

# Progettazione e Manutenzione delle Infrastrutture viarie e relative Norme tecniche: Intersezioni stradali

## Introduzione

Benvenuti!

In questa video lezione parleremo in termini generali delle **intersezioni stradali**. Gli obiettivi che ci poniamo sono:

- conoscere i contenuti salienti della normativa tecnica quale il D.M. 19.04.2006
- conoscere gli aspetti cinematici-funzionali della progettazione
- comprendere gli elementi delle intersezioni a livelli sfalsati ed a raso, ivi comprese le roatorie

Nel corso della lezione affronteremo alcuni temi e principi cardine utili a comprendere meglio l'argomento, che per semplicità di lettura sono suddivisi in:

- un'analisi dei criteri di scelta dell'intersezione
- un'illustrazione sintetica della geometria delle intersezioni stradali
- un'illustrazione sintetica degli elementi tecnici degli innesti a raso e delle roatorie

## Criteri di scelta dell'intersezione

Cominciamo col fornire i riferimenti normativi che stabiliscono gli aspetti tecnici delle intersezioni stradali. Per la progettazione si fa riferimento al Decreto Ministeriale del 19.04.2006, "Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali". È tuttavia richiamato anche il D.M. 05-11-2001 per gli aspetti geometrici e funzionali delle strade in generale.

Nello specifico il suddetto D.M. 19.04.2006 si applica alla costruzione di nuove intersezioni sulle strade ad uso pubblico. Per gli aspetti tecnici è ammessa la Deroga allo stesso, supportata da specifiche analisi di sicurezza, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (per tipo A-B-D D.M. 2001) e del Settore Infrastrutture territorialmente competente per le altre strade. Resta inteso che per interventi di adeguamento di intersezioni esistenti, le norme rappresentano un riferimento a cui tendere, al fine di soddisfare la sicurezza degli utenti e le esigenze della circolazione.

Partiamo con alcune importanti definizioni: le intersezioni costituiscono i punti nodali delle viabilità in cui gli utenti debbono poter esercitare le loro scelte decisionali sull'itinerario programmato. In particolare i principi fondamentali che regolano queste sono i seguenti:

- Classificazione gerarchica (nel senso che vanno suddivise le viabilità in funzione della loro importanza)
- Analisi dei flussi di traffico che impegnano il nodo
- Efficienza tecnico-economica
  
- Compatibilità con le caratteristiche della sede viaria (se in sede naturale, o su opera come gallerie o viadotti)

Le intersezioni si suddividono in:

- intersezioni a raso
- ed intersezioni a livelli sfalsati (o svincoli)

In linea generale la distanza minima tra le intersezioni dipende dalla tipologia. Ad esempio in campo extraurbano è richiesta una distanza di minimo 500 m.

Le intersezioni vanno previste preferibilmente in corrispondenza di tronchi stradali rettilinei. Se in curva devono essere rispettate le distanze di visibilità. Esse possono realizzarsi su opera d'arte (viadotto, gallerie), escludendo tuttavia le aree di diversione e immissione dalle zone di imbocco/uscita delle gallerie. In ottemperanza al Codice della Strada sulle rampe non sono consentiti accessi, passi carrabili e fermate.

Il D.M. definisce le manovre elementari che si possono prevedere, ovvero:

- l'attraversamento ad incrocio (molto comune specialmente in ambito urbano)
- la manovra di diversione o uscita (che può avvenire a destra o sinistra)
- l'immissione o entrata (come la precedente)
  
- la svolta propriamente detta (se previsti ampi spazi di intersezione)
- e la manovra di scambio (dove più correnti direzionali percorrono lo stesso tratto)

Di conseguenza si identificano i punti caratteristici (punti di conflitto) da cui dipendono le condizioni di sicurezza e operatività dell'intersezione stessa.

Sulla base della classificazione delle strade prevista dal Codice della Strada e dal D.M. 05.11.2001 la normativa rappresenta i nodi di interconnessione in una matrice simmetrica (8x8), all'interno della quale stabilisce i possibili nodi di intersezione. Non sempre la connessione tra flussi di traffico è ammessa, in particolare se le categorie di strada sono molto differenti tra loro. Pertanto i nodi si possono suddividere in omogenei o disomogenei. Nello specifico si distinguono in:

- **Nodi tipo 1** (svincoli) in cui non sono ammessi punti di conflitto
  
- **Nodi tipo 2** (livelli sfalsati) in cui in una delle viabilità è ammessa la possibilità di manovra a raso
- **Nodi tipo 3** (a raso) in cui entrambe le viabilità sono ad unica carreggiata e pertanto sono ammesse solo intersezioni a raso

Si riporta nell'immagine di seguito la matrice suddetta di organizzazione delle reti stradali e specifica definizione delle possibilità di intersezione (da intendersi come livelli minimi).

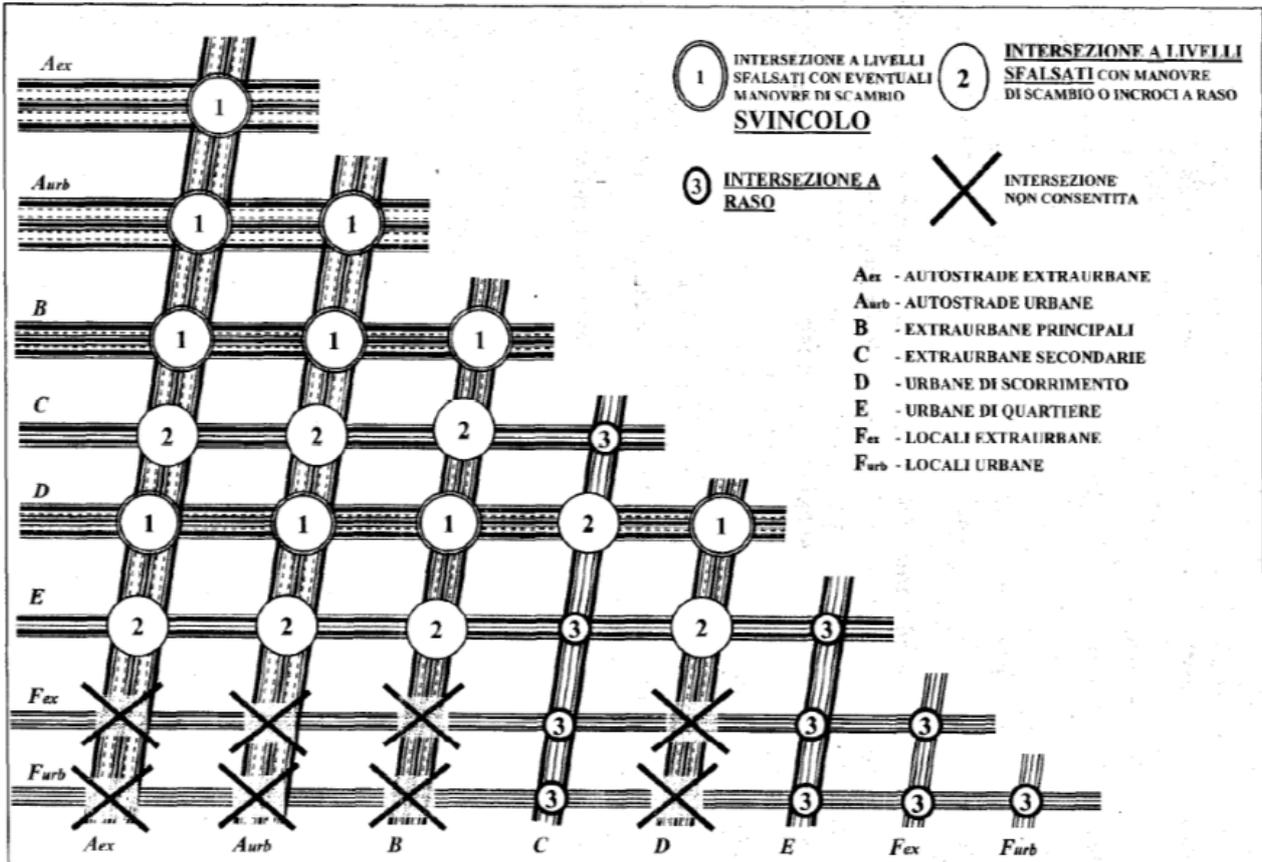


Figura 3 - Organizzazione delle reti stradali e definizione delle intersezioni ammesse (come livelli minimi).

## Geometria delle intersezioni stradali

Passiamo adesso agli elementi progettuali delle intersezioni. In riferimento al D.M. 05.11.2001 per la progettazione delle strade possiamo già ragionare su alcuni criteri di dimensioni e composizione della piattaforma stradale. Inoltre, i dettami del D.M. sono molto chiari per la definizione delle caratteristiche geometriche (rettifili, raggi delle curve circolari e raccordi di transizione o clotoidi), delle rotazioni delle sagome stradali fino alle pendenze longitudinali e trasversali della strada (compresi i raccordi altimetrici). Infine, sono presenti indicazioni specifiche per la forma, le dimensioni e le caratteristiche delle isole di canalizzazione, degli elementi di arredo ed altri elementi di dettaglio dell'intersezione.

In linea tecnica le intersezioni distinguono le rampe dalle corsie specializzate. Le prime sono tronchi stradali di collegamento tra più rami di uno svincolo (intersezione a livelli sfalsati), mentre le corsie specializzate fanno parte dell'asse principale, ovvero sono da intendersi come quei tratti di viabilità destinati alla svolta a destra e sinistra senza arrecare disturbo al flusso principale. Queste si distinguono in:

- corsie di entrata (immissione)
- di uscita (diversione)
- di accumulo per la svolta

Per quanto concerne le corsie specializzate, il D.M. 19.04.2006 è molto chiaro, come la tabella di seguito:

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

Non tutte le tipologie di corsia specializzata sono ammesse, ad esempio per le infrastrutture tipo C del D.M. 05.11.2001 non è possibile prevedere corsie di entrata. Per tali tipologie "Non Ammesse", le rampe devono prevedersi con intersezione a raso sull'asta principale, con angolazione tra gli assi almeno di 70°.

Nel merito delle corsie specializzate si distinguono diversi tratti. In particolare le corsie di entrata sono composte da:

- Tratto di accelerazione
- Tratto di immissione
- Tratto di raccordo

Le corsie di uscita possono essere parallele o "ad ago" (con uscita di angolazione molto bassa, non parallela all'asse principale) e composte da:

- Tratto di manovra
- Tratto di decelerazione

Le corsie di accumulo (solitamente per la svolta in sinistra) sono composte da:

- Tratto di raccordo
- Tratto di manovra
- Tratto di decelerazione
- Tratto di accumulo

Il dimensionamento delle corsie specializzate (tratti di accelerazione e decelerazione) avviene con criteri cinematici.

I tratti di raccordo e manovra con criteri geometrici.

I tratti di immissione e di accumulo con criteri funzionali.

In alcuni casi sono previste le "Zone di Scambio", tratti in cui avviene l'attraversamento reciproco di due correnti di traffico aventi la stessa direzione e verso. Anche la lunghezza di scambio si calcola con criteri funzionali.

Per determinare i **tratti di variazione cinematica** si adotta la formula:

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

In cui L è la lunghezza necessaria per variazione (espressa in metri)

V1 (m/s) è la velocità di ingresso in accelerazione o decelerazione

V2 (m/s) la velocità in uscita dal tratto (corrispondente al raggio della rampa)

a (m/s<sup>2</sup>): l'accelerazione assunta per manovra che per la decelerazione è pari a 3 m/s<sup>2</sup> (nel caso di strade tipo A) ed a 2 m/s<sup>2</sup> (per le altre strade). Per la manovra in accelerazione va assunto a pari a 1 m/s<sup>2</sup>.

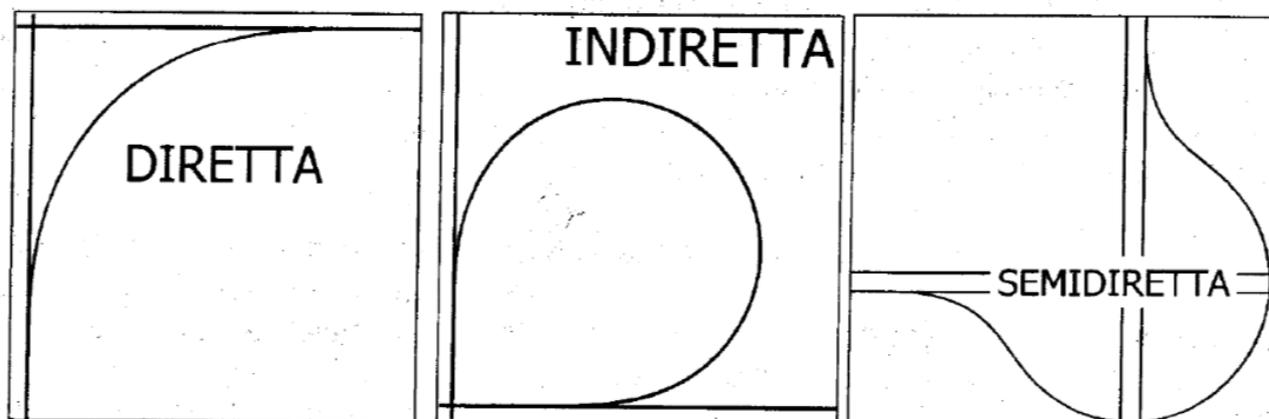
Va sottolineato che per i tratti in entrata la V<sub>1</sub> può essere ridotta fino all'80% della velocità di progetto della strada su cui ci si immette (presa puntualmente sull'elemento percorso).

I tratti disposti da elementi geometrici sono facilmente comprensibili. In funzione della velocità di progetto la norma caratterizza i vari elementi. In particolare i tratti di manovra variano da 30 m se la velocità è maggiore/uguale a 60 km/h mentre è ridotto fino a 20 m se la velocità è inferiore. Analogamente per i tratti di raccordo, previsti nelle corsie di entrata, funzione della velocità di progetto se maggiore ad 80 km/h si adotta un tratto di 75m mentre se minore o uguale è possibile scendere a 50m. Infine, per quanto concerne i tratti di manovra delle corsie di uscita degli svincoli, la variabilità della lunghezza minima è rapportata a differenti velocità, vale a dire da un minimo di 20 m per velocità di 40 km/h fino a 90m se la velocità è maggiore/uguale a 120 km/h.

Passiamo ora alle rampe. Si definisce rampa il tratto di viabilità che raccorda due strade a livelli differenti. Nello specifico si possono distinguere più tipologie:

- rampe di tipo Dirette
- Indirette
- e Semidirette

in funzione della manovra che compiono.



Per ogni tipologia il D.M. prevede uno specifico intervallo di Velocità di progetto come da tabella di seguito, come specifica il fatto che per l'inserimento di curve a raggio variabile (clotoidi) va fatto riferimento ai contenuti del D.M. 05.11.2001. Per i tratti di accelerazione/decelerazione il progettista dovrà scegliere opportunamente una curva variabile, prescindendo dalle indicazioni del D.M. sopracitato.

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

Per quanto concerne la sezione delle rampe si riportano i valori minimi da adottare dettati dalla norma:

- **Per le corsie specializzate**, 3,75m (per strada tipo A-B), 3,25m (per strada tipo D)
- **Per le rampe monodirezionali** la corsia deve essere pari a 4,00m (una corsia), 3,50m (due corsie)
- **Per le rampe bidirezionali** la corsia deve essere pari a 3,50m
  
- **Per le banchine** (tratti specializzati) si adottano 2,50m (per strada tipo A) e 1,75m (per strada tipo B), mentre la banchina per le rampe deve essere di 1,00m.

Le caratteristiche minime piano altimetriche delle rampe sono indicate nella seguente tabella:

Velocità di progetto	(km/h)	30	40	50	60	70	80
Raggio planimetrico minimo	(m)	25	45	75	120	180	250
Pendenza max in salita	(%)	10	7,0		5,0		
Pendenza max in discesa	(%)	10	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
Distanza di visuale minima	(m)	25	35	50	70	90	115

Oltre alle regole di carattere geometrico, l'intersezione va dimensionata in riferimento alla domanda di traffico (in funzione delle manovre consentite). In particolare per i tratti di accumulo, di immissione, di scambio e per la capacità e livello di servizio delle rotatorie.

In letteratura tecnica esistono metodi di verifica che si basano sui seguenti parametri:

- Numero veicoli in attesa
- Flussi di traffico
- Velocità puntuale nei tratti
- Elementi geometrici

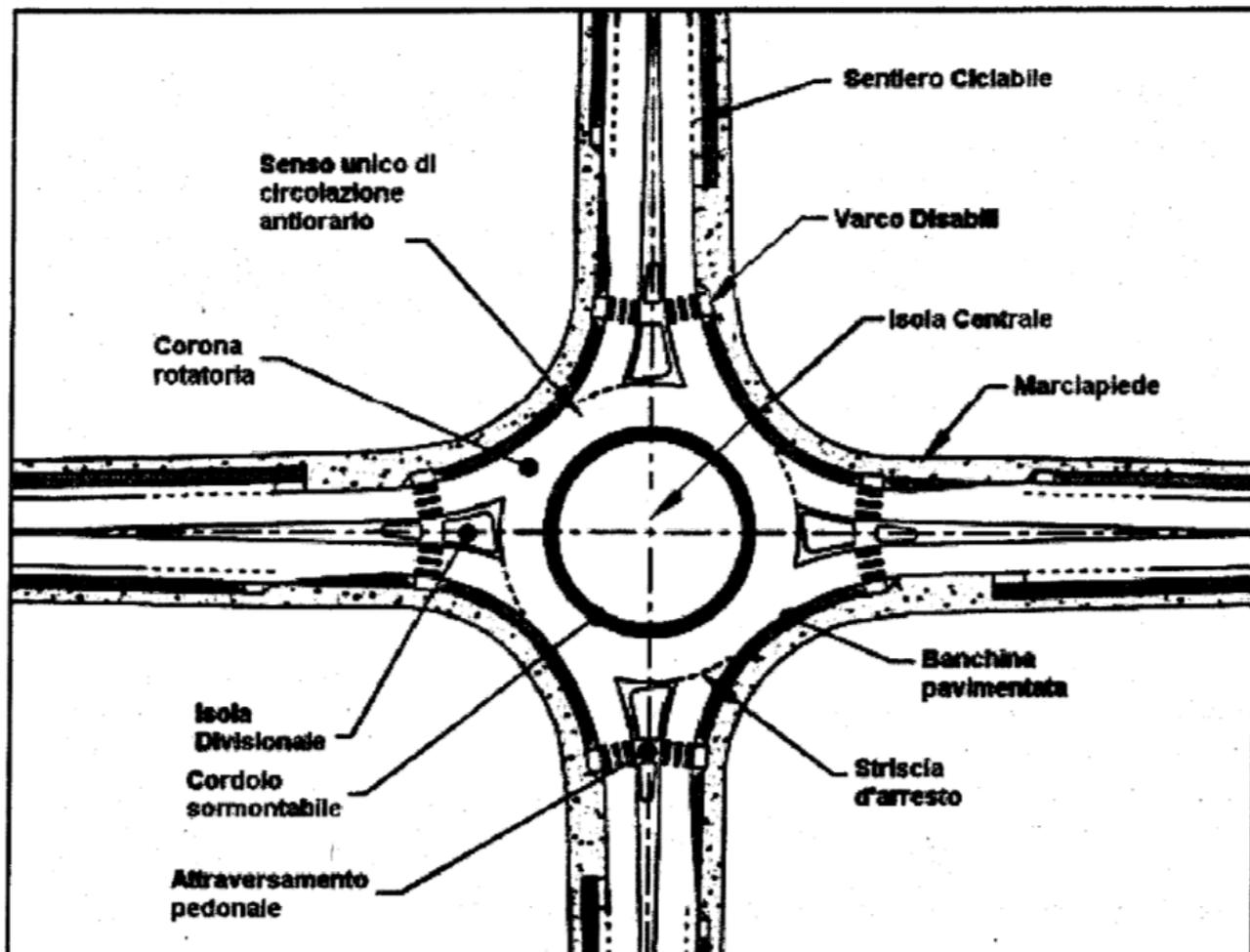
Inoltre, la sicurezza di un'intersezione è funzione dell'avvistabilità delle manovre e dei veicoli in transito. Nello specifico, l'illuminazione deve essere prevista obbligatoriamente per i Nodi di tipo 1 e di tipo 2. Per i nodi tipo 3 l'illuminazione va realizzata nei casi in cui si accertino particolari condizioni locali invalidanti, come ad esempio nebbia o foschia (richiesta alle autorità locali). Il livello di illuminamento deve garantire il mutuo avvistamento di ostacoli e degli elementi di intersezione in ambito diurno e notturno. È obbligatorio illuminare i tratti specializzati.

## Innesti a raso e rotatorie

Tra le tipologie di intersezione sono molto diffusi gli innesti a raso o a "T", soluzione ampiamente utilizzata in ambito urbano, spesso accompagnata da elementi di regolazione del comportamento di guida, ovvero con ausilio di semafori e di specifica segnaletica di STOP o dare precedenza. Le larghezze minime dei dispositivi di manovra si distinguono in:

- ambito extraurbano tra corsia di uscita pari a 3,50m (per le tipo C) e 3,25m (per le tipo F)
- mentre la corsia di accumulo in mezzera deve essere minimo 3,25m (tipo C) e 3,00m (tipo F)
- Per quanto concerne l'ambito urbano si adottano corsie di uscita/accumulo di minimo 3,00m (tipo E) e 2,75m (tipo F)

Un argomento a sé sono le rotatorie. Nate nel Regno Unito ai primi dell'800 e sviluppate molto in Francia assolvono la funzione di moderazione e "smistamento" del traffico. Solitamente di forma circolare vengono geometrizzate con un'isola centrale non transitabile, una corona rotatoria circolante e percorse a senso unico (antiorario), come riportato nell'immagine dello stesso D.M. di seguito:



Le rotatorie si suddividono in funzione del diametro esterno in:

- Convenzionali (D=40-50m)
- Compatte (D=25-40m)
- Mini rotatorie (D=14-25m)

Per sistemi con circolazione a rotatoria il dimensionamento segue il principio dei tronchi di scambio. In funzione delle verifiche di transitabilità dei mezzi pesanti, in casi eccezionali è consentito transitare nell'isola centrale in parte se il diametro è maggiore di 18m o totalmente transitabile se il diametro è minore di 18m. Il D.M. 2006 stabilisce gli elementi modulari di tale tipologia di intersezione, in termini di diametro esterno e larghezza delle corsie, come riportato di seguito:

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

(\*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(\*\*) organizzati al massimo con due corsie.

Il criterio principale per definire la geometria consiste nel controllo della deviazione delle traiettorie (per scongiurare il non rallentamento dei veicoli in approccio all'intersezione). Questa verifica avviene valutando l'angolo "beta", costruito dalla tangente al ciglio dell'isola centrale da ogni ramo della rotatoria (aggiungendo 3,50m dal valore del raggio di entrata). L'altra verifica fondamentale è relativa ai triangoli di visibilità: nelle rotatorie i conducenti in approccio all'intersezione devono avvistare i veicoli che percorrono l'anello per dare precedenza. Sarà sufficiente la visione di un quarto d'anello a sinistra, posizionando l'osservatore a 15m dalla linea del bordo esterno.

Un ultimo aspetto per le intersezioni stradali è relativo agli accessi a raso. Trattasi delle immissioni in una strada di uso pubblico per i veicoli provenienti da un'area o un edificio privato. In riferimento ai dettami del Codice della Strada non sono consentiti nei rami delle intersezioni. Sinteticamente si riportano le principali indicazioni del D.M.:

- **In ambito extraurbano:**
  - gli accessi non sono ammessi per le tipo A
  - mentre risultano ammessi ma coordinati per le tipo B (da prevedersi a distanza minima di 1000m) e per le Tipo C (a distanza min 300m derogabili dall'ente fino a 100m in casi eccezionali)
  - per le tipo F possono essere diretti (ma a distanza minima di 30m)
- **In ambito urbano:**
  - gli stessi accessi sono ammessi ma coordinati per le tipo D (da prevedersi a distanza minima di 100m)
  - mentre sono consentiti diretti per le strade tipo E-F (distanza minima 12m)

## Conclusioni

Bene, siamo giunti alla fine di questa video lezione, durante la quale abbiamo percorso seppur brevemente i principali aspetti tecnici della progettazione delle intersezioni stradali.

È importante sottolineare che la stessa progettazione non può prescindere dallo studio di tali intersezioni (non esiste una strada che non contempli tale aspetto), i cui principi di dimensionamento sono cinematici oltre che geometrici. Il Decreto Ministeriale 19.04.2006 detta in modo puntuale la geometria di tutti gli elementi (compresi i tratti specializzati



per le manovre), il cui dimensionamento è funzione di precisi intervalli di velocità. Analogamente per le rotatorie che sono disciplinate in funzione della geometria delle stesse e della corretta avvistabilità dei veicoli transitanti.

Grazie e buon lavoro.