

Insegnamento di Fondamenti di Infrastrutture viarie

Territorio ed infrastrutture di trasporto

La meccanica della locomozione: questioni generali

Il fenomeno dell'aderenza e l'equazione generale del moto

Dall'equazione generale del moto alle caratteristiche di moto

Sistemi di trazione e motori di trazione

Trazione ferroviaria: studio di una fase completa di moto

Trazione stradale: studio di una fase completa di moto

La frenatura in ferrovia e su strada

Legislazione e Normativa

Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade

Andamento planimetrico di un tracciato stradale:

1) elementi del tracciato planimetrico, rettilinei e curve circolari,
pendenza trasversale in curva, curve a raggio variabile

2) allargamento in curva e diagramma di velocità

Distanze di visibilità e andamento altimetrico di un tracciato stradale

Volume del solido stradale: metodi di calcolo

Fondamenti di Infrastrutture viarie

**Distanze di visibilità
e
Andamento altimetrico di un tracciato stradale**

Distanze di visibilità e andamento altimetrico di un tracciato stradale

Distanze di visibilità

Visuali libere

Distanza di visibilità per l'arresto

Distanza di visibilità per il sorpasso

Distanza di visibilità per il cambiamento di corsia

Applicazioni progettuali

Distanze di visibilità

Visuali libere

Per distanza di visuale libera s'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.

L'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione.

La distanza di visuale libera, lungo il tracciato stradale, quindi dovrà essere confrontata con le seguenti distanze:

- **Distanza di visibilità per l'arresto**: spazio minimo necessario all'arresto di un veicolo in condizioni di sicurezza e in presenza d'un ostacolo imprevisto.
- **Distanza di visibilità per il sorpasso**: lunghezza del tratto di strada necessario per compiere la manovra completa di sorpasso in sicurezza.
- **Distanza di visibilità per il cambiamento di corsia**: lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente.

Distanze di visibilità

Distanza di visibilità per l'arresto 1

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

$$D_A = D_1 + D_2$$

$$D_A = V_0 / 3,6 \times \tau - \int_{V_0}^{V_1} V / \{ g \times [f_1(V) \pm i / 100] + R_a(V) / m + r_0(V) \} dV [m]$$

dove:

D_1 = spazio percorso nel tempo τ [m] e D_2 = spazio di frenatura [m]

τ = tempo complessivo di reazione (percezione, riflessione, reazione e attuazione)

V_0 = velocità del veicolo all'inizio della frenatura (V_p desunta dal DdV) [Km / h]

V_1 = velocità finale del veicolo ($V = 0$ in caso d'arresto) [Km / h]

g = accelerazione di gravità [m / sec²] e f_1 = coeff.te d'aderenza longitudinale

i = pendenza longitudinale [%] e $R_a(V)$ = resistenza aerodinamica [N]

m = massa del veicolo [Kg] e r_0 = resistenza unitaria di rotolamento

Distanze di visibilità

Distanza di visibilità per l'arresto 2

La resistenza aerodinamica R_a si valuta con la seguente espressione:



In tabella sono riportati i valori del coefficiente d'aderenza longitudinale f_1 per le Autostrade e per le altre strade:

VELOCITA' km/h	25	40	60	80	100	120	140
f Autostrade	-	-	-	0.44	0.40	0.36	0.34
f Altre strade	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Distanze di visibilità

Distanza di visibilità per l'arresto 3

Per il tempo complessivo di reazione si assumono valori linearmente decrescenti con la velocità secondo l'espressione:

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

In situazioni particolari (intersezioni complesse, innesti o deviazioni, ecc.) il tempo di cui sopra va maggiorato di 1 secondo (se strada extraurbana) sino a 3 secondi (in ambito urbano).

Nella successiva diapositiva vengono riportati i diagrammi per ricavare le distanze di visibilità per l'arresto di una autovettura le cui caratteristiche aerodinamiche sono le seguenti:

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:

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

Distanze di visibilità

Distanza di visibilità per il sorpasso

In presenza di veicoli provenienti in senso opposto la distanza di visibilità completa per il sorpasso è data dalla seguente espressione:

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

dove:

V [km/h] o v [m / sec] è la velocità di progetto (desunta dal DdV) ed attribuita in eguale misura sia al veicolo sorpassante sia al veicolo che proviene dal senso opposto.

Distanze di visibilità

Distanza di visibilità per il cambiamento di corsia

La distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia si valuta con la seguente espressione:

$$D_c = 2,6 \times V = 9,5 \times v \quad [m]$$

dove:

V [Km/h] o v [m / sec] è la velocità del veicolo (desunta dal DdV)

I 9,5 sec rappresentano i secondi necessari per percepire e riconoscere la situazione e per decidere ed effettuare la manovra di cambiamento di una sola corsia.

Tale distanza deve essere assicurata in presenza di più corsie per senso di marcia e in corrispondenza di punti singolari quali: intersezioni, deviazioni, ecc.

Distanze di visibilità

Applicazioni progettuali

Le distanze di visibilità da considerare dipendono dal tipo di strada e dall'elemento di tracciato considerato.

In ogni caso deve sempre essere assicurata la distanza di visibilità per l'arresto in condizioni ordinarie o con tempi di reazione maggiorati lungo tutto il tracciato.

Nelle strade extraurbane a unica corsia con doppio senso di marcia, la distanza di visibilità per il sorpasso deve essere garantita in misura non inferiore al 20 % dello sviluppo complessivo del tracciato. Nei tratti di mancanza 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 riferita al centro della corsia con altezza del suo occhio pari a 1,10 m dal piano viabile.

Nel caso di distanza di visibilità per l'arresto l'ostacolo va collocato a 0,10 m dal piano viabile e sempre lungo l'asse della corsia del conducente.

Nel caso di distanza di visibilità per il sorpasso l'ostacolo va collocato nella corsia di sorpasso con altezza pari a 1,10 m dal piano viabile.

Distanze di visibilità e andamento altimetrico di un tracciato stradale

Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Elementi del profilo altimetrico

Raccordi verticali

Raccordi verticali convessi (dossi)

Raccordi verticali concavi (sacche)

Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Elementi del profilo altimetrico

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

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

ANO		TIPO DI STRADA		AMBITO URBANO
		AUTOSTRADA	A	6%
		EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	-
		EXTRAURBANA SECONDARIA	C	-
		URBANA DI SCORRIMENTO	D	6%

E' possibile aumentare di una unità percentuale tali valori solo se lo sviluppo della livелletta è tale da non penalizzare eccessivamente la circolazione.

Per eventuali strade di servizio adiacenti è consigliabile mantenere la stessa pendenza.

Per strade di tipo: A, B e D in galleria è consigliabile non superare la pendenza del 4 %.

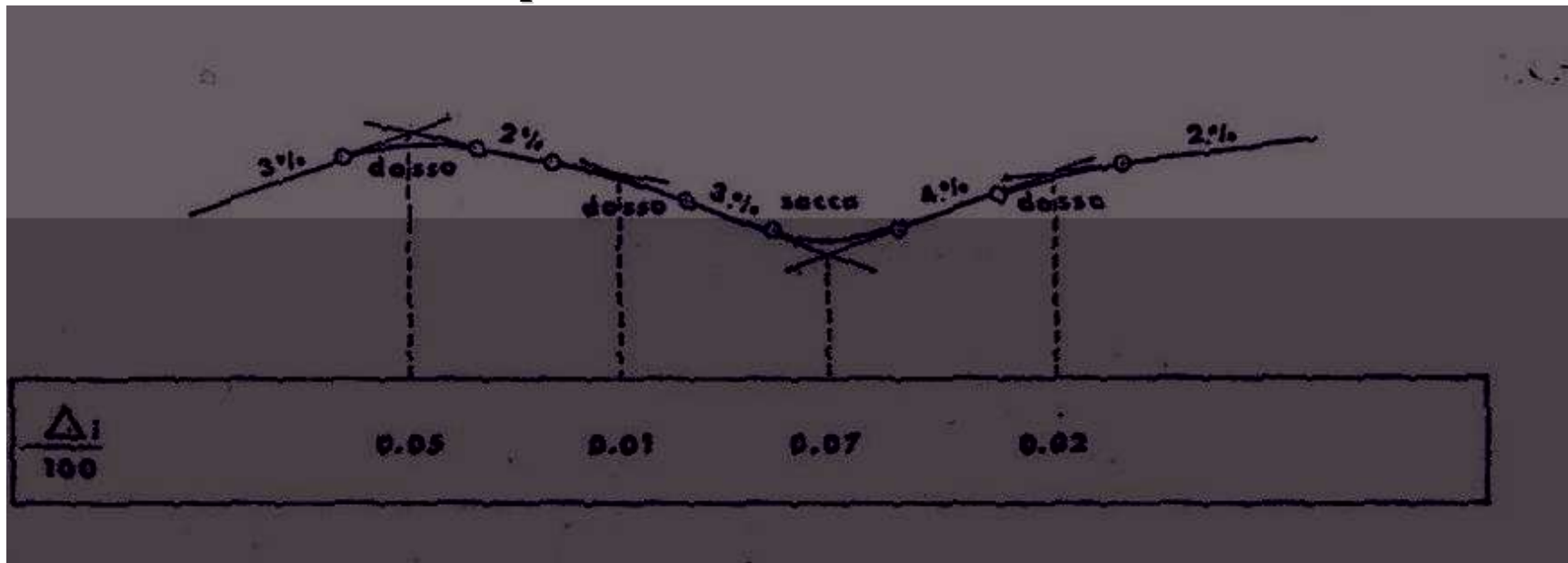
Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali 1

I raccordi verticali vengono realizzati con archi di parabola quadratica ad asse verticale il cui sviluppo è dato dall'espressione:

$$L = R_v \times \Delta i / 100$$

dove: Δi = è la variazione di pendenza tra due livellette e R_v è il raggio dei cerchi osculatori nel vertice della parabola.



Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali 2

L'arco di parabola da inserire tra due livellette ha la seguente equazione:

$$y = bx - ax^2$$

dove:

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

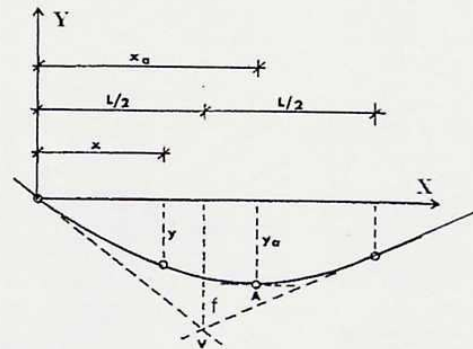
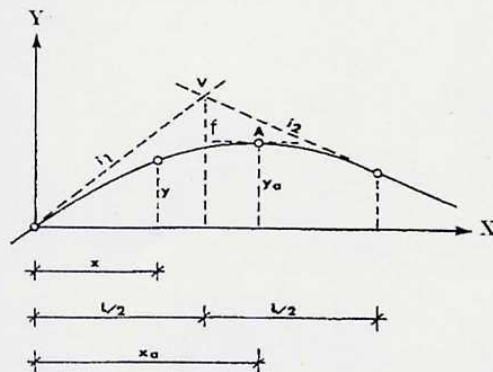
$$R_v = \frac{1}{2a} = \text{raggio del cerchio osculatore nel vertice A della parabola} \quad [\text{m}]$$

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

$$x_a = \frac{i_1}{\Delta_i} \times L = \frac{i_1}{100} \times R_v = \text{ascissa del punto a tangente orizzontale (punto pi\`u alto del dosso o pi\`u basso della sacca)} \quad [\text{m}]$$

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

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



Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali 3

Il valore minimo del raggio R_v deve essere determinato in modo da garantire:

- che nessuna parte del veicolo (escluse le ruote) abbia contatto con la superficie stradale. In particolare:

$$\text{nei dossi:} \quad R_v > R_{v \min} = 20 \text{ m}$$

$$\text{nelle sacche:} \quad R_v > R_{v \min} = 40 \text{ m}$$

- che sia limitata l'accelerazione verticale a_v :

$$a_v = v_p^2 / R_v = < a_{\text{limite}}$$

dove: v_p = velocità di progetto [m / sec] della curva (desunta dal DdV), R_v è il raggio del cerchio osculatore nel vertice A della parabola e $a_{\text{limite}} = 0,6 \text{ m/sec}^2$

- che vengano garantite le visuali libere.

In ogni caso occorre garantire una corretta percezione ottica del tracciato specie nei casi di piccole variazioni di pendenza tra livellette e di sovrapposizione di curve verticali con curve orizzontali.

Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali convessi (dossi)

Il raggio minimo del raccordo viene determinato come di seguito precisato.

Premesso che 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:

Caso 1 - La distanza di visibilità D risulta essere inferiore allo sviluppo L del raccordo.

Caso 2 - La distanza di visibilità D risulta essere maggiore allo sviluppo L del raccordo.

Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali convessi (dossi) - Casi: 1 e 2

Il valore del raggio del raccordo verticale convesso è dato dalle espressione seguente a seconda che:

Caso 1 - La distanza di visibilità D risulta essere inferiore allo sviluppo L del raccordo:

$$D < L$$

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

Caso 2 - La distanza di visibilità D risulta essere maggiore allo sviluppo L del raccordo.

$$D > L$$

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

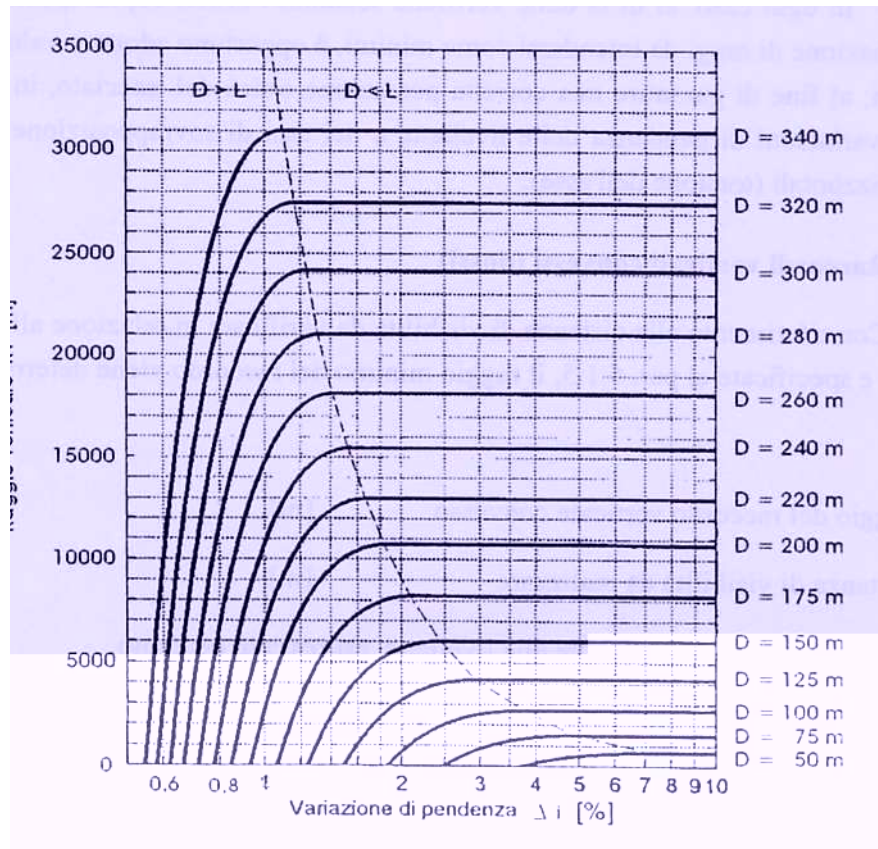
Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali convessi (dossi)

Per il calcolo del valore del raggio del raccordo verticale convesso occorre inoltre tenere conto di quale distanza di visuale libera si considera:

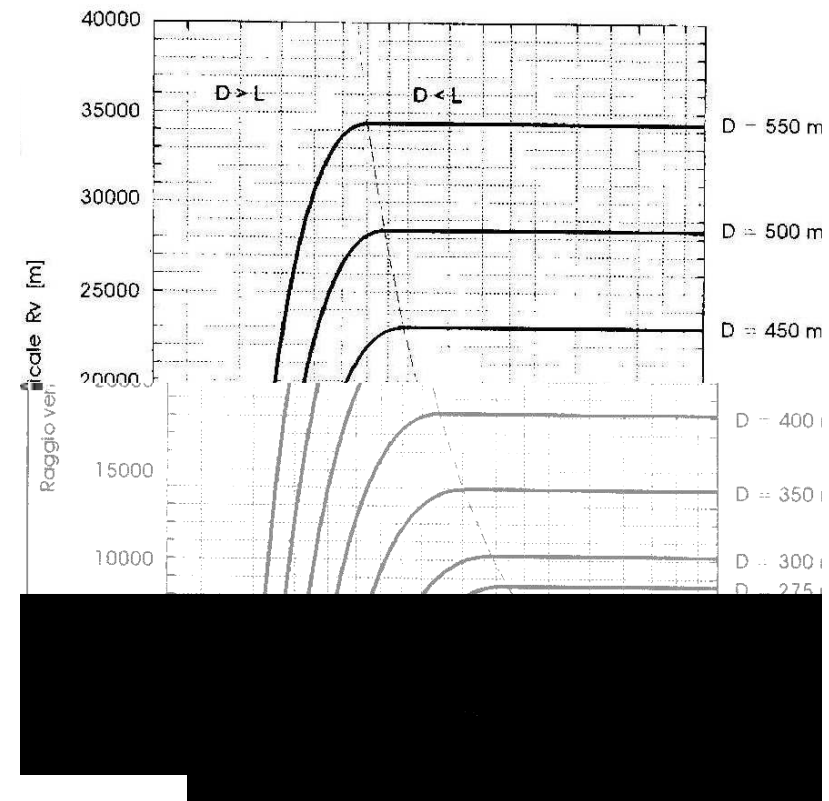
In caso di visuale libera per l'arresto:

(dove: $h_1 = 1,10 \text{ m}$ e $h_2 = 0,10 \text{ m}$)



In caso di visuale libera per il sorpasso:

(dove: $h_1 = 1,10 \text{ m}$ e $h_2 = 1,10 \text{ m}$)



Raccordi verticali concavi (sacche)

Il raggio minimo del raccordo viene determinato com

Andamento altimetrico di un tracciato stradale

Raccordi verticali concavi (sacche) - Casi: 1 e 2

Il valore del raggio del raccordo verticale concavo è dato dalle espressione seguente a seconda che:

Caso 1 - La distanza di visibilità D risulta essere inferiore allo sviluppo L del raccordo:

$$D < L$$

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

Caso 2 - La distanza di visibilità D risulta essere maggiore allo sviluppo L del raccordo.

$$D > L$$

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

