci confluenti all'intersezione, l'inserimento di adeguate isole di traffico.

Un'intersezione a raso canalizzata si compone di tutti o di parte dei seguenti elementi geometrici (vedi figura 3.B.6):

- *corsie di accumulo* sulla mezzera stradale destinate ad agevolare le svolte a sinistra dalla principale. Consistono nell'allargamento trasversale della carreggiata in modo da consentire la fermata dei veicoli in attesa di svolta senza interrompere il flusso passante lungo la medesima direzione di provenienza e si compongono di quattro parti: un tratto di raccordo, un tratto di manovra, un tratto di decelerazione ed un tratto di accumulo;
- *corsie di decelerazione* destinate ad agevolare le svolte a destra dalla principale. Consistono nell'allargamento laterale della carreggiata in modo da consentire che la manovra di uscita dei veicoli a bassa velocità dalla corrente passante non ne ostacoli in misura significativa le condizioni di deflusso portando i veicoli al di fuori delle traiettorie passanti;
- *corsie di accelerazione* destinate ad agevolare le svolte a destra dalla strada secondaria. Consistono nell'allargamento laterale della carreggiata principale in modo da consentire la manovra di uscita dei veicoli in inserimento sulla corrente passante senza significativo condizionamento del flusso passante;
- *corsie di immissione nella mezzera* della strada principale, destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria.

Le larghezze dei singoli elementi modulari sono le seguenti:

- corsie destinate alle traiettorie passanti: si mantiene il calibro corrente;
- corsie specializzate per funzioni di accumulo e immissione in mezzera: si adotta un valore minimo di 3,25 m, riducibile fino a 2,50 m se non sono percorse da significativo traffico pesante o da mezzi adibiti al trasporto pubblico, e massimo di 4,00 m;
- corsie di decelerazione/accelerazione; si adotta un valore minimo di 3,25 m, riducibile fino a 2,50 m se non sono percorse da significativo traffico pesante o da mezzi adibiti al trasporto pubblico, e massimo di 3,75 m.

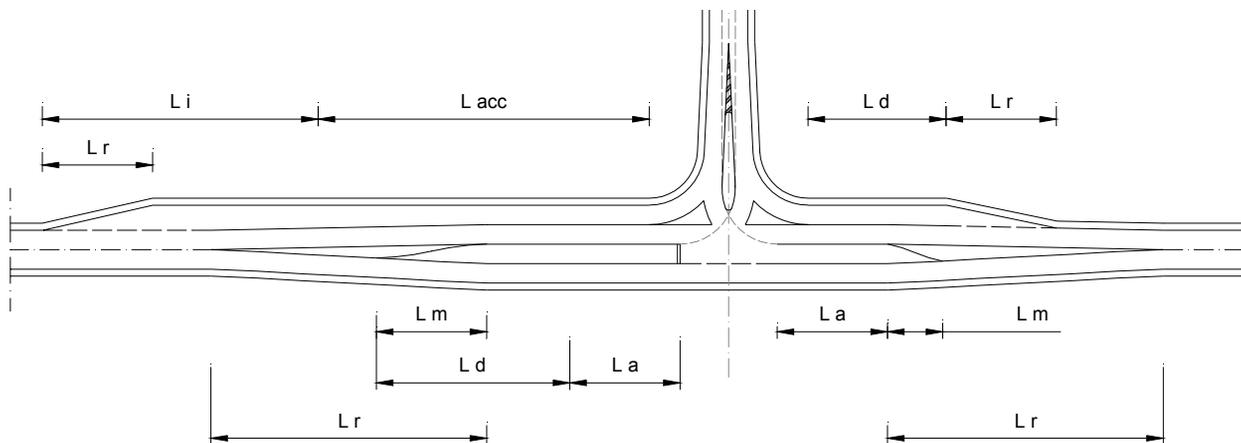


Fig. 3.B.6 Elementi geometrici compositivi di un'intersezione canalizzata.

3.B.6.1 Corsie di accumulo

Le corsie di accumulo nella mezzera stradale si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di quattro elementi:

- un tratto di raccordo;
- un tratto di manovra;
- un tratto di decelerazione;
- un tratto di accumulo, in funzione della tipologia di intersezione e dell'eventuale obbligo di arresto per la presenza di un impianto semaforico/segnaletica stradale;

secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.7.

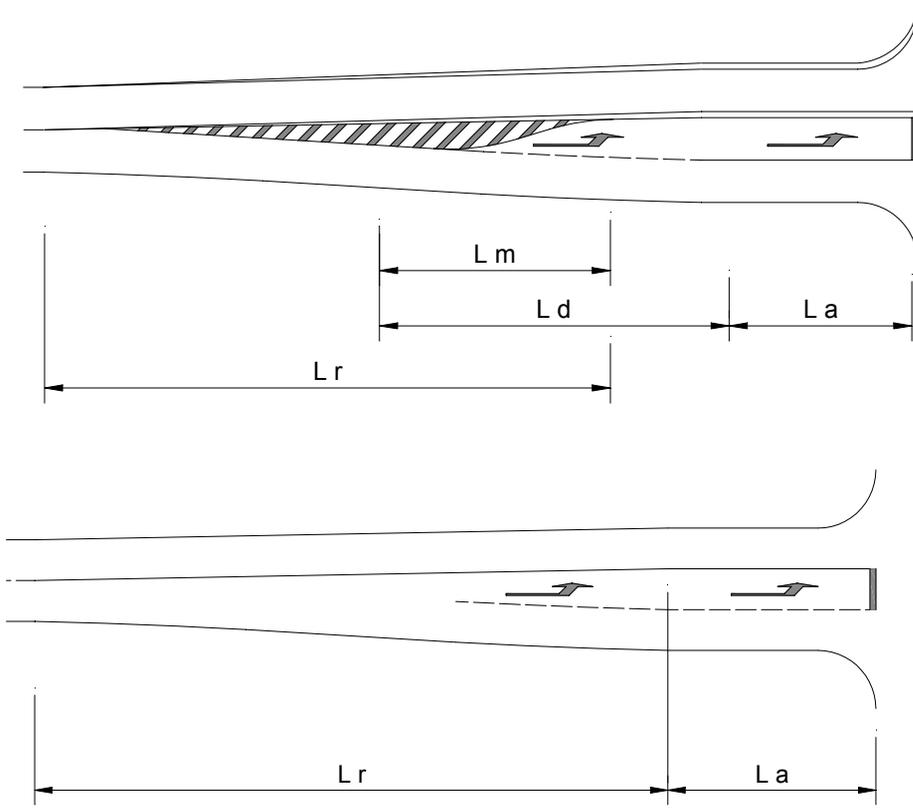


Fig. 3.B.7 Modalità di costruzione delle intersezioni canalizzate con corsie di svolta a sinistra

Tratto di raccordo

Sulla strada principale è necessario inserire un tratto di raccordo in modo che sia immediatamente e chiaramente riconoscibile la presenza dell'intersezione e che gli utenti siano invitati ad adattare la loro velocità (vedi fig. 3.B.8). Il suo corretto dimensionamento è differente in funzione del differente contesto - ambito urbano ovvero extraurbano - in cui si realizza l'intersezione. La lunghezza del tratto di raccordo L_r dipende dalla velocità di progetto V_p e dall'allargamento d della carreggiata stradale secondo le seguenti formule:

$L_r = 0,6 \times V_p \sqrt{d'}$ ambito extraurbano

$L_r = 0,45 \times V_p \sqrt{d'}$ ambito urbano/strade extraurbane secondarie (strade di tipo E ed F)
 con $L_{r\ min} = 20\ m$

dove:

V_p = velocità di progetto [km/h]

d = allargamento complessivo [m]

d' = allargamento della semicarreggiata ove inserire la corsia di accumulo centrale [m]

con, tendenzialmente, $d' \geq d/2$

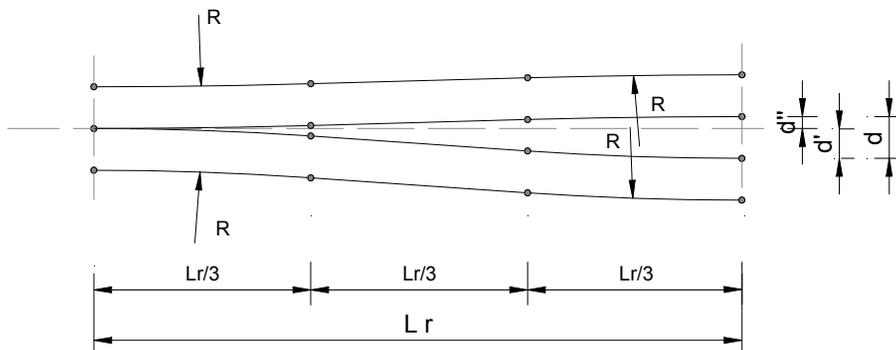


Fig. 3.B.8 Tratto di raccordo

Tratto di manovra

Il tratto di manovra L_m , in ambito extraurbano, deve avere una estensione di 30-40 m. Può essere ridotta a 20 m nel caso in cui la velocità di progetto V_p è minore di 60 km/h (vedi tabella 3.B.1).

Velocità di progetto	Lunghezza del tratto L_m [m]	
	Ambito extraurbano	Ambito urbano
80 km/h < V_p ≤ 100 km/h	40	-
60 km/h < V_p ≤ 80 km/h	30	30
V_p ≤ 60 km/h	20÷30	20

Tab. 3.B.1 Lunghezza del tratto di manovra in funzione della velocità di progetto e dell'ambito attraversato.

In ambito urbano si fa riferimento ai valori in tabella 3.B.1. In corrispondenza di ambiti caratterizzati dalla presenza di vincoli rilevanti, è possibile ridurre la lunghezza di tale tratto ovvero, al limite, escluderlo inserendo bruscamente la corsia di svolta a destra, o a sinistra, per permettere una maggiore estensione della zona di accumulo dei veicoli. Se il tratto di manovra è escluso, nel caso di svolta a sinistra, è necessario realizzare un'isola di canalizzazione insormontabile.

Tratto di decelerazione

La decelerazione di un veicolo in svolta dalla strada principale avviene utilizzando, come rappresentato nelle figure 3.B.7 e 3.B.8, anche i tratti di raccordo e di manovra. Il tratto di decelerazione L_d si raccorda con l'eventuale successivo tratto di accumulo.

La formula generale per il calcolo del tratto L_d è data da:

$$L_d = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 \left(a \pm \frac{i}{10} \right)}$$

dove:

L_d = lunghezza necessaria per la variazione cinematica [m]

V_1 = velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso da cui provengono i veicoli in uscita, per le strade esistenti;
- $0,75 \times V_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]);

V_2 = velocità minore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità di progetto corrispondente al raggio R della curva di deviazione verso la strada secondaria nel caso in cui non sia necessaria la fermata dei veicoli;
- in un valore nullo se il tratto successivo è destinato all'accumulo dei veicoli in svolta e pertanto potrebbe essere occupato da una coda;

a = decelerazione assumibile fino a $2,5 \text{ m/s}^2$

i = pendenza longitudinale

Per garantire maggiore agio alle manovre di uscita dalla corrente principale va precisato che almeno metà della lunghezza della tratta di decelerazione L_d deve venir realizzata in complanarità e parallelismo con la corsia di provenienza, accettandosi per la fase terminale di decelerazione anche un tratto curvilineo purché di curvatura compatibile con la velocità istantanea ipotizzata nella fase di decelerazione.

Tratto di accumulo

Il tratto di accumulo si raccorda con il tratto di decelerazione e termina con la linea di arresto o del "dare precedenza".

Nelle intersezioni semaforizzate la lunghezza L_a di tale tratto è in funzione del tempo di attesa.

Nelle intersezioni regolate a precedenza, invece, una lunghezza di 20 m è in genere sufficiente dove le manovre per la svolta a sinistra sono limitate. In casi del tutto eccezionali (ambito urbano o zone edificate) può essere anche ridotto, garantendo comunque la possibilità di accumulo per due autoveicoli ($L_a = 12 \text{ m}$). Una metodologia di dimensionamento più corretta si basa sullo studio del fenomeno di attesa dei veicoli in procinto di effettuare la svolta a sinistra.

Si consideri il comportamento dell'autista di un veicolo il quale, giunto alla linea di STOP ubicata alla estremità di una corsia di accumulo, è in attesa di attraversare la corrente di senso opposto per eseguire la sua manovra di svolta a sinistra. Egli osserva gli intervalli fra i veicoli della corrente da attraversare e, non appena giudica uno di questi sufficientemente ampio, esegue la sua manovra. L'ampiezza dell'intervallo accettato varia da un autista all'altro in funzione delle sue caratteristiche: età, sesso, condizioni psicologiche. Alcuni autisti accettano un intervallo solo quando è tanto ampio da garantire una manovra sicura, altri accettano intervalli alquanto più piccoli, eventualmente costringendo al rallentamento il veicolo che sopraggiunge nella corrente da attraversare.

Si può definire per ogni automobilista un *intervallo critico* T , tale che tutti gli intervalli ad esso inferiori vengono rifiutati, mentre quelli più grandi sono accettati. L'intervallo critico è distribuito in maniera aleatoria nella popolazione dei conducenti, ed esistono tecniche sperimentali che consentono di calcolarne la legge di probabilità. Nello studio dei fenomeni di attesa riguardanti la geometria

stradale si suppone per semplicità che l'intervallo critico sia lo stesso per tutti i conducenti, uguale alla mediana della effettiva distribuzione di probabilità. I risultati di numerose misure sperimentali concordano nell'assegnare ad esso un valore compreso fra 7 e 8 secondi.

Nella progettazione delle corsie di accumulo due sono i parametri che devono essere calcolati: il numero medio di veicoli in attesa e il tempo medio di attesa. Il primo parametro è necessario per calcolare la lunghezza della zona di accumulo, il secondo per conoscere il livello di servizio della soluzione progettuale adottata e le sue caratteristiche di sicurezza.

In un fenomeno di attesa gli elementi che ne determinano le caratteristiche sono la portata che alimenta la coda ed il *tempo di servizio*, cioè il tempo che un utente giunto alla testa della coda deve aspettare prima di potersi allontanare. Nel caso delle zone di accumulo alle intersezioni la portata che alimenta la coda è quella che svolta a sinistra, mentre si dimostra che nella generalità dei casi il tempo di servizio s è dato dalla somma dell'intervallo critico più gli intervalli della corrente da attraversare che vengono rifiutati. Il tempo di servizio è quindi una variabile aleatoria, i cui parametri della legge di probabilità sono funzioni dell'intervallo critico T e della portata Q_1 della corrente da attraversare. Nelle figure 3.B.9 e 3.B.10 sono riportati l'andamento del tempo medio di attesa e del numero medio di veicoli in attesa in funzione della portata Q_2 della corrente che svolta a sinistra, per un intervallo critico T di 7 secondi e per diversi valori della portata Q_1 della corrente da attraversare.

Per calcolare la lunghezza della zona di accumulo partendo dal numero di veicoli in attesa si ritiene che ciascuno di essi occupi un tratto di 6 m della zona di accumulo.

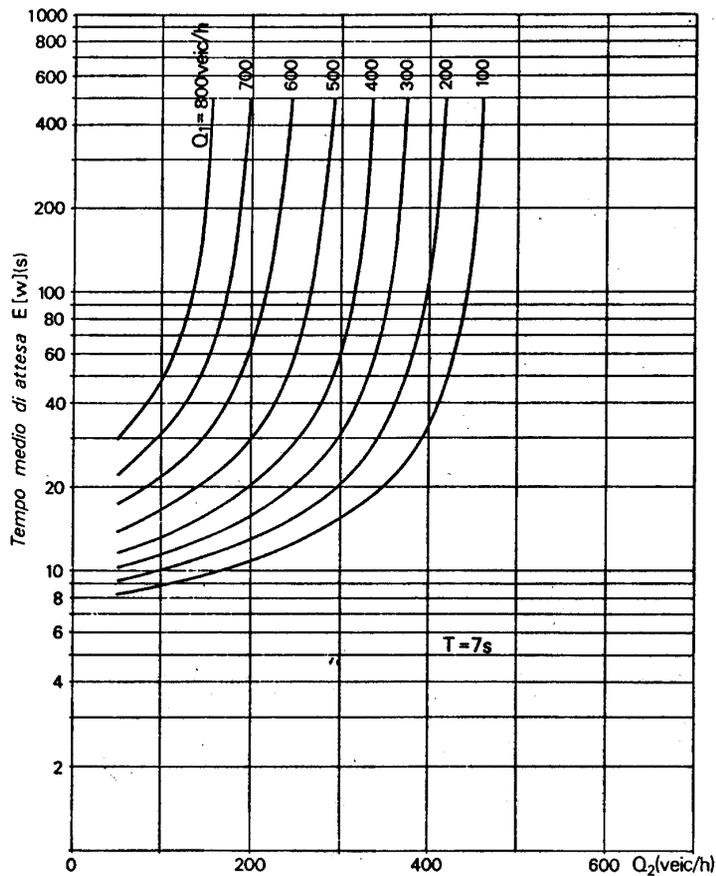


Fig. 3.B.9 Tempo medio di attesa in una corsia di accumulo

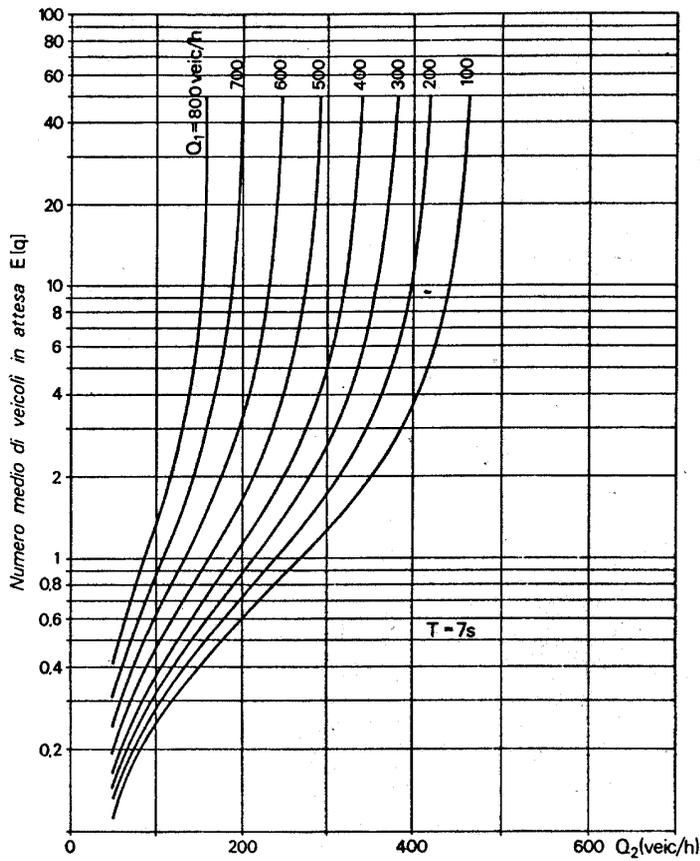


Fig. 3.B.10 Numero medio di veicoli in attesa in una corsia di accumulo

3.B.6.2 Corsie di decelerazione

Le corsie di decelerazione si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di tre elementi:

- un tratto di manovra;
- un tratto di decelerazione;
- un eventuale tratto di accumulo, in funzione della tipologia di intersezione e dell'eventuale obbligo di arresto per la presenza di un impianto semaforico/segnalatica stradale.

Le corsie di decelerazione destinate ad agevolare le svolte a destra dalla principale vengono realizzate secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.11.

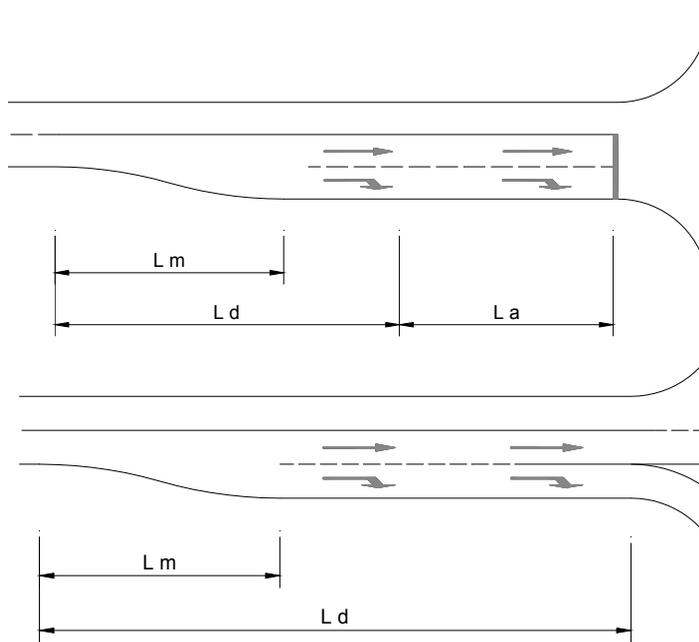


Fig. 3.B.11 Modalità di costruzione delle intersezioni canalizzate con corsie di svolta a destra

Tratto di manovra

La lunghezza del tratto di manovra L_m varia in funzione della velocità di progetto. Indicativamente i valori da utilizzare sono:

- 75 m per $V_p > 80$ km/h;
- 50 m per 60 km/h $< V_p \leq 80$ km/h;
- 20 m per $V_p \leq 60$ km/h.

Tratto di decelerazione e di accumulo

Il tratto di decelerazione ed, eventualmente, di accumulo vengono realizzati con riferimento alle regole di dimensionamento delle diverse tratte delle corsie di accumulo di cui al paragrafo 3.B.6.1. E' preferibile che il tratto di decelerazione sia parallelo all'asse principale.

3.B.6.3 Corsie di accelerazione

Le corsie di accelerazione si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di tre elementi:

- un tratto di accelerazione;
- un eventuale tratto di immissione;
- un tratto di raccordo;

secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.12.

In luogo del metodo cinematico di seguito proposto è possibile calcolare la lunghezza dei singoli elementi anche con altre metodologie (metodi probabilistici, semiempirici,...).

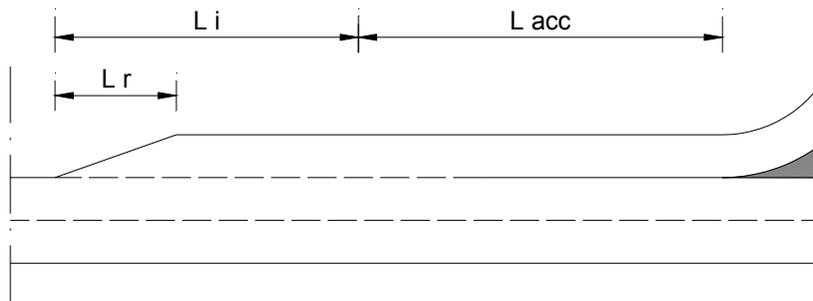


Fig. 3.B.12 Modalità di costruzione delle corsie di accelerazione

Tratto di accelerazione

La formula generale per il calcolo del tratto di accelerazione L_{acc} viene assunta nella seguente espressione:

$$L_{acc} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26 \left(a \pm \frac{i}{10} \right)}$$

dove:

L_{acc} = lunghezza necessaria per la variazione cinematica [m]

V_1 = velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso della strada sulla quale la corsia si immette, per le strade esistenti;
- $0,75 \times V_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di immissione nel flusso veicolare assumibile con velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]);

V_2 = velocità di progetto corrispondente al raggio R della curva della rampa di provenienza [km/h]

a = accelerazione assumibile fino a 1 m/s^2

i = pendenza longitudinale.

Tratto di immissione

Il tratto di immissione L_i permette ai veicoli provenienti dalla secondaria di trovare un intervallo utile al fine di immettersi sulla strada principale. In linea di massima una lunghezza di 150 m è sempre sufficiente; con velocità di progetto V_p minore di 80 km/h può essere ridotta fino a 50 m (e al limite, in corrispondenza di flussi poco consistenti, essere pari a 0 m).

La lunghezza di immissione può essere in alternativa calcolata anche considerando i flussi di traffico presenti o attesi. Si può pertanto considerare nullo il valore di L_i fino a flussi nell'ora di punta pari a 800 veic/h. Per valori superiori la lunghezza di immissione è data da:

$$L_i = \frac{N - 800}{100} \times V_1$$

dove:

N = flusso della corrente principale dove si immette la corsia [veic/h]. In caso di strada a più corsie si assume N pari a:

- per 2 corsie: 60% del flusso complessivo della corrente principale;
- per 3 corsie: 40% del flusso complessivo della corrente principale;
- per 4 corsie: 30% del flusso complessivo della corrente principale;

V_1 = velocità maggiore nella variazione cinematica [km/h], assumibile:

- nella velocità dell'ottantacinquesimo percentile (V_{85}) del flusso della strada sulla quale la corsia si immette, per le strade esistenti;
- $0,75xV_p$ per le strade di progetto (V_p : velocità di immissione nel flusso veicolare assumibile con velocità di progetto nella corsia considerata [km/h]).

Tratto di raccordo

La lunghezza del tratto di raccordo L_r varia in funzione della velocità di progetto. Indicativamente i valori da utilizzare sono:

- 75 m per $V_p > 80$ km/h;
- 50 m per 60 km/h $< V_p \leq 80$ km/h;
- 20 m per $V_p \leq 60$ km/h.

3.B.6.4 Zone di scambio

Si definisce *scambio* su una carreggiata stradale l'attraversamento reciproco, lungo una significativa lunghezza della carreggiata, di due correnti di traffico che procedono nella stessa direzione. Nelle intersezioni stradali fenomeni di scambio si verificano quando una rampa di immissione precede una rampa di uscita, e le due rampe sono collegate da una corsia ausiliaria formata dalla unione delle due corsie di immissione e di decelerazione, in modo da dar luogo ad un allargamento della carreggiata rispetto alla sua sezione corrente. In questo caso lo scambio avviene fra il flusso di immissione che percorre la corsia ausiliaria e intende trasferirsi nella carreggiata corrente e il flusso di uscita che percorre la carreggiata corrente e vuole trasferirsi sulla corsia ausiliaria (fig. 3.B.13).

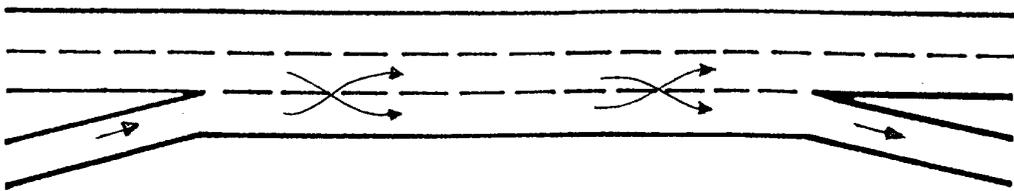


Fig. 3.B.13 Zona di scambio in una intersezione stradale

La *zona di scambio* è formata dal tratto di carreggiata in cui è stato eseguito l'allargamento. Essa è percorsa dall'insieme dei flussi di immissione e di uscita (*flusso di scambio*) e di quello lungo la carreggiata corrente che non è interessato alle manovre di immissione e di uscita (*flusso non di scambio*). La lunghezza della zona di scambio è convenzionalmente definita come la distanza fra il punto ubicato nel triangolo di immissione dove la distanza fra il margine destro della carreggiata corrente dista 0.60 m dal margine sinistro della rampa di immissione, ed il punto del triangolo di uscita dove i due margini distano m 3.60 (fig. 3.B.14).

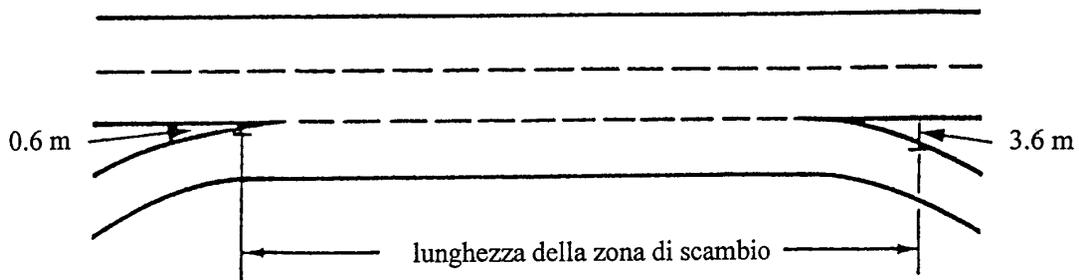


Fig. 3.B.14 Lunghezza di una zona di scambio

Il metodo di progetto delle zone di scambio qui riportato è quello proposto dall'Highway Capacity Manual. Si tratta di un metodo di verifica: assegnate le caratteristiche geometriche della zona di scambio (lunghezza e numero di corsie a disposizione del flusso totale, di scambio e non di scambio), se ne calcola il livello di servizio.

In generale la geometria delle zone di scambio è tale che entrambi i flussi, di scambio e non di scambio, riescono a mantenere la stessa velocità media. Nel caso in cui la larghezza di carreggiata a disposizione del flusso di scambio risultasse insufficiente, la velocità di quest'ultimo potrebbe risultare alquanto inferiore a quella del flusso non di scambio: in questo caso si dice che il funzionamento della zona di scambio è *vincolato*.

Il punto di partenza del calcolo del livello di servizio di una zona di scambio è il calcolo della velocità media dei due flussi, di scambio e non di scambio, mediante la relazione:

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

dove:

- v_i = velocità (km/h) del flusso di scambio ($i = s$) o non di scambio ($i = ns$)
- v = velocità di circolazione libera nel tratto di carreggiata che attraversa la zona di scambio
- w = fattore di intensità di scambio, il quale è una misura dell'attività di scambio.

Il fattore w viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$w = \frac{a(1+V)^b (f/N)^c}{(L/0.3)^d} \quad (2)$$

dove:

- V = rapporto fra il flusso di scambio f_s e il flusso totale f nella zona di scambio. I flussi sono misurati in autovetture equivalenti per ora.
- N = numero complessivo di corsie della zona di scambio.
- L = lunghezza in metri della zona di scambio.

Funzionamento della zona di scambio	Coefficienti in v_s				Coefficienti in v_{ns}			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Non vincolato	0.226	2.20	1.00	0.90	0.020	4.00	1.30	1.00
Vincolato	0.280	2.20	1.00	0.90	0.020	4.00	0.88	0.60

Tab. 3.B.2 Coefficienti della formula (2)

I coefficienti a, b, c, d sono forniti dalla Tab. 3.B.2 per la velocità di scambio v_s e non di scambio v_{ns} , nei due casi di funzionamento vincolato e non vincolato della zona di scambio. Si ritiene che in una zona di scambio avente la configurazione della fig. 3.B.13 la larghezza di carreggiata a disposizione del flusso di scambio sia uguale a 1,4 corsie. Il numero di corsie necessario per un funzionamento non vincolato è dato dalla relazione:

$$N_s = \frac{2.19 \cdot N \cdot V^{0.571} (L/30)^{0.234}}{(v_s / 1.6)^{0.438}} \quad (3)$$

Se risulta $N_s > 1,4$ il funzionamento è vincolato.

Il calcolo ha inizio assumendo che il funzionamento sia non vincolato. Si leggono nella Tab. 3.B.2 i coefficienti a, b, c, d relativi a questa ipotesi, e si calcolano mediante la (1) le velocità v_s e v_{ns} dei flussi di scambio e non di scambio. Si calcola quindi mediante la (3) il numero N_s di corsie necessario per un funzionamento non vincolato. Se risulta $N_s > 1,4$ si ripete il calcolo di v_s e v_{ns} introducendo nella (1) i valori dei coefficienti a, b, c, d relativi al funzionamento vincolato.

Si calcola infine la velocità media nello spazio v_m (km/h) nella zona di scambio mediante la relazione:

$$v_m = \frac{\frac{f_s + f_{ns}}{v_s + v_{ns}}}{\frac{f_s}{v_s} + \frac{f_{ns}}{v_{ns}}} \quad (4)$$

e quindi la densità veicolare D in auto/km per corsia:

$$D = \frac{f / N}{v_m} \quad (5)$$

Il livello di servizio nella zona di scambio, definito secondo la metodologia dell'Highway Capacity Manual per le carreggiate autostradali, è indicato nella tabella 3.B.3 in funzione della densità veicolare D .

Densità	Livello di servizio
6.25	A
12.50	B
17.50	C
22.00	D
≤ 27.00	E
> 27.00	F

Tab. 3.B.3 Livelli di servizio delle zone di scambio

La trattazione svolta considera la situazione più diffusa nelle ordinarie zone di scambio, in cui le correnti vengono ad intrecciarsi all'interno di un'unica corsia dedicata, cui si può anche destinare una sezione trasversale allargata, ma sempre unica, al fine di favorire la trasversalità delle traiettorie conflittuali.

In linea generale non si ritiene consigliabile l'adozione di schemi di intersezione dove i flussi di scambio siano così elevati o cinematicamente importanti da richiedere una duplicazione in senso trasversale delle corsie destinate all'intreccio delle traiettorie, in quanto la disponibilità di un doppio canale di scorrimento appare antitetica ad una precisa coazione della manovra in termini ristretti e con velocità moderate. In tali casi il modello comportamentale di riferimento per il calcolo dei tratti necessari si modifica rispetto alla trattazione illustrata, riportandosi sostanzialmente ad una casistica intermedia tra l'intreccio veicolare ed una marcia per file parallele.

Pur venendo esaminata tale situazione nell'Highway Capacity Manual, non si ritiene conveniente introdurre la trattazione di altri schemi di tratti di scambio, che dovrebbero limitarsi a casi del tutto particolari e quindi non generalizzabili quali soluzioni tecniche di corrente riferimento. Ciò anche in considerazione delle notevoli lunghezze (comunque superiori a 400-500 m complessivi) che richiederebbero tali tratti di scambio "morbido" e pluricorsia, senza considerare le difficoltà di una corretta interpretazione, da parte dell'utenza, del comportamento ottimale.

3.B.6.5 Corsie di immissione nella mezziera stradale

È possibile realizzare corsie di immissione nella mezziera della strada principale destinate ad agevolare la svolta a sinistra dalla secondaria. In questo caso per poter eseguire tale manovra non si deve attendere che si presenti un intervallo sufficiente da entrambe le correnti di traffico sulla principale affrontando la manovra in due momenti differenti: una prima manovra impegnando la corsia di immissione nella mezziera della principale, una seconda inserendosi nel flusso della principale.

Questa soluzione, per motivi inerenti la sicurezza della circolazione, è utilizzabile indicativamente soltanto nel caso in cui i flussi di traffico sulla strada principale siano elevati (> 8.000 veic/giorno) e le manovre di svolta a sinistra dalla secondaria non siano trascurabili (> 200 veic/giorno).

Le corsie di immissione nella mezziera della strada principale si possono realizzare principalmente tramite l'utilizzo di tre elementi:

- un tratto di accumulo;
- un tratto di manovra;
- un tratto di raccordo

secondo le modalità rappresentate in figura 3.B.15.

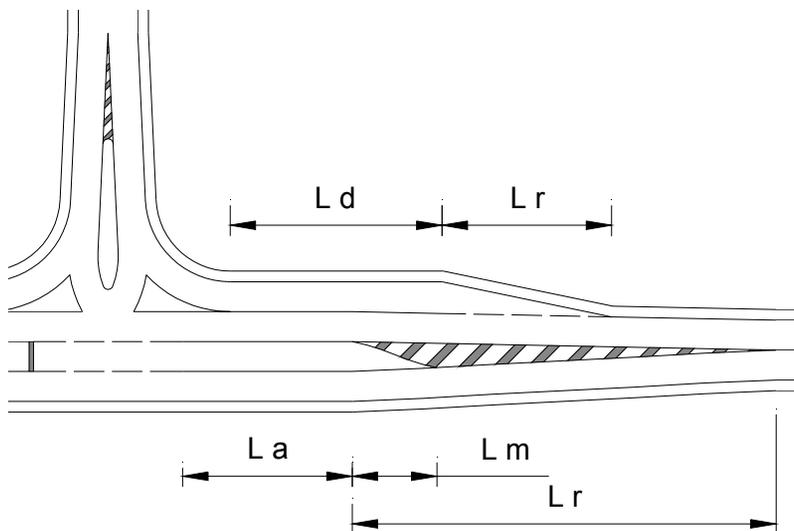


Fig. 3.B.15 Modalità di costruzione delle corsie di immissione nella mezziera della strada principale

Tratto di accumulo

Una lunghezza di almeno $15 \div 20$ m del tratto di accumulo L_a è in genere sufficiente dove le manovre per la svolta a sinistra dalla secondaria sono limitate. Occorre invece effettuare uno studio più approfondito per il suo dimensionamento nel caso in cui i flussi veicolari in svolta a sinistra siano rilevanti.

Tratto di manovra

Un tratto di manovra di lunghezza L_m massima di 10 m è sempre sufficiente in quanto consente uno stacco ben marcato per l'inserimento sulla corsia passante.

Tratto di raccordo

Da dimensionare secondo quanto stabilito al precedente paragrafo 3.B.6.1.

3.B.6.6 Allargamento della banchina pavimentata nelle intersezioni a T

Per gli incroci a T il livello minimo di intervento è rappresentato dall'allargamento della banchina pavimentata in modo da garantire una larghezza utile di banchina e corsia almeno di 5 m (vedi fig. 3.B.16).

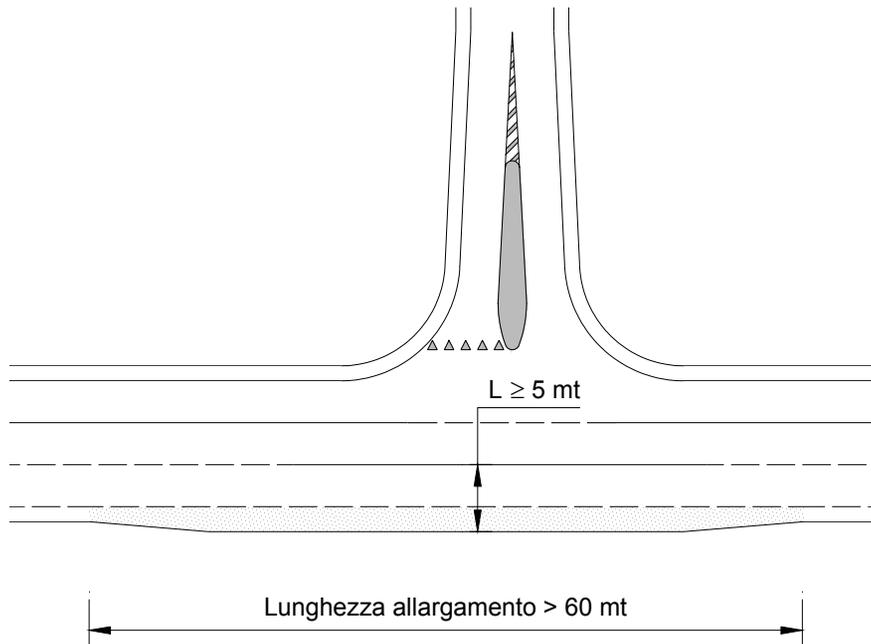


Fig. 3.B.16 Allargamento della banchina pavimentata

3.B.6.7 Geometria dei margini stradali

Per l'andamento dei cigli della carreggiata principale (tratti di manovra e di raccordo), in corrispondenza di allargamenti o restringimenti della stessa si adotta lo schema compositivo di fig. 3.B.6.17 che suddivide l'intero percorso di passaggio in tre tratti uguali. Tale soluzione rappresenta un punto di equilibrio tra opposte esigenze; infatti nel caso generale, sia in allargamento sia in restringimento, la traiettoria teorica è costituita da una successione di curva e controcurva, che determinano un flesso di riallineamento all'asse dalla posizione trasversale iniziale a quella finale. Il flesso teorico richiederebbe però l'abbandono dell'elemento rettilineo che è di semplice materializzazione in favore di curve a raggio variabile non facilmente traducibile a livello di segnaletica.

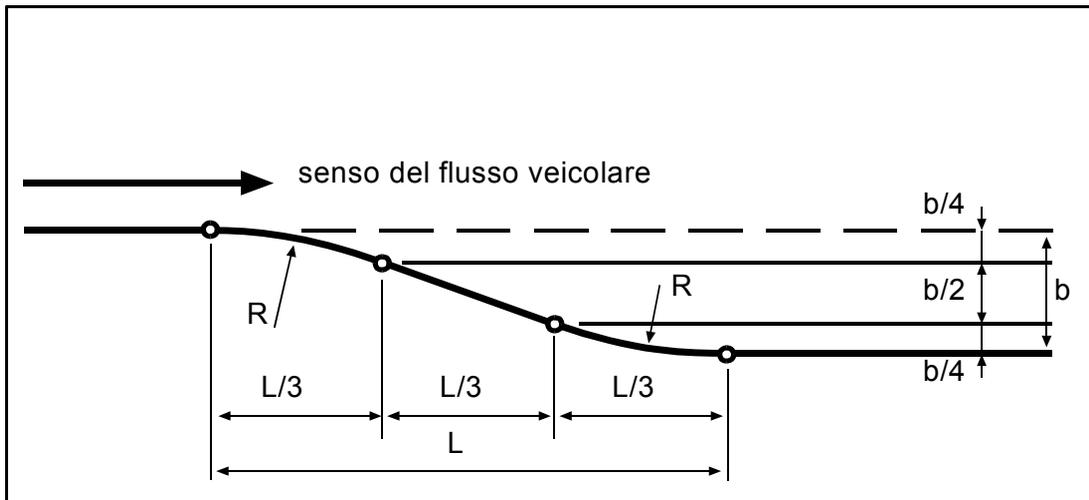


Fig. 3.B.6.17 Elementi della linea di ciglio

I tre tratti hanno le seguenti caratteristiche:

- un primo tratto curvilineo, cui corrisponde una deviazione (misurata in senso trasversale) pari ad $\frac{1}{4}$ dello spostamento totale;
- un secondo tratto rettilineo, in tangenza al precedente, cui corrisponde una deviazione pari a $\frac{1}{2}$ dello spostamento trasversale totale;
- un terzo tratto curvilineo, di curvatura opposta al primo, cui corrisponde una deviazione pari a $\frac{1}{4}$ dello spostamento totale.

Per quanto attiene il raggio di curvatura dei due tratti curvilinei simmetrici si adotta la seguente formulazione:

$$R = L^2 / 4,5 \times b$$

dove:

- L = lunghezza complessiva del tratto di raccordo (maggiore di 30-40 m)
- b = spostamento del ciglio in senso trasversale tra gli estremi del raccordo.

3.B.6.8 Criteri di inserimento delle diverse tipologie di intersezioni a raso canalizzate

In relazione ad alcune specifiche casistiche, nelle tabelle seguenti si definiscono dei criteri puramente indicativi di inserimento delle diverse tipologie di elementi geometrici costituenti un'intersezione a raso canalizzata in funzione dei flussi veicolari sulla strada principale e di quelli inerenti le manovre di svolta.

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a sinistra dalla principale		
	< 100 veicoli/giorno	100+400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotatoria
> 8.000 veicoli/giorno	Allargamento della banchina pavimentata	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotatoria

Criteri di inserimento di elementi per svolte a sinistra negli incroci lineari a T dalla principale

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a sinistra dalla principale		
	< 200 veicoli/giorno	200+400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotatoria
> 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente oppure corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra	Corsia specializzata di accumulo e svolta a sinistra oppure rotatoria

Criteri di inserimento di elementi per svolte a sinistra negli incroci lineari a X dalla principale

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a destra dalla principale		
	< 100 veicoli/giorno	100+400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 10.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Pseudocorsia di raccordo di uscita ⁽¹⁾	Corsia di decelerazione
> 10.000 veicoli/giorno	Pseudocorsia di raccordo di uscita ⁽¹⁾	Corsia di decelerazione	Corsia di decelerazione

Criteri di inserimento di elementi per svolte a destra negli incroci lineari a X e a T dalla principale

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a sinistra dalla secondaria		
	< 200 veicoli/giorno	200+400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale oppure rotatoria
> 8.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente oppure corsia di immissione nella mezzzeria stradale	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale	Corsia di immissione nella mezzzeria stradale oppure rotatoria

Criteri di inserimento di elementi per svolte a sinistra negli incroci lineari a T dalla secondaria

Traffico Giornaliero medio sulla principale (veicoli/giorno)	Veicoli impegnati in svolta a destra dalla secondaria		
	< 100 veicoli/giorno	100+400 veicoli/giorno	> 400 veicoli/giorno
< 10.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Mantenimento della sezione corrente	Corsia di accelerazione
> 10.000 veicoli/giorno	Mantenimento della sezione corrente	Corsia di accelerazione	Corsia di accelerazione

Criteri di inserimento di elementi per svolte a destra negli incroci lineari a X e a T dalla secondaria.

(1) Per pseudocorsia di raccordo si intende l'allargamento progressivo della sezione stradale principale mediante la creazione di un tratto di raccordo di larghezza crescente fino al calibro di corsia.

3.B.6.9 Isole di canalizzazione

Le isole di canalizzazione o isole di traffico, siano esse materializzate ⁽²⁾ o realizzate tramite segnaletica orizzontale, assolvono a molteplici funzioni tra le quali:

- contribuire alla riduzione delle possibili aree di conflitto tra i veicoli evitando la possibilità di effettuare manovre incontrollate o l'uso improprio della sede stradale;
- inibire le manovre veicolari non consentite;
- regolare le velocità operative veicolari;
- controllare gli angoli delle traiettorie veicolari;
- semplificare i punti di collisione;
- delineare i flussi principali;
- proteggere fisicamente i veicoli nelle zone di accumulo;
- consentire l'eventuale attraversamento dei pedoni in sicurezza.

In particolare, l'isola materializzata sulla secondaria ha anche altre precise ed importanti funzioni progettuali:

- interrompe l'impressione di continuità della via con obbligo di precedenza o stop;
- induce al rallentamento o all'arresto dei veicoli;
- determina le traiettorie di immissione o attraversamento della principale;
- migliora la percezione dell'incrocio per gli utenti della principale;
- governa le traiettorie in uscita dalla principale.

3.B.6.8.1 Isole divisionali

Le isole divisionali, solitamente di forma allungata, sono generalmente utilizzate per separare corsie con senso di circolazione opposto. La loro larghezza minima dovrebbe essere pari a 1÷1,2 m, soprattutto se servono anche per la protezione fisica dei pedoni.

Per evitare che possano costituire una sorpresa per i conducenti, è necessario che la lunghezza dell'isola sia accuratamente studiata anticipando i dispositivi di segnalamento, soprattutto in presenza di una curva.

3.B.6.8.2 Isole a goccia

La costruzione geometrica dell'isola a goccia sulla secondaria deve essere studiata in funzione delle differenti traiettorie veicolari di svolta. Il suo corretto inserimento avviene calcolando i raggi di svolta a sinistra in entrata e in uscita, anche in funzione della presenza o meno di isole divisionali sulla strada principale (vedi fig. 3.B.18). Possono essere inseriti successivamente gli elementi relativi ai calibri di corsia nonché alle isole accessorie direzionali, il cui inserimento va previsto preferibilmente in presenza di corsie specializzate per la decelerazione o l'immissione. La testa dell'isola in prossimità della strada principale deve essere arretrata da essa almeno di una distanza pari alla larghezza della banchina.

Anche per l'isola a goccia della secondaria è richiesta la realizzazione di un manufatto materializzato e non transitabile, pur suggerendo la adozione di cordoli di tipo sormontabile per non ostacolare le eventuali traiettorie anomale ed eccezionali di veicoli pesanti. Va comunque escluso in ogni caso una realizzazione mediante semplice approntamento segnaletico orizzontale.

(2) Nel caso di realizzazione di manufatti materializzati e non transitabili si suggerisce la adozione di cordoli di tipo sormontabile per non ostacolare le eventuali traiettorie anomale ed eccezionali di veicoli pesanti.

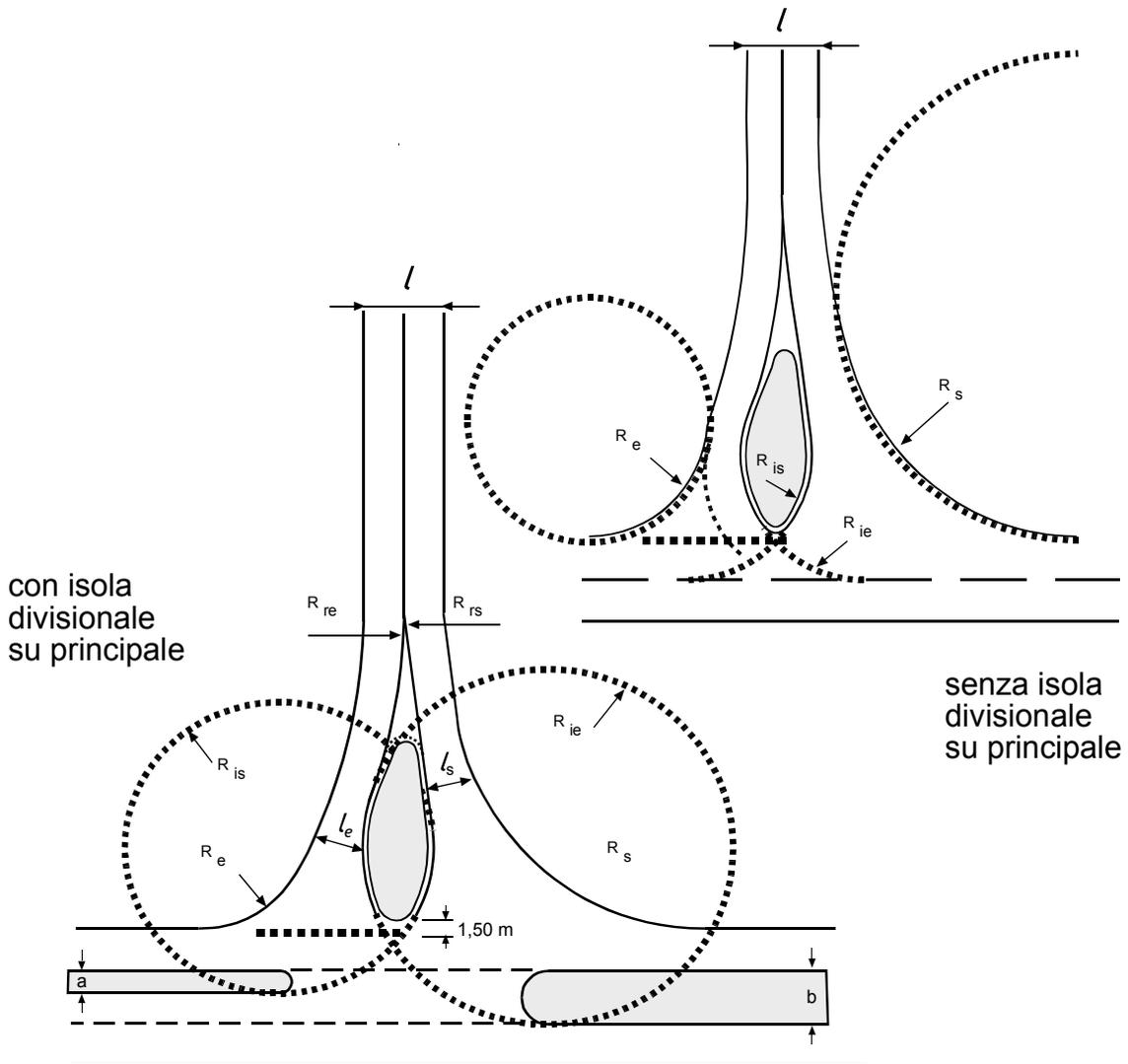


Fig. 3.B.18 Esempio di tracciamento dell'isola a goccia

3.B.6.8.3 Isole direzionali

Le isole direzionali possono assumere forme e dimensioni differenti a seconda delle funzioni svolte nell'area di svincolo. La forma più comune è quella triangolare per l'indirizzamento del traffico di svolta a destra, separandolo da quello passante.

Le isole direzionali devono essere disposte in modo che la traiettoria corretta sia chiara e facile a seguirsi. È da escludere pertanto l'utilizzo di un numero elevato di queste isole, soprattutto se di ridotte dimensioni, in quanto possono ingenerare confusione nell'utente della strada.

3.B.6.8.4 Isole salvapedone

Le isole salvapedone (o salvagente) sono destinate al riparo e alla sosta dei pedoni in corrispondenza di attraversamenti pedonali o fermate del trasporto pubblico collettivo. La lunghezza minima dell'isola salvapedone dovrebbe essere almeno pari a 4,5 m; deve essere sempre rialzata o opportunamente delimitata e protetta.

3.B.7 Particolari attenzioni per le diverse tipologie di utenti

3.B.7.1 Pedoni e ciclisti

Le intersezioni a raso collocate in area urbana devono essere opportunamente attrezzate per l'esercizio del traffico pedonale: gli attraversamenti devono essere protetti ed ubicati in modo da assicurare ai pedoni la visibilità della maggior parte possibile dell'intersezione. Un'elevata circolazione pedonale può tuttavia imporre la regolazione con semaforo dell'intersezione per motivi di sicurezza.

In ambito extraurbano, in caso di una presenza pedonale modesta e non continuativa nell'arco della giornata, la ricerca della massima sicurezza andrebbe impostata sul frazionamento e sulla separazione dei tratti di attraversamento, portando gli itinerari dei pedoni ad intercettare una sola corrente di flusso per volta; mediante un appropriato disegno ed una idonea distribuzione delle isole di

traffico dovrebbero crearsi, all'interno dell'area di svincolo, appositi spazi protetti di rifugio dove il pedone può attendere, senza pericolo alcuno, di affrontare il successivo attraversamento.

La creazione di isole di rifugio impone precise indicazioni progettuali in ordine alla loro materializzazione con cordoli insormontabili nonché a protezioni aggiuntive di massima sicurezza e percettibilità per l'utenza veicolare. In linea generale i percorsi pedonali protetti devono essere concentrati in modo da non avere più di un attraversamento completo per singola arteria considerata, da localizzare in corrispondenza delle correnti veicolari, tra quelle afferenti al nodo, meno importanti per volume di traffico e di velocità di percorrenza.

I criteri ispiratori per la sicurezza del traffico ciclistico si basano sui seguenti presupposti:

- limitazione delle aree di collisione con il traffico veicolare mediante la concentrazione degli attraversamenti pedonali e veicolari in un numero minimo di punti adeguatamente attrezzati;
- separazione fisica e funzionale delle vie ciclabili dalle corsie destinate al transito veicolare, anche mediante l'introduzione di un dislivello;
- eliminazione tendenziale di qualsiasi promiscuità di percorso fra i percorsi ciclabili e quelli pedonali, da tenersi materialmente separati per la sicurezza degli utenti più esposti;
- introduzione di accorgimenti planimetrici e di attrezzatura del piano viabile per la limitazione e il controllo della velocità ciclabile nei punti di attraversamento a raso.

Ai fini di un approccio sistematico al disimpegno del traffico ciclistico in un'intersezione a raso di tipo lineare è opportuno distinguere gli appuntamenti progettuali per le diverse manovre possibili:

- *traiettorie ciclabili passanti rispetto al nodo*: i percorsi delle due ruote devono continuare ed essere segnalati nella zona di incrocio se con diritto di precedenza, devono venir interrotti se con obbligo di precedenza. Negli attraversamenti di flussi veicolari significativi è opportuno creare zone mediane protette o adottare regolazione semaforica dedicata; in tal caso la linea di arresto dei percorsi ciclabili dovrebbe essere avanzata rispetto alle corsie veicolari;
- *traiettorie ciclabili con svolte a sinistra*: vanno previste e privilegiate corsie di preselezione evitando comunque la commistione con svolte veicolari similari. Possono prevedersi in casi particolari anche percorsi di tipo indiretto, con attraversamenti concentrati, in presenza di arterie a carreggiate con due o più corsie passanti per senso di marcia.

3.B.7.2 Trasporto pubblico locale

Alle fermate dei mezzi di trasporto pubblico devono essere destinate piazzole opportunamente attrezzate e dimensionate poste al di fuori dei tratti curvilinei dei raccordi per la svolta a destra.

In assenza di piazzole dedicate, per motivi di sicurezza occorre evitare il posizionamento dell'attraversamento pedonale davanti alla fermata del mezzo pubblico se non in presenza di un'isola salvapedone che inibisca la possibilità di sorpasso. Tale sistemazione è soprattutto da escludere in presenza di doppia corsia, in quanto bisogna assolutamente evitare che i veicoli possano superare il mezzo pubblico a scapito della sicurezza dei pedoni.

3.B.7.3 Trasporti eccezionali

Occorre evidenziare che di fatto non è consigliabile, per ragioni di sicurezza, prevedere ampi spazi solo per offrire facile accesso ai veicoli eccezionali in quanto queste sistemazioni potrebbero indurre gli utenti ordinari ad impegnare l'intersezione con velocità eccessive.

È bene inoltre concepire le eventuali zone sormontabili (o semi-sormontabili) in modo tale da dissuadere i veicoli leggeri a transitarvi. A tal fine si suggerisce di adottare:

- un sopralzo delle zone sormontabili rispetto alla carreggiata (non superiore a 3 cm);
- un rivestimento rugoso che presenti contrasto sia di giorno che di notte rispetto alla carreggiata stradale;
- una separazione di queste zone mediante segnaletica orizzontale.

È comunque sempre opportuno effettuare una verifica dell'inserimento dinamico dei mezzi pesanti nell'area di intersezione.

3.B.8 Segnaletica orizzontale e verticale

I riferimenti per il progetto della segnaletica sono al Codice della Strada e al relativo Regolamento di attuazione.

3.B.9 Barriere di sicurezza

Laddove necessarie, le barriere devono essere opportunamente raccordate (transizioni tra i differenti tipi di barriera) e i terminali devono consentire un sufficiente assorbimento di energia secondo la normativa vigente.

È in linea di massima da escludere il loro posizionamento sulle isole di canalizzazione.

3.B.10 Illuminazione

L'installazione in una intersezione di un impianto d'illuminazione deve facilitare la percezione e la comprensione del suo funzionamento da parte degli utenti. L'illuminazione dell'area di incrocio porta sicuramente dei benefici a condizione che siano evitati:

- "l'aggressività" dei pali dei lampioni, molto pericolosi in caso di impatto per la loro elevata rigidità;
- l'abbagliamento in entrata ed il fenomeno della presenza dei cosiddetti "buchi neri" o zone d'ombra in uscita dall'intersezione;
- la cattiva leggibilità, se la modalità di sistemazione dei lampioni inganna i conducenti circa la geometria dell'intersezione.

Non tutte le intersezioni canalizzate devono essere illuminate o illuminate con la medesima tipologia e modalità d'impianto, ma è necessario adeguare la progettazione in base alla localizzazione dell'intersezione:

- in *ambito urbano*: le intersezioni canalizzate devono essere necessariamente illuminate in modo sistematico anche per garantire la continuità d'illuminazione all'interno di zone già illuminate. I conducenti devono, infine, cogliere la presenza di biciclette e pedoni su attraversamenti ciclo-pedonali;
- in *ambito extraurbano*: l'illuminazione non è indispensabile, ma è raccomandata se almeno uno dei bracci afferenti è illuminato o se nelle immediate vicinanze è presente una zona illuminata che possa distrarre i conducenti da un regolare approccio all'intersezione ed in ogni caso se il livello di traffico notturno confluyente assume una consistenza elevata.

Per le intersezioni canalizzate che presentano problemi di visibilità o di percezione in lontananza si possono utilizzare dei dispositivi speciali (boe luminose sulle testate delle eventuali isole divisionali, lampade intermittenti,...) al fine di attirare l'attenzione dei conducenti.

I supporti non devono essere d'ostacolo visuale alla segnaletica verticale, né alle entrate né ai margini della carreggiata e, come si è detto, non devono costituire pericolo per la circolazione. Ciò impone di evitare l'installazione dei pali all'interno delle eventuali isole divisionali, sempre che queste non siano di grande ampiezza o i calcoli illuminotecnici non lo impongano.

Le intersezioni urbane si devono adeguatamente illuminare con impianti in grado di fornire un livello di luminanza, in rapporto a quelle ambientali, tale da non procurare disturbi visivi all'utenza stradale e dotati di sorgenti luminose e di elementi rifrattori realizzati in modo tale da non ingenerare un abbagliamento debilitante verso gli automobilisti in transito o influire negativamente sulla leggibilità delle segnalazioni.

Il livello di luminanza delle varie zone dell'intersezione non dovrebbe essere omogeneo così da evidenziare i punti di collisioni più importanti e/o gli attraversamenti pedonali.

4. INTERSEZIONI A LIVELLI SFALSATI

4.1 GENERALITÀ

Le intersezioni a livelli sfalsati possono eliminare attese e ritardi e realizzare una elevata sicurezza di circolazione, laddove siano ben progettate ed opportunamente dimensionate.

A fronte di tali aspetti vantaggiosi, occorre considerare alcuni elementi negativi, quasi tutti riconducibili all'aspetto tecnico-economico, ma anche correlati ad aspetti estetici e morfologici in relazione all'ambiente circostante. Ciò è vero sia in ambito urbano, ove le edificazioni preesistenti rendono talvolta impossibile l'inserimento dei manufatti che realizzano lo sfalsamento altimetrico e le rampe, sia in zone poco antropizzate, dove si può determinare un significativo impatto paesaggistico.

In caso di intersezioni non omogenee, cioè tra strade aventi caratteristiche operative o classificazione funzionale differente, si può ricorrere a soluzioni di sfalsamento parziale, cioè a soluzioni che riservano traiettorie protette alle relazioni di traffico principali e risolvono le altre con intersezioni a raso.

4.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE RAMPE DI SVINCOLO

4.2.1 Velocità di progetto

Per definire le caratteristiche planoaltimetriche delle rampe occorre preliminarmente individuarne gli intervalli di velocità di progetto.

Alcune indicazioni per le loro individuazioni viene fornita nella tab. 4.1 dove si correlano le tipologie fondamentali di rampe con la classificazione delle strade afferenti al nodo, attribuendo gli intervalli cinematici di progetto. In linea generale le velocità di riferimento per la geometria delle rampe variano tra un minimo di 30 km/h ed un massimo di 80 km/h, ma si suggerisce di adottare comunque valori cinematici dell'ordine del 60-70% rispetto alle velocità di progetto delle arterie confluenti nel nodo.

Le migliori prestazioni cinematiche sono espresse dalle rampe curvilinee dirette, mentre per le rampe indirette vengono ammessi riferimenti cinematici ridotti, con ulteriori specificazioni per differenziare le traiettorie di uscita dalle correnti principali rispetto a quelle di immissione, da ritenersi suscettibili di valori prestazionali più ridotti in termini di velocità di riferimento.

Tra le tipologie di rampa si è ritenuto opportuno introdurre anche quelle rettilinee dirette dove cioè le limitazioni alla velocità di progetto non derivano da vincoli di traiettorie curvilinee ma richiedono provvedimenti segnaletici ed altre indicazioni di carattere prescrittivo.

<i>Tipi di rampe</i>	<i>Incroci A/A, A/B, B/A</i>	<i>Incroci A/C, B/B, C/A, C/B, altro</i>
Curvilinea diretta	50-80 km/h	40-60 km/h
Curvilinea semidiretta	40-70 km/h	40-60 km/h
Curvilinea indiretta	in uscita da A: 40 km/h in entrata su A: 30 km/h	in uscita: 40 km/h in entrata: 30 km/h
Rettilinea diretta	60-80 km/h	40-70 km/h

Tab. 4.1 Velocità di progetto per le varie tipologie di rampe

4.2.2 Caratteristiche planoaltimetriche

I parametri fondamentali per il disegno geometrico delle rampe sono indicati nella tab. 4.2; i raggi planimetrici da adottare variano tra un minimo di 25 e un massimo di 250 m.

Per quanto riguarda inoltre la pendenza massima delle livellette, oltre alla differenziazione tra percorsi in salita anziché in discesa, si ammettono valori fino all'8% per gli incroci meno importanti e fino al 6% per quelli dovranno essere caratterizzati da migliori indici prestazionali.

La pendenza trasversale assume il valore minimo del 2,5% (per il deflusso dell'acqua meteorica), con un massimo, in curva, del 6%.

Velocità di progetto (km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo (m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max salita (%)	7,0		5,0			
Pendenza max discesa (%)	8,0		6,0			
Raggi minimi verticali convessi (m)	500	1000	1500	2000	2800	4000
Raggi minimi verticali concavi (m)	250	500	750	1000	1400	2000
Pendenza trasversale minima (%)	2,5					
Pendenza trasversale max (%)	6,0					
Visibilità longitudinale minima (m)	25	35	50	70	90	115

Tab. 4.2 Caratteristiche planoaltimetriche delle rampe

4.3 DIMENSIONAMENTO FUNZIONALE DELLE CORSIE DI SVINCOLO

4.3.1 Larghezza delle corsie

La larghezza dei canali di traffico (corsie) previsti nell'incrocio viene fissata in base ai seguenti criteri:

- mantenimento dei margini di sicurezza riferibili alle corsie delle singole arterie afferenti al nodo;
- adeguamento della dimensione trasversale alle prestazioni cinematiche caratteristiche delle singole traiettorie servite;
- adeguamento delle dimensione trasversale alle mutate direzioni di flusso dalle traiettorie adiacenti e contigue.

Le larghezze dei singoli elementi modulari sono le seguenti:

- corsie specializzate per funzioni cinematiche laterali (decelerazione ed accelerazione): si adotta un valore minimo di 3,25 m e massimo di 3,75 m;
- rampe monosenso lateralmente confinate: si adotta il valore minimo di 6,50 m pavimentati, di cui 1,00 m per la banchina sinistra, 4,00 m per la corsia di marcia e 1,50 m per la banchina destra; nel caso i flussi di traffico previsti esigano più di 1 corsia di marcia, in luogo della corsia di 4,00 m si potranno inserire 2 corsie da 3,25 m ciascuna;
- rampe bisenso lateralmente confinate: si adotta il valore di 9,00 m (1,00 di banchina + 3,50 di corsia + 3,50 di corsia + 1,00 di banchina).

In situazioni di elevata curvatura, caratterizzate da raggi di traiettoria in mezzera inferiori a 15,00 m, si deve assumere il valore maggiore dell'intervallo di larghezza indicato per i singoli elementi compositivi. Per raggi planimetrici superiori la scelta all'interno dell'intervallo è correlata all'incidenza del traffico pesante.

L'allargamento delle corsie specializzate si sviluppa nella transizione da corsie adiacenti e complanari alla carreggiata verso corsie lateralmente delimitate dove la maggiore dimensione, come indicata in prosieguo, è funzionale a consentire il superamento da parte dei flussi di traffico dei veicoli eventualmente in panne lungo le rampe.

4.3.2 Lunghezze dei tratti specializzati

La lunghezza dei singoli elementi viene fissata in base ai seguenti criteri:

- analisi delle diverse fasi del movimento veicolare all'interno dei tratti specializzati;
- articolazione dei tratti in due o più segmenti omogenei per funzione;
- attribuzione di specifici tempi o spazi per ciascuna funzione svolta;
- acquisizione di modelli cinematici e/o comportamentali nel complesso dei tratti.

Si dovranno considerare, in particolare:

- **le corsie di accelerazione**, sempre obbligatorie nelle intersezioni a livelli sfalsati, per consentire ed agevolare l'immissione dei veicoli sulla strada principale (per il dimensionamento si veda il paragrafo 3.B.6.3);
- **le corsie di decelerazione**, sempre obbligatorie nelle intersezioni a livelli sfalsati, per l'uscita dalla strada principale in modo da non provocare rallentamenti ai veicoli non interessati da tale manovra (per il dimensionamento si veda il paragrafo 3.B.6.2);
- **le zone di scambio**, che si hanno quando una rampa di immissione precede una rampa di uscita e le due rampe sono collegate da una corsia ausiliaria formata dalla unione delle due corsie di immissione e di decelerazione, in modo da dar luogo ad un allargamento della carreggiata rispetto alla sua sezione corrente. In questo caso lo scambio avviene fra il flusso di immissione che percorre la corsia ausiliaria e intende trasferirsi nella carreggiata corrente e il flusso di uscita che percorre la carreggiata corrente e vuole trasferirsi sulla corsia ausiliaria (per il dimensionamento si veda il paragrafo 3.B.6.4).

4.3.3 Geometria dei margini stradali

Per l'andamento dei cigli della carreggiata principale nelle intersezioni a livelli sfalsati si veda il paragrafo 3.B.6.7.

4.4 PENDENZE E SCOLO DELLE ACQUE METEORICHE

Si ritiene particolarmente importante affrontare tale problematica in quanto la definizione delle intersezioni a livelli sfalsati comporta l'adozione di una dimensione trasversale rilevante che costituisce una modifica sostanziale di impostazione rispetto alla sezione stradale corrente dove il riferimento all'asse longitudinale, con il meccanismo pressoché automatico della rotazione della falda trasversale, non porta a considerare la specificità areale del deflusso meteorico.

In linea generale, nella impostazione progettuale del problema, vanno seguiti i seguenti criteri:

- tendenziale eliminazione di zone piane all'interno dell'intersezione mediante la sistematica adozione sia di pendenze longitudinali sia di pendenze trasversali;
- sistematica individuazione planimetrica di tutte le zone pavimentate con pendenza trasversale critica ($-2,5\% < p < +2,5\%$);
- definizione sistematica delle linee di compluvio e di displuvio derivanti dalla combinazione delle pendenze, evitando la concentrazione della raccolta meteorica mediante linee di deflusso ortogonali alle principali traiettorie veicolari passanti;
- individuazione dei punti di recapito dei compluvi o mediante caditoie o mediante scarico laterale in modo da delimitare sia le singole superfici scolanti sia i percorsi delle acque meteoriche sulla pavimentazione.

È consigliata una rappresentazione mediante reticoli isometrici per visualizzare in assonometria il complesso delle falde scolanti sull'intera area di incrocio, così dedicando una specifica elaborazione grafica al problema.

4.5 SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE

I riferimenti per il progetto della segnaletica sono al Codice della Strada e al relativo Regolamento di attuazione.

4.6 BARRIERE DI SICUREZZA

Laddove necessarie, le barriere devono essere opportunamente raccordate (transizioni tra i differenti tipi di barriera) e i terminali devono consentire un sufficiente assorbimento di energia secondo la normativa vigente.

4.7 ILLUMINAZIONE

Le intersezioni sono punti cruciali di una rete stradale. Esse perciò, più ancora dei tronchi stradali rettilinei, devono avvantaggiarsi dei benefici indotti da una corretta illuminazione.

L'illuminazione dovrebbe rivelare l'esistenza della intersezione, le direzioni delle strade che vi confluiscono e si dipartono da essa, la posizione di eventuali ostacoli, ostruzioni o impianti situati nelle immediate vicinanze della sede stradale, nonché il movimento di veicoli nei pressi dell'area della intersezione.

Il criterio attualmente più diffuso posto a base del dimensionamento degli impianti di illuminazione stradale è quello della luminanza.

Secondo la pubblicazione CIE 115/95, il livello di luminanza dovrebbe essere di un grado più elevato di quello previsto per la strada più importante dell'intersezione.

ALLEGATO 3
ELABORATI PROGETTUALI

INDICE

1. INTRODUZIONE	114
2. LE FASI PROGETTUALI	114
3. DOCUMENTAZIONE RELATIVA AI VARI STADI DELLA PROGETTAZIONE	114
3.1 IL PROGETTO PRELIMINARE	114
3.2 IL PROGETTO DEFINITIVO	116
3.3 IL PROGETTO ESECUTIVO	117
4. ELABORATI GEOREFERENZIATI	118

1. INTRODUZIONE

Il progetto per la costruzione di una strada ha la funzione di descrivere compiutamente, in maniera chiara e completa, l'infrastruttura viaria che si vuole realizzare in relazione alle esigenze di mobilità del territorio in analisi.

Di seguito pertanto si definisce la documentazione (cartografia, elaborati tecnici, relazioni ecc.) che deve fare parte di un progetto stradale, declinato nelle diverse fasi, anche affinché sia valutabile appropriatamente da parte degli operatori delle amministrazioni pubbliche (enti locali, ARPA ecc.) che devono formulare un parere tecnico in merito al progetto stesso e al suo inserimento nel contesto territoriale interessato.

2. LE FASI PROGETTUALI

La progettazione si sviluppa secondo tre successivi livelli di definizione.

La prima fase è costituita dal Progetto preliminare nell'ambito del quale vengono studiati i possibili inserimenti dell'infrastruttura nel territorio tenendo conto delle sue peculiarità con indicazione del tracciato prescelto e vengono effettuati i primi calcoli sommari delle spese necessarie per la realizzazione dell'opera.

La seconda fase è costituita dal Progetto definitivo nell'ambito del quale vengono effettuate le indagini specialistiche preliminari ed i calcoli preliminari della sovrastruttura e delle opere d'arte.

L'ultima fase riguarda il Progetto esecutivo nell'ambito del quale viene definito compiutamente l'intervento da realizzare con i calcoli statici definitivi ed i dettagli delle opere d'arte.

Questi tre livelli possono essere preceduti dallo studio di fattibilità che costituisce la relazione tra gli strumenti di pianificazione e le fasi di attuazione dell'opera. Nello studio di fattibilità vengono già individuate le possibili soluzioni di tracciato e le prime considerazioni di carattere tecnico sulla base della conoscenza del territorio.

3. DOCUMENTAZIONE RELATIVA AI VARI STADI DELLA PROGETTAZIONE

Nelle tabelle seguenti si elencano i documenti/elaborati tecnici che, salva diversa determinazione del responsabile del procedimento, devono costituire il progetto a seconda delle relative fasi di approfondimento. I documenti richiesti si distinguono in due tipologie: quelli da sviluppare per tutte le tipologie di interventi stradali e quelli relativi agli interventi in cui risulta necessario uno specifico approfondimento.

A integrazione della documentazione cartacea, tutti gli elaborati devono essere consegnati in forma digitale secondo il formato più opportuno (relazioni, tabelle, cronoprogrammi in formato .pdf oppure secondo i più diffusi formati di office automation; gli elaborati grafici in formato dxf o CAD compatibile); per gli elaborati georeferenziati, si vedano le specifiche contenute nel Capitolo 4.

I file dovranno essere denominati secondo la seguente convenzione:

tipo_<nome elaborato>_n° parte (es. **R_RELTECNICA_1**)

dove:

tipo documento:	R	relazioni
	D	elaborato grafico
	T	tabelle
	C	cronoprogrammi
n° parte	un numero progressivo che indica la parte della relazione o corografia...	

3.1 IL PROGETTO PRELIMINARE

DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOME ELABORATO	NOTE
Documenti per tutte le tipologie di interventi stradali.	Relazione illustrativa	RELILLUSTRATIVA	Descrizione dell'intervento nel contesto territoriale, paesaggistico e della rete viabilistica con indicazione delle ragioni della scelta della soluzione proposta rispetto alle altre eventuali esistenti considerando in stretta relazione i profili: a) tecnico: relativamente alla sicurezza, alle condizioni del traffico alla miglior collocazione delle opere d'arte e all'inserimento urbanistico-paesaggistico b) economico: relativamente ai costi di realizzazione.
	Relazione tecnica	RELTECNICA	Definizione delle caratteristiche generali del progetto, del quadro territoriale, idrologico, idrogeologico, geologico, geotecnico, socio-economico, urbanistico - insediativo ed istituzionale in cui il progetto si inserisce, delle sue motivazioni e finalità dirette ed indirette e delle sue possibili connessioni con altri interventi e opere.
	Studio di prefattibilità ambientale inclusivo di una relazione storico-archeologica	PREFAMBIENTALE	Compatibilità con i piani paesaggistici, territoriali ed urbanistici allegando eventuali studi storico-archeologici
	Relazione geologica, geomorfologica geotecnica idrogeologica e idrografica	RELGEOIDRO	

DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOME ELABORATO	NOTE
	Corografia generale	COROGRAFIA	Contiene l'indicazione dell'area di intervento in scala adeguata.
	Planimetria stato di fatto in scala	PLANSTATOFATTO	1:10.000 (comunque non inferiore a 1:25.000)
	Planimetria di inquadramento in scala 1:25000	PLANINQUADR	Contiene l'indicazione del tracciato individuato e delle eventuali alternative esaminate con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, ai confini amministrativi. Se sono necessarie più corografie, va redatto anche un quadro d'insieme a scala inferiore.
	Planimetrie di progetto	PLANPROGETTO	Scala opportuna
	Planimetrie di tracciamento	PLANTRACCIAMENTO	Scala opportuna
	Inquadramento urbanistico	INQUADRURB	Indicazione dell'interazione tra il tracciato scelto e il contesto urbanistico. Stralcio del PRG e per i tracciati di interesse almeno provinciale stralcio del PTCP
	Profili longitudinali	PROFILOLONG	Scala opportuna
	Sezioni tipo in scala 1:100	SEZIONETIPO	
	Sezioni trasversali più caratteristiche scala 1:100 o 1:200	SEZIONETRASV	
	Opere d'arte principali nelle opportune scale	OPEREARTEPRINC	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Opere d'arte ricorrenti nelle opportune scale	OPEREARTERIC	Calcoli statici. Rappresentazione grafica con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Impianti tecnologici	IMPTECNOLOGICI	Rappresentazioni grafiche in scala opportuna. Verifiche per le opere di continuità idraulica
	Tipologie dei caselli (planimetria)	PLANCASELLO	
	Planimetria degli svincoli e delle intersezioni in scala di dettaglio opportuna	PLANSVINCOLO	
	Indicazioni per la stesura dei Piani di Sicurezza	PIANOSICUREZZA	
	Quadro economico	QECONOMICO	Relativo a tutte le spese sostenute comprese le somme a disposizione dell'amministrazione appaltante.
	Computo metrico estimativo sommario	COMPUTOMETRICO	
Documenti ulteriori per interventi in cui risulti necessario specifico approfondimento.	Profilo idrogeologico in scala 1:25000/1:500	PROFILOIDROGEO	
	Indagini geotecniche	INDAGINEGEOT	Calcoli preliminari sulla stabilità del rilevato stradale, delle ripe, scarpate e gallerie
	Sezioni stratigrafiche in scala 1: 50000/1:100	SEZIONESTRATIGR	
	Indice dei servizi interferiti	INDICESERVIZI	
	Planimetria dei servizi interferenti in scala 1:5000	PLANSERVIZI	
	Capitolato speciale prestazionale	CAPSPEPRESTAZION	Specificazione delle opere principali e specializzate con importi. Indicazione degli elementi in cui l'intervento è suddivisibile.
	Fotodocumentazione stato di fatto	FOTOSTATODIFATTO	
	Fotopiano con individuazione del tracciato in scala 1:10000	FOTOPIANO	
Monografie relative ad elementi particolari	MONOGRAFIA		

3.2 IL PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOME ELABORATO	NOTE
Documenti per tutte le tipologie di interventi stradali.	Relazione descrittiva	RELEDESCRITTIVA	Illustrazione delle soluzioni progettuali con particolare riferimento al progetto preliminare evidenziando le scelte adottate e le eventuali modifiche in relazione alle indagini svolte.
	Relazione geologica, geotecnica e idraulica, idrologica, sismica	RELGEOIDRO	Descrizione dettagliata e, ove previsti, risultati delle relative indagini
	Corografia generale	COROGRAFIA	Contiene l'indicazione dell'area di intervento in scala adeguata.
	Planimetria stato di fatto in scala	PLANSTATOFATTO	1:10.000 (comunque non inferiore a 1:25.000)
	Planimetria di inquadramento in scala 1:25000	PLANINQUADR	Contiene l'indicazione del tracciato individuato e delle eventuali alternative esaminate con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, ai confini amministrativi. Se sono necessarie più corografie, va redatto anche un quadro d'insieme a scala inferiore.
	Planimetrie di progetto	PLANPROGETTO	Scala opportuna
	Planimetrie di tracciamento	PLANTRACCIAMENTO	Scala opportuna
	Planimetria degli svincoli e delle intersezioni	PLANSVINCOLO	Scala di dettaglio opportuna
	Studio di inserimento urbanistico con tavola di inquadramento in scala 1:25000	INQUADRURB	Indicazione dell'interazione tra il tracciato scelto e il contesto urbanistico.
	Profili longitudinali	PROFILOLONG	Scala opportuna
	Sezioni tipo in scala 1:100	SEZIONETIPO	
	Sezioni trasversali più caratteristiche scala 1:100 o 1:200	SEZIONETRASV	
	Disciplinare prestazionale descrittivo degli elementi tecnici	ELEMENTITECNICI	Specificazione delle opere principali e specializzate con importi. Descrizione degli elementi progettuali in cui l'intervento è suddivisibile, della forma e dimensione dell'intervento e dei suoi principali componenti
	Calcolo preliminare e dimensionamento della sovrastruttura	SOVRASTRUTTURA	La sovrastruttura deve essere dimensionata in base al traffico pesante previsto, alle caratteristiche dei materiali costituenti gli strati e della portanza del sottofondo.
	Calcolo preliminare delle opere d'arte principali	OPEREARTERIC	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Calcolo preliminare delle opere d'arte minori ricorrenti	OPEREARTERIC	Calcoli statici. Rappresentazione grafica con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Calcoli preliminari e dimensionamento degli impianti di pertinenza stradale accessori	IMPACCESSORI	Illuminazione, ventilazione, soccorso. Descrizione, rappresentazioni grafiche, calcoli preliminari
	Calcoli preliminari e dimensionamento degli impianti tecnologici	IMPTECNOLOGICI	Descrizione, rappresentazioni grafiche, calcoli preliminari
	Elementi e specifiche grafiche del piano di manutenzione	PIANOMANUTENZIONE	Modalità di fruizione (soprattutto per gli impianti tecnologici) Indicazione dei livelli prestazionali minimi, dei programmi di manutenzione
	Piano particellare di esproprio	PIANOESPROPRI	
Quadro economico	QECONOMICO	Riferito alla spesa complessiva dell'intervento comprese le somme accessorie	
Computo metrico estimativo	COMPUTOMETRICO		
Documenti ulteriori per interventi in cui risultati necessario specifico approfondimento.	Studio di impatto ambientale (ove previsto) ovvero studio di fattibilità ambientale	SIA	
	Sezioni stratigrafiche in scala 1: 50000/1:100	SEZIONESTRATIGR	
	Calcoli geotecnici preliminari	CALCOLOGEOT	
	Planimetria e profili delle interferenze con servizi (pubblici o privati), accessi privati	PLANSERVIZI; PROFILOSERVIZI	Scala opportuna
	Relazioni tecniche specialistiche	RELTECNICASPEC	Per la soluzione di questioni specialistiche
	Fotodocumentazione stato di fatto	FOTOSTATODIFATTO	
	Profilo geognostico con indicazione dei saggi, sondaggi e prelievi eseguiti	PROFILOGEOGN	

3.3 IL PROGETTO ESECUTIVO

DOCUMENTAZIONE	ELABORATI	NOME ELABORATO	NOTE
Documenti per tutte le tipologie di interventi stradali.	Relazione generale	RELGENERALE	Descrizione dei criteri adottati per la definizione delle scelte progettuali esecutive con riferimento alle soluzioni del progetto definitivo. Indicazione delle indagini, rilievi effettuati per la riduzione di imprevisti Riferimenti specifici ad elaborati grafici e a prescrizioni del capitolato speciale d'appalto per descrizioni riguardanti particolari costruttivi e per le verifiche dei livelli qualitativi e di sicurezza.
	Planimetria di inquadramento in scala 1:25000	PLANINQUADR	Contiene l'indicazione del tracciato con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, ai confini amministrativi. Se sono necessarie più corografie, va redatto anche un quadro d'insieme a scala inferiore.
	Planimetrie di progetto	PLANPROGETTO	Scala opportuna
	Planimetrie di tracciamento	PLANTRACCIAMENTO	Scala opportuna
	Planimetria degli svincoli e delle intersezioni in scala di dettaglio opportuna	PLANSVINCOLO	
	Profili longitudinali	PROFILOLONG	Scala opportuna
	Sezioni tipo in scala 1:100	SEZIONETIPO	
	Sezioni trasversali in scala 1:100 o 1:200	SEZIONETRASV	
	Calcolo esecutivo della sovrastruttura	SOVRASTRUTTURA	
	Calcolo esecutivo delle opere d'arte principali	OPEREARTERIC	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture comprendenti la relazione di calcolo, l'analisi dei carichi, le verifiche statiche, le norme di riferimento, la descrizione dei particolari dei componenti della struttura. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Calcolo esecutivo delle opere d'arte minori ricorrenti	OPEREARTERIC	Calcoli statici giustificativi delle dimensioni delle infrastrutture comprendenti la relazione di calcolo, l'analisi dei carichi, le verifiche statiche. Rappresentazioni grafiche con indicazioni di carattere geometrico, geologico ed idraulico
	Impianti di pertinenza stradale accessori	IMPACCESSORI	Illuminazione, ventilazione, soccorso. Descrizione, disegni, calcoli esecutivi
	Impianti tecnologici	IMPTECNOLOGICI	Descrizione particolareggiata dei componenti, disegni, calcoli esecutivi. Indicazione delle caratteristiche qualitative dei macchinari, dei materiali e delle apparecchiature.
	Piano di manutenzione	PIANOMANUTENZIONE	Descrizione nel dettaglio dell'attività di manutenzione. Modalità di fruizione (soprattutto per gli impianti tecnologici). Indicazione dei livelli prestazionali minimi dell'infrastruttura e del programma di manutenzione per il mantenimento di tali livelli.
	Piano di sicurezza e coordinamento	PIANOSICUREZZA	Analisi e valutazione dei rischi dei processi di lavorazione
	Cronoprogramma	CRONOPROGRAMMA	Indicazione dettagliata delle fasi di esecuzione
Elenco prezzi unitari ed eventuali analisi	PREZZI		
Quadro economico	QECONOMICO	Riferito alla spesa complessiva dell'intervento comprese le somme accessorie	
Computo metrico estimativo definitivo	COMPUTOMETRICO	Indicazione di tutti i costi parametrici. Suddivisione delle opere a corpo e a misura.	
Documenti ulteriori per interventi in cui risulti necessario specifico approfondimento	Sezioni stratigrafiche in scala 1: 50000/1:100	SEZIONESTRATIGR	
	Calcoli geotecnici esecutivi	CALCOLOGEOT	
	Planimetria e profili delle interferenze con servizi (pubblici o privati), accessi privati	PLANSERVIZI; PROFILOSERVIZI	Scala opportuna
	Relazioni specialistiche	RELTECNICASPEC	Per la soluzione di questioni specialistiche
	Indagini specialistiche	INDAGINESPEC	
Quantità caratteristiche delle opere	CARATTOPERE		

4. ELABORATI GEOREFERENZIATI

I progetti infrastrutturali relativi ad autostrade (classe A art. 2, comma 2 del Codice della Strada), strade classificate di interesse regionale (di primo o secondo livello, classe B) o provinciali di primo e secondo livello (corrispondenti alle classi C, D, E ed F art. 2, comma 2 del Codice della Strada) si richiede che siano presentati secondo modalità informatiche condivise. Ciò al fine di:

- favorire lo scambio dati tra amministrazioni pubbliche e/o soggetti privati e agevolare eventuali rielaborazioni concertate dei progetti;
- disporre di elementi conoscitivi necessari alla definizione delle scelte di programmazione generale e settoriale, di pianificazione del territorio e all'attività progettuale, come previsto dall'art. 3 della Legge di governo del territorio (legge regionale 11 marzo 2005, n. 12).

Sono esclusi gli interventi riguardanti esclusivamente la realizzazione di roatorie con diametro minore o uguale a 25 m, la ristrutturazione e il restauro conservativo di ponti e cavalcavia, lo spostamento di barriere o caselli autostradali.

A seconda della fase progettuale e della tipologia tecnico-funzionale della strada oggetto di studio, sono richiesti alcuni elaborati minimi di progetto di seguito elencati e descritti; in particolare si è adottata una classificazione su due livelli. Il criterio seguito è stato quello di richiedere una documentazione più completa, sia in termini di numero di elaborati che di loro contenuto informativo, per i progetti riguardanti strade di preminente interesse regionale giunti ad un buon livello di maturazione formale (tipo 2); per i restanti casi, ovvero per gli interventi in fase di definizione (studi di fattibilità) e quelli riguardanti strade non considerate di preminente interesse regionale, è sufficiente un set di informazioni ridotto (tipo 1).

TIPO 1 – Appartengono a questa tipologia tutti gli interventi in fase di studio di fattibilità e per le fasi progettuali successive solo quelli che insistono su strade appartenenti alle seguenti tipologie tecnico-funzionali (art. 2 del Codice della Strada):

C – Extraurbane secondarie

D – Urbane di scorrimento

E – Urbane di quartiere

qualora siano di interesse regionale o provinciale di primo o secondo livello.

Acquisizione del tracciato e rappresentazione cartografica

Solo per strade non classificate A e B, e comunque se si tratta di studi di fattibilità, è ammessa l'acquisizione del tracciato da digitalizzazione diretta, in questo caso occorre indicare la base cartografica utilizzata (carte tecniche comunali, CTR...) ed è possibile adottare il sistema nazionale italiano Gauss Boaga oppure il sistema UTM-WGS84.

Le carte di supporto cartografico devono eguagliare o superare la cartografia tecnica regionale (CTR) dal punto di vista del grado di aggiornamento, della precisione topografica e geodetica e della qualità cartografica⁽¹⁾. In caso contrario è necessario utilizzare come base la CTR.

Se non si è utilizzata la CTR, occorre produrre una documentazione complementare contenente le seguenti indicazioni minime: nome del supporto, sistema di riferimento, nominativo del produttore, data della restituzione, data dell'ultimo aggiornamento, scala di acquisizione del dato (campi della tabella ACQUISIZIONE.dbf descritta nel seguito).

Nel caso in cui sia stato effettuato un rilievo, analogamente agli interventi della categoria 2, occorre predisporre il file punti_rilevati e il tracciato viene acquisito secondo il sistema di riferimento UTM-WGS84.

Scala minima di rappresentazione e relativa precisione

1:25.000 per gli studi di fattibilità

1:10.000 per le altre fasi progettuali.

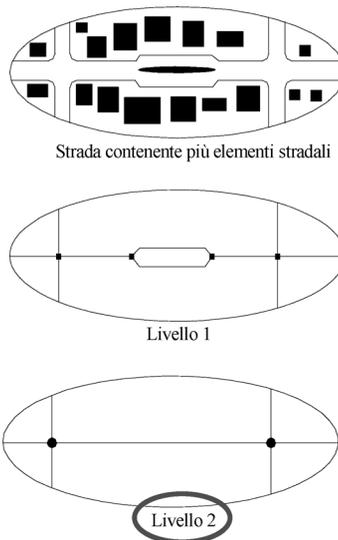
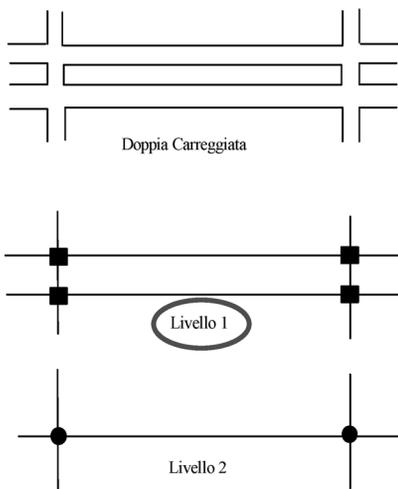
Criteri di rappresentazione geometrica della rete stradale.

È richiesto il rispetto del Livello 1 dello standard europeo GDF⁽²⁾, con alcune semplificazioni per gli incroci complessi⁽³⁾. Le regole per la rappresentazione schematica degli incroci con roatoria sono definite in Figura 2.

(1) Non sono comunque accettati supporti cartografici di origine catastale.

(2) In Figura 1 si riportano alcuni esempi che confrontano i Livelli del GDF. Per approfondimenti si rimanda ai documenti dell'organizzazione europea per la standardizzazione relativa al trasporto su strada e la telematica del traffico CEN TC278 (Comité Européen de Normalization, Road transport and traffic telematics). I lavori della commissione hanno portato alla redazione dello standard dettagliato GDF (Geographic Data Files): *Final Draft*, CEN 278, Bruxelles, March 1996.

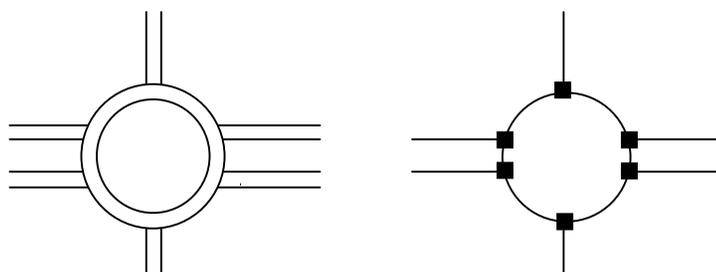
(3) Si definisce in senso lato *incrocio* il luogo fisico in cui avviene uno scambio di flussi di traffico tra strade diverse: si tratta di archi o di nodi della rete che mettono in comunicazione strade diverse. Nel seguito si noterà che è richiesta una schematizzazione differente a seconda che si tratti di incroci complessi o semplici: nel primo caso saranno definiti *svincoli* (l'area di incrocio è schematizzata con archi - oggetti lineari), nel secondo *intersezioni* (l'area di incrocio è ridotta a un punto - oggetti puntiformi).



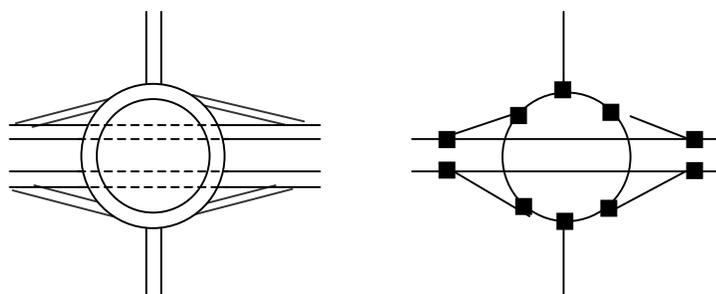
A sinistra - L'esempio si riferisce ad una strada a doppia carreggiata: la schematizzazione si colloca in corrispondenza del Livello 1 del GDF (livello di maggior dettaglio).

A destra - In questo caso la separazione di carreggiata non è significativa ai fini della rappresentazione dell'elemento stradale e della sua schematizzazione per l'analisi dei flussi di traffico: la schematizzazione si colloca al Livello 2 del GDF (livello più sintetico).

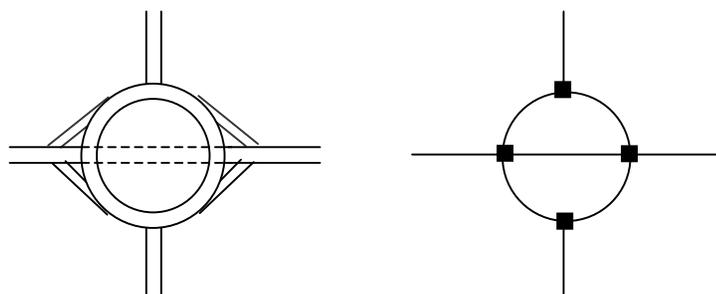
Figura 1: Esempi di schematizzazione del tracciato e confronto con la rappresentazione dei Livelli 1 e 2 del GDF. Tranne per piccole eccezioni, è richiesto il rispetto del livello di maggior dettaglio (Livello 1).



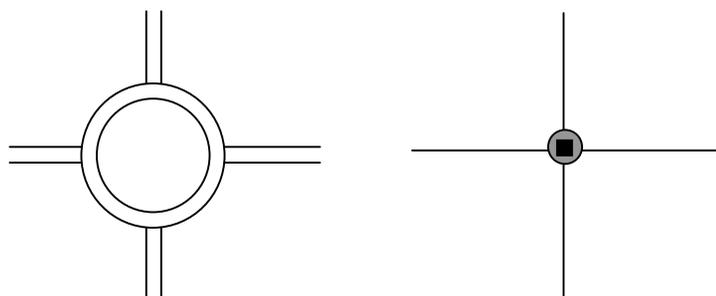
Tipo 1: Incrocio a raso con rotonda tra strada a 1 carreggiata e strada a 2 carreggiate.



Tipo 2: Incrocio a due livelli con rotonda tra strada a 1 carreggiata e strada a 2 carreggiate.



Tipo 3: Incrocio a due livelli con rotonda tra due strade a 1 carreggiata.



Tipo 4: Incrocio a raso con rotonda tra due strade a 1 carreggiata: in questo caso l'intersezione può essere riassunta in un punto solo se rispetta almeno uno dei seguenti criteri:

1. la rotonda è di diametro inferiore a 25 m (criterio dimensionale);
2. all'intersezione appartengono solo strade non classificate di livello regionale (criterio funzionale).

<i>Legenda:</i>	■ inizio/fine arco;	● nodo intersezione.
-----------------	---------------------	----------------------

Figura 2: Esempi di schematizzazione di incroci con rotonda: a sinistra è rappresentata la situazione reale, a destra la sua schematizzazione.

Elaborati richiesti.

Per ogni alternativa in valutazione è richiesto il file formato dxf o shapefile del tracciato di progetto (file tracciato_n_x⁽⁴⁾), acquisito in corrispondenza dell'asse stradale di ogni singola carreggiata comprensivo di tutte le eventuali rampe di svincolo georeferenziato.

Si deve acquisire una polilinea in corrispondenza della mezzera della carreggiata (verso concorde con le progressive chilometriche per le strade a doppio senso di marcia, concorde con la direzione di marcia quando il senso è unico). Il campo layer⁽⁵⁾ deve indicare se l'arco si riferisce all'opera principale (OP), ad uno svincolo⁽⁶⁾ (SV) o a un'opera secondaria (OS) necessaria alla funzionalità dell'opera principale.

Per tutti i casi di digitalizzazione diretta con supporto diverso dalla CTR, è necessario fornire la tabella acquisizione che descrive la modalità di acquisizione del tracciato (proprietà ereditate direttamente dal supporto utilizzato per la digitalizzazione).

Tabella: ACQUISIZIONE.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	Valori esemplificativi
SUPPORTO	<i>nome del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	CT, ortofoto, ...
SIST_RIF	<i>sistema di riferimento del supporto</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. Gauss Boaga 2. UTM-WGS84
PRODUTTORE	<i>nominativo del produttore del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Comune di
DATA	<i>data della restituzione del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 10 caratteri	01-01-2004
DATA_AGG	<i>data dell'ultimo aggiornamento del supporto</i>	Stringa alfanumerica di 10 caratteri	01-01-2005
SCALA	<i>scala di acquisizione del dato</i>	Numero di 5 cifre	5000; 10000; 25000;...

Per i progetti preliminari, definitivi ed esecutivi, in questo caso solo per le strade di tipo C, occorre fornire una **planimetria o corografia** georeferenziata in formato *dxf* contenente l'area stradale come definita dall'art. 3 del Codice della Strada (la sede stradale è la "...superficie compresa entro i confini stradali. Comprende la carreggiata e le fasce di pertinenza"). Tale area deve essere un poligono chiuso. È lasciata libertà di presentare l'elaborato più opportuno tra i due indicati, purché si collochi ad una scala 1:5.000 oppure 1:10.000.

TIPO 2 – Appartengono a questa tipologia gli interventi su strade appartenenti alle seguenti tipologie tecnico-funzionali (art. 2 del Codice della Strada):

A – Autostrade (extraurbane ed urbane)

B – Strade extraurbane principali

dalla fase progettuale preliminare.

Si rammenta che per gli interventi su strade appartenenti alle suddette tipologie, se soggetti a valutazione di impatto ambientale ai sensi del d.p.c.m. 377/88 o del d.lgs. 190/02, il Ministero per l'ambiente e la tutela del territorio richiede la presentazione di elaborati in formato digitale definiti dalle Linee guida "Documentazione in formato digitale a supporto delle attività delle Commissioni VIA" pubblicate all'indirizzo internet www.dsa.minambiente.it.

A livello regionale per gli interventi appartenenti al tipo 2 è obbligatorio acquisire il progetto dopo un rilievo e rappresentare l'intervento modellato secondo alcuni criteri che lo rendano compatibile con le logiche di un sistema geografico.

Sistema di riferimento per l'acquisizione

Per tutti gli interventi su strade classificate A e B dal livello progettuale preliminare, il rilievo e gli elaborati di progetto devono essere prodotti in coordinate cartografiche piane UTM-WGS84.

Si richiede che le operazioni di rilevamento (topografiche, GPS o fotogrammetriche) siano impostate su almeno tre vertici tridimensionali, appositamente materializzati in modo stabile e permanente, appartenenti all'area di progetto⁽⁷⁾.

Criteri di rappresentazione geometrica della rete stradale

Analogamente agli interventi di tipo 1, è richiesto il rispetto del Livello 1 dello standard europeo GDF, con alcune semplificazioni per gli incroci complessi.

(4) Dove *n* indica il numero dell'alternativa (valorizzato solo se si è in presenza di più alternative) e *x* il sistema di riferimento (assume i valori: G per Gauss-Boaga, W per UTM-WGS84).

(5) Per i tracciati in formato dxf è prevista la presenza del campo layer che qualifica ogni oggetto lineare in esso contenuto. Si suggerisce, quindi, di impostare il file di lavoro (con programmi CAD) gestendo i dati sui tre livelli (layers) indicati.

(6) Si definisce *svincolo* un incrocio complesso a più livelli (svincoli veri e propri, innesti e rotonde complesse); è rappresentato da uno o più archi del tracciato.

(7) Tali vertici possono essere determinati con modalità GPS rispetto alla rete di raffittimento regionale IGM95 (rete esistente) o alla rete GPS della Provincia di Milano (rete esistente), fino all'attivazione del "Servizio Regionale di Posizionamento sul territorio lombardo". Nel caso si utilizzino la rete regionale di raffittimento IGM95 o la rete GPS della Provincia di Milano, si colleghino almeno 3 vertici di tali reti. Nel caso si utilizzino le stazioni permanenti regionali, si impieghino le registrazioni delle 3 stazioni permanenti più vicine al sito interessato dalla progettazione. Ogni informazione sul Servizio Regionale di Posizionamento sul territorio lombardo è disponibile accedendo al portale: www.cartografia.regione.lombardia.it.

Elaborati richiesti.

La Figura 3 fornisce uno schema logico della modellazione richiesta per il progetto che viene presentato. Per ogni progetto occorre produrre sia shapefile di tipo puntuale (punti_rilevati_x, punti_notevoli_x, intersezioni_x) che di tipo lineare (rete_tracciato_x).

Gli elementi costitutivi degli shapefiles vengono classificati attraverso i valori assunti da alcuni campi (attributi di ogni arco o punto, come descritto in dettaglio in seguito). In alcuni casi è prevista l'associazione di un'anagrafica a questi elementi.

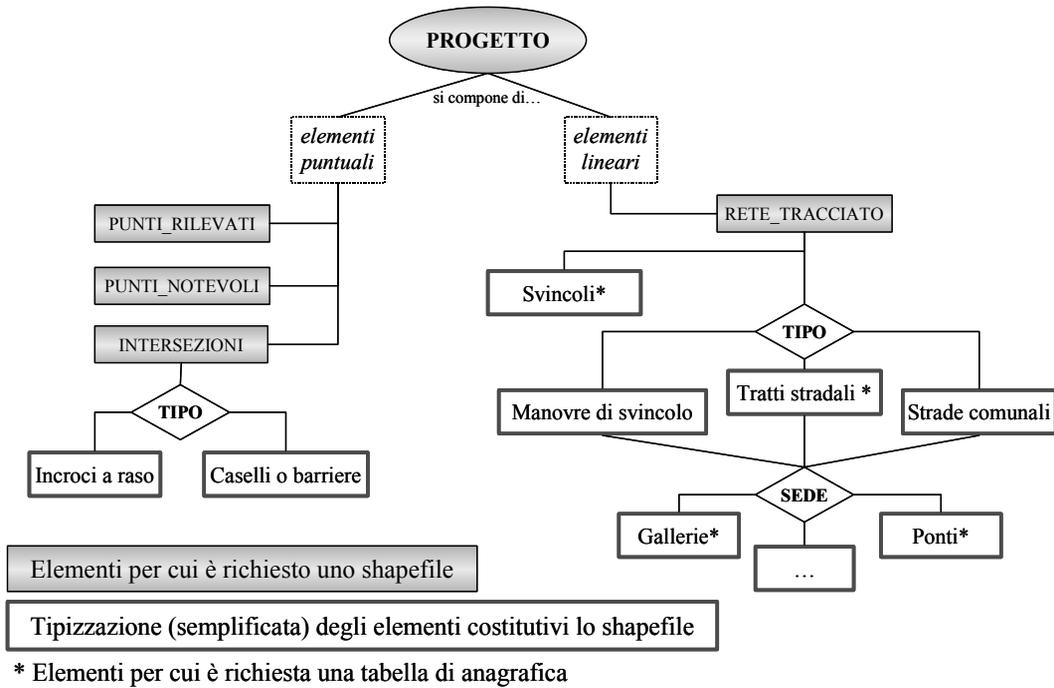


Figura 3: Schema logico a base della modellazione dei progetti stradali.

Per gli tutti gli interventi stradali in fase preliminare, definitiva o esecutiva, dovrà essere presentato il file formato *shapefile* contenente la copertura di alcuni **punti** significativi **rilevati** tramite rilievi GPS (almeno i 3 vertici fondamentali devono essere rilevati con GPS come fossero dei vertici di raffittimento). In particolare per ogni punto occorre indicare la localizzazione in coordinate geografiche ellissoidiche WGS 84 (sistema di riferimento adottato per l'acquisizione), secondo lo schema indicato nella tabella seguente.

Shape: PUNTI_RILEVATI

Tipo: puntuale

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_RIL	Identificativo univoco ⁽⁸⁾ del punto significativo rilevato	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COORD_X	Coordinata X rilevata (WGS 84)	Numero di 10 cifre di cui 3 decimali	Inserimento diretto del valore
COORD_Y	Coordinata Y rilevata (WGS 84)	Numero di 10 cifre di cui 3 decimali	Inserimento diretto del valore
COORD_Z	Coordinata Z rilevata (WGS 84)	Numero di 10 cifre di cui 3 decimali	Inserimento diretto del valore

Si richiede di presentare un file formato *shapefile* della **rete_tracciato_x** di progetto acquisita come polilinea in corrispondenza della mezzeria di ogni carreggiata. La rete di tracciato è composta da un insieme topologicamente corretto di archi e si configura come un grafo orientato e connesso. Il verso è concorde con le progressive chilometriche per gli archi a doppio senso di marcia, concorde con la direzione di marcia quando il senso è unico (rampe di svincolo, doppie carreggiate,...).

Appartengono al tracciato sia l'opera principale (completa di controstrade) che le opere secondarie.

Ogni arco è univocamente definito dal codice numerico FID.

Si ha un nuovo arco in corrispondenza di scambi di flusso, oppure quando si verifica la variazione di almeno uno dei seguenti attributi (campi della tabella degli attributi *rete_tracciato_x.shp*⁽⁹⁾):

- tipologia di intervento;
- classe geometrica stradale;
- classe funzionale regionale;
- n. di corsie per carreggiata;

(8) Si osservi che, per tutti gli identificativi, l'univocità è richiesta all'interno di ogni elaborato di progetto.

(9) I campi assumono i valori elencati nelle tabelle di anagrafica presentate in seguito.

- n. di sensi di marcia per carreggiata;
- larghezza carreggiata;
- tipo di sede⁽¹⁰⁾.

Tutti gli archi terminali della rete_tracciato_x iniziano in corrispondenza di un punto notevole (punto di inizio dell'intervento principale o delle sue opere secondarie).

La tabella seguente descrive il formato richiesto dei dati e i valori assumibili da ogni campo⁽¹¹⁾. Nel caso in cui il valore sia "enumerato" (set predefinito di valori), si richiede di compilare la tabella con il valore relativo⁽¹²⁾.

Attraverso il campo TIPOARCO gli archi del tracciato si distinguono in:

- archi appartenenti a *strade comunali* ("SC" – strade secondarie di competenza comunale e controstrade che si estendono parallele all'asse stradale per oltre 1000 m dall'ultimo arco appartenente all'area di svincolo vera e propria);
- archi appartenenti a *tratti stradali*⁽¹³⁾ ("TS" – archi di autostrade, statali e provinciali);
- archi che completano la descrizione delle manovre di svincolo, ma non appartenenti al tratto (*manovre di svincolo*: valore "SV")⁽¹⁴⁾.

Gruppi di archi che appartengono alla stessa area di svincolo (incrocio) devono essere qualificati con lo stesso codice identificativo univoco (SZ_EID). Analogamente occorre qualificare ogni tratto stradale: l'identificativo univoco del tratto stradale deve essere precisato nel campo TS_EID⁽¹⁵⁾.

Le Figure 4 e 5 riportano alcuni esempi di schematizzazione di svincoli e di attribuzione dell'attributo TIPOARCO.

(10) È ritenuto significativo un arco su ponte/viadotto o galleria se è di lunghezza uguale o superiore a 20 m.

(11) Nella compilazione dei campi occorre considerare alcune regole:

- ✓ tutti gli archi appartenenti ad un'area di svincolo devono essere classificati come "Nuovo svincolo", in particolare quest'ultima è l'unica tipologia attribuibile agli archi di manovra di svincolo;
- ✓ se la strada è classificata A1 o A2 la carreggiata non può essere unica,
- ✓ se la carreggiata è ascendente o discendente il senso deve essere unico;
- ✓ se la strada è a doppio senso, le corsie devono essere almeno due.

(12) Ad esempio se l'arco rappresenta una rampa di svincolo ed è in viadotto:

- ✓ il campo strato è di tipo "svincolo" e nella tabella degli attributi di tracciato si indicherà: TIPOARCO=SV;
- ✓ il campo sede è di tipo "su ponte o viadotto" e nella tabella degli attributi si indicherà: SEDE=6.

(13) Si definisce *tratto stradale*, un'aggregazione unifilare di archi consecutivi, appartenenti ad uno stesso percorso amministrativo.

(14) La scelta di differenziare i rami di svincolo puramente di manovra dagli altri agevola la rappresentazione sintetica del tracciato dell'intervento.

(15) Un arco che ricade in un'area di svincolo può partecipare sia ad uno svincolo che a un tratto stradale (e in tal caso vengono valorizzati sia SZ_EID che TS_EID), ma nel campo "TIPOARCO" prevale la sua appartenenza al tratto.

Shape: RETE_TRACCIATO_x

Tipo: lineare

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
FID	<i>identificativo univoco di arco</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
TIPOARCO	<i>tipologia di arco (Fig. 4 e 5)</i>	Stringa alfanumerica di 2 caratteri	Assume i valori: ✓ TS (<i>tratti stradali</i>) ✓ SC (<i>strade comunali</i>) ✓ SV (<i>manovre di svincolo</i>)
TIPO_INT	<i>tipologia di intervento (Fig. 6)</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>Riqualifica in sede</i> 2. <i>Nuovo tratto</i> 3. <i>Nuovo tratto con sdoppiamento di carreggiata</i> 4. <i>Nuovo svincolo</i>
CLASS_G ⁽¹⁶⁾	<i>classe geometrica (da codice della strada)</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>A1 (autostrade, ambito extraurbano)</i> 2. <i>A1 (autostrade, ambito urbano)</i> 3. <i>A2 (autostrade)</i> 4. <i>B (extraurbane principali)</i> 5. <i>C (extraurbane secondarie)</i> 6. <i>D (urbane di scorrimento)</i> 7. <i>E (urbane di quartiere)</i> 8. <i>F (locali)</i>
CLASS ⁽¹⁷⁾	<i>classe funzionale regionale</i>	Stringa alfanumerica di 2 caratteri	Assume i valori: ✓ R1 (<i>di interesse regionale di 1° livello</i>) ✓ R2 (<i>di interesse regionale di 2° livello</i>) ✓ P1 (<i>di interesse provinciale di 1° livello</i>) ✓ P2 (<i>di interesse provinciale di 2° livello</i>) ✓ L (<i>di interesse locale</i>)
CARR	<i>caratterizzazione della carreggiata</i>	Stringa alfanumerica di 4 caratteri	Assume i valori: ✓ ASC (<i>carreggiata ascendente concorde con il senso crescente delle progressive chilometriche</i>) ✓ DISC (<i>carreggiata discendente concorde con il senso decrescente delle progressive chilometriche</i>) ✓ UNI (<i>unica carreggiata</i>)
CORSIE	<i>n° di corsie per carreggiata</i>	Numero di 2 cifre	Inserimento diretto del valore
SENSO	<i>n° di sensi di marcia per carreggiata</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>1 senso di marcia</i> 2. <i>2 sensi di marcia</i>
LARGH	<i>larghezza carreggiata</i>	Numero di 4 cifre di cui 2 decimali	Inserimento diretto del valore
SEDE	<i>tipo di sede</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>A raso</i> 2. <i>In rilevato</i> 3. <i>In trincea</i> 4. <i>A mezzacosta</i> 5. <i>In galleria</i> 6. <i>Su ponte o viadotto</i>
PROG	<i>progressive chilometriche nom. del nodo terminale dell'arco percorso nel verso delle progressive chilometriche (in metri)</i>	Numero di 6 cifre	Inserimento diretto del valore
ID_P	<i>Identificativo univoco di ponte/viadotto</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
ID_G	<i>Identificativo univoco di galleria</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
SZ_EID ⁽¹⁸⁾	<i>Identificativo univoco di svincolo</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
TS_EID ⁽¹⁹⁾	<i>Identificativo univoco del tratto stradale</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore

(16) La compilazione dei campi CLASS_G e CARR non è obbligatoria solo nel caso in cui l'arco sia di tipo "SV".

(17) Per approfondimenti si veda la D.G.R. 24 ottobre 2003 - n. VII/14739: "Adozione di criteri per la classificazione funzionale e la qualificazione della rete viaria che interessa il territorio regionale ai sensi dell'articolo 3 della LR. 9/2001".

(18) Il campo SZ_EID deve essere sicuramente (ma non esclusivamente) compilato in tutti i casi in cui l'arco sia di tipo "SV" (Fig.5).

(19) Il campo TS_EID deve essere compilato se e solo se l'arco è di tipo "TS" (Fig.5).

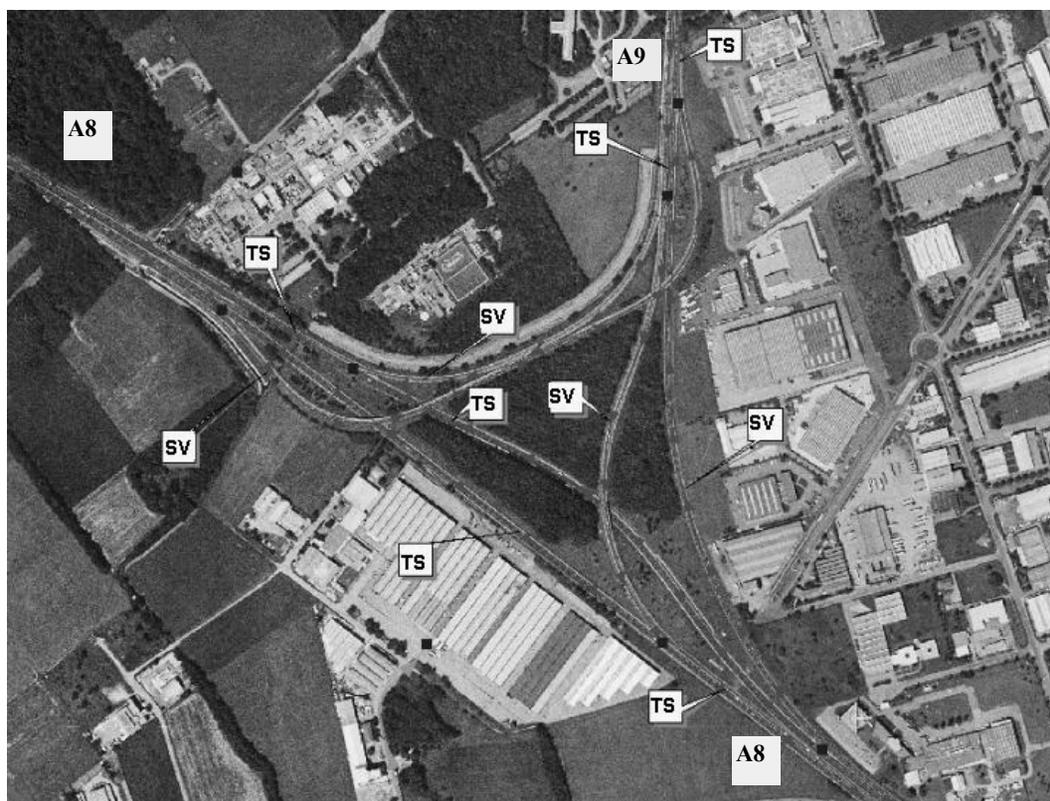
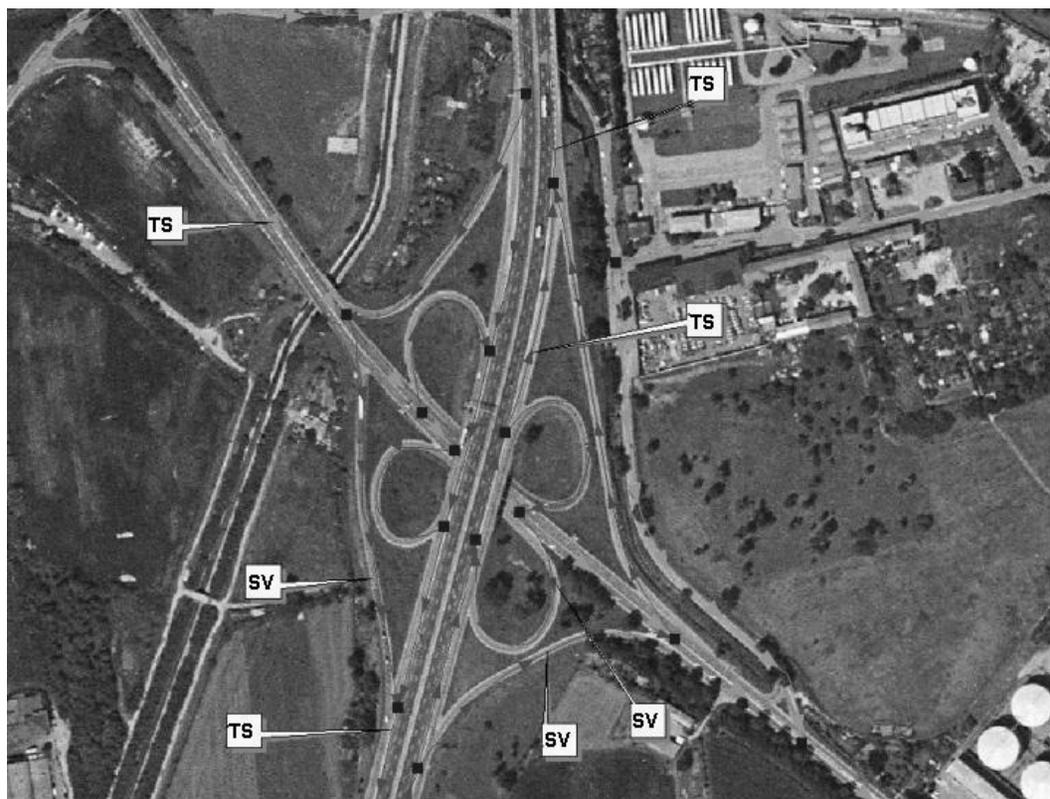


Figura 4: Esempi di schematizzazione di incroci complessi (svincoli). Dall'alto: svincolo con quadrifoglio completo; confluenza di due tratti autostradali; innesto della A9 nella A8.

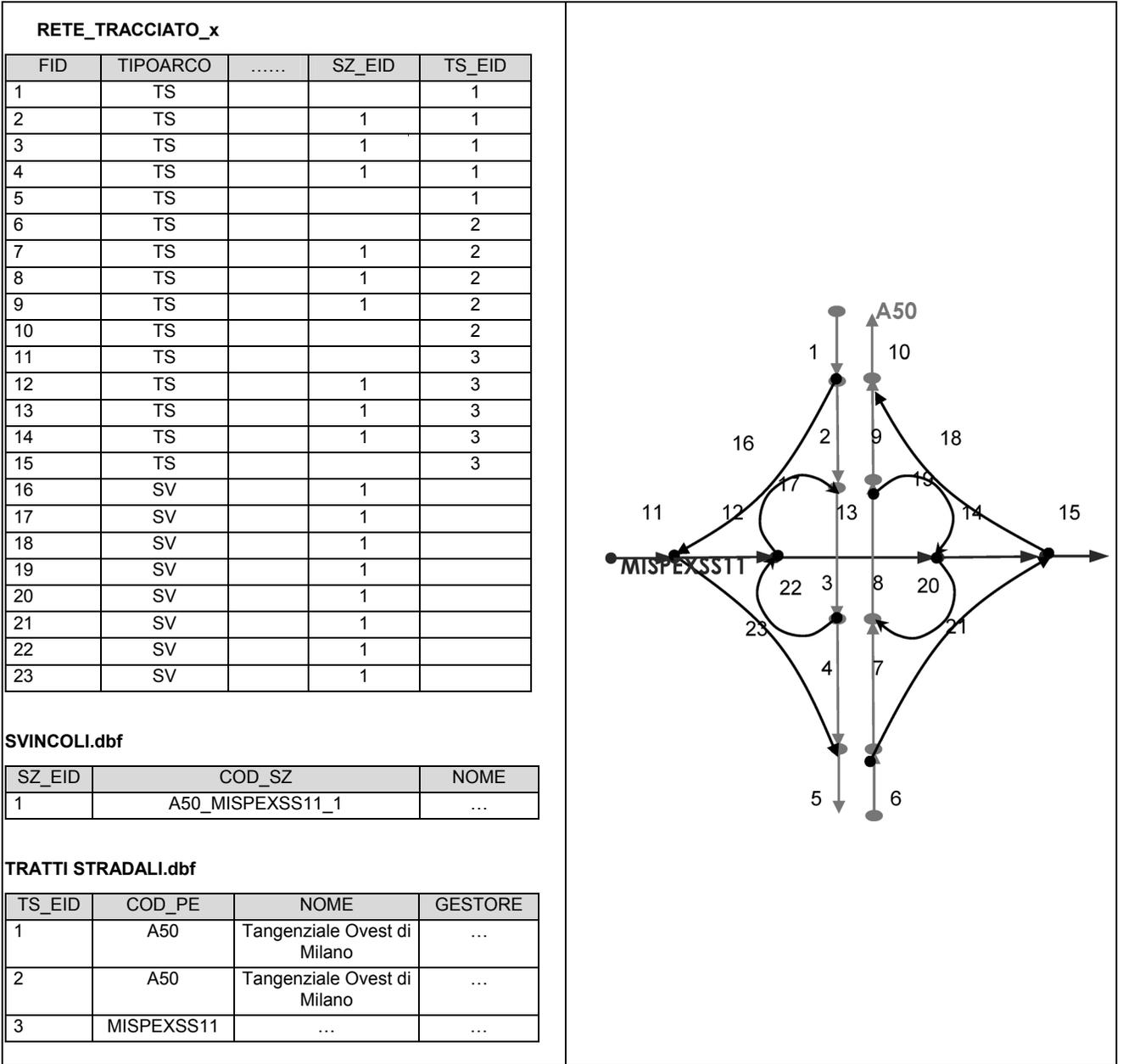


Figura 5: Esempio di schematizzazione di svincolo con quadrifoglio completo e tabelle correlate.

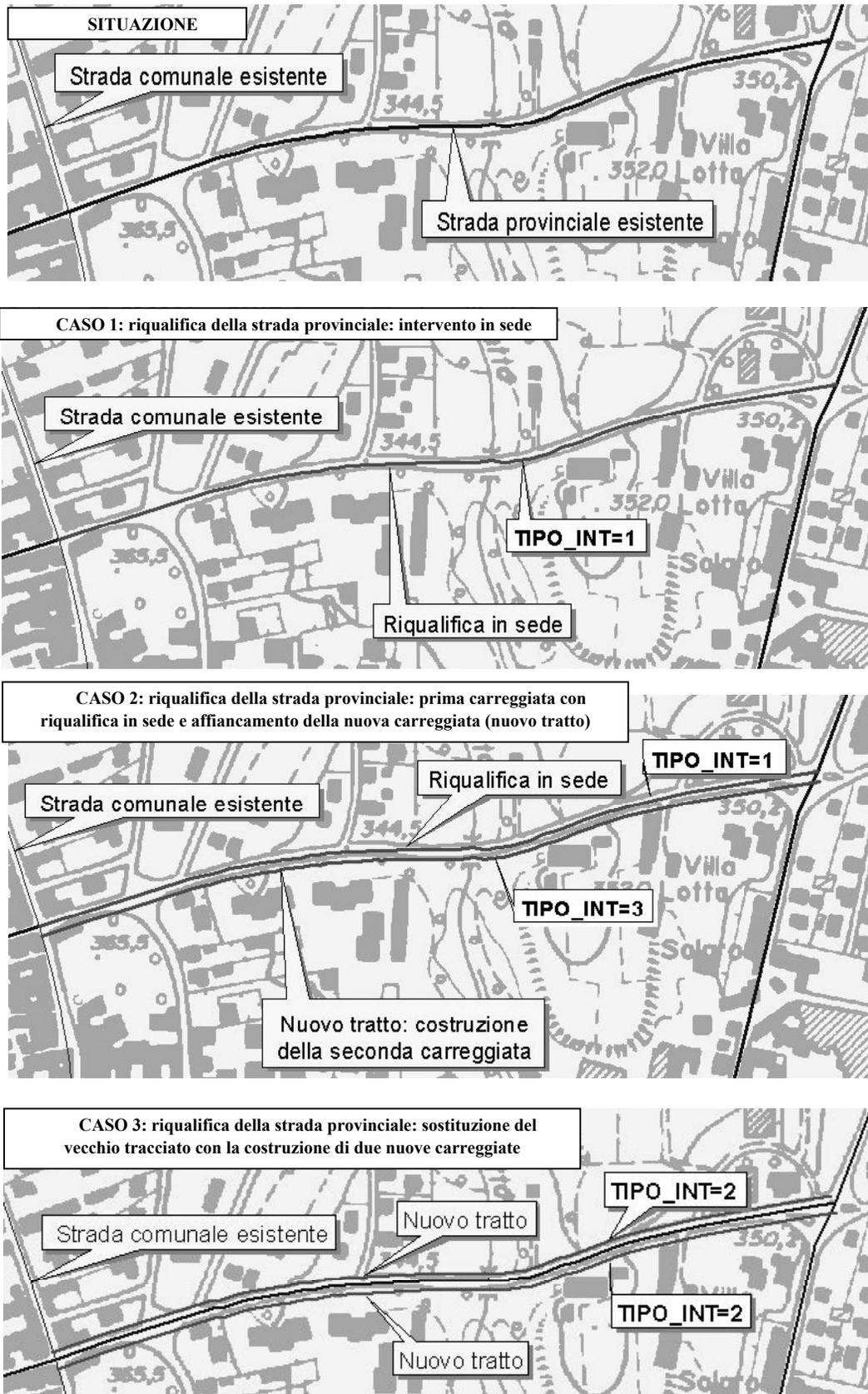


Figura 6: Esempio di attribuzione della tipologia di intervento. La situazione attuale comprende una strada comunale ed una provinciale; l'intervento in oggetto (in rosso) riguarda la strada provinciale.

A completamento della rappresentazione geometrica dell'intervento, si richiede la compilazione di alcune tabelle di anagrafica che identificano e caratterizzano gli archi di tracciato che compongono gli oggetti lineari ponti, gallerie, svincoli e tratti stradali:

- per i ponti e i viadotti: **ponti.dbf**;
- per le gallerie: **gallerie.dbf**;
- per gli svincoli complessi che non sono rappresentati da un unico nodo, ma comprendono più archi: **svincoli.dbf**;
- per i tratti stradali: **tratti_stradali.dbf**.

Il campo COD segue le regole di codifica stabilite per il Catasto Strade della Regione Lombardia (Allegato 1 dell'Allegato F del documento conclusivo): Direzione Infrastrutture e Mobilità della Regione Lombardia e IReR, *Progetto per la definizione delle specifiche della struttura informatica di base del catasto stradale della Regione Lombardia - Allegato F, SISTEMA INFORMATIVO STRADE*, Milano, Giugno 2001⁽²⁰⁾. Il campo nome è invece "libero".

Tabella: PONTI.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_P	Identificativo univoco di ponte/viadotto	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_P	Sigla del ponte	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	Denominazione dello ponte/viadotto	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore
TIPO OST	Tipologia di ostacolo superato	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. Su terreno naturale 2. Su corso d'acqua 3. Su strada 4. Su ferrovia 5. Misto

Tabella: GALLERIE.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_G	Identificativo univoco di galleria	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_G	Sigla della galleria	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	Denominazione della galleria	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore
TIPO_G	Tipologia di galleria	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. Galleria naturale aperta 2. Galleria naturale chiusa 3. Galleria artificiale aperta 4. Galleria artificiale chiusa 5. Paramassi/paravalanghe

Tabella: SVINCOLI.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
SZ_EID	Identificativo dello svincolo	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_SZ	Sigla dello svincolo	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	Denominazione dello svincolo	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore

Tabella: TRATTI STRADALI.dbf

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
TS_EID	Identificativo univoco di tratto stradale	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
COD_PE	Sigla del percorso amministrativo	Stringa alfanumerica di 20 caratteri	Inserimento diretto del valore
NOME	Denominazione percorso amministrativo	Stringa alfanumerica di 80 caratteri	Inserimento diretto del valore
GESTORE ⁽²¹⁾	Denominazione gestore del tratto stradale	Stringa alfanumerica di 40 caratteri	Inserimento diretto del valore

(20) La documentazione è consultabile accedendo all'area operatori del sito della Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità:
www.trasporti.regione.lombardia.it

(21) Per le provinciali il gestore viene indicato con la sigla maiuscola della provincia (MI...), per le statali si indicherà ANAS, per le autostrade la denominazione in maiuscolo (ad esempio: AUTOS_SPA, SERRAVALLE...).

NB: le comunali non sono tratti stradali (non sono valorizzate come TS).

Lo shapefile puntuale **intersezioni_x.shp** è composto dalle intersezioni con la rete viaria esistente o di progetto e che sono state riassunte in un punto (si tratta delle proiezioni di caselli⁽²²⁾ o barriere⁽²³⁾ e degli incroci a raso che non vengono rappresentati nella loro geometria ed estensione, ma sono ridotti a nodi del grafo).

La presenza di un'intersezione determina una discontinuità del tracciato, quindi comporta la generazione di almeno 2 archi distinti.

L'intersezione tra strade diverse collassa in un punto se si tratta di un'effettiva intersezione a raso oppure se si tratta di un incrocio a raso con rotonda tra due strade a 1 carreggiata e solo se rispetta almeno uno dei seguenti criteri (Figura 3):

1. la rotonda è di diametro inferiore a 25 m (criterio dimensionale);
2. all'intersezione appartengono solo strade non classificate di livello regionale (criterio funzionale).

Per ogni elemento puntuale occorre indicare il tipo di intersezione: il campo tipo assume il valore 1 se il punto rappresenta un incrocio a raso senza rotonda, 2 per un incrocio a raso con rotonda, 5 per un casello in corrispondenza di una barriera, 6 per un casello semplice.

La tabella seguente descrive il formato dei dati da rispettare e i valori assumibili da ogni campo. Nel caso in cui il valore sia "enumerato" (set predefinito di valori), si richiede di compilare la tabella con il numero relativo.

Shape: INTERSEZIONI_x

Tipo: puntuale

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_S	<i>identificativo univoco dell'intersezione</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
TIPO_S	<i>tipo di intersezione</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 1. <i>Incrocio a raso senza rotonda</i> 2. <i>Incrocio a raso con rotonda</i> 5. <i>Casello con barriera</i> 6. <i>Casello</i>
SEMAF ⁽²⁴⁾	<i>presenza di semaforizzazione</i>	Numero di 1 cifra	Enumerato 0. <i>No</i> 1. <i>Si</i>

Lo shape file puntuale **punti_notevoli_x.shp** contiene i nodi della rete indicati come significativi in quanto rappresentano il punto di inizio/fine dell'intervento e l'intersezione con il confine regionale; è richiesto di indicare la progressiva chilometrica nominale.

Shape: PUNTI_NOTEVOLI_x

Tipo: puntuale

NOME CAMPO	Descrizione	TIPO DATI	VALORE
ID_PN	<i>identificativo univoco punto notevole</i>	Numero di 7 cifre	Inserimento diretto del valore
PROG	<i>progressiva chilometrica del punto in metri</i>	Numero di 6 cifre	Inserimento diretto del valore

Oltre a tali elaborati occorre fornire anche la **corografia** oppure la **planimetria di progetto** georeferenziata in formato *dxf* contenente l'area stradale come definita dall'art. 3 del Codice della Strada (la sede stradale è la "...superficie compresa entro i confini stradali. Comprende la carreggiata e le fasce di pertinenza."). Tale area deve essere un poligono chiuso.

È lasciata libertà di presentare l'elaborato più opportuno tra i due indicati, purché si collochi ad una scala 1:5.000 oppure 1:10.000.

(22) Si definisce *casello* l'infrastruttura fisica per la riscossione del pedaggio, collocata in corrispondenza svincoli di entrata o uscita e che non interferisce con il flusso principale.

(23) Si definisce *barriera* l'infrastruttura fisica per la riscossione del pedaggio che presuppone un'interruzione del flusso principale.

(24) La compilazione del campo SEMAF è richiesta solo se l'intersezione è di tipo "Incrocio a raso senza rotonda".

SCHEMI RIASSUNTIVI

La tabella seguente schematizza l'assegnazione alle due tipologie⁽²⁵⁾ in funzione della classificazione della strada e del livello progettuale.

Class. geometrica Fase progettuale	A	B	C	D	E
Studio di Fattibilità	Tipo 1				
Progetto Preliminare	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1*	Tipo 1	Tipo 1
Progetto Definitivo	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1*	Tipo 1	Tipo 1
Progetto Esecutivo	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 1*	Tipo 1	Tipo 1

La tabella successiva, invece, riassume le regole da rispettare per ciascuna delle due tipologie.

	Tipo 1	Tipo 2
Cartografia di supporto	Utilizzabile anche per digitalizzazione	Utilizzabile solo per rappresentazione
Georeferenziazione tracciato	Può essere riferita al supporto cartografico (digitalizzazione diretta)	Riferita ai rilievi
Sistema geografico di riferimento	Gauss Boaga oppure UTM-WGS84	UTM-WGS84
Scala minima di rappresentazione e relativa precisione	1:25.000 per la fattibilità 1:10.000 per le fasi successive	Precisione del disegno di progetto
Formato	DXF o SHAPEFILE per il tracciato; DXF per la corografia/planimetria	SHAPEFILE per il tracciato, i punti rilevati e quelli notevoli, le intersezioni; DBF per anagrafiche tratti, svincoli, ponti, gallerie); DXF per la planimetria/corografia di progetto
Modello/contenuto informativo	All'interno del tracciato vengono distinti solo: le opere principali, gli svincoli, le opere secondarie. Non è richiesto contenuto tabellare associato.	Il progetto si compone di elementi lineari e puntuali. Ad ognuno di essi è associata una serie articolata di informazioni.

(25) La tipologia 1* indica i progetti che seguono gli standard del tipo 1, ma che richiedono anche la fornitura della planimetria o corografia georeferenziate.

ALLEGATO 4
ANALISI DI TRAFFICO

INDICE

1. LO STUDIO DI TRAFFICO: GENERALITÀ E OBIETTIVI.....	132
2. STUDIO DI TRAFFICO E FASI PROGETTUALI.....	132
3. CONTENUTI.....	132
4. ELEMENTI TECNICI INERENTI I LIVELLI DI SERVIZIO DEGLI ASSI STRADALI.....	133

1. LO STUDIO DI TRAFFICO: GENERALITÀ E OBIETTIVI

Un aspetto fondamentale nella progettazione stradale è la valutazione degli effetti in termini di traffico delle soluzioni progettuali previste. Obiettivo generale di uno studio di traffico è da un lato quantificare i volumi di traffico previsti nell'asse stradale in progetto, determinando il corrispondente livello di servizio e, dall'altro, descrivere i nuovi assetti dei flussi sulla rete stradale interessata dall'intervento.

2. STUDIO DI TRAFFICO E FASI PROGETTUALI

In relazione alle fasi progettuali individuate nell'Allegato 3 "Elaborati progettuali" si ritiene necessaria la redazione di uno studio di traffico sia nell'eventuale fase che precede la progettazione (lo Studio di Fattibilità) sia nelle fasi progettuali del Progetto Preliminare e Definitivo, con obiettivi e scale di analisi coerenti con le finalità di ciascuna di esse.

In particolare gli obiettivi specifici delle analisi di traffico per i singoli momenti che precedono la realizzazione dell'opera sono:

- **Studio di fattibilità** ⁽¹⁾

Valutazione degli effetti trasportistici dell'intervento in esame attraverso il confronto con l'opzione di non intervento e individuazione delle possibili alternative di tracciato, specificandone livelli di traffico e condizioni di deflusso. Particolare rilievo assumono le variazioni di traffico determinate dall'intervento sulla rete stradale e sul sistema domanda-offerta nel suo complesso, se necessario anche in relazione a modalità di trasporto differenti da quella privata.

- **Progetto Preliminare**

Quantificazione dei flussi di traffico, in funzione delle caratteristiche tecnico-funzionali adottate, definendo i relativi livelli di servizio attesi ed evidenziando le soluzioni progettuali per le criticità individuate.

- **Progetto Definitivo**

Analisi degli aspetti di carattere più puntuale e individuazione delle soluzioni progettuali di dettaglio quali intersezioni o opere d'arte, valutando i flussi veicolari determinati dalle eventuali varianti sopraggiunte dopo la fase di progettazione preliminare.

3. CONTENUTI

Lo studio di traffico deve essere sviluppato secondo i metodi della modellistica dei trasporti, con dettagliate analisi di rete negli scenari di domanda/offerta relativi all'opera in progetto. L'analisi modellistica deve riguardare lo specifico periodo di punta previsto per l'infrastruttura in progetto, consentendo successivamente di ricavare i volumi di traffico medi giornalieri (TGM).

Pertanto i passaggi metodologici da seguire per la ricostruzione del quadro domanda/offerta, rispettivamente nello scenario attuale e nello scenario progettuale, sono quelli sotto riportati.

Scenario attuale.

- Definizione della domanda

Ricostruzione della matrice origine/destinazione – sia dei veicoli leggeri sia dei veicoli pesanti – per l'area di studio nell'intervallo temporale di modellizzazione, a partire dalle banche dati più aggiornate disponibili, eventualmente integrate da indagini o rilievi specifici. I metodi di costruzione, aggiornamento o stima della matrice devono essere esplicitati.

- Definizione dell'offerta

Individuazione dell'area di studio, in cui verosimilmente si esauriscono gli effetti dell'intervento, estrazione del grafo di rete secondo una scala coerente con il livello di analisi e attribuzione delle caratteristiche funzionali (tipologie d'arco, capacità, funzioni di costo, curve di deflusso ecc.) necessarie alla modellizzazione dell'offerta. I criteri di strutturazione del modello di offerta devono essere esplicitati.

- Assegnazione della domanda all'offerta

Assegnazione della matrice origine/destinazione alla rete di offerta nell'intervallo temporale prescelto e validazione del modello attraverso il confronto statistico dei flussi assegnati e dei flussi rilevati in un numero significativo di sezioni di verifica. Analisi e valutazione degli assetti di rete attuali, con indicazione delle eventuali criticità trasportistiche. La tecnica di assegnazione e i risultati della calibrazione del modello devono essere esplicitati.

Scenario di progetto.

- Previsione della domanda futura

Ricostruzione della matrice origine/destinazione – sia dei veicoli leggeri sia dei veicoli pesanti – relativa allo scenario temporale di entrata in esercizio dell'infrastruttura in progetto, sulla base delle variazioni socioeconomiche, territoriali e di ripartizione modale previste nell'area di studio. In relazione alla natura dell'intervento si dovrà valutare l'opportunità di considerare ulteriori scenari di domanda, riferiti a periodi successivi all'entrata in esercizio. I metodi di stima e le ipotesi adottate devono essere esplicitati.

(1) Qualora tale Studio non venisse predisposto, quanto da specificare in esso dovrà essere ricompreso nell'ambito del progetto preliminare.

- Definizione dell'offerta futura

Costruzione del grafo di offerta riferito agli scenari temporali definiti per la domanda (entrata in esercizio dell'intervento ed eventuali successivi) in cui siano contemplate tutte le infrastrutture in programma nell'anno di riferimento e, in relazione al livello di progettazione, le eventuali alternative progettuali in esame.

- Assegnazione della domanda alla rete e analisi dei risultati

Assegnazione della matrice origine/destinazione alla rete di offerta e quantificazione dei flussi di traffico attesi negli scenari temporali definiti. Nella relazione e/o nelle tavole esplicative devono essere riportati per le alternative progettuali in esame:

- i flussi dell'ora di punta;
- il Traffico Giornaliero Medio;
- i livelli di servizio attesi.

L'analisi dei risultati dovrà valutare quantitativamente gli effetti dell'intervento in relazione a obiettivi e vincoli progettuali, attraverso l'utilizzo di indicatori di congestione quali velocità medie di rete, rapporto flusso/capacità, tempi di accessibilità, ecc.

4. ELEMENTI TECNICI INERENTI I LIVELLI DI SERVIZIO DEGLI ASSI STRADALI

Il Livello di Servizio.

Il Livello di Servizio (LdS) di una tratta stradale è una misura della qualità del deflusso veicolare in quella tratta. Esistono sei livelli di servizio: A, B, C, D, E, F. Essi descrivono tutto il campo delle condizioni di circolazione, dalle situazioni operative migliori (LdS A) alle situazioni operative peggiori (LdS F).

In maniera generica, i vari LdS definiscono i seguenti stadi di circolazione:

- LdS A: circolazione libera, cioè ogni veicolo si muove senza alcun vincolo ed in libertà assoluta di manovra entro la corrente: massimo comfort, flusso stabile;
- LdS B: il tipo di circolazione può considerarsi ancora libera ma si verifica una modesta riduzione nella velocità e le manovre cominciano a risentire della presenza degli altri utenti: comfort accettabile, flusso stabile;
- LdS C: la presenza degli altri veicoli determina vincoli sempre maggiori nel mantenere la velocità desiderata e nella libertà di manovra: si riduce il comfort ma il flusso ancora stabile;
- LdS D: si restringe il campo di scelta della velocità e la libertà di manovra; si ha elevata densità ed insorgono problemi di disturbo: il comfort si abbassa ed il flusso può divenire instabile;
- LdS E: il flusso si avvicina al limite della capacità compatibile con l'arteria e si riducono la velocità e la libertà di manovra: il flusso diviene instabile in quanto anche modeste perturbazioni possono causare fenomeni di congestione;
- LdS F: flusso forzato: il volume veicolare smaltibile si abbassa insieme alla velocità; si verificano facilmente condizioni instabili di deflusso fino all'insorgere di forti fenomeni di accodamento.

I modelli di valutazione di riferimento.

La stima del Livello di Servizio di un asse stradale in costruzione e della rete su cui esso avrà ricadute di carattere trasportistico è effettuata facendo riferimento a specifici modelli analitici.

Tra i modelli, quelli che riscontrano la maggiore credibilità a livello internazionale sono quelli contenuti nell'Highway Capacity Manual nelle sue versioni 1985 e 2000 (di seguito indicati semplicemente come HCM 1985 ed HCM 2000).

Le ipotesi alla base dei modelli – I limiti di valutazione.

Sia il HCM 1985 sia il HCM 2000 stimano il LdS delle strade in relazione a condizioni di deflusso ininterrotto, ovvero in relazione a correnti veicolari nell'ambito delle quali gli elementi interni ed esterni alla stessa corrente sono tali da non determinare interruzioni della circolazione o da imporre variazioni della velocità dei mezzi.

Questi modelli, quindi, forniscono indicazioni che, pur potendo considerare – nel caso dell'HCM 2000 – la presenza di intersezioni, descrivono bene solo le condizioni di deflusso degli assi stradali in cui le interferenze non perturbano in modo significativo l'andamento veicolare (situazioni caratterizzate da incroci con viabilità poco trafficate, parti degli assi stradali distanti da nodi significativi, ecc.).

Ambiti di analisi.

Alla luce di quanto detto sopra, quindi, se è necessario sviluppare analisi relativamente alla qualità di gestione dei flussi di una specifica tratta stradale, in corrispondenza di condizioni di deflusso di tipo ininterrotto, i modelli HCM 1985 e HCM 2000 danno una corretta e puntuale interpretazione del LdS delle strade.

Nel caso in cui si voglia comprendere il livello di congestionamento di una rete complessa le stime (mediante l'uso dei modelli HCM 1985 e HCM 2000) dei LdS delle singole tratte che la compongono rappresenta un elemento di valutazione solo indicativo ma sempre molto utile.

Per contro non ha alcuna valenza tecnica l'utilizzo dei sopra citati modelli nell'ambito di elementi di tracciato in cui il traffico risulta fortemente condizionato dalla presenza di intersezioni. In questo caso, essendo proprio l'intersezione l'elemento condizionante la qualità della circolazione, risulta più opportuno condurre specifiche valutazioni in relazione alla capacità di gestione dei flussi dei nodi (in tal senso sono di riferimento le indicazioni contenute nell'Allegato 2 "Progettazione delle zone di intersezione" oltre a tutte le altre le specifiche modellizzazioni delle intersezioni presenti in letteratura).

Proposte per la valutazione dei Livelli di Servizio nell'ambito lombardo – Adattamento dei modelli HCM al "caso Lombardia".

I modelli HCM 1985 e 2000 nascono da rilievi e considerazioni tecniche inerenti prevalentemente la circolazione veicolare negli Stati Uniti. Questo dato di partenza implica che, come indicato negli stessi manuali HCM, è necessario adattare le modalità di analisi di questi modelli al caso "Lombardia".

In relazione alle specifiche condizioni della rete stradale lombarda, delle peculiarità dell'utenza veicolare (caratteristiche personali e del parco veicolare), nonché del carico veicolare che tipicamente interessa le infrastrutture della Lombardia si propone:

- per le strade a carreggiate separate: di recepire *in toto* le metodologie dell'HCM 1985;
- per le infrastrutture a carreggiata unica: di applicare i seguenti adattamenti:

HCM 1985:

- utilizzare un valore della Capacità pari a 3200 veicoli / ora (anziché 2800 veicoli /ora)
- utilizzare come parametro di riferimento per il passaggio da un LdS al successivo dei rapporti Flussi / Capacità del 20% superiori rispetto a quelli indicati nella metodologia statunitense;

HCM 2000:

- valutare il LdS sempre in funzione del solo parametro PTSF⁽²⁾ con valori di riferimento per il passaggio da un LdS al successivo pari al: 40% (tra LdS A e LdS B), 60% (tra LdS B e LdS C), 77% (tra LdS C e LdS D), 88% (tra LdS D e LdS E).

In ragione di quanto sopra indicato, si determinano in corrispondenza di condizioni di deflusso ideali⁽³⁾, le seguenti portate di servizio⁽⁴⁾:

Carreggiate separate.

LdS	HCM 1985	
	Flusso / Capacità	Flusso (veicoli/ora)
A	0,35	~700
B	0,54	~1100
C	0,77	~1550
D	0,93	~1850
E	> 0,93	-

I flussi indicati sono flussi per corsia e, nel caso dell'HCM 1985, sono relativi a strade con velocità di progetto pari a 112 km/h.

Carreggiata unica (ed una corsia per senso di marcia).

LdS	HCM 1985		HCM 2000	
	Flusso / Capacità	Flusso (veicoli/ora)	PTSF (%)	Flusso (veicoli/ora)
A	0,18	~575	40	~575
B	0,32	~1042	60	~1042
C	0,52	~1650	77	~1650
D	0,77	~2450	88	~2450
E	> 0,77	-	> 88	-

I flussi sopra indicati sono flussi bidirezionali.

(2) Percent Time-Spent-Following ovvero la percentuale media del tempo totale di spostamento in cui i veicoli devono viaggiare in plotone dietro ad altri veicoli più lenti in ragione dell'impossibilità di superarli.

(3) Per potersi poi ricondurre alle condizioni reali è necessario applicare tutti i fattori correttivi indicati dagli specifici modelli. Detti fattori considerano le caratteristiche geometriche delle strade (sezione ed andamento planoaltimetrico), la tipologia del traffico (mezzi e guidatori), la distribuzione direzionale dei flussi, la frequenza delle interconnessioni, etc.

(4) Flusso massimo gestibile con un determinato Livello di Servizio.

LdS e progettazione

Nel ribadire che i modelli inerenti la valutazione dei LdS degli assi stradali risultano applicabili adeguatamente solo in condizioni di flusso ininterrotto, si propongono di seguito alcune considerazioni indicative circa il LdS da perseguire nell'ambito della progettazione di strade comunque riconducibili a questa casistica. In questi ed in tutti gli altri casi si evidenzia comunque che un buon progetto delle intersezioni (supportato anche dallo sviluppo di specifici studi analitici) rappresenta un elemento fondamentale e necessario.

A livello del tutto generale è opportuno, nel costruire nuove strade ovvero adeguare le esistenti, considerare come valore di riferimento per la progettazione il raggiungimento di un LdS C (medio su ogni singola tratta omogenea dell'infrastruttura) in corrispondenza dell'ora di punta "tipica" della strada.

In considerazione di specifici vincoli di natura territoriale ed economica, ma soprattutto in ragione dei generali benefici al traffico che un'arteria può comunque creare nell'ambito della rete in cui si va ad inserire, è possibile accettare anche progetti con LdS inferiori (pari a D) purché supportati da uno studio di traffico che evidenzi l'opportunità della realizzazione della strada.

