



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1146

DATA: 22/10/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Arcidiacono

MATERIA: Infrastrutture Viarie Formulari + Riassunti + Temi

Prof. Bassani

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

ESERCITAZIONE 1 LEZIONI 3 E 4

FERROVIE

NO STAZIONI LUNGO LA LINEA

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

C: CAPACITA' [convogli/h]

$$t_{MIN} = \frac{L + J \cdot S_0}{V_{MAX}} + t_R$$

J: n° SEZIONI di BLOCCO
t_R: TEMPO di PERCEZIONE - REAZIONE

$$C = \frac{3600 \cdot V_{MAX}}{L + J \cdot S_0 + V_{MAX} \cdot t_R}$$

$$S_0 = \frac{K \cdot V_{MAX}^2}{2 \cdot a}$$

S₀: SPAZIO di ARRESTO (VEDI DIM.)
a: DECELERAZIONE

$$C = \frac{3600}{\frac{L}{V_{MAX}} + \frac{J \cdot K \cdot V_{MAX}}{2a} + t_R} \rightarrow D$$

K: FATTORE di SICUREZZA
 $\frac{dD}{dV} \rightarrow V_{IDEALE}$

$$C_{MAX} = \frac{3600}{\sqrt{\frac{2 \cdot J \cdot K \cdot L}{a}} + t_R}$$

C_{MAX}: POTENZIALITA' [convogli/h]

t_{MO}: MARGINE OPERATIVO
t_{DSA}: TEMPO DECELERAZIONE
SOSTA
ACCELERAZIONE

STAZIONI

$$t_{MIN} = \frac{L + J \cdot S_0}{V_{MAX}} + t_R + t_{MO} + t_{DSA}$$

$$C = \frac{3600}{t_{MIN}} \cdot FU \text{ [convogli/h]} = \frac{n \cdot N \cdot 3600}{t_{MIN}} \cdot FC \cdot FU \text{ [pax/h]}$$

$$V_{C_{MAX}} = \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot L}{K \cdot J}}$$

n: numero veicoli per convoglio
N: numero medio passeggeri x veicolo
FU: fattore di utilizzazione < 1
FC: fattore di carico < 1

→ V_{C_{MAX}}: VELOCITA' IDEALE

ESERCITAZIONE 2

LEZIONI 5 E 6

STRADE

RELAZIONE FONDAMENTALE

VELOCITÀ MEDIA della CORRENTE di PEDONI [m/min]

$$Q_{ped} = V_{ped} \cdot D_{ped}$$

VOLUME di PEDONI [ped/min/m]

DENSITÀ di PEDONI [ped/m²]

$$S = \frac{1}{D_{ped}}$$

[m²/ped]

$$Q_{ped} = \frac{V_{ped}}{S}$$

$$\frac{Q_{15}}{15 \times L} = \frac{V_{ped}}{S} = Q_{ped}$$

IL DATO CHE CI VIENE FORNITO SARA' RELATIVO AD UN CERTO MARCIAPIEDE

Q₁₅: VOLUME PEDONI nel QUARTO D'ORA DI PUNTA

L: LARGHEZZA EFFETTIVA MARCIAPIEDE

(1 m = 3,3 piedi)

DEFUSSO VEICOLARE (IN INTERRUPTO)

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

$$Q = V \cdot D$$

[veicoli/h]

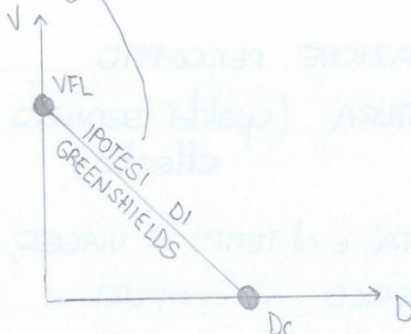
$$Q = D \cdot VFL \left(1 - \frac{D}{D_c}\right) = VFL \left(D - \frac{D^2}{D_c}\right)$$

VFL: VELOCITÀ FLUSSO LIBERO [km/h] (D → 0)

D_{CR}: DENSITÀ CRITICA [veicoli/km/corsia]

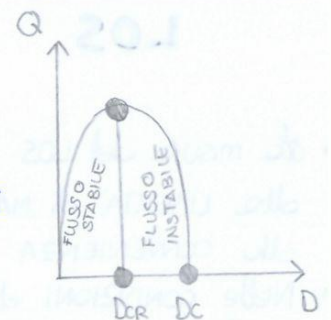
D_c: DENSITÀ di CONGESTIONAMENTO (V → 0)

TEORICA
equazione della



per $D = D_{CR}$ $\left\{ \begin{array}{l} D_{CR} = \frac{D_c}{2} \\ V_{CR} = \frac{VFL}{2} \end{array} \right.$

$$\frac{dQ}{dD} = VFL \left(1 - \frac{2D}{D_c}\right) = 0$$



ESERCITAZIONE 3

1 RESISTENZA al MOTO LEZIONE 7

A RESISTENZE ORDINARIE (RETTIFILO, VIA PIANEGGIANTE)

1 RESISTENZA al ROTOLAMENTO

$$R_{RD} = \frac{p \cdot \delta}{r} = p \cdot r_{RD}$$

r_{RD} : COEFF. di RESISTENZA al ROTOLAMENTO $\left[\frac{N}{KN} \right]$

(15 ÷ 20 AUTOVETTURE)
(20 ÷ 30 AUTOCARRI)

- [N] $\left[\frac{KN}{N} \right]$
1. DEFORMABILITA' degli AERUMATICI
 2. ATTRITO AI FERNI delle RUOTE
 3. URTI e MOTI ANOMALI delle RUOTE

la resistenza al rotolamento aumenta con l'aumento della deformabilità e con la velocità del veicolo.

Dipende dalla temperatura e dalla tessitura della pavimentazione.
+ cedevolezza dello stesso.

2 RESISTENZA AERODINAMICA

$$R_A = p \cdot c \cdot S = \left(\frac{1}{2} \delta v^2 \right) \cdot c \cdot S$$

AUTOVEICOLI

p: PRESSIONE CINETICA

δ : DENSITA' DELL'ARIA $\left[\frac{N \cdot s^2}{m^4} \right]$

S: SEZIONE MAESTRA $[m^2]$

c: COEFF. di FORMA / RESIST. AERODINAMICA

δ : BRACCIO

dipende dalla deformabilità
Per miglioramento hanno subito una evoluzione: sotto il battistrada c'è una maglia di acciaio, con angolo di 20°.

$$R_A = \left(\frac{1}{2} \delta v^2 \right) \cdot c_L \cdot S$$

CONVOGLI

c_L : COEFF. di FORMA RELATIVO all' INTERO CONVOGLIO

EQUAZIONE BINOMIA

$$r_{os} = a + b \cdot v^2$$

a, b: COEFF. TABELLATI

$$r_{of} = a + b \cdot v^2$$

$\left[\frac{N}{KN} \right]$

! in campo ferroviario si preferisce valutare globalmente le resistenze ordinarie totali
APPROSSIMAZIONE DI UNA FORMULA TRINOMIA

- SPAZIO di FRENATURA

APPLICO L'EQUAZIONE DELLA TRAZIONE ALLA RUOTA FRENATA:

$$T = P_a \cdot \left(r_R \pm i + r_c + \frac{\beta}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \right) + \frac{1}{2} \delta \cdot c S v^2 + \frac{M}{r} = 0$$

RESISTENZA FRENANTE

$$P_a \cdot \left(r_R \pm i + \frac{\beta}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \right) + \frac{1}{2} \delta \cdot c S v^2 + f_{a,L} \cdot P_a = 0$$

$$r_R \pm i + \frac{\beta}{g} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{\frac{1}{2} \delta c S v^2}{P_a} + f_{a,L} = 0$$

$$\downarrow a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \frac{dv}{ds} \cdot v$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt} = v \cdot \frac{dv}{ds} = \frac{g}{\beta} \left[r_R \pm i + \frac{\frac{1}{2} \delta c S v^2}{P_a} + f_{a,L} \right]$$

INTEGRO

$$\int_0^{d_f} ds = d_f = \int_v^0 \frac{v \cdot dv}{\frac{g}{\beta} \left[r_R + \frac{\frac{1}{2} \delta c S v^2}{P_a} + f_{a,L} \pm i \right]} = \int_v^0 \frac{v \cdot dv}{g \cdot [f_e(v) \pm i]}$$

termini funzione della velocità - $f_{a,L}$ è il termine più importante - vengono inglobati nel COEFFICIENTE di ADERENZA EQUIVALENTE $f_e(v)$.

$$d_f = \frac{v^2}{2g [f_e(v) \pm i]} \rightarrow \text{VALORE TABELLATO}$$

2 RAGGIO MINIMO FERROVIARIO

LEZIONE 10

[m]

- EVITARE LO STRISCIAMENTO RUOTA-ROTAIA SUL BORDINO:

$$R_{\min} = \frac{r_0 - \Delta \cdot \tan \gamma}{2 \cdot \Delta \cdot \tan \gamma} \cdot d$$

SCARTAMENTO ORDINARIO $\left[\begin{array}{l} \tan \gamma: \text{COEFF. di CONICITA' della RUOTA} \\ \text{e del BINARIO } \left(\frac{1}{20} \right) \\ d: \text{DISTANZIAMENTO TRA I PUNTI DI} \\ \text{CONTATTO RUOTA-ROTAIA} \end{array} \right.$

$d = 1500 \text{ mm}$ SCARTAMENTO ORDINARIO (1435 mm)

$d = 993 \text{ mm}$ SCARTAMENTO RIDOTTO (950 mm)

Δ : QUANTITA' di SLITTAMENTO ROTAIE-RUOTA (MAX ESCURSIONE IN ORIZZONTALE)

- CONSENTIRE L'INSERIMENTO DEI CARRELLI:

$$R_{\min} = \frac{p_1^2}{2 \cdot \Delta}$$

p_1 : PASSO dei CARRELLI + RAGGIO della RUOTA

$$\begin{cases} p_1 = p + r_0 & \text{LOCOMOTORE A 2 ASSI} \\ p_1 = \frac{1}{2} p + r_0 & \text{LOCOMOTORE A 3 ASSI} \end{cases}$$

→ IL RAGGIO MINIMO FERROVIARIO CHE ADOTTA È IL MASSIMO TRA I DUE.

3 PROGETTO delle CURVE STRADALI

LEZIONE 11

- EQUAZIONE di EQUILIBRIO LIMITE allo STRISCIAMENTO

$$\frac{v^2}{R} = \underbrace{g \cdot \tan \alpha}_{\text{ACC. COMPENSATA}} + \underbrace{g \cdot \varphi_{a,T}}_{\text{ACC. NON COMPENSATA}}$$

ACC. COMPENSATA

ACC. NON COMPENSATA

α : ANGOLO d'INCLINAZIONE TRASVERSALE

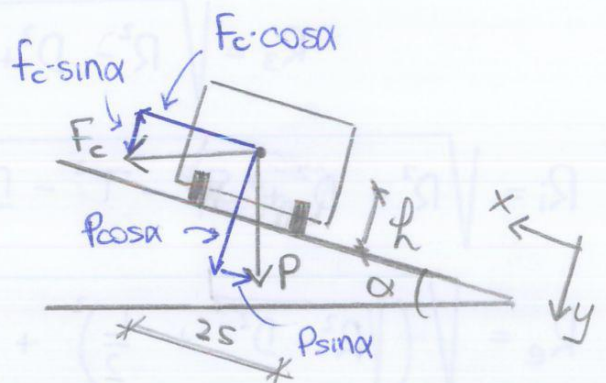
$\varphi_{a,T}$: COEFF. di ADERENZA TRASVERSALE

$\tan \alpha = g$: PENDENZA TRASVERSALE

- CALCOLO del RAGGIO di una CURVA

$$R = \frac{v^2}{g \cdot (g + \varphi_{a,T})}$$

[m]



4 PROGETTO delle CURVE FERROVIARIE

LEZIONE 11

Sopraelevazione della rotaia esterna di una quantità H

CIRCOLAZIONE OMOTACHICA

$$\frac{V^2}{R} = g \cdot \frac{H}{d} = g \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$H = 11.8 \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$H_{\text{MAX}} = 160 \text{ mm}$$

- I BORDINI DELLA SALA MONTATA NON SI DEVONO USURARE
- NON SI CONSIDERA L'ADERENZA TRASVERSALE RUOTA-ROTAIA
- GARANTIRE CONFORT agli UTENTI
- LIMITARE AZIONI TRASVERSALE sulla MASSICCIATA

CIRCOLAZIONE ETEROTACHICA ($v \neq$)

H non si adatta al tipo di convoglio, quindi nasce $a_{c,nc}$.

$$a_{c,nc} = \frac{V_{\text{MAX}}^2}{R} - \frac{V^2}{R} = \frac{V_{\text{MAX}}^2}{R} - \frac{gH}{d}$$

Se V_{MAX} :

$$\frac{V_{\text{MAX}}^2}{R} = g \cdot \frac{H}{d} + a_{c,nc}$$

$$a_{c,nc} = g \cdot \frac{J}{d} \quad \text{ACC. CENTRIFETA NON COMPENSATA}$$

$$J = \frac{a_{c,nc} \cdot d}{g} \quad \text{DIFETTO di SOPRAELEVAZIONE}$$

Se V_{MIN} :

$$\frac{V_{\text{MIN}}^2}{R} = g \cdot \frac{H}{d} - a'_c$$

$$a'_c = g \cdot \frac{e}{d} \quad \text{ACC. CENTRIFETA IPERCOMPENSATA}$$

$$e = \frac{a'_c \cdot d}{g} \quad \text{ECESSO di SOPRAELEVAZIONE}$$

$$[V] \rightarrow [m/s]$$

$$d = 1500 [mm]$$

$$[e], [J] \rightarrow [mm] \quad (\text{disponibili in tabella})$$

$$[a_{c,nc}], [a'_c] \rightarrow [m/s^2]$$

CALCOLO DELLA SOPRAELEVAZIONE DI PROGETTO (Sistemi eterotachici)

Per $R > R_{min}$ si fa variare $\rho_{e,mc} \rightarrow H < H_{max}$

$$\frac{H}{H_{max}} = \frac{11,8 \frac{V^2}{R}}{H_{max} + j}$$

$$V_{min} = \frac{\rho(T+9)}{b} \sqrt{H_{max}}$$

$$H = \frac{H_{max}}{H_{max} + j} \cdot 11,8 \frac{V^2}{R}$$

$$b \frac{V_{min}^2 - V_{max}^2}{(T+9)\rho} = H_{min}$$

Per $j = 92$

• per linee ordinarie $H_{max} = 160 \text{ mm}$

$$\rightarrow H = 7,49 \frac{V^2}{R}$$

• per linee ad alta velocità $H_{max} = 105 \text{ mm}$

$$\rightarrow H = 6,29 \frac{V^2}{R}$$

ORIENTAMENTO DELLE PISTE DI VOLO

2 DIAGRAMMA delle VELOCITA'

MODELLO di GUIDATORE:

- in rettilineo, sugli archi di cerchio di raggio elevato e nelle curve a raggio variabile, il guidatore adotta una velocità di progetto che tende al limite superiore dell'intervallo: V_{pmax} ;
- le accelerazioni conseguenti all'uscita da una curva circolare, e le decelerazioni per l'ingresso nelle curve ricadono al di fuori delle curve circolari;

DISTANZA DI
TRANSIZIONE

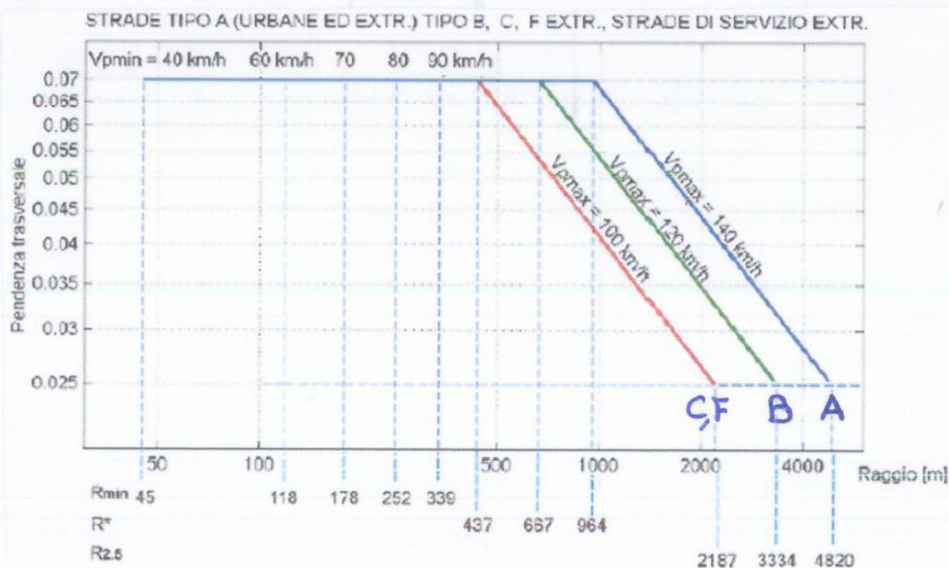
$$D_T = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a}$$

$a = 0.8 \frac{m}{s^2}$

- la velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve
- pendenze longitudinali non influenzano la velocità di progetto.

PROCEDIMENTO:

- ai rettilinei si attribuisce la V_{pmax} ;
- per le curve a raggio costante volutamente della velocità limite norme tecniche



CATEGORIA D, E e F_{urb} ($V_{p,max} \leq 80 \frac{km}{h}$)

- $V_{p,max} \div V_c \leq 5 \frac{km}{h}$

- $V_{c'} \div V_{c''} \leq 20 \frac{km}{h}$ (consigliabile non superiore i $10 \frac{km}{h}$)

V_c : VELOCITA' in CURVA

Nel caso le condizioni sopra esposte non siano verificate, anche solo in porzioni di tracciato, occorrerà riprendere la geometria di interi tratti.

VERIFICHE RETTIFILI

$$L_{MAX} = 22 \cdot \sqrt{V_{MAX}}$$

L_{MIN} : VALORE TABELLATO IN FUNZIONE DELLA VELOCITA'

L_{MIN}	$V_{p,max}$ [km/h]
150m	100
250m	120
360m	140

DISTANZE di VISIBILITA'

LEZIONE 13

• DISTANZA di ARRESTO: deve essere sempre \geq

$$d_A = d_{PR} + d_f = v \cdot t_{PR} + \frac{v^2}{2g \cdot [f_e(v) \pm i]} = v(2.8 - 0.1 \cdot \frac{v}{100})$$

d_{PR} : distanza di percezione (velocità costante)

t_{PR} : tempo di percezione e reazione

d_f : distanza di frenatura

↳ VOLENDO DA SI PUO' TROVARE IN UN DIAGRAMMA IN FUNZIONE DI i e V

$$d_f = \frac{v^2}{2g \cdot [f_e(v) \pm i]}$$

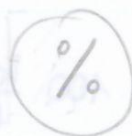
→ ottenute applicando l'espressione della trazione alla ruota frenata.

LEZIONE 9 pag. 5

ESERCITAZIONE 3 TRACCIA 4

+i: salita

-i: discesa



$f_e(v)$: coeff. di aderenza equivalente (vedere tabellato in funzione della velocità, in progettazione si considera il valore riferito alla pavimentazione bagnata).

- RAGGIO PLANIMETRICO di TRACCIAMENTO

$$R = R_c + \frac{c}{2}$$

PROCEDIMENTO:

- Ipotizziamo una velocità con cui iniziare l'analisi;
- calcolo d_A da garantire;
- calcolo Δ ;
- calcolo R_c con la formula iterativa;
- calcolo R e verifico che l'ipotesi di velocità iniziale sia coerente (verificare la velocità di percorrenza di una curva avente raggio R tramite il diagramma riportato precedentemente); se l'ipotesi non è corretta bisogna ricalcolare d_A ipotizzando una nuova velocità e ripetere il procedimento);
- se non vogliamo ricalcolare R possiamo variare la sezione della strada:

$$\Delta \geq R_c \left(1 - \cos \frac{d}{2 \cdot R_c} \right)$$

CALCOLATRICE IN radianti

• calcolo valore banchina: $b = \Delta - \frac{c}{2}$

VELOCITA' di RIFERIMENTO per la PROGETTAZIONE (STRADE)

- VELOCITA' di PROGETTO: considerata dal progettista per il dimensionamento degli elementi del tracciato.
- VELOCITA' OPERATIVA: velocità assunta dall'utente in condizioni di flusso libero (85° percentile delle distribuzioni)
- VELOCITA' LIMITE: velocità stabilita dal gestore secondo le regole nazionali in funzione del tipo di strada.

$$V_{p\text{MAX}} = V_{em} + 10 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

ESERCITAZIONE 6

LEZIONE 16

1 CURVE A RAGGIO VARIABILE IN ARBITO STRADALE

$$r \cdot s^m = A^{m+1}$$

- m = fattore di forma
- A = fattore di scala
- r = raggio cerchio osculatore
- s = ascissa curvilinea

Per $m=1 \rightarrow$ CLOTOIDE o SPIRALE DI CORNU

$$R \cdot s = A^2$$

■ Per dimensionare una clotoide dobbiamo conoscere:

- il raggio R che rappresenta il raggio iniziale o finale della clotoide (è lo stesso dell' arco di cerchio ad esso connesso).
- la velocità v di progetto del raccordo a raggio variabile desunta dal diagramma delle velocità (è la massima velocità con cui viene percorsa).

↳ ci serve conoscere il diagramma delle velocità:

- se DT è più piccola dello spazio disponibile per raggiungere tale variazione di velocità o della lunghezza della clotoide si ha che $V = V_{p,max}$
- se DT è più grande dello sviluppo della clotoide la variazione di velocità avviene sull' elemento a curvatura costante meno vincolante e si ha che $V \neq V_{p,max}$

■ Noti v ed R possiamo effettuare delle verifiche su A fissate dalla Norma Tecnica (DM. 6792/01):

a) LIMITAZIONE DEL CONTRACCOLPO

$$A \geq A_{MIN} = 0,268 \cdot v^2 = 0,021 \cdot V^2$$

b) LIMITAZIONE DEGLI EFFETTI DI ROLLIO

$$A \geq A_{MIN} = \sqrt{\frac{R}{\Delta_{iMAX}} \cdot 100 \cdot B_i \cdot (q_f + q_i)}$$

CLOTOIDE di CONTINUITA'

$$\sqrt{\frac{B(q_f - q_i)}{\left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_f}\right) \frac{\Delta_{iMAX}}{100}}}$$

con $\Delta_{iMAX} = 18 \frac{B}{V}$

EFFETTI DINAMICI

2 CURVE A RAGGIO VARIABILE IN AMBITO FERROVIARIO

VEDERE
EX. 4.4

In ambito ferroviario, nel passaggio tra rettilineo e curva circolare, viene inserito:

- un raccordo di soproelevazione;
- un raccordo a raggio variabile;

per ridurre al minimo:

- la velocità di rollio (sollevamento rotaia esterna);
- il contraccolpo.

■ Dimensionamento del raccordo:

Debbono valutare la minima lunghezza che il raccordo deve avere per soddisfare i seguenti criteri:

- CONTRACCOLPO MASSIMO

$$L_1 = \frac{a_{c,nc} \cdot V_{MAX}}{3.6 \cdot c_{MAX}} \quad [c] = \left[\frac{m}{s^3} \right]$$

- VELOCITÀ di ROLLIO MASSIMA

$$L_2 = \frac{h \cdot V_{MAX}}{3.6 \cdot d \cdot \omega_{MAX}}$$

$$L_{MIN} \geq \max(L_1, L_2)$$

$$[\omega] = \left[\frac{rad}{s} \right]$$

$$[h] = [d] = [mm]$$

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \cdot R}$$

Nel caso di raccordo parabolico: $X_M = \frac{L}{2}$

■ Tracciamento del raccordo: DIMOSTRAZIONE QUADERNO

Per tracciare la parabola cubica ipotizzo un valore di X:

$$y = \frac{1}{6RLA^2} X^3$$

[SE $\gamma < 26.8$ LA CLOTOIDE PUÒ ESSERE APPROSSIMATA DA UNA PARABOLA CUBICA]

↑ ANGOLO DI DEVIAZIONE

CLASSIFICAZIONE CLOTOIDI

- ① CLOTOIDE di TRANSIZIONE : raccorda un RETTIFILO ad un ARCO di CERCHIO
- ② CLOTOIDE di CONTINUITÀ : raccorda due ARCHI di CERCHIO entrambi destrorsi e sinistrorsi.
(possono avere curvatura $\frac{1}{R}$ diverso)
- ③ CLOTOIDE di FLESSO : raccorda due archi di cerchio uno destrorso e l'altro sinistrorso.



CLASSIFICAZIONE CONTRACOLO



B CONVESSI: devo garantire sempre la distanza di visibilità per l'arresto e qualora richiesto la distanza per la visibilità di sorpasso. (NOTTE e GIORNO)

Dovendo garantire entrambe le distanze di visibilità devo calcolare due R_v :

- ARRESTO:

• $D < L$

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

$$L = \frac{\Delta_i \cdot D^2}{2 \cdot 100 \cdot (h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2})}$$

• $D > L$

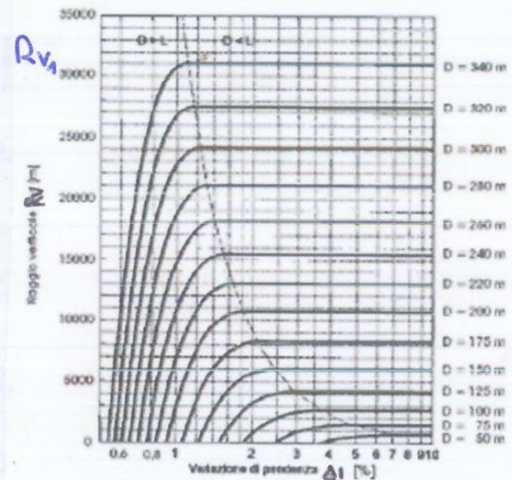
$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta_i} \left(D - 100 \cdot \frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta_i} \right)$$

$$L = 2 \cdot D - 2 \left(\frac{h_1 + h_2 + 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot h_2}}{\Delta_i} \right) \cdot 100$$

- SORPASSO:

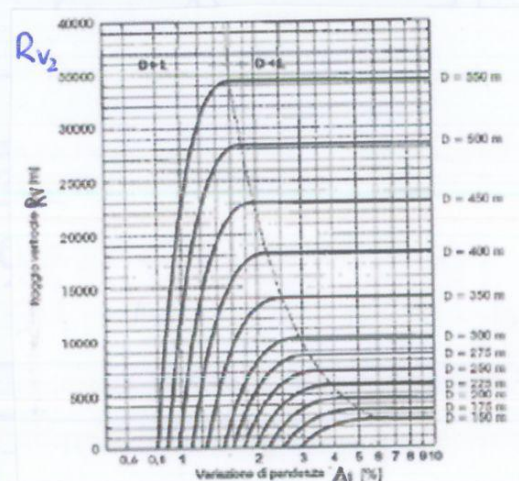
$$D_s = 5.5 \cdot V$$

$$R_v = \max(R_{v1}, R_{v2})$$



$h_1 = 1,10$ m (ALTEZZA OCCHIO DEL GUIDATORE)

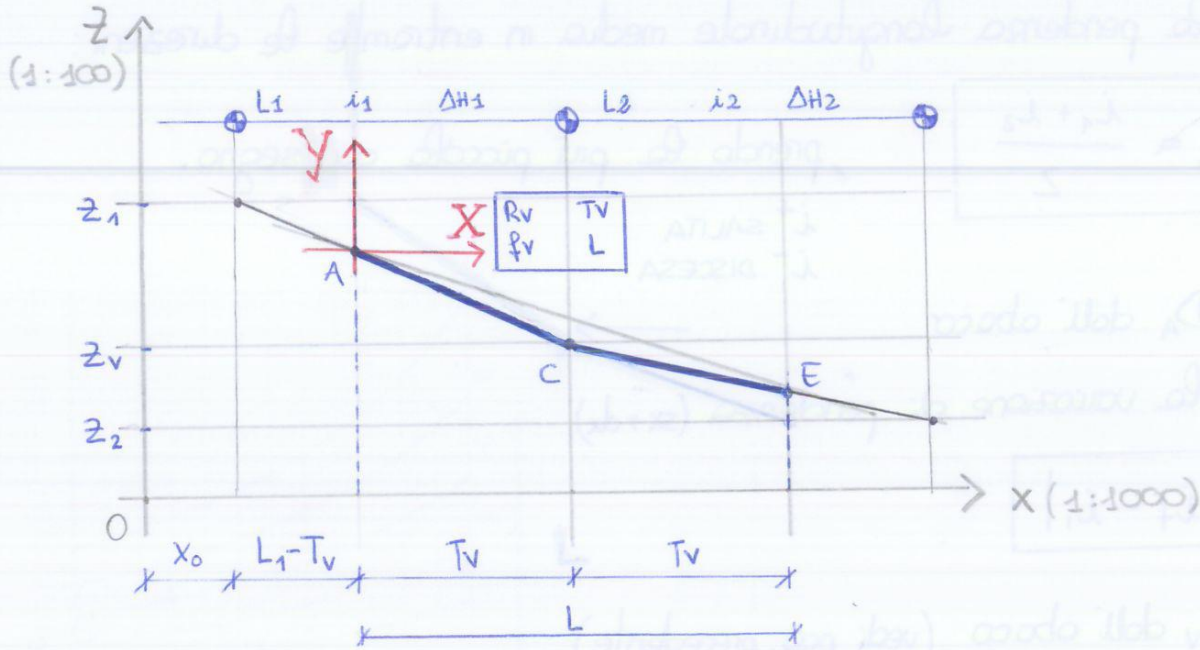
$h_2 = 0,10$ m (ALTEZZA DELL'OSTACOLO)



$h_1 = 1,10$ m

$h_2 = 1,10$ m

8. Calcolo la quota dei punti della livellata (z_1 e z_2)



$$z_v = z_1 - \left(L_1 \cdot \frac{|i_1|}{100} \right) \rightarrow z_2 = z_v - \left(L_2 \cdot \frac{|i_2|}{100} \right)$$

$$z_v = z_2 + \left(L_2 \cdot \frac{|i_2|}{100} \right) \rightarrow z_1 = z_v + \left(L_1 \cdot \frac{|i_1|}{100} \right)$$

9. Calcolo le coordinate del sistema di riferimento LOCALE $\begin{Bmatrix} X \\ Y \end{Bmatrix}$

passo $\Delta X = \frac{L}{n-1}$

n : numero di punti

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{R_v} = \frac{\Delta i}{100 \cdot L} = 2a$$

es. $n=5$

$$Y = \frac{i_2 - i_1}{200 \cdot L} X^2 + \frac{i_1}{100} X$$

$$\frac{dy}{dx} \Big|_{x=0} = y' \Big|_{x=0} = i_1 = b$$

PUNTI	X	Y
A ($X=0$)	0	0
B ($X=\frac{L}{4}$)	ΔX	
C ($X=\frac{L}{2}$)	$2 \cdot \Delta X$	
D ($X=\frac{3}{4}L$)	$3 \cdot \Delta X$	
E ($X=L$)	$4 \cdot \Delta X$	

2. Variazione di pendenza

$$\Delta i = |i_f - i_i|$$

[%]

3. Calcolo R_v : se non è specificato il valore nel testo, non potendo usare l'abaco, usiamo il seguente criterio

Sul $R_{MIN} = 3000 \text{ m}$

$\rightarrow V_{MAX} = 140 \text{ km/h}$

$\rightarrow a_v = 1,03 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$R_v \geq 2 \cdot \frac{V_p^2}{a_v} \rightarrow [\text{m/s}]$$

4. Calcolo lunghezza del raccordo

$$L = R_v \cdot \frac{\Delta i}{1000} \rightarrow [\%]$$

Per il calcolo di T_v , f_v e le quote riferite alle livellette segue i punti 7. 8. del procedimento ambito stradale!

5. Calcolo coordinate del sistema di riferimento LOCALE $\left\{ \begin{matrix} X \\ Y \end{matrix} \right\}$

$$Y = \frac{1}{2 \cdot R_v} \cdot X^2$$

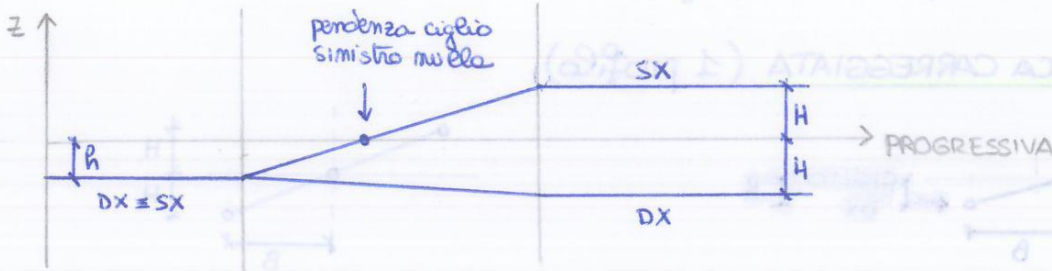
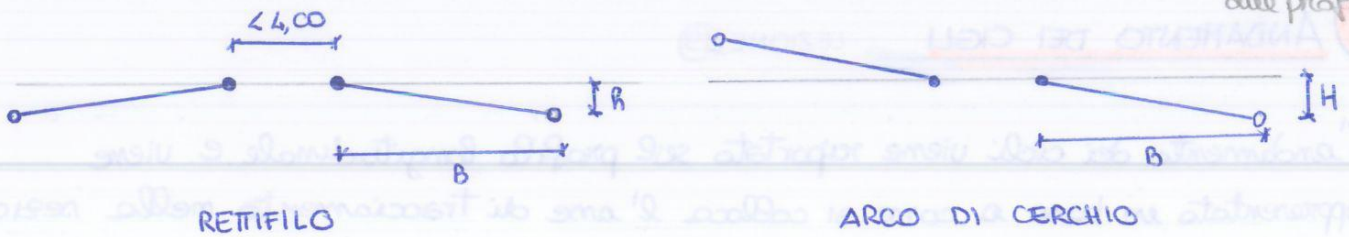
osservazione: Se L_1 e L_2 non sono forniti dal testo di ipotizziamo $\geq T_v$.

Quadro riepilogativo delle verifiche da eseguire:

Distanza di visibilità:	Strada a carreggiata unica		Strada a due carreggiate		Vincoli
	Concavo	Convesso	Concavo	Convesso	
per l'arresto	Obbligatoria sempre				$h_1 = 1,10 \text{ m}$ $h_2 = 0,10 \text{ m}$
per il sorpasso	Non necessaria	Necessaria laddove si vuole garantire la manovra	Non necessaria		$h_1 = 1,10 \text{ m}$ $h_2 = 1,10 \text{ m}$
per il cambio corsia	Non necessaria			Obbligatoria in corrispondenza di svincoli e deviazioni	$h_1 = 1,10 \text{ m}$ $h_2 = 0 \text{ m}$

C) STRADA A DOPPIA CARREGGIATA CON SPARTITRAFFICO < 4,00 m (1 profilo):

↳ volendo posso fare due profili



L'ome di rotazione è il ciglio interno di ciascuna carreggiata.

PROCEDIMENTO:

1) Calcolo la variazione di pendenza Δi :

$$\Delta i = \frac{(q_i + q_f) \cdot B}{L} \quad [\%]$$

L = lunghezza clotoide
B = larghezza corsia

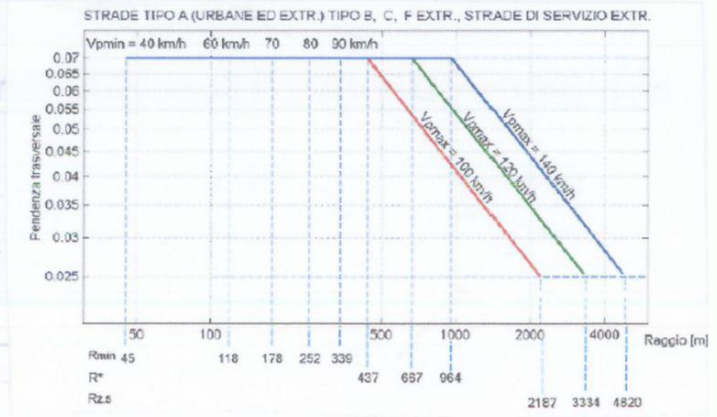
2) Calcolo h ed H:

$$h = q_i \cdot B$$

$$H = q_f \cdot B$$

h e H = differenza di quota tra asse di rotazione e ciglio (in rettilineo ed in curva).

così nella formula
RETIFILO $\rightarrow q = 2,5\%$
CURVA \rightarrow se $R \leq R^* \rightarrow q = 7\%$
 \downarrow
se $R > R^* \rightarrow q$ lo legge dall'obscuro



3) Traccio l'andamento dei cigli con i dati trovati ed effettuo le VERIFICHE:

$$\Delta i_{min} \leq \Delta i \leq \Delta i_{max}$$

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

VERIFICA SULLA PENDENZA LONGITUDINALE MINIMA DEL CIGLIO (per lo smaltimento delle acque nel primo tratto)

$$\Delta i_{max} = 18 \cdot \frac{B}{V_{p,max}}$$

VERIFICA SULLA COPPIA DI ROLLIO
 \downarrow
deve sempre essere soddisf.

CASO PARTICOLARE

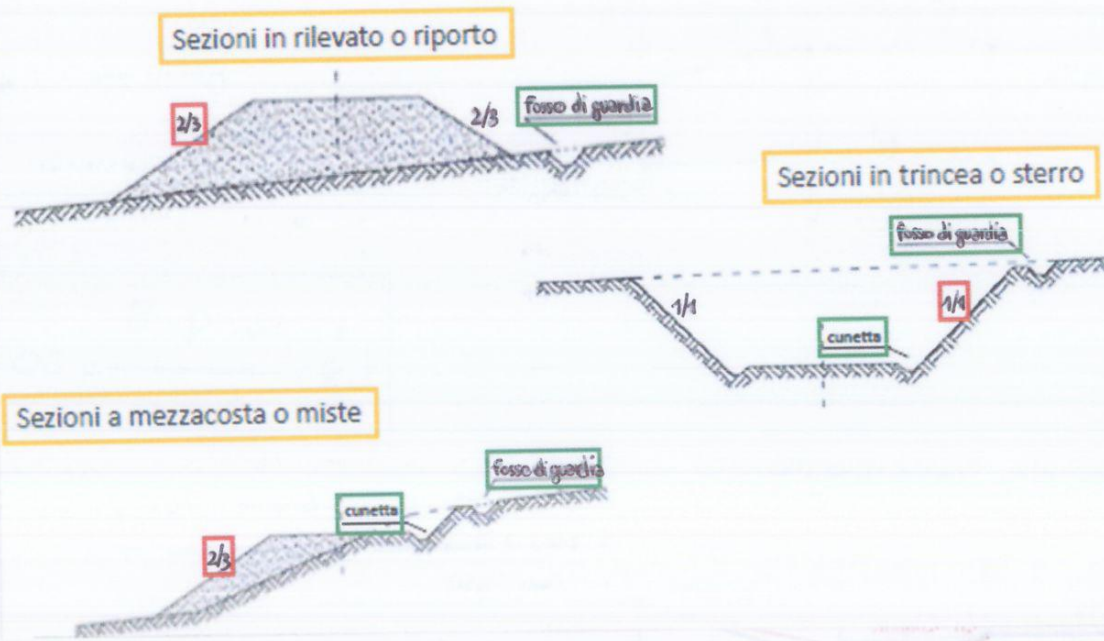
1*

Quando il raccordo NON attraversa l'asse orizzontale (l'asse di riferimento) il ciglio non si spezza e si usa la seguente formula:

$$\Delta i = \frac{(q_f - q_i) \cdot B}{L}$$

2 SEZIONI TRASVERSALI & CALCOLO dei VOLUMI

LEZIONI 19 E 20

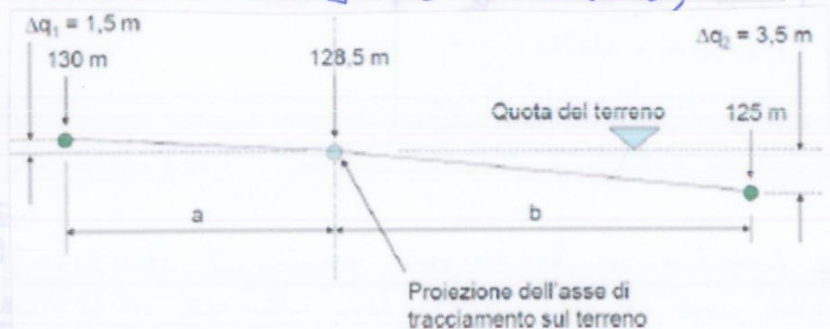


PROCEDIMENTO:

A Individuo le sezioni (equidistanti) sulla planimetria e sul profilo longitudinale.

B A questo punto possiamo iniziare a disegnare le sezioni;

Si parte dal tracciamento della linea del terreno, fissando il punto sul terreno di cui conosciamo la quota ed utilizzando la planimetria.



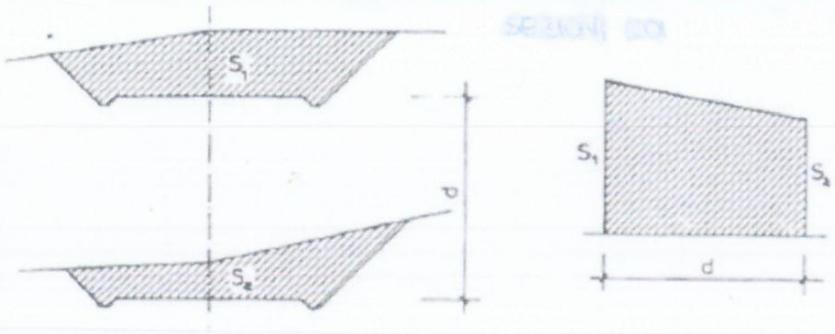
E Dobbiamo quindi passare al calcolo dei volumi (bisogna sapere spunto terreno bisogna scavare e riportare)

Un metodo per calcolare i volumi è il metodo delle sezioni raggruppate.

Le sezioni consecutive possono essere diverse, ripartiamo i casi:

SEZIONI OM

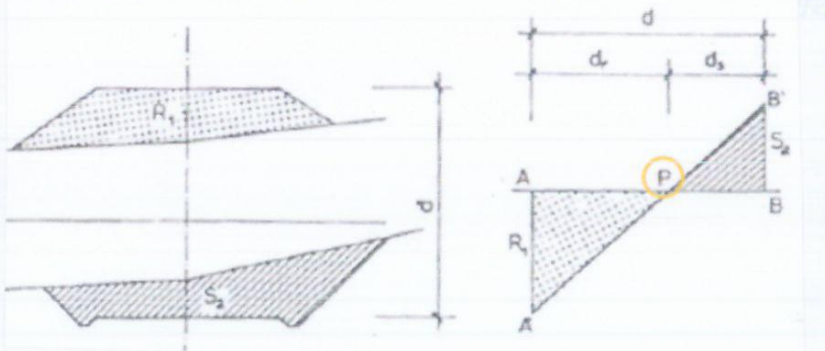
(A)



SEZIONI OMOGENEE

(sezioni di scavo - trincea in questo caso)

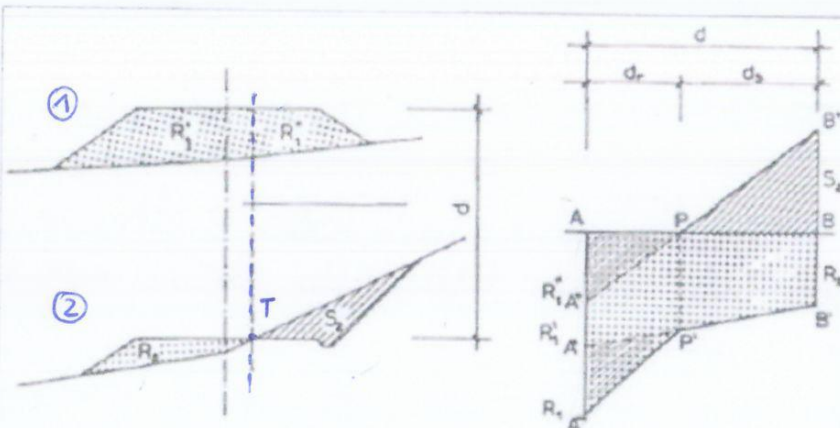
(B)



SEZIONI NON OMOGENEE

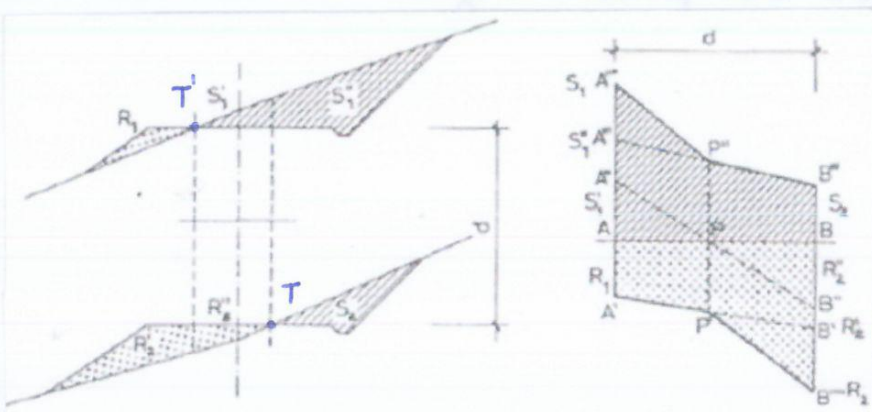
P: punto di passaggio (transizioni tra riporto e scavo)

(C)



SEZIONI CONSECUTIVE di RILEVATO (e TRINCEA) e MISTA

(D)

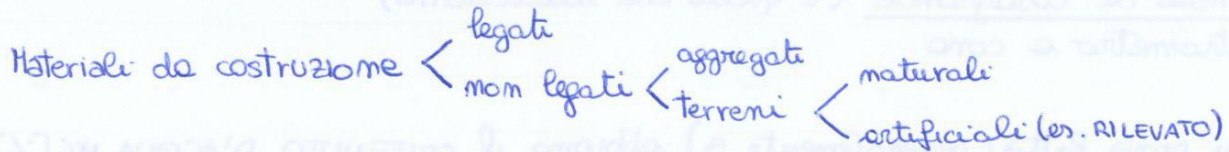


SEZIONI CONSECUTIVE MISTE

ESERCITAZIONE 9

LEZIONE (23)

1 CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE (UNI 10006/2002)



Per la stabilità della sovrastruttura il terreno deve avere caratteristiche e proprietà idomee. Dobbiamo quindi valutarne l'idoneità per l'impiego nelle costruzioni (CLASSIFICAZIONE HRB TRAMITE 3 PROVE):

A ANALISI GRANULOMETRICA AI SOLI SETACCI

Seleziono un campione rappresentativo (quartatura) essiccato e per stabilire la distribuzione dei grani eseguiamo l'analisi granulometrica tramite lo scuotimento di una colonna di ugelli. Su ogni setaccio avremo un certo quantitativo di materiale che rappresenta tutto ciò che è più grande e che non è riuscito a passare nel setaccio successivo (TRATTENUTO m_i) [g]

Il materiale trattenuto da quel setaccio e dai setacci più grandi di esso prende il nome di TRATTENUTO PROGRESSIVO PERCENTUALE T_i [%]

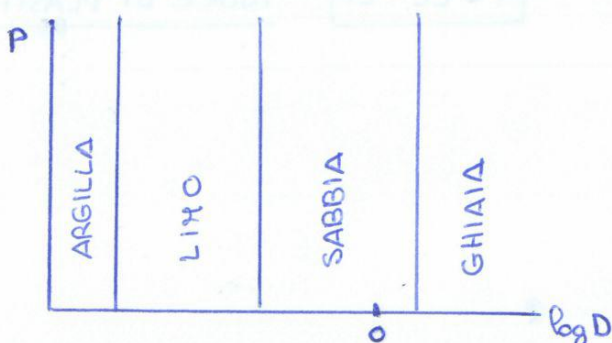
$$T_i = \frac{m_i}{m_{TOT}} \cdot 100 \quad T_m = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_m)}{m_{TOT}} \cdot 100$$

A questo punto calcolo il PASSANTE PROGRESSIVO P_i [%]

$$P_i = 100 - T_i$$

D	log D	m_i	T_i	P_i

Posso ora rappresentare i punti del punto di vista grafico



CLASSI DIMENSIONALI

GHIAIA	$D > 2 \text{ mm}$
SABBIA	$0,05 < D < 2$
LIMO	$0,005 < D < 0,05$
ARGILLA	$D < 0,005 \text{ mm}$

A questo punto abbiamo tutte le date per classificare il terreno tramite la seguente tabella:

GRANULARI

FINI

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose						Terre limo-argillose				Terre e lerie organiche pastorali	
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					
Gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6
Analisi granulometrica												
Frazione passante allo staccio												
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	-	-	< 40	< 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	

Nella tab. precedentemente mostrata abbiamo sempre questo dato!

MIGLIORI GHIAIE
SABBIE
GHIAIE E SABBIE DEBOLMENTE ARGILLOSE O LIMOSE
DA USARE SOLO SE OPPORTUNAMENTE CORRETTI

VERIFICA DELL'INDICE DI GRUPPO IG

$$I_g = 0,2 \cdot a + 0,005 \cdot a \cdot c + 0,01 \cdot b \cdot d$$

$a = 40$
 $a = P_{0,075} - 35$ (se $P_{0,075} > 75 \rightarrow P_{0,075} = 75$ e $P_{0,075} < 35 \rightarrow P_{0,075} = 35$)

$b = 40$
 $b = P_{0,075} - 15$ (se $P_{0,075} > 55 \rightarrow P_{0,075} = 55$ e $P_{0,075} < 15 \rightarrow P_{0,075} = 15$)

$c = LL - 40$ (se $LL > 60 \rightarrow c = 20$, se $LL < 40 \rightarrow c = 0$)

$d = IP - 10$ (se $IP > 30 \rightarrow d = 20$, se $IP < 10 \rightarrow d = 0$)

→ A questo punto posso dire che gruppo appartiene il terreno.

Se $I_g = 0 \rightarrow$ materiale ottimo per costruire
 Se $I_g > 0 \rightarrow$ materiale scasso

3 COSTIPAMENTO (CURVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR)

Le caratteristiche di costipamento di una terra si esprimono mediante la valutazione della densità massima del secco $\gamma_{s,max}$ e della percentuale di umidità ottima W_{opt} . Il materiale è costipato con differenti percentuali di umidità determinando, per ciascuna di esse, la densità del secco.

Il costipamento è un'azione meccanica esercitata per conferire al materiale stabilità, anticipando eventuali cedimenti o collassi

il materiale deve avere una bassa compressibilità

dobbiamo conferire una elevata resistenza al taglio

Per compattare bene un terreno o un materiale granulare questo deve essere umido.

"L'AVVICINAMENTO DEI GRANI È INFLUENZATO DAL CONTENUTO DI UMIDITÀ" (PROCTOR)

PROCTOR	m_w	w	m_s	V	γ_s
1					
2	[g]	[%]	[g]	[cm ³]	[g/cm ³]
3					
4					
5					

Se il campione è un cilindro:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

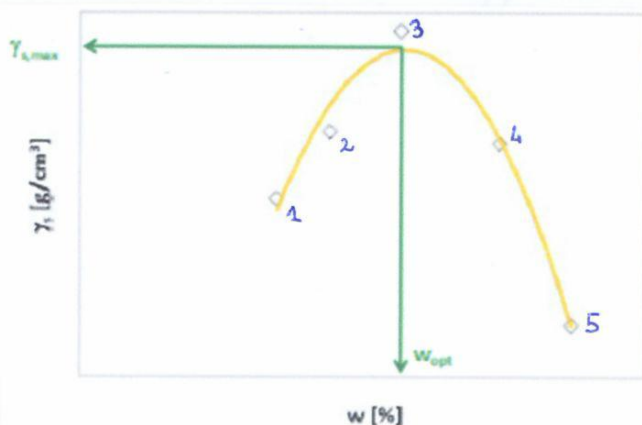
$$m_s = \frac{m_w}{1 + \frac{w}{100}}$$

$$\gamma_s = \frac{m_s}{V}$$

$$\gamma_g = \frac{m_s}{V_s}$$

$$\gamma = \frac{m_s + m_w}{V}$$

Noti i valori di w e γ_s per ciascun campione di terra compattato, è possibile diagrammare i valori e determinare così la DENSITÀ MASSIMA DEL SECCO e la PERCENTUALE DI UMIDITÀ OTTIMA per VIA GRAFICA



RISULTATI della PROVA PROCTOR

Per procedere con la VIA ANALITICA è necessario conoscere l'equazione della curva interpolatrice dei dati sperimentali. Una volta che abbiamo la funzione ne studiamo la derivata prima e troviamo il punto a tangente orizzontale e abbiamo così W_{opt} e corrispondentemente abbiamo $\gamma_{s,max}$

ESERCITAZIONE 10

LEZIONI (24) E (25)

1 PORTANZA: CARICO SU PIASTRA



- WINKLER: sottofondo costituito da un letto di molle discommesse tra loro. Il cedimento al di sotto della piastra è uniformemente distribuito (no sollecitazione di taglio tra piastra e terreno).
- BOUSSINESQ: al di sotto del piano c'è un materiale omogeneo, isotropo ed elastico. Il mezzo è continuo ed un elemento di volume preso nel semispazio è influenzato dagli elementi di volume che gli stanno attorno.
 - PIASTRA FLESSIBILE: si adatta alla deformazione del semispazio.
 - PIASTRA RIGIDA: impone delle deformazioni al semispazio. Il cedimento al di sotto è costante, ma non la pressione.

Le 2 visioni coincidono quando confrontiamo $\frac{P}{\delta}$ pressione
deflezione

P/δ = indicatore di portanza



è costante e lineare
le prove sono precedute da un precarico per stabilizzare la piastra stessa.

PROVE DI PORTANZA IN SITU (su piastra)

- COSTANTE DI REAZIONE K [MPa/mm]

$$K = \frac{|\Delta p|}{|\Delta s|} \rightarrow [MPa]$$

$\Delta p = 0,01 \div 0,08$ MPa (sottofondo)
 $d = 76$ cm

WINKLER

- MODULO DI DEFORMABILITÀ Md [MPa]

$$Md = \frac{|\Delta p|}{|\Delta s|} \cdot d$$

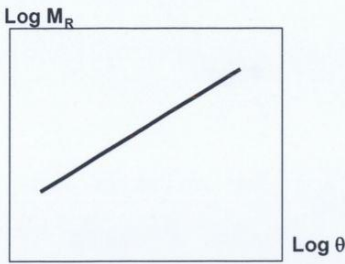
[mm] [mm]

$\Delta p = 0,15 \div 0,25$ MPa (sottofondo)
 $\Delta p = 0,25 \div 0,35$ MPa (fondazioni)
 $\Delta p = 0,35 \div 0,45$ MPa (base)
 $d = 30$ cm

BOUSSINESQ

Materiali granulari

Hicks (1970)

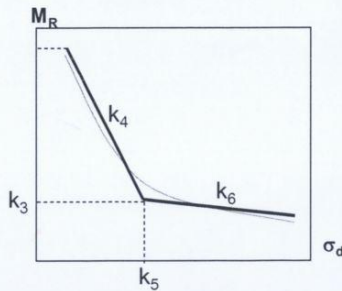


$$M_R = k_1 \cdot \theta^{k_2}$$

$$\theta = \sigma_1 + 2\sigma_3$$

Terre fini

Thompson-Elliott (1985)



$$M_R = k_3 + k_4 \cdot (k_5 - \sigma_d), \text{ per } \sigma_d < k_5$$

$$M_R = k_3 - k_6 \cdot (\sigma_d - k_5), \text{ per } \sigma_d > k_5$$

→ confino il provino in una macchina tra 2 piastre ed eseguo la prova a velocità di deformazione costante e reditto poi il grafico P-δ
 la prova consiste nel leggere per δ = 2,5 mm e δ = 5 mm il valore di P e si rapportano così:
 $\frac{P_c}{P_{cr}} \cdot 100$ P_c: pressione misurata
 P_{cr}: press. campione riferiti
 L'INDICE CBR è il più grande dei due rapporti ed è un indicatore di portanza
 CBR > 30 OK

3) SUSCETTIVITÀ TERMICA DEI BITUMI

LEZIONE (25)

(-20 < T < 60°C)

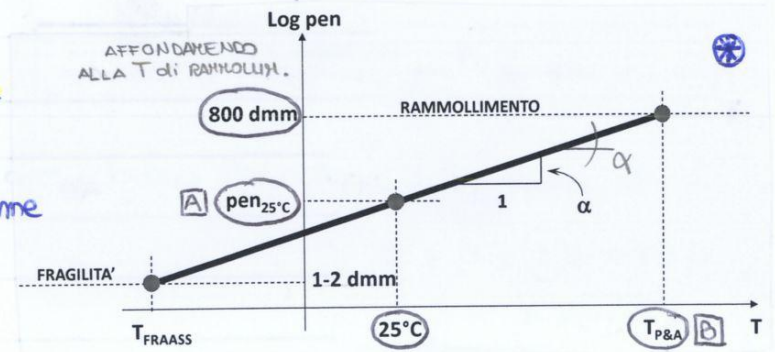
Al variare della T cambia la consistenza del bitume, che viene stimata attraverso il valore della penetrazione (pen).

La SUSCETTIVITÀ (pendenza della retta passante per i punti sperimentali) si stima in base alle PROVE DI PENETRAZIONE e PROVE PALLA & ANELLO.

MI DA UN INDICATORE DI QUANTO IL BITUME È SUSCETTIVO AUE VARIAZIONI DI TEMPERATURA

BITUME: frazione più pesante del petrolio e può essere rigenerato/riciclato. Ha un costo contenuto ed è ben lavorabile alle alte T (130 + 180°C).

A) PROVA DI PENETRAZIONE: si esegue a 25°C e dura 5 secondi. Minore è l'affondamento e più è duro il bitume (use in cge)



B) PROVA DI PALLA & ANELLO: si inizia

con una T = 5°C e ad ogni minuto la si aumenta. La TEMPERATURA DI RANNOIAMENTO è quella che si legge quando i 2 dischi sono scesi di un pollice [25 mm] SOTTO L'AZIONE DEL PESO DI UNA PALLA. Questo tempo ci dice a che punto il bitume è solido e da quando diventa liquido

A Pen [dmm] = media (Pen₁, Pen₂, Pen₃, Pen₄)

B T_{P&A} [°C] = media (T_{P&A1}, T_{P&A2})

$$\alpha = \frac{\log(800) - \log(\text{pen})_{25^\circ\text{C}}}{T_{P\&A} - 25^\circ\text{C}}$$

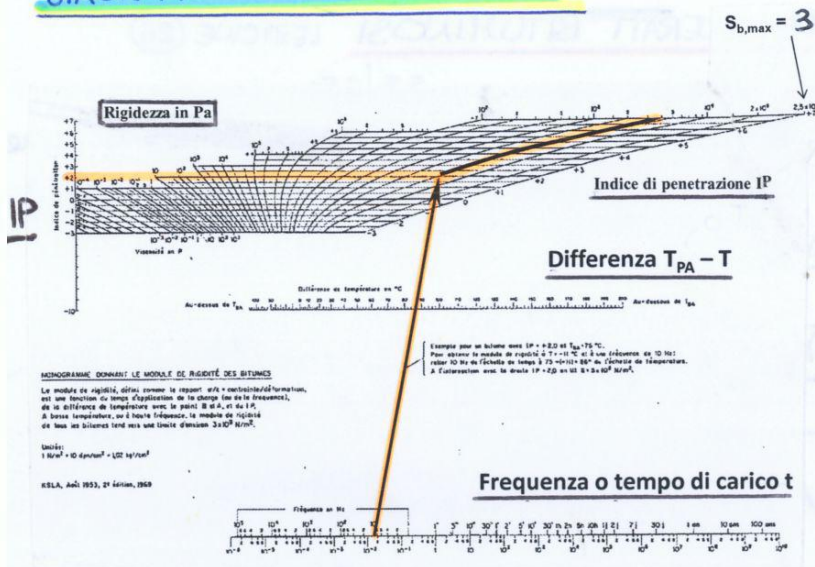
$$\alpha = 0,02 \frac{20 - IP}{10 - IP}$$

$$IP = \frac{20 - 500\alpha}{50\alpha + 1}$$

SUSCETTIVITÀ TERMICA

INDICE DI PENETRAZIONE

DIAGRAMMA DI VAN DER KOEL



• **HISTI GRANULARI**: miscela di aggregati lapidei grossi e fini, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche, x migliorare le proprietà.

- HISTO CEMENTATO
- HISTO BITUMATO
- STABILIZZATO A CALCE

ESERCITAZIONE 11

1 PRESENT SERVICEABILITY INDEX (PSI) x SOVRASTRUTTURA FLESSIBILI

È un indicatore della funzionalità della strada ed è determinato con:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \cdot \log(1 + SV) - 0,01 \cdot \sqrt{C + P} - 1,38 \cdot RD^2$$

→ al crescere dei difetti diminuisce il valore di PSI.

- **SV**: media delle variazioni di pendenza del profilo longitudinale misurato lungo le due traiettorie preferenziali di transito degli pneumatici
- **RD**: media delle profondità delle ormaie misurate ogni 6 m lungo le due traiettorie preferenziali di transito degli pneumatici
- **P**: superficie delle buche e delle riparazioni in m^2 ogni 1000 m^2 di superficie
- **C**: superficie fessurata in m^2 ogni 1000 m^2 di superficie

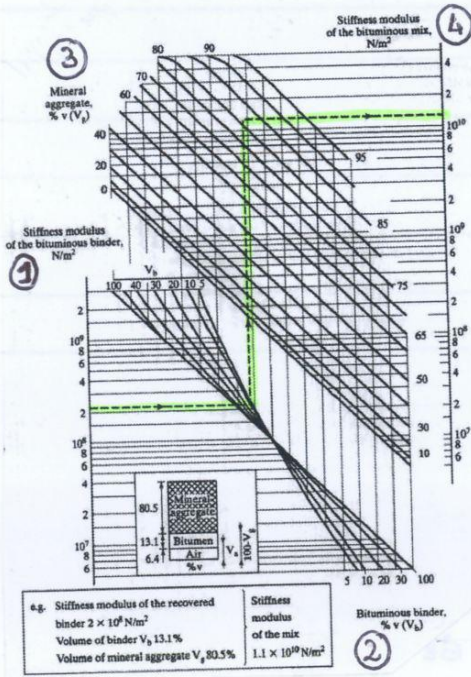
Legge di evoluzione dell'indice PSI dovuta a dati derivanti dalle piste sperimentali

$$PSI = PSI_{IN} - (PSI_{IN} - PSI_{FIN}) \cdot \left(\frac{N}{\rho}\right)^\beta$$

Da una tabella ricaviamo i valori di SV [10^{-6}], C [$m^2/1000m^2$], P [$m^2/1000m^2$], RD [mm]. Quest'ultimo, per mantenere la coerenza delle unità di misura dobbiamo trasformarlo in pollici [inches].
Calcolo poi PSI per ogni sezione.

- **PSI_{IN}**: indice di funzionalità iniziale (< 5)
- **PSI_{FIN}**: indice di funzionalità finale (< 5)
- **N**: numero di applicazioni dell'asse di riferimento
- **β, ρ** : coefficienti dipendenti dal tipo di sovrastruttura e dal tipo di carico di riferimento

- NORGROGRAHA DI BOUHAURE



- ① Entro nel diagramma con la rigidità del bitume S_b [N/m²] = [Pa] in orizzontale.
- ② Interseco con la linea precedente la curva con il volume di bitume V_b in verticale
- ③ Si intercetta la linea che rappresenta il volume dell'aggregato V_a e si prosegue in orizzontale
- ④ Ricavo la rigidità del conglomerato bituminoso S_{mix} leggendola sul grafico. [Pa] → $\frac{[Pa]}{10^9} = [GPa]$

S_{mix} dipende da : - volume di bitume V_b
 - volume di aggregato V_a
 - dalle 4 caratteristiche da cui dipende S_b



③ MULTISTRATO ELASTICO (HSE) LEZIONE ②6

↳ TUTTO CIÒ CHE STA AL DI SOTTO DELLO STRATO DOVE VOGLIO MISURARE LO STATO TENSO-DEFORMATIVO NON INFLUENZA QUELLO CHE C'È SOPRA.

Calcolo dello stato tenso-deformativo interno (ODEHARK)

Tensioni e deformazioni che si generano al di sotto di uno strato dipendono esclusivamente dalla rigidità dello strato stesso. Possiamo trasformare gli spessori di uno strato in SPessori EQUIVALENTI.

$$H_m = \sum_{i=1}^m m_i \cdot h_i \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_{m+1}}} \quad [HPa]$$

$$\frac{h_1, E_1, \nu_1}{E_2, \nu_2} \Rightarrow \frac{h_e, E_2, \nu_2}{E_2, \nu_2}$$

EQUAZIONE GENERALE DEL HSE

$$h_e = h_i \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_2}}$$

- m_i = 0,8 per materiali granulari e conglomerati bituminosi
- m_i = 0,9 per materiali trattati e cemento
- m_i = 1,1 · $\left(\frac{e}{h_i}\right)^{0,3}$ per il primo strato e per il calcolo della deformazione di trazione orizzontale (quando il suo spessore è inferiore al raggio di impronta del carico).

Con il metodo HSE è possibile trasformare un generico multistrato in una serie di semispazi equivalenti, potendo, in quest'ultimi, applicare le equazioni di Boussinesq.

• DATO UN SEMISPACIO OMOGENEO CALCOLO TENSIONI $\hat{\sigma}$, DEFORMAZIONI ϵ , SPOSTAMENTI VERTICALI d_z

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi R^2} \cdot \cos^3 \theta$$

$$\sigma_r = \frac{P}{2\pi R^2} \cdot \left(3 \cos \theta \cdot \sin^2 \theta - \frac{1-2\nu}{1+\cos \theta} \right)$$

$$\sigma_t = \frac{P}{2\pi R^2} \cdot (1-2\nu) \cdot \left(-\cos \theta + \frac{1}{1+\cos \theta} \right)$$

$$P = [N]$$

$$R = z = [mm]$$

$$\hat{\sigma} = [MPa]$$

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu \cdot (\sigma_r + \sigma_t)]$$

$$\epsilon_r = \frac{1}{E} [\sigma_r - \nu \cdot (\sigma_z + \sigma_t)]$$

$$\epsilon_t = \frac{1}{E} [\sigma_t - \nu \cdot (\sigma_z + \sigma_r)]$$

$$E = [MPa]$$

$$\hat{\sigma} = [MPa]$$

$$\epsilon = [\mu s]$$

↳ MICROSTRAIN

$$d_z = \frac{(1+\nu)P}{2\pi RE} [2(1-\nu) + \cos^2 \theta]$$

$d_z = [mm]$ DEFLESSIONE ottenuta per integrazione della deformazione ϵ_z .

• DATA UNA PAVIMENTAZIONE CALCOLARE LA DEFORMAZIONE UNITARIA ORIZZONTALE AL FONDO DEL PRIMO STRATO E LA DEFORMAZIONE UNITARIA VERTICALE SUL FONDO

- ① Calcolo lo spessore equivalente $H_m^{(1)}$ (m = numero strati)
- ② Calcolo la tensione verticale $\hat{\sigma}_z$
- ③ Calcolo le tensioni $\hat{\sigma}_r = \hat{\sigma}_t$ o la deformazione ϵ_z
- ④ Calcolo le deformazioni $\epsilon_r = \epsilon_t$

- ⑤ Calcolo lo spessore equivalente $H_m^{(2)}$
- ⑥ Calcolo $\hat{\sigma}_z$
- ⑦ Calcolo $\hat{\sigma}_r = \hat{\sigma}_t$ (potete saltare questo passaggio)
- ⑧ Calcolo ϵ_z

FERROVIE

LEZIONE 2

Scartamento del binario: distanza tra i 2 lembi interni delle rotaie
(1435 mm)

RUOTE + ASSE = SALA MONTATA (no differenziale) → LE RUOTE DI UNO STESSO ASSE NON POSSONO AVERE VELOCITÀ DIFFERENTI.

SALA MONTATA + TELAIO = CARRELLO

RUOTE LEGGERMENTE INCLINATE VERSO L'INTERNO DI 1/20

Intervia: distanza tra i 2 lembi interni di rotaie appartenenti a binari diversi

Interasse: distanza tra 2 assi di due binari diversi (INTERVIA + SCARTAMENTO)

MISURE

(mm)

ORIZZONTALE: riferite al lembo interno della rotaia

VERTICALE: riferite al piano del ferro (piano portante per la testa della rotaia). ROTAIA INTERNA

Distanza tra i 2 punti di contatto delle 2 ruote = 1500 mm

VALORE UTILIZZATO PER I CALCOLI

CLASSIFICAZIONE DEGLI AEROPORTI

LEZIONE 2

misure in (PIEDI)

Data da un codice ALFANUMERICO:

- LETTERA (A...F): riferita alle manovre di movimento a terra che sono le manovre di parcheggio e di rullaggio. Il codice è riferito alla larghezza alare e allo scartamento (massimo ingombro a terra dei velivoli). → DISTANZA TRA I BORDI ESTERNI DEL CARRELLO PRINCIPALE.

- NUMERO (1...4): riferito alla lunghezza di campo costruttiva che è la minima distanza di decollo richiesta dall'aereo critico al massimo carico, al livello del mare, in assenza di vento, a 15°C e con pendenza longitudinale della pista nulla.

CAPACITÀ DELLE STRADE

LEZIONE 4

Massimo numero di persone o veicoli in grado di attraversare una sezione e dipende dalla geometria, dalla tipologia dei veicoli, dai limiti di velocità e dai segnali stradali

MANUALE HCM: manuale di capacità delle strade

VFL: velocità di flusso libero (velocità veicolo isolato)

Per semplificare le resistenze al moto sono applicate alle sole ruote motrici
 Il peso totale del veicolo è diviso in peso aderente (nelle ruote motrici) e
 peso portato (nelle ruote trainate).

L'aderenza è applicata alle sole ruote motrici.

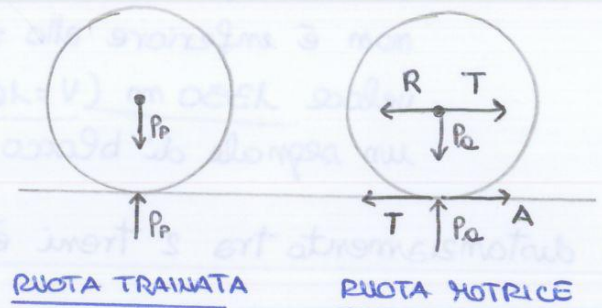
Se $A < T$ avremo scorrimiento

$$T = \frac{Wr}{V} \rightarrow \text{POTENZA DISPONIBILE ALLE RUOTE}$$

$$V \rightarrow \text{VELOCITÀ AVANZAMENTO VEICOLO}$$

$$T = \frac{Mr}{r} \rightarrow \text{COPPIA MOTTRICE}$$

$$r \rightarrow \text{RAGGIO RUOTA}$$



Se $T < R \rightarrow$ RUOTA FERMA

Se $T = R \rightarrow$ ROTO LAMENTO \rightarrow CONDIZIONE IDEALE PER LA PROGETTAZIONE

Se $T = f_a \cdot P_a \rightarrow$ SLITTAMENTO

LIMITE DI
ADERENZA

ADERENZA LEZIONE 8

L'aderenza P_a è un limite superiore dato da:

$$T = A \leq f_a \cdot P_a$$

L'aderenza è un complesso di fenomeni:

- ① ADESIONE: agisce attirando molecole di materiali diversi
- ② ATTRITO: interazione che intercorre quando 2 superfici scorrono una rispetto all'altra
- ③ DEFORMAZIONE DELO PNEUMATICO: battistrada assume lo stesso forma della superficie su cui appoggia

• Quando lo scorrimento è massimo si può dire che l'aderenza degrada in
 ATTRITO (ATTRITO PURO) $\rightarrow \psi = 1$
SCORRIMENTO

• Quando $\psi < 1$ c'è anche l'avanzamento della ruota e quindi interviengono
 anche l'ADESIONE e la DEFORMAZIONE DELO PNEUMATICO

Quando $\psi = 0 \rightarrow$ RITOLAMENTO PURO

Quando progettiamo facciamo riferimento a f_a in condizioni di PURO STRISCIAM.
 (per sicurezza) e questo decresce al crescere della velocità

- VELOCITÀ DI RANGO A, B, C: velocità potenziali alle quali può essere percorso una tratta (varia l'e.c.m.). Sono dichiarate sulle linee

$$V_A = V_t \quad V_B = 1,06 V_t \quad V_C = 1,11 V_t$$

- VELOCITÀ DI RANGO P: velocità potenziale alle quali può essere percorsa una tratta (esempio da un pendolino).

$$V_P = 1,31 V_t$$

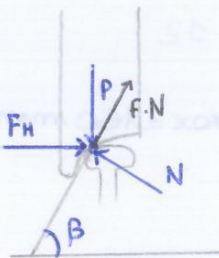
- VELOCITÀ DI FIANCATA: velocità massima effettiva alle quali può essere percorsa una tratta in relazione alle caratteristiche costruttive e di manutenzione della linea.

$$V_F \leq V_{RANGO}$$

- VELOCITÀ D'ORARIO: velocità di percorrenza dei treni inferiore alla velocità di fiancata, per conferire flessibilità nel recupero di eventuali ritardi

$$V_O < V_F$$

FERROVIE: VERIFICA ALLO SVICO LEZIONE 13



N = reazione della rotaia
 P = peso scaricato dalla ruota
 FH = forza orizzontale
 f·N = attrito ruota - rotaia

$$N = P \cos \beta + F_H \cdot \cos(90 - \beta)$$

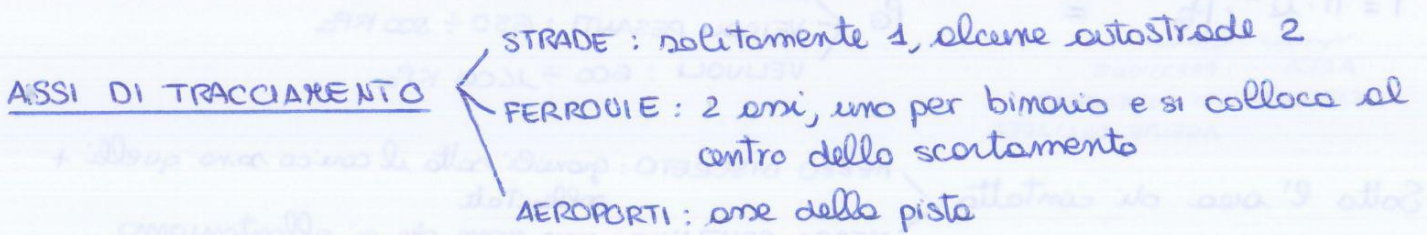
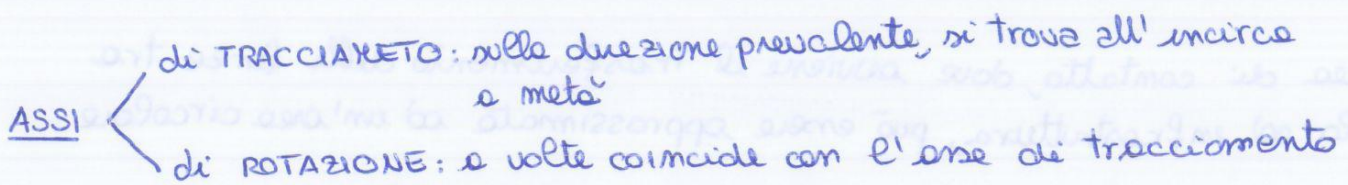
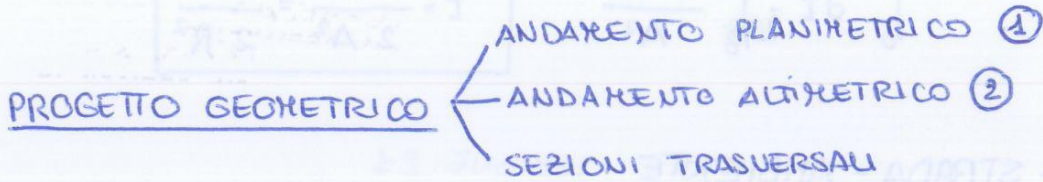
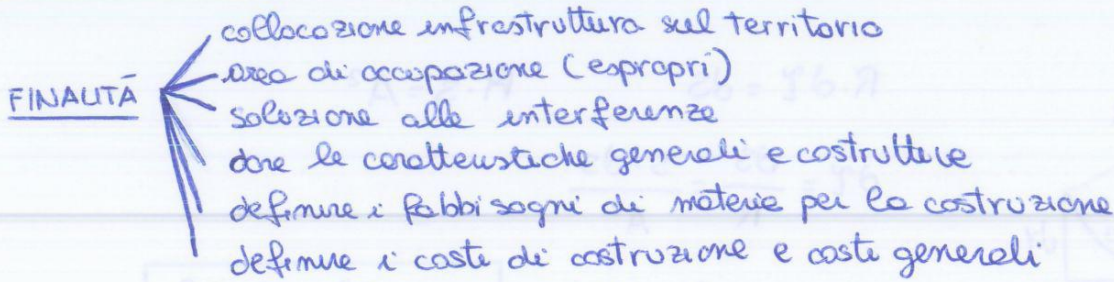
$$F_H \cdot \cos \beta + f \cdot N \leq P \cos(90 - \beta)$$

$$F_H \cdot \cos \beta + f [P \cos \beta + F_H \cdot \cos(90 - \beta)] \leq P \overset{\text{sen } \beta}{\cos(90 - \beta)}$$

$$\frac{F_H}{P} \leq \frac{\tan \beta - f}{1 + f \cdot \tan \beta}$$

EQ. DI EQUILIBRIO UNITÈ ALLO SVICO
 (EQ. DI POCHET)

PROGETTAZIONE GEOMETRICA LEZIONE 15 - LEZIONE 17



① Disegno la poligonale d'asse (linea formata da un insieme di segmenti che formano una spezzata nei vertici planimetrici identificate da un numero e dalle coordinate cartografiche) e raccordo i vertici con curve a raggio variabile. Disegno degli scostamenti rispetto alla poligonale e a questo punto disegno il raccordo che dovrà essere tangente ai lati scostati di ΔR . Ogni cerchio ^{CERCHIO} ha quindi due curve a raggio variabile le quali dovranno essere collegate ai rettili e agli archi di cerchio. Le curve a raggio variabile sono utili nel passaggio tra R e C. circolare per limitare il contraccolpo $C = \frac{dec}{dt} \leq C_{max}$

② Con l'andamento planimetrico ho ottenuto la LINEA D'ASSE PLANIMETRICA. Elevatione la linea d'asse in altezza facendo traslare l'asse z su tale linea. Otteniamo una superficie cilindrica verticale e la distendo su una superficie piana. Ho ottenuto il PROFILO ALTIMETRICO il quale è costituito da LIVELLETTE e RACCORDI (CONCAVI o CONVESSI)

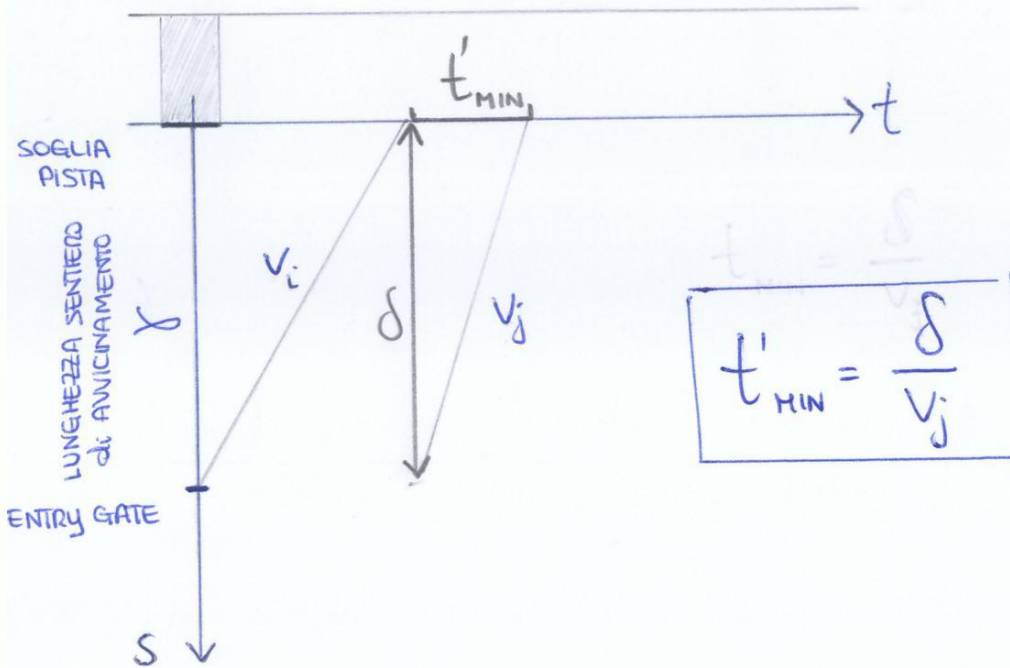
MAI COLLOCARE UN RACCORDO ALTIMETRICO IN CORRISPONDENZA DEL PUNTO DI PASSAGGIO TRA RETTIFILIO E RACCORDO PLANIMETRICO

VELOCITÀ con VELOCITÀ DIFFERENTI

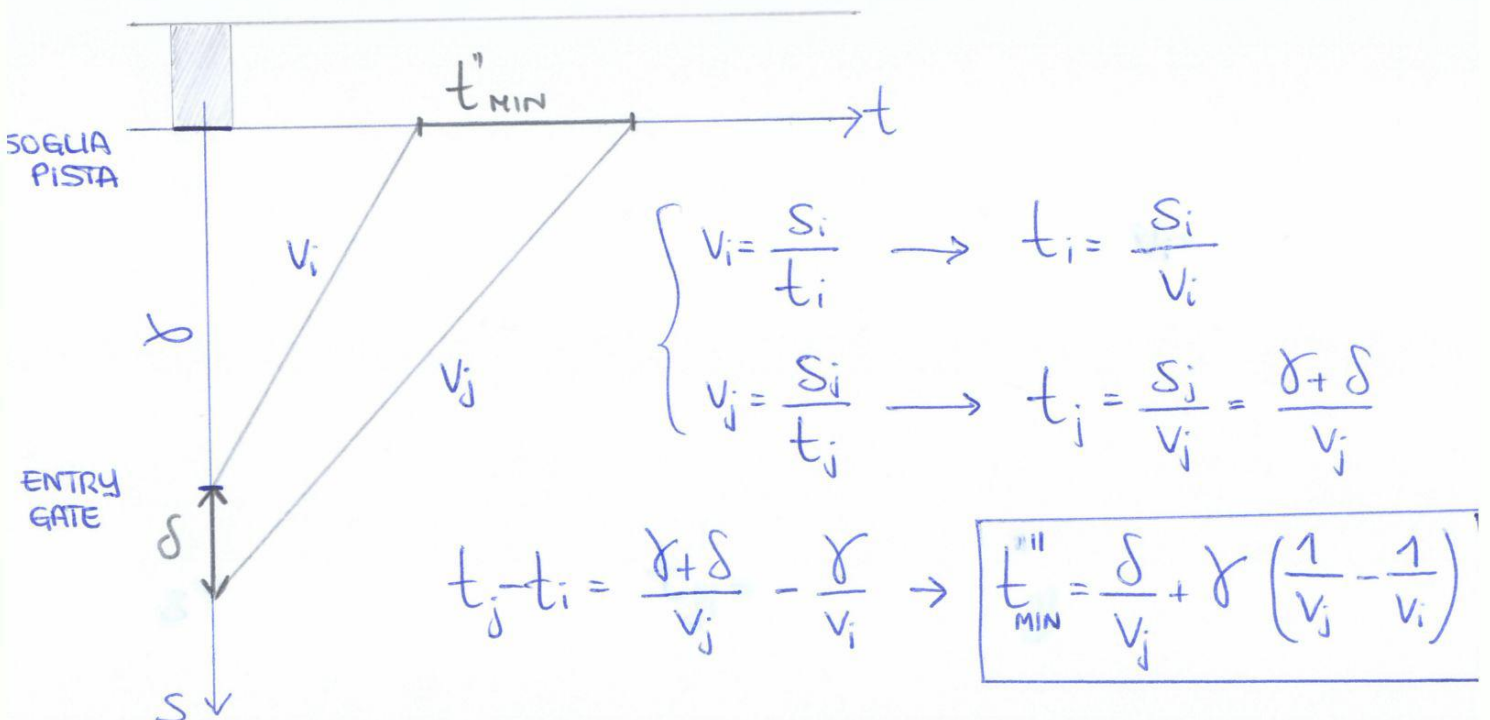
i : aereo che precede

j : aereo che segue

$$v_j \geq v_i$$



$$v_i > v_j$$



DOMANDA 2

- CARATTERISTICHE DEL MODELLO DI GUIDATORE PER LA DETERMINAZIONE DEL DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ
- VINCOLI DINAMICI e di VISIBILITÀ ALLA BASE DELLE VERIFICHE DEL DIAGRAMMA STESSO.

Le caratteristiche del modello di guidatore sono:

- In rettilineo, sugli archi di cerchio di raggio elevato e nelle curve a raggio variabile, il guidatore adotta una velocità di progetto che tende al limite superiore dell'intervallo $V_{p,max}$.
- Le accelerazioni conseguenti all'uscita da una curva circolare, e le decelerazioni per l'ingresso nelle curve ricadono al di fuori delle curve circolari.
- I valori dell'accelerazione e delle decelerazioni restano determinati in $0,8 \text{ m/s}^2$.
- La velocità è costante lungo tutto lo sviluppo delle curve.
- Si assume che le pendenze longitudinali non influenzino la velocità di progetto.

Le variazioni di velocità sono ammesse lungo i tratti meno vincolanti del tracciato e occupano tutta o parte della curva a raggio variabile.

$$D_T = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2 \cdot a}$$

La normativa italiana prevede solo il controllo sulle variazioni di velocità di progetto tra elementi contigui. Impone che ci sia gradualità nella variazione di velocità tra un elemento e il suo successivo.

CATEGORIA A, B, C e F_{est} ($V_{p,max} \geq 100 \text{ km/h}$):

- $V_{p,max} + V_C \leq 10 \text{ km/h}$;
- $V_{C'} + V_{C''} \leq 20 \text{ km/h}$ (consigliabile non superare 15 km/h).

CATEGORIA D, E e F_{urb} ($V_{p,max} \leq 80 \text{ km/h}$):

- $V_{p,max} + V_C \leq 5 \text{ km/h}$;
- $V_{C'} + V_{C''} \leq 20 \text{ km/h}$ (consigliabile non superare 10 km/h).

Nel caso in cui questi valori non vengano rispettati occorrerà riprendere la geometria del tracciato apportando modifiche su lunghezze e raggi.

→ CRITERI FONDAMENTALI PER IL PROGETTO

Per quanto riguarda la visibilità, le limitazioni si incontrano nell'ingresso e lungo le curve. Il guidatore vede l'ostacolo con una linea tangente all'ostacolo fisso presente in curva.

VISIBILITÀ

$$d \leq R \cdot \alpha^{\text{rad}} = 2 \cdot R \cdot \arccos\left(1 - \frac{\Delta}{R}\right)$$

Calcolo il raggio minimo per garantire la visibilità.

Inoltre imponiamo una velocità minore se non fosse verificato l'arresto sul tratto di strada già esistente.

EQUILIBRIO VEICOLO

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{v^2}{R} = g (\tan \alpha + \frac{s}{h}) \\ \frac{v^2}{R} = g (\frac{s}{h} + \tan \alpha) \end{array} \right.$$

EQUAZIONE della TRAZIONE per VELIVOLI

MOTO VARIO:

MANCA LA RESISTENZA IN CURVA
(OVIAMENTE)

$$I = T - (R_r + R_d + R_l)$$

$$\cancel{\frac{P}{g} \cdot \frac{dv}{dt}} = T - \left[(P - L) \cdot (r_R \pm i) + \frac{1}{2} \delta c S v^2 \right]$$

PORTANZA ALARE

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = T - \left[\left(P - \frac{1}{2} \delta \cdot c_p \cdot S_A v^2 \right) \cdot (r_R \pm i) + \frac{1}{2} \delta \cdot c S v^2 \right]$$

SVILUPPO PORTANZA ALARE

EQUAZIONE della TRAZIONE per VEICOLI FERROVIARI

$$T = P \cdot (r \pm i) + \frac{1}{2} \delta v^2 c_2$$

$$T = P \cdot (r \pm i) + \frac{1}{2} \delta v^2 c_2$$

EQUAZIONE della TRAZIONE per VEICOLI STRADALI

$$T = P \cdot (r \pm i) + \frac{1}{2} \delta v^2 c_2$$

$$T = P \cdot (r \pm i) + \frac{1}{2} \delta v^2 c_2$$

DOMANDA 8

PROCEDIMENTO SCELTA ORIENTAMENTO... QUALI SONO LE VARIABILI IN GIOCO E I RISPETTIVI DOMINI DI VARIAZIONE.

Il progetto dell'orientamento delle piste si basa sulla direzione, intensità o velocità dei venti e il tempo di permanenza di un determinato vento che spira in una certa direzione.

Appres

L'intensità è compresa tra due limiti in un determinato intervallo di tempo (in genere ci si riferisce ad una percentuale rispetto al tempo totale). Le stazioni meteorologiche, che registrano queste informazioni, restituiscono i tempi che vanno espressi in percentuale.

Quindi le variabili in gioco sono 3. Le direzioni dei venti considerate sono 16. Gli intervalli di intensità e il loro numero variano a seconda della pista di volo. La distribuzione percentuale del tempo di permanenza dei venti è riportata su una tabella in funzione di direzione e intensità.

... ALLUNGAMENTO di una PISTA (QUALCHE VOLTA SI PUO' EVITARE LA COSTRUZIONE DI UNA 2^a PISTA)

La possibilità di allungare la pista implica di riprendere la rosa dei venti e di allargare le linee parallele portandole ad una "distanza" di 36km/h. $L > 1500m$

Con questo fatto consideriamo una buona percentuale in più di tempo in cui noi garantiamo l'utilizzo della pista, infatti possiamo già contare tutti le percentuali di venti con velocità inferiori a 36 km/h, ottenendo un valore di $P < 36km/h = 95,7\%$

È intuibile che in questo caso qualsiasi orientazione della pista garantisca una percentuale di utilizzo molto superiore al 96% e quindi risulterebbe inutile inserire la pista ausiliaria.

DOMANDA 15

EQUILIBRIO DEL VEICOLO IN CURVA: IPOTESI di MODELLO, CONDIZIONI LIMITE DI EQUILIBRIO E RELATIVE EQUAZIONI

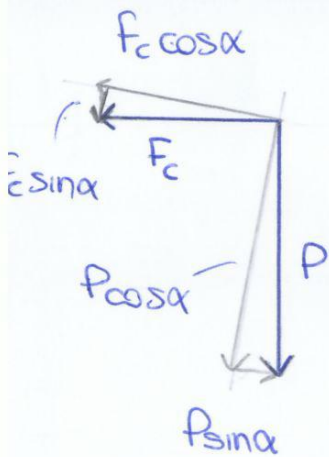
IPOTESI SEMPLIFICATIVE:

- ① VEICOLO RIGIDO PRIVO di SOSPENSIONI
- ② RIPARTIZIONE SIMMETRICA delle FORZE AL CONTATTO RUOTA-STRADA

CONDIZIONI di EQUILIBRIO da VERIFICARE

- ① STRISCIAMENTO sul PIANO di ROTOLAMENTO.

$$\Sigma F_{PAR.} \leq \mu_{a,T} \cdot \Sigma F_{PERP.}$$



$$F_c \cdot \cos \alpha - P \sin \alpha \leq \mu_{a,T} \cdot (F_c \sin \alpha + P \cos \alpha)$$

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cos \alpha - P \sin \alpha \leq \mu_{a,T} \cdot \left(\frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \sin \alpha + P \cos \alpha \right)$$

$$\frac{v^2}{Rg} - \operatorname{tg} \alpha \leq \mu_{a,T} \cdot \left(\frac{v^2}{gR} \operatorname{tg} \alpha + 1 \right)$$

→ ≥ 0 A FAVORE DI SICUREZZA

$$\frac{v^2}{R} \leq g \cdot (\mu_{a,T} + \operatorname{tg} \alpha)$$

- ② RIBALTAMENTO RISPETTO AL PUNTO O.

$$\Sigma M_S \geq \Sigma M_R$$

$$(F_c \cdot \sin \alpha + P \cdot \cos \alpha) \cdot s \geq (F_c \cos \alpha - P \sin \alpha) \cdot h$$

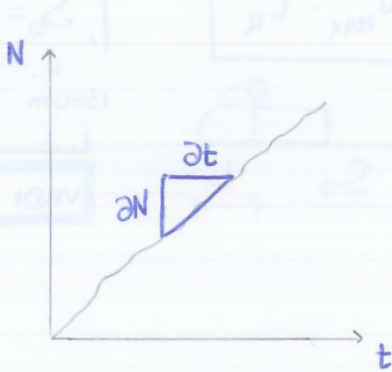
$$\left(\frac{v^2}{gR} \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1 \right) \cdot s \geq \left(\frac{v^2}{gR} - \operatorname{tg} \alpha \right) \cdot h$$

$$\frac{v^2}{R} \leq g \cdot \left(\frac{s}{h} + \operatorname{tg} \alpha \right)$$

DOMANDA 4

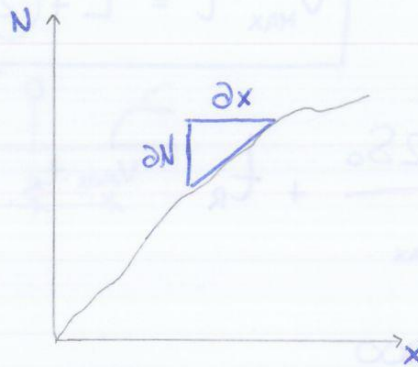
DERIVARE ANALITICAMENTE LA RELAZIONE TRA PORTATA, VELOCITA' e DENSITA' DI UNA CORRENTE VEICOLARE E ILLUSTRARE COME TALI GRANDEZZE VARIANO PASSANDO DAL LIVELLO DI SERVIZIO (A) (flusso libero) AL LIVELLO DI SERVIZIO (F) (congestione).

TEORIA del DEFUSSO STRADALE APPLICATO A TRATTI A FUNZIONAMENTO ININTERROTTO



$$\frac{\partial N}{\partial t} = Q$$

FLUSSO VEICOLARE, VOLUME O PORTATA DI TRAFFICO



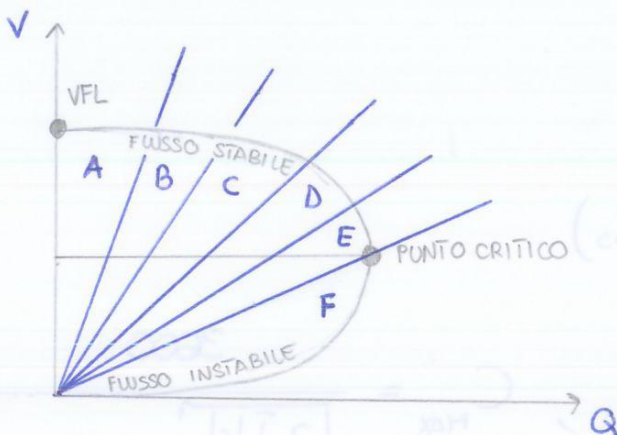
$$\frac{\partial N}{\partial x} = D$$

DENSITA' VEICOLARE

$$V = \frac{\partial x}{\partial t} \rightarrow \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t}$$

$$Q = D \cdot V$$

IL LIVELLO di SERVIZIO PUÒ ESSERE GIUDICATO IN BASE ALLA DENSITA' della CORRENTE.



Il fascio di rette ha pendenza $\frac{1}{D}$

Man mano che ci muoviamo sulla curva a vari punti identificano condizioni e portata e densità crescenti.

INFRASTRUTTURE VIARIE

Appello del 1 luglio 2013 STUDENTE: _____ MATRICOLA: _____

ESERCIZIO 1

Redigere i diagrammi di velocità e dei cigli di una strada extraurbana a unica carreggiata di cui si conosce l'andamento qualitativo del diagramma delle curvature di solo 8 elementi geometrici (Figura 1). Si considerino noti i seguenti dati:

- velocità di progetto massima: $V_{p,max}$,
- velocità di progetto minima: $V_{p,min}$,
- raggio minimo percorribile alla massima velocità di progetto: R^* ,
- relazioni tra raggi:

$$\frac{1}{R_1} > \frac{1}{R^*}, \quad \frac{1}{R_3} < \frac{1}{R^*}, \quad \frac{1}{R_6} = \frac{1}{R^*}$$

- raccordi a raggio variabile di tipo clotoidico,
- sezione trasversale (Figura 1).

Oltre a dover identificare ciascun elemento, si richiede di fornire indicazioni specifiche su quali verifiche devono essere eseguite affinché sia il diagramma delle velocità, sia il diagramma dei cigli siano verificati in ottemperanza alle prescrizioni delle norme tecniche italiane in vigore (DM. n.6792/2001). Si chiede inoltre di stabilire se A_5 sia maggiore, uguale o più piccolo di A_7 sapendo che $L_5 < L_7$.

ESERCIZIO 2

Determinare il numero di passaggi dell'asse standard cui è in grado di resistere una sovrastruttura flessibile secondo il solo criterio a fatica, di cui sono fornite le informazioni di cui alla Figura 2. Sono inoltre noti:

- il peso complessivo dell'asse standard pari a 80 kN;
- la pressione di gonfiaggio del carico di riferimento = 700 kPa; P_G
- le caratteristiche del primo strato (conglomerato bituminoso):
 - $E_1 = 5000$ MPa
 - $\nu_1 = 0,35$
 - $h_1 = 0,20$ m
- le caratteristiche del secondo strato (misto granulare):
 - $E_2 = 500$ MPa
 - $\nu_2 = 0,35$
 - $h_2 = 0,30$ m
- le caratteristiche del terzo strato (sottofondo):
 - $E_3 = 50$ MPa
 - $\nu_3 = 0,35$
- i coefficienti di correzione degli strati per il metodo degli spessori equivalenti:
 - $m_1 = 1,0$
 - $m_2 = 0,8$
- i coefficienti della legge di fatica relativa al primo strato:
 - $f_1 = 4,92 \cdot 10^{-14}$
 - $f_2 = -4,76$

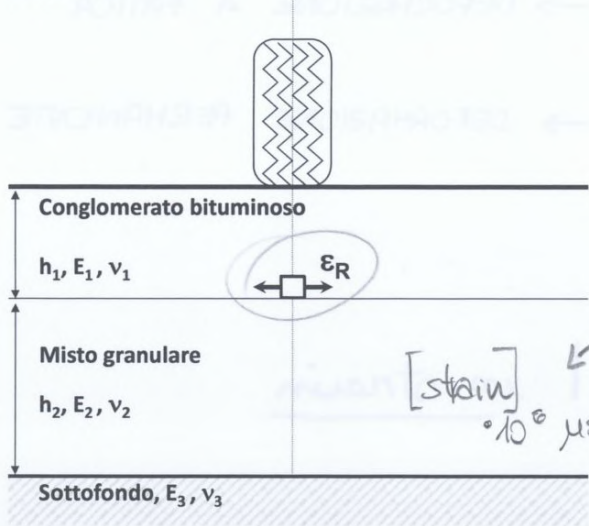
DOMANDA 3

Illustrare e dimostrare per via analitica come si derivano la capacità e la potenzialità di un binario di una linea ferroviaria sulla base delle seguenti ipotesi semplificatrici:

- assenza di stazioni in linea;
- n.2 sezioni di blocco.

Spiegare inoltre come sia possibile generalizzare le due soluzioni analitiche trovate per un numero non meglio specificato di sezioni di blocco.

FIGURA 2



$$\sigma_z = p \cdot \left[1 - \frac{z^3}{[a^2 + z^2]^{\frac{3}{2}}} \right] = [MPa]$$

$$\varepsilon_z = (1+\nu) \frac{p \cdot \varepsilon_r}{E} \cdot \left[\frac{\frac{z}{a}}{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2} \right]^{\frac{3}{2}} - (1-2\nu) \cdot \left[\frac{\frac{z}{a}}{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}} - 1$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_t = \frac{1}{E} \cdot \left[\frac{1-\nu}{2\nu} \cdot (\sigma_z - E\varepsilon_z) - \nu\sigma_z \right]$$

Equazioni di Boussinesq valide per il semispazio elastico, isotropo e omogeneo

se sostituisco [strain] ottengo [strain] poi $\cdot 10^6$ per ottenere [μ strain]
 Se sostituisco [μ strain] \rightarrow ottengo [μ strain]

$$P = \pi \cdot r^2 \cdot p_G$$

$$40 = \pi \cdot a^2 \cdot 700 \rightarrow a = \sqrt{\frac{40}{\pi \cdot 700}} = 0.135 \text{ m} \rightarrow 135 \text{ [mm]}$$

(n=1)

$$H_n = \sum_{i=1}^n m_i \cdot h_i \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_{n+1}}}$$

n: interfacce

$$H_1 = 1 \cdot 0.2 \cdot \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^8}} = 0.431 \text{ m} = 431 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{matrix} \sigma_z = \\ \varepsilon_z = \end{matrix} \right\} \varepsilon_r$$

INFRASTRUTTURE VIARIE

Appello del 17 settembre 2013

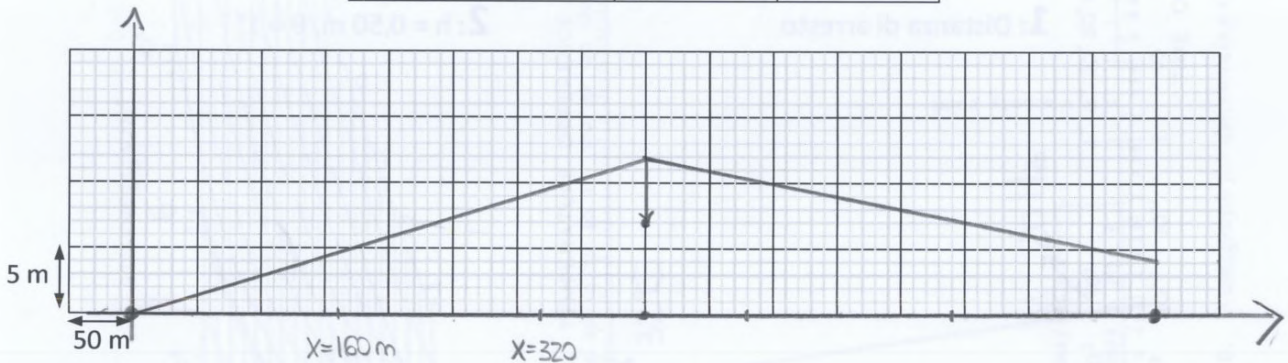
STUDENTE: _____ MATRICOLA: _____

ESERCIZIO #1

Dimensionare un raccordo verticale di tipo convesso per una strada di categoria A, in grado di collegare due livellette. La prima livelletta presenta una pendenza del +3%, mentre la variazione assoluta di pendenza risulta pari a 5%. Il raccordo verticale deve garantire in corrispondenza dell'intersezione tra le due livellette una freccia pari a 5 m. Compilare la tabella sotto riportata indicando le coordinate di 6 punti equidistanti (compreso punto iniziale e finale) e tracciare la parabola evidenziando l'origine del sistema di riferimento considerato, la freccia da garantire ed il vertice della parabola.

Si richiede inoltre la verifica del raccordo secondo la norma tecnica, considerando una velocità di progetto pari a 130 km/h.

PUNTO	X (m)	Y (m)
1	0	0
2	160	
3	320	
4	480	
5	640	
6	800	4
VERTICE PARABOLA	_____	_____



ESERCIZIO #2

Determinare la rigidezza di un conglomerato bituminoso alla temperatura di 30°C e ad una frequenza di 20 Hz.

Siano noti:

- Percentuale di bitume P_b : 4,5%
- Massa volumica del campione compattato γ_c : 2,42 g/cm³;
- Massa volumica del bitume γ_b : 1,02 g/cm³;
- Massa volumica degli aggregati γ_G : 2,67 g/cm³.

Il bitume impiegato presenta le seguenti caratteristiche:

- Penetrazione a 25°C: 58 dmm
- Temperatura di rammollimento: 62°C T_{peA}

DOMANDA #1

Derivare per via analitica e grafica i raggi minimi di manovra in ambito ferroviario in grado di garantire il corretto accoppiamento tra binario, sala montata e carrello.

$$\Delta i = |i_f - i_i| = 5\%$$

$$5 = |-2 - 3|$$

$$\bar{L}_{MEDIO} = \frac{+5 - 2}{2} = +0,5$$

$$\bar{L}_{Dx \rightarrow Sx} = \frac{+2 - 3}{2} = (-0,5\%)$$



ABACO 1 $D_A = 205 \text{ m}$

ABACO 4 $R_v = 13000 \text{ m}$

~~$$D_s = 5,5 \bar{V} = 715 \text{ m}$$~~

~~$$L = \frac{R_v \cdot \Delta i}{100} \text{ NO}$$~~

$$f_v = \frac{L \cdot \Delta i}{800} \rightarrow L = \frac{f_v \cdot 800}{\Delta i} = 800 \text{ m}$$

$$T_v = \frac{L}{2} = 400 \text{ m}$$

$$Y = \frac{\bar{L}_2 - \bar{L}_1}{200L} X^2 + \frac{\bar{L}_1}{100} X$$

CORSO DI FONDAMENTI DI INFRASTRUTTURE VIARIE

Appello del 5 luglio 2012

STUDENTE: _____

MATRICOLA: _____

ESERCIZIO 1

Di una strada di categoria B (70 ÷ 120 km/h) è dato l'andamento altimetrico di due livellette: Supponendo di trovarsi lungo un rettilineo, si richiede:

- il dimensionamento del raccordo verticale parabolico (R_v ed L);
- di completare con i dati mancanti il profilo altimetrico di **Figura 1**;
- di calcolare i punti di tracciamento richiesti in **Tabella 1** e tracciare qualitativamente il raccordo in **Figura 1**.

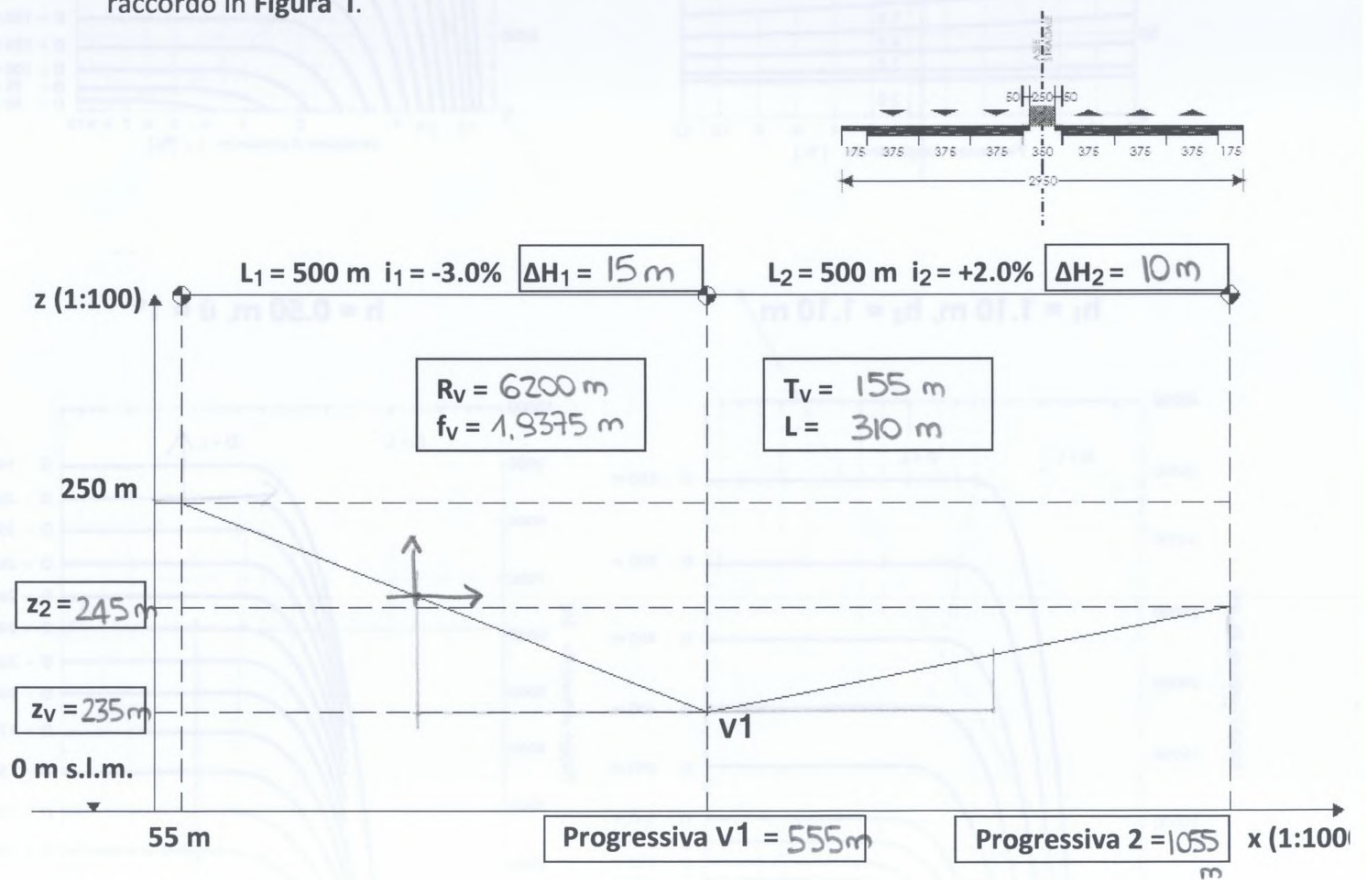


Tabella 1

Punti	x [m]	z [m]
A (X=0)	400	239,65
B (X=L/4)	477,5	237,81
C (X=L/2)	555	236,94
D (X=3/4 L)	632,5	237,03
E (X=L)	710	238,10

$$z_1 = -1,84$$

$$z_2 = -2,62$$

NOTA: con x si indica il sistema di riferimento globale, con X il sistema di riferimento locale del raccordo parabolico

ESERCIZIO 2

Di una nuova linea ferroviaria sono forniti i dati tecnici di due convogli tipo, passeggeri e merci, che percorreranno la linea a diverse velocità.

Convoglio passeggeri tipo:

- locomotore elettrico veloce: $m = 89.000 \text{ kg}_m$, $W = 7.600 \text{ kW}$, $L = 18 \text{ m}$;
- n. 12 vagoni a pieno carico: $m_{vuoto} = 36.000 \text{ kg}_m$, capacità 100 persone (considerare 80 kg per persona), 2 carrelli, $L = 25 \text{ m}$;
- velocità massima sulla linea: 160 km/h

Convoglio merci tipo:

- locomotore elettrico merci: $m = 72.000 \text{ kg}_m$, $W = 3.600 \text{ kW}$, $L = 18 \text{ m}$;
- n. 35 carri a pieno carico: $m_{pieno \text{ carico}} = 40.000 \text{ kg}_m$, $L = 12,5 \text{ m}$;
- velocità massima sulla linea: 120 km/h

Con riferimento ai dati tecnici della Tabella 2, si richiede:

- il calcolo della massima pendenza superabile nei tratti in esterno e in galleria per il convoglio passeggeri;
- il numero di locomotori necessari per il convoglio merci tipo in grado di superare nei medesimi tratti in esterno e galleria la pendenza massima prima determinata.

Si tenga presente che per il calcolo della resistenza ordinaria nei tratti in galleria il coefficiente b indicato in Tabella 2 si raddoppia rispetto ai tratti in aperto.

Tabella 2

Tipo di veicolo	a [N/kN]	b
Locomotori elettrici veloci	2,5	0,0003
Locomotori elettrici merci	3,0	0,0005
Carri merci celeri (120 km/h)	2,5	0,0004
Carri merci misti	2,5	0,0005
Carri merci vuoti	2,5	0,0010
Vetture viaggiatori a 2 carrelli	2,5	0,00014

Determinare, infine, la capacità della linea per ciascuno dei due convogli in base ai seguenti dati:

- tempo di percezione e reazione t_R pari a 2 s;
- decelerazione a di 1 m/s^2 ;
- fattore di sicurezza k pari a 2;
- tre sezioni di blocco.

$$\dot{i}_{H_{SX \rightarrow DX}} = \frac{-3+2}{2} = -0,5$$

$$\dot{i}_{H_{DX \rightarrow SX}} = \frac{-2+3}{2} = 0,5$$

$$\Delta i = |i_f - i_i| = |2+3| = 5\%$$

ABACO 1 $D_A = 235 \text{ m}$

ABACO 4 $R_v = 6200 \text{ m}$

$$D_A = D_{PR} + D_{FR} = V(2,8 - 0,01V) + \frac{V^2}{2g \cdot [\phi_{rel}(V) \pm i]}$$

$$L = \frac{R_v \cdot \Delta i}{100} = 310 \text{ m} \quad T_v = 155 \text{ m}$$

$$y_v = \frac{L \cdot \Delta i}{800} = 1,9375 \text{ m}$$

VERIFICHE su R_v

$$R_v \geq 40 \text{ m} \quad \underline{\text{ok}}$$

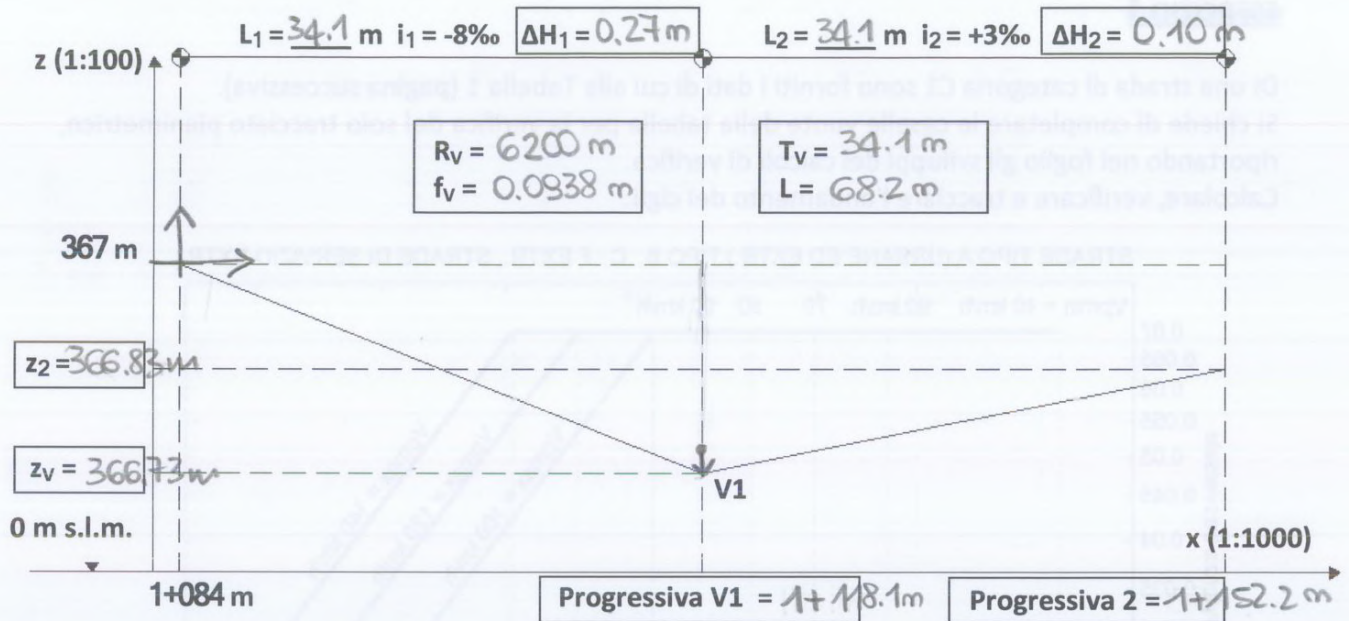
$$R_v \geq 0,129 \cdot V_p^2 = 1857,6 \quad \underline{\text{ok}}$$

$$D < L \quad \underline{\text{ok}}$$

$$y = \frac{i_2 - i_1}{200 \cdot L} \cdot X^2 + \frac{i_1}{100} \cdot X$$

ESERCIZIO 2

Di una linea ferroviaria con velocità di progetto massima pari a 200 km/h, calcolare il raccordo altimetrico ferroviario con calcolo delle tangenti, dello sviluppo e della freccia (distanza vertice e raccordo).



$$R \geq 2 \cdot \frac{V_p^2}{g} = 6172.84 \text{ m} \rightarrow R_v = 6200 \text{ m}$$

$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$

$$\Delta i = 3 + 8 = 11 \text{ ‰}$$

$$L = R_v \cdot \frac{\Delta i}{1000} = 6200 \cdot \frac{11}{1000} = 68.2 \text{ m}$$

$$T_v = \frac{L}{2} = 34.1 \text{ m}$$

$$f_v = \frac{L \cdot \Delta i}{8000} = 0.0938$$

$$L_1 = L_2 = T_v = 34.1 \text{ m}$$

$$y = \frac{1}{2 \cdot R_v} \cdot x^2$$

DOMANDA 3

Descrivere le caratteristiche del modello di guidatore che la normativa italiana definisce per la determinazione del diagramma delle velocità.

Si illustrino anche i vincoli dinamici e di visibilità che la normativa pone alla base delle verifiche dello stesso diagramma.

- SUI RETTIFILI, NELLE CURVE A RAGGIO COSTANTE ELEVATO e NELLE CURVE A RAGGIO VARIABILE IL GUIDATORE ADOTTA UNA VELOCITA' PARI ALLA $V_{p,max}$
- LE ACCELERAZIONI CONSEGUENTI ALL' USCITA DI UNA CURVA CIRCOLARE E LE DECELERAZIONI CONSEGUENTI ALL' INGRESSO CADONO AL DI FUORI DELLE STESE.
- $a_c = 0.8 \text{ m/s}^2$
- LA VELOCITA' E' COSTANTE LUNGO TUTTO LO SVILUPPO DELLE CURVE
- LE PENDENZE LONGITUDINALI NON INFLUENZANO LA VELOCITA'.

→ VINCOLI DINAMICI

STRADE di CATEGORIA A, B, C, Fextraurbane

$$V - V_c \leq 10 \text{ km/h}$$

$$V'_c - V''_c \leq 20 \text{ km/h} \text{ (meglio non superiore i } 15 \text{ km/h)}$$

STRADE di CATEGORIA D, E, Furbane

$$V - V_c \leq 5 \text{ km/h}$$

$$V'_c - V''_c \leq 20 \text{ km/h} \text{ (meglio non superiore i } 10 \text{ km/h)}$$

→ VINCOLI di VISIBILITA'

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

$$V = 91 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$20 : 0.02 = 9 : X \quad X = 0,009$$

$$\rightarrow \varphi_{0,t} = 0.119$$

$$V = \sqrt{340 \cdot 9.807 (0.07 + 0.119)} = 96 \frac{\text{km}}{\text{h}} !$$

$$D_{T_1} = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} = 91.63 \text{ m}$$

ELEMENTO 6 $R = 400 \text{ m}$

Tabella $V = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \varphi_{0,t} = 0.11$

$$V = \sqrt{R \cdot g (t \cdot g + \varphi_{0,t})} = 95.67$$

$$V = 95.67 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \varphi_{0,t} = 0.114$$

$$20 : 0.02 = 4.34 : X$$

$$V = 96.80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$V = 96.80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \varphi_{0,t} = 0.113$$

$$20 : 0.02 = 3.18 : X$$

$$V = 96.50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$