



Centro Stampa

ATTENZIONE QUESTI APPUNTI SONO OPERA DI STUDENTI , NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE. IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

N° 1020

**INFRASTRUTTURE VIARIE
TEORIA ESERCIZI TEMI ESAME**

DI ACCOLLA ERIKA

X

affrontare

gli Esercizi di

Infrastrutture Viarie.

EA

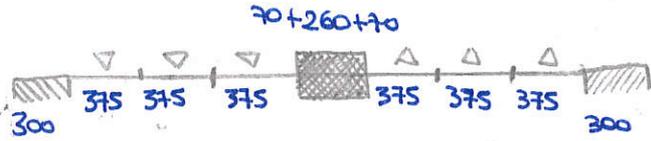
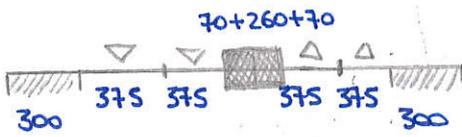
= CATEGORIE DI STRADE =

CATEGORIA A → $V = 90 \div 140 \text{ km/h}$

AUTOSTRADA
ambito extraurbano

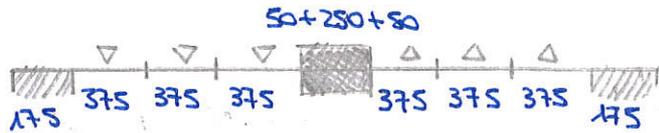
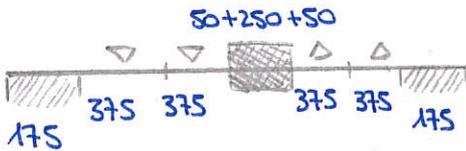
2 corsie per senso di marcia

3 corsie per senso di marcia



CATEGORIA B → $V = 70 \div 120 \text{ km/h}$

STRADA PRINCIPALE
ambito extraurbano

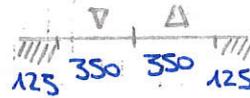
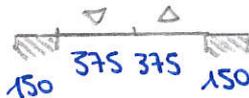


CATEGORIA C → $V = 60 \div 100 \text{ km/h}$

STRADA SECONDARIA
ambito extraurbano

categoria C₁

categoria C₂



= CAPACITA' =

CASO FERROVIARIO

$$C_{max} = \frac{3600}{t_{min}} = \frac{3600 \cdot V_{max}}{L + j \cdot s_0 + V_{max} \cdot t_r} = \frac{3600}{\sqrt{\frac{2jKL}{a}} + t_r}$$

$$V_{max} = \sqrt{\frac{2al}{jK}}$$

$$s_0 = K \frac{V_{max}^2}{2a}$$

coeff. di sicurezza applicativo.

spazio d'arresto

LEGGE DELLA MINIMA DISTANZA SPAZIALE

→

$$V_{max} \cdot t = L + j \cdot s_0 + V_{max} \cdot t_r$$

lunghezza del convoglio

n° sezioni

tempo di reazione del macchinista ≈ 2 s

LEGGE DELLA MINIMA DISTANZA TEMPORALE

→

$$t_{min} = \frac{L + j \cdot s_0}{V_{max}} + t_r + t_{m.o.} + t_{DSA}$$

tempo di margine operativo

tempo di deceleraz. sosta e acceleraz.

Se ho un fattore di utilizzazione:

$$C = C_{max} \cdot F_u$$

Se ho un fattore di carico

$$C_{Teo} = C \cdot n^{\circ} \text{pass} \quad \text{con} \quad n^{\circ} \text{pass} = \left(\sum n_{\text{posti}} \cdot n_{\text{vagoni}} \right) \cdot F_C$$

$$t_D = \frac{V_{max}}{a_d}$$

$$t_A = \frac{V_{max}}{a}$$

CASO AEROPORTUALE

✓

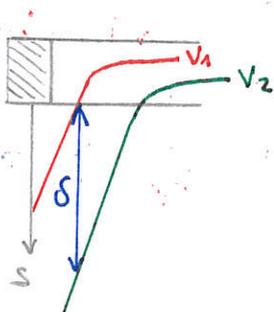
$$C = \frac{3600}{t_{med}}$$

$$\text{con} \quad t_{med} = \sum_{ij} P_{ij} \cdot t_{ij}$$

$$t_{ij} = \begin{bmatrix} t_{i1} & t_{i2} & t_{i3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{m1} & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

bisogna distinguere 2 casi:

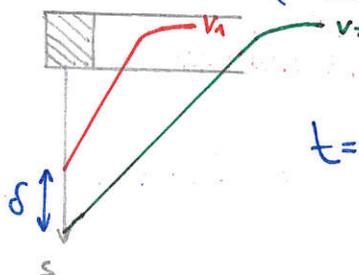
1) l'aereo che segue è + veloce dell'aereo che precede



$$t = \frac{\delta}{V_2}$$

distanza min. di separazione lungo le sentiero

2) l'aereo che segue è + lento di quello che precede



$$t = \frac{\delta}{V_2} + \delta \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$$

lunghezza del sentiero di avvicinamento

CASO PEDONALE

$Q_{ped} = V_{ped} \cdot D_{ped}$
 $\Rightarrow Q_{ped} = \frac{V_{ped}}{D_{ped}^{-1}}$

volume di pedoni \leftarrow V_{ped} \leftarrow D_{ped} \leftarrow densità dei pedoni

D_{ped}^{-1} \rightarrow Spazio disponibile x ciascun pedone = S

poichè nel caso del deflusso pedonale le condizioni critiche si raggiungono in tempi molto brevi non ci dobbiamo riferire al volume orario ma al quarto d'ora di punta:

$\frac{Q_{15}}{15 \cdot L} = Q_{ped}$

$15 \cdot L$ \rightarrow larghezza effettiva del marciapiede.

Per ricavare il LOS (= level of service) devo inserire i dati appena ottenuti in tabella:

LOS	S (ft ² /p)	Q _{ped} (p/min/ft)	V _{ped} (ft/s)
A	> 60	≤ 5	> 4,25
B	> 40-60	> 5-7	> 4,17 - 4,25
C	> 24-40	> 7-10	> 4 - 4,17
D	> 15-24	> 10-15	> 3,75 - 4
E	> 8-15	> 15-23	> 2,5 - 3,75
F	≤ 8	variabile	≤ 2,50

NB

attenzione, bisogna convertire in piedi!

$1 \frac{ft^2}{p} = 0,09 \frac{m^2}{p}$

$1 \frac{p}{min \cdot ft} = 3,3 \frac{p}{min \cdot m}$

$1 \frac{ft}{s} = 0,3 \frac{m}{s}$

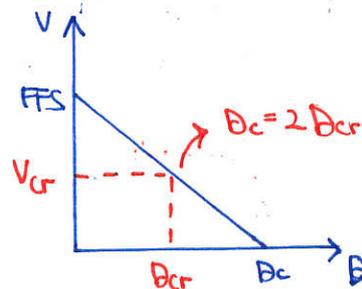
CASO VEICOLARE

$V = \frac{FFS}{D} \left(1 - \frac{D}{D_c} \right)$

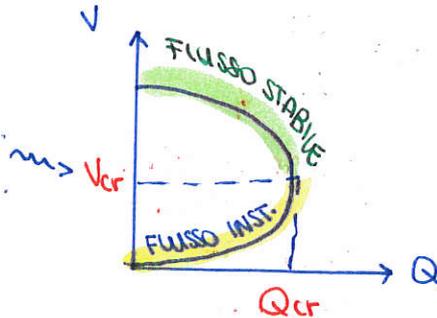
$\frac{FFS}{D}$ \leftarrow velocità di flusso libero

$\frac{D}{D_c}$ \leftarrow densità di congestionamento

\Rightarrow viene espresso dal diagramma



$Q = V \cdot D \Rightarrow Q_{cr} = V_{cr} \cdot D_{cr}$



In questa tipologia di problemi possono anche essere richiesti:

$$PHF = \frac{VHP}{4 \cdot Q_{15}}$$
 Fattore dell'ora di punta

$$TF = \frac{VH}{PHF} = 4Q_{15}$$
 tasso di flusso

$$VH = PHF \cdot 4Q_{15}$$
 volume orario

HCH =

AUTOSTRADA

Nel dimensionamento e nella verifica delle strade bisogna innanzitutto calcolare:

$$FFS = 75,4 - f_{LW} - f_{LC} - 3,22 \frac{TRD}{0,84}$$
 coefficiente correttivo x la larghezza della corsia
 coefficiente correttivo per la banchina laterale
 densità delle rampe

Questi due coefficienti correttivi si ricavano dalle tabelle.

$$\phi_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(ET-1) + P_R(ER-1)}$$
 traffico di utenti turistici [%/100]
 traffico di utenti commerciali [%/100]
 da tabella.

NB convertire

$$1 \text{ mi} = \frac{1}{0,305} \text{ ft}$$

$$1 \frac{\text{rampa}}{\text{km}} = 1,61 \frac{\text{rampa}}{\text{miglia}}$$

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_p}$$
 volume della domanda, Q
 n° corsie
 fattore di correzione della popolazione di guidatori (generalmente = 1)

$$v_s = \frac{v_p}{S}$$
 densità
 domanda aggiustata
 velocità mantenuta in condizioni di v_p

La S la ottengo inserendo la FFS nella tabella "Flow Rate Range"
 Una volta calcolato la densità la inserisco nella tabella del LOS e determino il livello di servizio dell'autostrada.

STRADA EXTRAURBANA PRINCIPALE

$$FFS = BFFS - f_w - f_{lc} - f_M \cdot \left(\frac{p}{f_A}\right)$$

\rightarrow fattore correttivo x la densità dei pt di accesso
 \rightarrow fattore correttivo x le tipo di spartitraffico

$$v_p = \frac{Q}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_p}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t (E_t - 1) + P_R (E_R - 1)}$$

$$D = \frac{v_p}{S} \quad \rightarrow \text{LOS da tabella}$$

STRADA EXTRAURBANA SECONDARIA

$$FFS = BFFS - f_{ls} - f_A$$

\downarrow
 fattore correttivo relativo alle dimensioni della banchina

$$v_{ATS} = \frac{VH}{PHF \cdot f_{g_{ATS}} \cdot f_{HV_{ATS}}}$$

fattore correttivo x la presenza di mezzi pesanti
 fattore correttivo relativo alla pendenza

$$f_{HV_{ATS}} = \frac{1}{1 + P_t (E_t - 1) + P_R (E_R - 1)}$$

$$ATS_d = FFS - 0,0076 \left(v_{d_{ATS}} + v_{o_{ATS}} \right) - f_{np_{ATS}}$$

$v_{d_{ATS}}$: volume di flusso nella nostra direzione
 $v_{o_{ATS}}$: volume di flusso in direzione opposta
 $f_{np_{ATS}}$: fattore correttivo relativo al permesso di sorpasso

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np_{PTSF}} \left(\frac{v_{d_{PTSF}}}{v_{d_{PTSF}} + v_{o_{PTSF}}} \right)$$

$$BPTSF_d = 100 \left[1 - e^{-a v_a^b} \right]$$

$$\rightarrow PFFS = \frac{ATS_d}{FFS}$$

$$C_{d_{ATS}} = 1700 \cdot f_{g_{ATS}} \cdot f_{HV_{ATS}}$$

x calcolare il LOS inserisco i dati trovati nelle tabelle.

$$C_{d_{PTSF}} = 1700 \cdot f_{g_{PTSF}} \cdot f_{HV_{PTSF}}$$

\rightarrow capacità max per direzione (x qsto tipo di strada!)

= RESISTENZE AL MUOTO = ✓

Le resistenze al moto si dividono in:

- RESISTENZE ORDINARIE → quelle sempre presenti
- RESISTENZE ADDIZIONALI → si sommano a quelle ordinarie.

RESISTENZE ORDINARIE

1) Resistenza al rotolamento:

$$R_{RD} = r_{RD} \cdot P \rightarrow \text{peso}$$

resistenza al rotolamento → resistenza specifica al rotolamento

$$R_{RD} = \frac{P \cdot \sigma}{r}$$

peso → sfasamento → braccio

$$r_{RD} = \frac{10^{-3}}{P^{0,64}} \left(20 + \frac{V^{3,7}}{1294000 \cdot p^{1,44}} \right)$$

velocità → pressione di gonfiaggio

2) Resistenza aerodinamica

$$R_a = \frac{\rho}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot V^2$$

coeff. di resistenza aerodinamica → velocità = [m/s] → superficie maestri → proiezione verticale della sagoma del veicolo

densità aria = 1,226 $\frac{Ns^2}{m^4}$

$r_a = a + bv^2$ → caso stradale

$r_a = a + cv + bv^2$ → caso ferroviario

$$r_a = \frac{R_a}{P}$$

RESISTENZE ADDIZIONALI

1) di livelletta

$R_i = P \cdot r_i$ con $r_i = i$ → pendenza espressa in %

2) In curva

$$r_c = \frac{u}{R - n}$$

R_{curva}

$r_c + r_i = i_c$
↓
livelletta fittizia

se mi viene dato il grado di prestazione qp lo inserisco in tabella e ricavo immediatamente i_c .

In conclusione basta calcolare:

$T = \frac{W_T}{v} = \frac{M_T}{r}$
trazione → potenza → coppia motrice → braccio

nel caso ferroviario posso calcolare il n° di locomotori come:

$$n_L = \max \{ n'_L; n''_L \}$$

$$T = \frac{W}{v} \cdot n'_L \quad \rightsquigarrow \quad n'_L = \frac{n_v \cdot P_v \cdot (r_{ord} + i + r_c)}{\frac{W}{v} - P_L \cdot (r_{ord} + i + r_c)}$$

$$n''_L = \frac{n_v \cdot P_v \cdot (r_{ord} + i + r_c)}{P_a \cdot f_a - P_L \cdot (r_{ord} + i + r_c)}$$

\downarrow peso aderente
 \downarrow peso del locomotore

NB $P_a = P_L$!!!

LIVELLETTA

Generalmente con lo studio delle livellette si stabilisce quando è necessaria una corsia di arrampicamento.

Nota l'aumento altimetrico e prima cosa calcolo le pendenze di ogni tratto come:

$$i = \frac{Q_f - Q_i}{L}$$

\rightarrow quota iniziale
 \rightarrow lunghezza del tratto.

Dopo che devo andare a calcolare, e ogni tratto, le velocità. Questo passaggio lo posso fare:

1) consultando l'abaco \rightarrow entro con L; salgo in verticale fino alla curva i; esco orizzontalmente trovando v

2) con il metodo delle differenze finite

$$V_{i+1} = \frac{g}{\beta \cdot V_i^2} \cdot \left[\frac{W}{P} - V_i (i + r_{ord}) \right] \Delta x + V_i$$

\rightarrow potenza specifica
 \downarrow passo dell'intervallo (a scelta)

Una volta note le velocità devo redigere un diagramma delle velocità e paragonarle alla normativa:

i %	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10
V _{lim}	95	85	80	75	70

Inserisco la corsia di arrampicamento lì dove la $v < v_{lim}$

LA RIDUZIONE DI VELOCITÀ DEI VEICOLI SARÀ INACCETTABILE SE SI RIDUCE DI OLTRE IL 50%

es. $V_{lim} = 85 \frac{km}{h}$ xkè ho una livelletta del 7%? non posso scendere di velocità al di sotto di $85 \cdot 50\% = 42,5 \frac{km}{h}$

AGGI MINIMI DI MANOVRA=

CASO STRADALE

Come procedere:

1) Individuare il tipo di veicolo

• Veicolo a 2 assi:

$$\begin{cases} (R_i + \frac{L}{2})^2 + D^2 = R^2 \\ (R_i + L)^2 + (D + S_A)^2 = R_e^2 \end{cases}$$

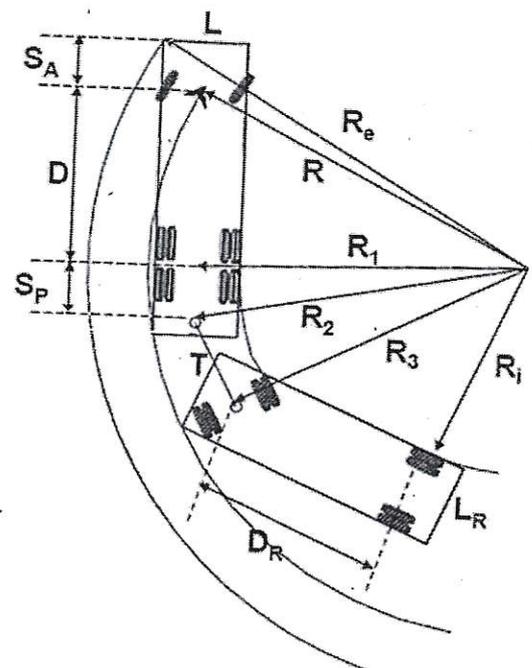
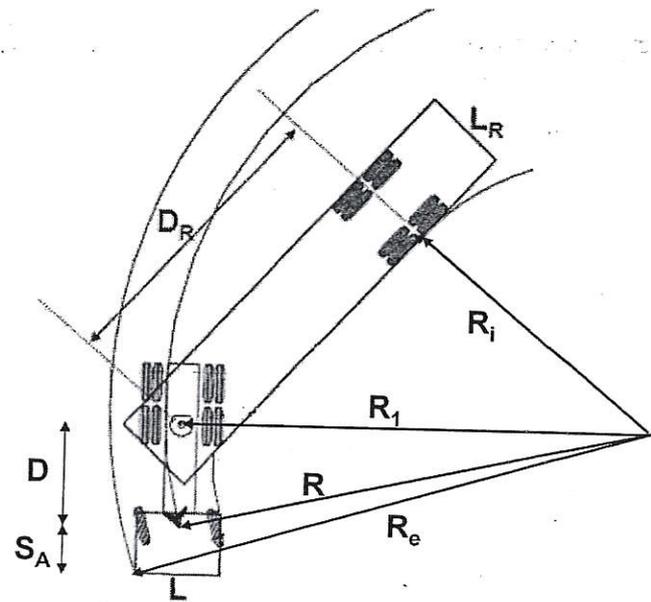
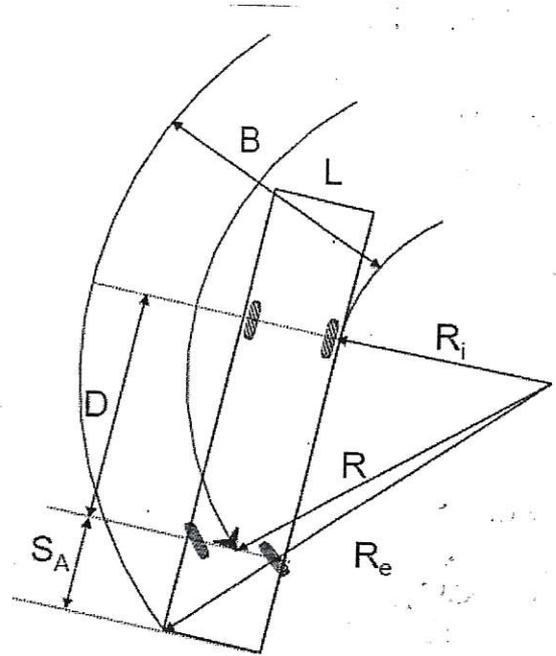
• Veicolo a 3 assi:

$$\begin{cases} (R_i + \frac{L_r}{2})^2 + D_r^2 = R_1^2 \\ (R_i + \frac{L}{2})^2 + (D + S_A)^2 = R_e^2 \\ R_1^2 + D^2 = R^2 \end{cases}$$

• Veicolo a 4 assi:

$$\begin{cases} R_1^2 + D^2 = R^2 & \text{raggio 1° asse trainato} \\ (R_i + \frac{L}{2})^2 + (D + S_A)^2 = R_e^2 \\ R_1^2 + S_P^2 = R_2^2 & \text{scallo posteriori} \\ R_3^2 + T^2 = R_2^2 & \text{lunghezza del trattore} \\ (R_i + \frac{L_r}{2})^2 + D_r^2 = R_3^2 \end{cases}$$

2) Calcolare $B = R_e - R_i$
 ↓
 area spaziosa



CASO FERROVIARIO

In questo caso bisogna verificare 2 limiti:

1) evitare che vi sia lo strisciamento ruota-rotella

$$R = \frac{r - \Delta \operatorname{tg} \delta}{2 \Delta \operatorname{tg} \delta} \cdot d \rightarrow \text{scartamento } 1500 \text{ mm}$$

raggio ruota
 raggio curva
 max spostamento laterale della sala
 d

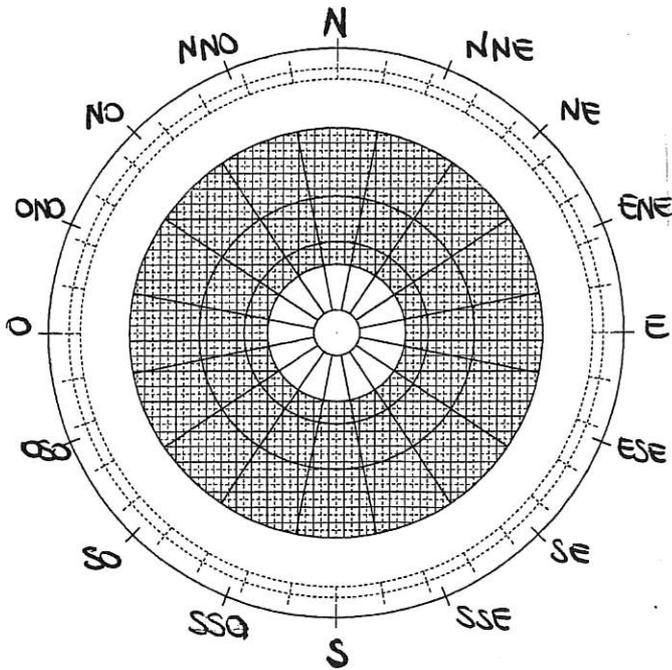
2) consentire l'inserimento dei carrelli

$$\Delta = \frac{p^2}{2R}$$

passo dei carrelli.

ORIENTAMENTO DI UNA PISTA DI VOLO

Il primo passo da fare è quello di disegnare la rosa dei venti



riportando:

- nei cerchi concentrici le intensità del vento
- le percentuali di utilizzo nei settori

non ho ben cpt...

DISTANZA DI PROGETTAZIONE = ✓

Si tratta di progettazione dei raccordi orizzontali, facendo attenzione alle condizioni di arresto e visibilità.

In questi problemi si vuole garantire:

- LA DISTANZA DI ARRESTO:

$$d_A = d_{PR} + d_F = v \cdot t_{PR} + \frac{v^2}{2g [f_e(v) \pm i]} = v \cdot (2,8 - 0,01 v) + \frac{v^2}{2g [f_e(v) \pm i]}$$

coefficiente di aderenza equivalente lo ricavo da tabella

- LA DISTANZA DI VISIBILITÀ:

$$d \leq 2R \cdot \arccos \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)$$

con $\Delta = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$ $\Delta = \left(1 - \cos \frac{d}{2R} \right) R_c$

$$R_{\text{tracciamento}} \geq \frac{d}{2 \arccos \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)}$$

$$\alpha = 2 \arccos \left(1 - \frac{\Delta}{R} \right)$$

Il valore di Δ può essere calcolato anche geometricamente in quanto $\Delta =$ distanza tra la traiettoria del veicolo e l'ostacolo alla visibilità

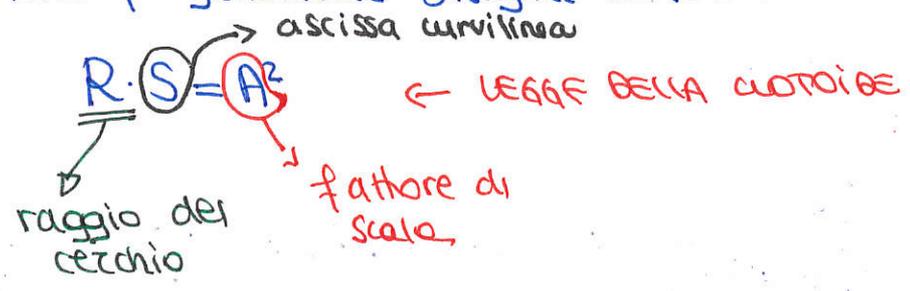
Può essere richiesto di calcolare:

- Rtracciamento \rightarrow lo ottengo andando ad iterare la formula di sopra fino ad arrivare a convergenza
- allargamento della banchina $\rightarrow A = B_{\text{new}} - B$ generalmente dato dal problema
 \downarrow
 $B_{\text{new}} = \Delta - c$

NB Quando non viene specificato se si tratta di curva destrorsa o sinistrorsa devo analizzare entrambi i casi.

CURVE DI TRANSIZIONE
 Questa fase consiste essenzialmente nella progettazione delle clotoide.

x Tale progettazione bisogna definire alcuni parametri geometrici:



$\alpha = \frac{A^2}{2 R^2}$

angolo di deviazione

$A = \sqrt{\frac{L}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0}}}$

← S-S₀

$R = \sqrt{\frac{A^2}{2 \alpha}}$

$\Delta R = \frac{A^4}{24 \cdot R^3}$

scostamento

$$\begin{cases} x = A \sqrt{2\alpha} \left(1 - \frac{\alpha^2}{10} + \frac{\alpha^4}{216} \right) \\ y = A \sqrt{2\alpha} \left(\frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha^3}{42} + \frac{\alpha^5}{1320} \right) \end{cases}$$

eq. cartesiane della clotoide
 le uso quando è richiesto di disegnare la clotoide.

Prima di procedere con il tracciamento delle clotoide bisogna fissare il valore di A di modo che rispetti le norme tecniche. Bisogna quindi verificare che:

- $A \geq A_{min_1} = 0,021 \cdot V^2$ ← limite x le contraccolpo
- $A \geq A_{min_2} = \sqrt{\frac{R}{\Delta_{i max}} \cdot 100 \cdot B \cdot (q_1 - q_2)}$ ← clotoide di transizione
 (largh. carreggiata = 3,5 m)
- $A \geq A_{min_2} = \sqrt{\frac{B \cdot (q_2 - q_1)}{(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}) \cdot \frac{\Delta_{i max}}{100}}}$ ← limite per il rollo
 $\Delta_{i max} = 18 \cdot \frac{B}{V}$
- $A \geq A_{min_3} = R/3$ ← limite di visibilità in curva a raggio variabile
- $A \leq A_{max} = R$ ← limite di visibilità in curva a raggio circolare.

$A_{min} \leq A \leq A_{max}$

$A_{min} = \max \{ A_{min_1}; A_{min_2}; A_{min_3} \}$

= DIAGRAMMA DELLE CURVATURE E DELLE VELOCITA' = V

Dato un tratto di strada prima di tutto devo individuare le caratteristiche geometriche del tracciato

- cerchio
 - rettilineo
 - clotoide
- ↗ di continuita' \rightarrow collega 2 curve circolari di raggio \neq e verso uguale
 ↘ di flessione \rightarrow collega 2 curve circolari di raggio e verso \neq

Successivamente, individuati i tratti a raggio costante (rettilineo e cerchio) di questi ricavo la curvatura come:

$$C = \frac{1}{R}$$

e riporto questi valori nel diagramma rappresentandoli come tratti orizzontali.

Attenzione: in presenza di clotoidi di flessione, il punto di flessione avrà $R = \infty \rightarrow C = 0$.

Quando dobbiamo realizzare un diagramma delle curvature bisogna ricordarsi che le curve a dx (o destresse) sono positive e quindi si trovano nella parte alta del diagramma, viceversa le curve sinistresse sono negative.

X completare il diagramma delle curvature devo semplicemente congiungere con una zetta i tratti orizzontali.

X poter realizzare il diagramma delle curvature invece bisogna innanzitutto ricavare l'intervallo di velocità. Questo generalmente viene dato dal problema dicendo la categoria della strada.

Poi, dovendo ricavare le velocità di ogni tratto, applico la formula:

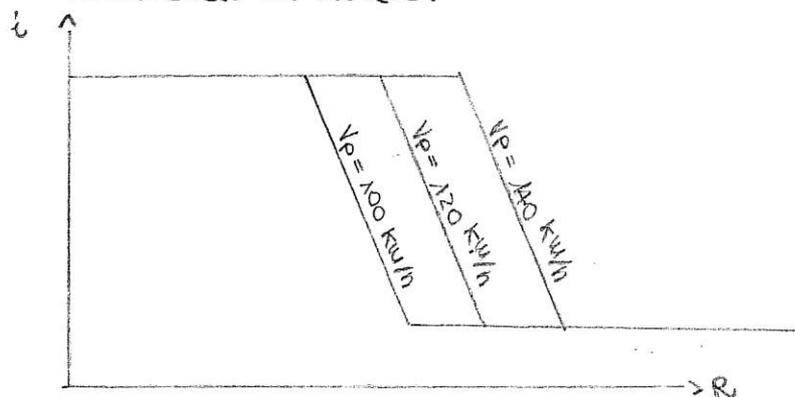
$$V = \sqrt{gR (tg \alpha + f_{at})}$$

\downarrow
 $= 0,07$

\rightarrow lo ricavo da tabella.

V (km/h)	25	40	60	80	100	120	140
Strada A, B, C, F extraurb	-	0,21	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09
D, E, F urbana	0,22	0,21	0,20	0,16	-	-	-

Gli stessi valori li posso ottenere in maniera approssimata consultando l'abaco:



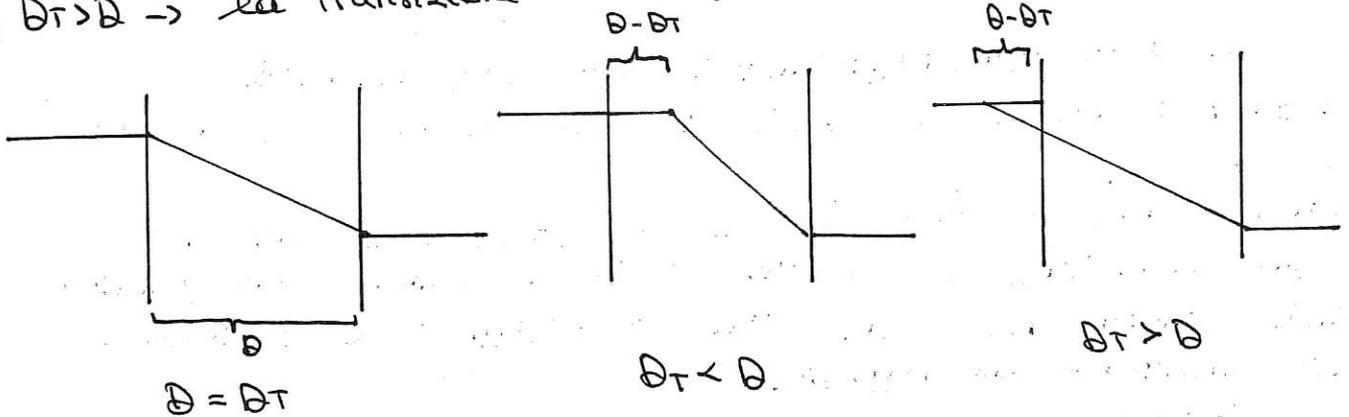
Note le velocità dei tratti a raggio costante posso riportarle in un diagramma delle velocità sempre come tratti orizzontali
 X realizzare invece i tratti delle clotoide è necessario considerare le distanze di transizione:

$$\Delta T = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a}$$

0,8 m/s²

Se:

- $\Delta T = \Delta$ → lunghezza del tratto di clotoide → allora congiungo semplicemente i 2 tratti
- $\Delta T < \Delta$ → il tratto iniziale continua orizzontalmente per poi decrescere xkè ho spazio sovrabbondante
- $\Delta T > \Delta$ → la transizione inizia già nel tratto precedente



Riportati questi andamenti nel diagramma delle velocità non a resto che verificare che le ΔV rispettino la normativa. Questo impone:

impone:

x Strade
 A, B, C, Fextra

se uno dei due tratti si trova a V_{pmax} : → $V_{pmax} - V_c \leq 10 \frac{km}{h}$

se nessuno dei 2 tratti si trova a V_{pmax} : → $V'_c - V''_c \leq 20 \frac{km}{h}$

x STRADE
 DE, Furb.

$V_{pmax} - V_c \leq 5 \frac{km}{h}$

$V'_c - V''_c \leq 20 \frac{km}{h}$

CASO FERROVIARIO

$$y = \frac{1}{6Rl} x^3 \quad \leftarrow \text{EQ. DELLA PARABOLA}$$

$$\text{con } L = \max \{L_1; L_2\}$$

$$L_1 = \frac{Q_{cnc} \cdot V_{max}}{3,6 \cdot C_{max}} \quad \rightarrow \text{criterio del contraccolpo max}$$

$$L_2 = \frac{H \cdot V_{max}}{3,6 \cdot d \cdot W_{max}} \quad \rightarrow \text{criterio della velocità di rotolamento max}$$

$$H = 7,49 \frac{V^2}{R} \quad \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$R_{\text{raccordo min}} = \frac{V_{max}^2 - V_{min}^2}{g \cdot (e+j)} \quad \textcircled{d} \rightarrow \text{scartamento} = 1500 \text{ mm.}$$

$$e = d \cdot \frac{a'c}{g}$$

$$j = d \cdot \frac{Q_{cnc}}{g}$$

$$H_{max} = (e+j) \frac{V_{max}^2}{V_{max}^2 - V_{min}^2} - j$$

L'analisi dei raccordi verticali è importante x questioni di visibilità

I raccordi possono essere:

- * **CONCAVI** → condizionano la marcia notturna quindi dobbiamo considerare come parametri di riferimento $h=0,50\text{ m}$ e $\theta=1$
- * **CONVEXI** → condizionano la marcia sia di giorno che di notte quindi dovremo considerare $h=1,10$ e $h_{ostacolo}=0,10\text{ m}$

RACCORDO CONCAVO

Dopo aver determinato il tipo di raccordo bisogna stabilire il verso di percorrenza + gravosa.

Questo lo si fa facendo i med da $Sx \rightarrow Dx$ ed i med da $Dx \rightarrow Sx$

LA CONDIZIONE + GRAVOSA È LA BISCESSA QUINDI QUELLA NEGATIVA

A questo pt si può procedere in 2 modi:

METODO GRAFICO

- 1) dal grafico i med / da ricavo θ conoscendo la velocità
- 2) nel diagramma $h=0,50$ e $\theta=1$ entro sapendo $\Delta i = |i_1 - i_2|$ e θ per ricavare R_v
- 3) Ricavo $L = R_v \cdot \Delta i$
- 4) capire se $L \leq \theta$

METODO ANALITICO

- 1) Applico la legge per calcolare R_v :
 se $L < \theta$

$$R_v = \frac{200}{\Delta i} \left(\theta - \frac{100 (h + \theta \sin \theta)}{\Delta i} \right)$$

 se $L > \theta$

$$R_v = \frac{\theta^2}{2 (h + \theta \theta)}$$
- 2) Effetto le verifiche di sicurezza
 - VISIBILITÀ $R_v \geq R_v$
 - CONFORT $R_v \geq \frac{V_p^2}{8}$
 - VEICOLO / PAVIMENTAZIONE $\rightarrow 9,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 $R_v > 4,0 \text{ m}$

Poi, generalmente, viene richiesto di completare alcuni dati

$$T_v = \frac{L}{2}$$

$$f_v = \frac{L \Delta i}{8}$$

$$\Delta H = L \cdot i$$

In fine si dovrà fare il tracciamento: scelgo un sistema di riferimento con origine in $P(x_0, z_0)$; rispetto a questo sistema calcolo le coordinate dei pt richiesti; traslo il sistema

$$\begin{cases} x_i = X_i + x_0 \\ z_i = Z_i + z_0 \end{cases}$$

con $x_0 =$ calcolo geometricamente
 $z_0 =$ " "

RACCORDO CONVESSO

Anche in questo caso devo seguire un metodo grafico e uno analitico che hanno lo stesso modus operandi del raccordo concavo, con alcune differenze:

METODO GRAFICO

- 1) ricavo D dal grafico
- 2) ricavo R_v dal grafico con $h_1 = 1,10$ e $h_2 = 0,10$
- 3) Ricavo $L = R_v \cdot \Delta i$
- 4) capisco se $L \geq D$

METODO ANALITICO

- 1) se $D < L$

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

se $D > L$

$$R_v = \frac{200}{\Delta i} \left(D - \frac{100(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})}{\Delta i} \right)$$

- 2) Effetto le verifiche

Anche in questo caso potrebbe essere richiesto di calcolare

$$T_v = \frac{L}{2}$$

$$f_v = \frac{L \Delta i}{8}$$

$$\Delta H = L \cdot \Delta i$$

→ i calcoli da eseguire sono gli stessi, e lo stesso vale x il tracciamento

RACCORDO CASO FERROVIARIO

In questo caso le cose si semplificano perché dovrò garantire solo il comfort

$$R_v = 2 V_p^2$$

dovrò verificare che:

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

dove $a_{lim} = 0,5 \frac{m}{s^2}$

$$L = \frac{R_v \Delta i}{1000}$$

NB in ambito ferroviario sono espresse in ‰ (= per mille)

Anche in questo caso valgono le seguenti relazioni x il calcolo degli elementi geometrici:

$$T_v = \frac{L}{2}$$

$$f_v = L \frac{\Delta i}{8000}$$

$$\Delta H = L \cdot \Delta i$$

= CALCOLO DEI VOLUMI = V

Innanzitutto bisogna capire che tipo di sezione stiamo analizzando:

- 1) RIPORTO
- 2) SCANO
- 3) METACOSTA

Poi calcoliamo i volumi di sterro e riporto di ogni sezione

CASO STERRO
RIPORTO

$$\begin{cases} V_R = \frac{R \cdot d_1}{2} \\ V_S = \frac{S \cdot d_2}{2} \end{cases}$$

RIPORTO-RIPORTO

$$V_R = \frac{R_1 + R_2}{2} \cdot d_{12}$$

STERRO-STERRO

$$V_S = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot d_{12}$$

$$\begin{cases} d_1 + d_2 = d \\ \frac{R_1}{R_1 + S_1} = \frac{d_1}{d} \end{cases}$$

$$H_x = \frac{2}{3} B_x$$

Dopo aver calcolato i volumi si procede con la realizzazione del diagramma delle aree riportando:

- in basso i volumi di riporto
- in alto i volumi di sterro

Poi si uniscono con una linea.

Nel caso si presenti la metacosta si deve sempre far in modo di ritagliare delle aree che ci riportino ai 3 casi precedenti e il calcolo dei volumi. La divisione viene generalmente fatta TRACCIANDO UNA VERTICALE X IL PT DI PASSAGGIO DA RIPORTO A STERRO IN UNA SEZIONE DI METACOSTA. In questo caso le 2 coppie di sottosezioni si analizzano separatamente calcolando V_R e V_S come visto prima e, poi, nella realizzazione del diagramma delle aree si sovrappongono i valori dei volumi trovati ed il contorno sarà il diagramma complessivo.

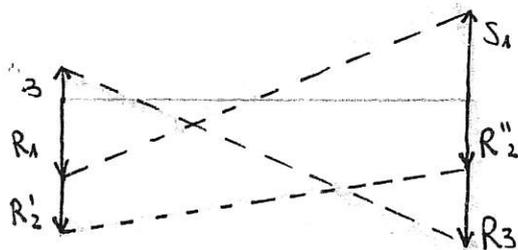


diagramma finale.

= RACCORDO ORIZZONTALE =

Prima di tutto individuare la velocità di progetto dalla categoria della strada e scindere i 2 casi: V_{pmax} e $V_{pmax} - \Delta V$ ← dovranno essere studiati separatamente.

Devo ricavare $T_p = \frac{S}{V}$ → lunghezza cerchio

tempo di percorrenza V → velocità in $\frac{m}{s}$

$$\text{con } S = R \cdot \alpha \rightarrow R = \frac{V^2}{g(q + f_{at})}$$

$$\rightarrow W = 2\alpha + \alpha$$

$$\alpha = \frac{A^2}{2R^2} \text{ (radianti)}$$

NB $A \leq A_{max}$ viene scelto.

$$A_{win_1} = 0,021 V^2$$

$$A_{win_2} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{max}} \cdot 100 \cdot B \cdot (q_i - q_f)}$$

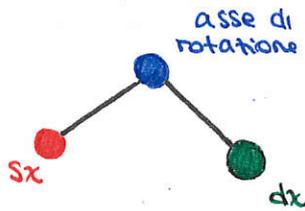
$$A_{win_3} = \frac{R}{3} \Rightarrow 18 \frac{B}{V}$$

$$A_{max} = R$$

= ANDAMENTO DEI CIGLI = ✓

X l'andamento dei cigli si utilizza un sistema di riferimento (s,H) (progressiva, sopraelevazione). Si hanno 3 diversi casi:

1) CARREGGIATA UNICA cat a → (cat C-E-F)



$$H = q \cdot B$$

B → larghezza corsia
↓ pendenza

La rotazione avviene in 2 fasi:

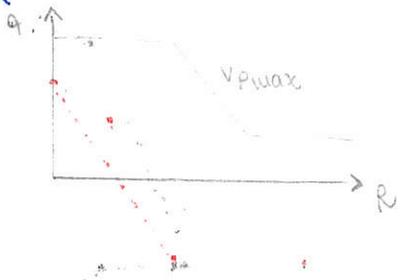
- (1) il ciglio esterno ruota fino ad arrivare allineato con il ciglio interno \Rightarrow uno dei due cigli nel tratto di transizione sarà orizzontale fin dove l'altro ciglio non arriva all'asse delle s.
- (2) ciglio interno ed esterno ruotano insieme rimanendo allineati.

Innanzitutto è importante avere il diagramma delle curvature x_k da lì ricavo le pendenze trasversali q : dal valore di R (noto dai dati) ricavo q inserendolo nel diagramma delle velocità

RETTIFILLO $\rightarrow R = \infty \rightarrow q = 2,5\%$

$$\left. \begin{matrix} R < R^* \\ R = R^* \end{matrix} \right\} q = q_{max} = 7\%$$

$R > R^* \rightarrow q < q_{max}$



X rappresentare correttamente l'andamento dei cigli devo partire dai tratti del tracciato con R noto (= rettifili e le curve).

Di questi tratti ricavo le q con il ragionamento appena spiegato e poi ricavo le tt che vado a riportare sul diagramma.

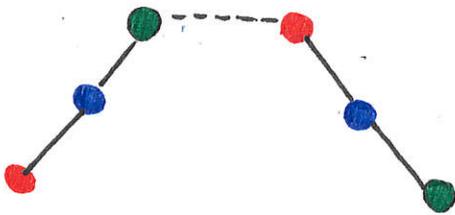
Poi, ragionando prima sulle curve e su come si muovono i cigli, li riporto nel diagramma con le rispettive tt che saranno uguali sia a il ciglio dx che a quello sx . A questo pt, nei tratti di clotoide, unisco i cigli ricordando che NEI PT DI FLESSO i CIGLI SI INVERTONO SEMPRE!!!

2) CARREGGIATA BOPPIA CON SPARTITRAFFICO $< 4m$ cat b → (cat ABD)



In questo caso i cigli lavorano in maniera autonoma, non devo attendere che i cigli si allineino. \Rightarrow non vi sarà che uno dei 2 cigli ha un tratto orizzontale nel tratto di transizione.

3) CARREGGIATA DOPPIA CON SPARTITRAFFICO, $\geq 4m$ cat. c \rightarrow (cat. A B D)



In questo caso dovrò considerare 2 diversi diagrammi, uno x la carreggiata dx ed uno x quella sx

NB. nei singoli diagrammi la partenza dei cigli non è a schiena d'asino, ma come in figura!!!

Dopo aver tracciato un diagramma generale dell'andamento dei cigli bisogna effettuare delle verifiche sulla sovrappendenza i in ogni tratto. Dovremo calcolare:

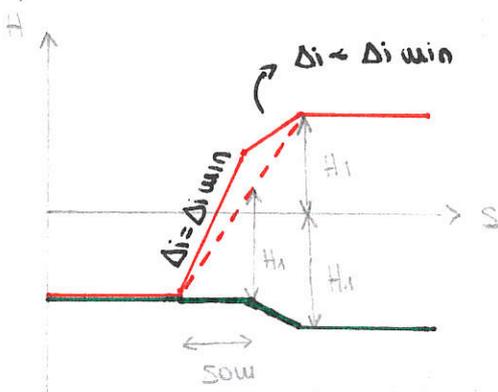
$$\Delta i_{min} = 0,1 \cdot B$$

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

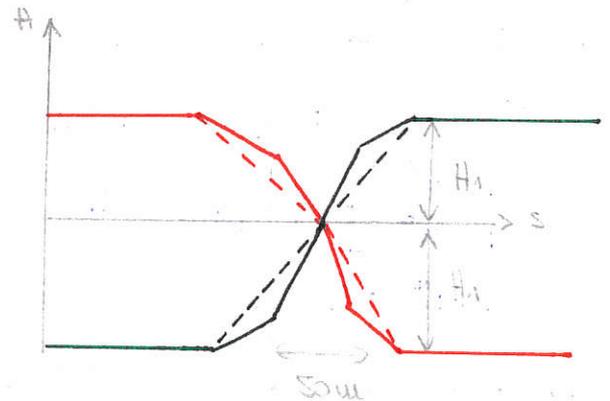
$V \rightarrow km/h$

e verificare che: $\Delta i_{max} \geq \Delta i \geq \Delta i_{min}$

Qualora $\Delta i < \Delta i_{min}$ sarà necessario **SPEZZARE i cigli**



CLOTOIDE DI TRANSIZIONE



CLOTOIDE DI FLESSO.

RIEPILOGO:

- (1) dai $R \rightarrow q$
- (2) calcolo $H = q \cdot B$
- (3) riporto H nei tratti con R noto
- (4) studio il movimento dei cigli mediante il diagramma delle curvature
- (5) unisco i cigli nei tratti di transizione
- (6) verifica $\Delta i_{min} \leq \Delta i \leq \Delta i_{max}$