

Politecnico di Torino

**Fondamenti di
Infrastrutture Viarie
Relazione esercitazioni.**

Anno Accademico 2011/2012
Corso di Fondamenti di Infrastrutture Viarie
Professore: Marco Bassani
Esercitatore: Pier Paolo Riviera
Studente: Eleonora Magnotta
Matricola: 162010

ESERCITAZIONE 13 del 26 gennaio 2012

Esercizio 1

Sia data una strada di categoria C (60 ÷ 100 km/h). Si supponga la sede stradale delimitata lateralmente da barriere di sicurezza ed avente pendenza longitudinale del +2%.

Si individui il raggio planimetrico da utilizzare in grado di garantire la visibilità del ciglio interno nelle due condizioni sotto riportate, supponendo una velocità (desunta dal diagramma delle velocità) di 90 km/h:

- ✚ presenza di ostacolo sulla carreggiata;
- ✚ presenza di un veicolo che arriva in direzione opposta sulla stessa carreggiata.

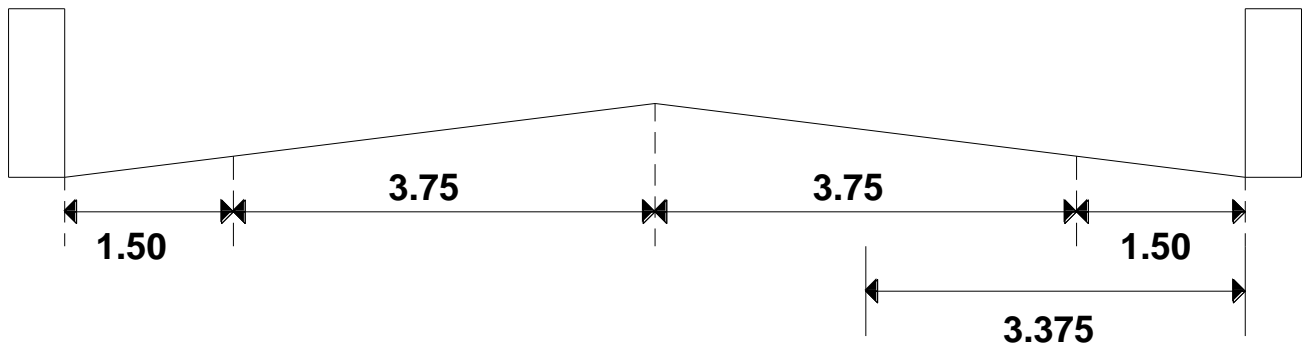


Figura 1: Sede stradale

Lungo un rettifilo e su livelletta la distanza di visibilità disponibile è lunga almeno quanto il rettifilo stesso. Limitazioni alla visibilità disponibile si incontrano nell'ingresso e lungo le curve (orizzontali e verticali). La visibilità deve essere garantita in curva per assicurare l'esistenza delle distanze di manovra che a seconda del tipo di strada considerato sono l'arresto, il sorpasso e il cambio di corsia.

Condizione di sicurezza: **arco PP' ≥ d**

Si utilizza in questo caso una verifica per via analitica, mediante la quale si utilizza la seguente relazione:

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

Distanza di arresto:

Velocità [km/h]	Pavimentazione asciutta	Pavimentazione bagnata
50	0,62	0,36
65	0,60	0,33
80	0,58	0,31
95	0,56	0,30
110	0,55	0,29

Coefficiente di aderenza longitudinale equivalente, f_e

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

$$= \frac{90}{3,6} \cdot (2,8 - 0,01 \cdot 90) + \frac{\left(\frac{90}{3,6}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot [0,30 + 0,02]} = 147,0 \text{ m}$$

La distanza da assumere come distanza in cui garantire la visuale è pertanto di 147,0 m.

Distanza di sorpasso:

$$d_s = 20 \cdot v = 20 \cdot \frac{90}{3,6} = 500 \text{ m}$$

La seconda condizione (sorpasso) richiede pertanto una distanza di visuale libera da garantire di 500,0 m.

La determinazione del raggio della corsia interna deve essere effettuata iterativamente, sino a quando non si giunge a convergenza con il valore di R (differenza tra due iterazioni consecutive inferiore ad 1 m), partendo con il raggio più favorevole, cioè il raggio minimo, che per una strada di categoria C è 118 m (dall'abaco delle Norme Tecniche):

$$118 \geq \frac{147}{2 \arccos\left(1 - \frac{1,50}{118}\right)} = 460,48 \text{ m}$$

Si ripete il calcolo inserendo il posto di 118 il nuovo valore del raggio ottenuto. Si ricavano così i seguenti risultati per la distanza di arresto:

R	R'
118	306,57
306,57	494,88
494,88	628,99
628,99	709,19
709,19	753,08
753,08	776,06
776,06	787,82
787,82	793,77
793,77	796,76
796,76	798,26

798,26	799,02
--------	--------

Per la distanza di sorpasso il procedimento è lo stesso, considerando d=500 m:

R	R'
118	1042,77
1042,77	3106,46
3106,46	5362,67
5362,67	7046,22
7046,22	8076,98
8076,98	8647,64
8647,64	8947,93
8947,93	9101,98
9101,98	9180
9180	9219,26
9219,26	9238,96
9238,96	9248,82
9248,82	9253,76
9253,76	9256,23
9256,23	9257,46
9257,46	9258,08

A questo punto si deve verificare se per il raggio minimo individuato la velocità di progetto sia congruente: è evidente che per un raggio dell'asse planimetrico pari a $R = (798 + 3.75/2) = 799,88$ m la velocità di progetto da considerare è di 100 km/h. A questo punto con un calcolo iterativo si dovrebbero ridefinire le distanze di visibilità e, conseguentemente, i nuovi raggi minimi secondo il processo prima indicato.

In alternativa, si deve spostare l'ostacolo alla visibilità di una quantità tale da rendere per la velocità di 90 km/h il raggio derivato dalla condizione di equilibrio, oppure dall'abaco delle Norme Tecniche:

VELOCITÀ [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
f_t (A, B, C, F_{extr})	-	0.21	0.17	0.13	0.11	0.10	0.09
f_t (D, E, F_{urb})	0.22	0.21	0.20	0.16	-	-	-

$$R_{min} = \frac{v_p^2}{g \cdot (q_{max} + f_{t,max})} = \frac{\left(\frac{90}{3,6}\right)^2}{9,81 \cdot (0,07 + 0,12)} = 339 \text{ m}$$

A questo punto è possibile calcolare Δ a partire dal raggio minimo ricavato:

$$339 - \frac{3,75}{2} = \frac{147}{2 \arccos \left(1 - \frac{\Delta_{arresto}}{339 - \frac{3,75}{2}} \right)}$$

Quindi: $\Delta_{arresto} = 7,98 \text{ m}$

$$339 - \frac{3,75}{2} = \frac{500}{2 \arccos \left(1 - \frac{\Delta_{sorpasso}}{339 - \frac{3,75}{2}} \right)}$$

Quindi: $\Delta_{sorpasso} = 88,52 \text{ m}$

Esercizio 2

Sia data la porzione di strada di categoria C (60 ÷ 100 km/h) riportata in **Figura 2**.

Si rappresenti il diagramma di visibilità disponibile e quelli necessari ai fini dell'arresto e del sorpasso. Si supponga una pendenza longitudinale nulla.

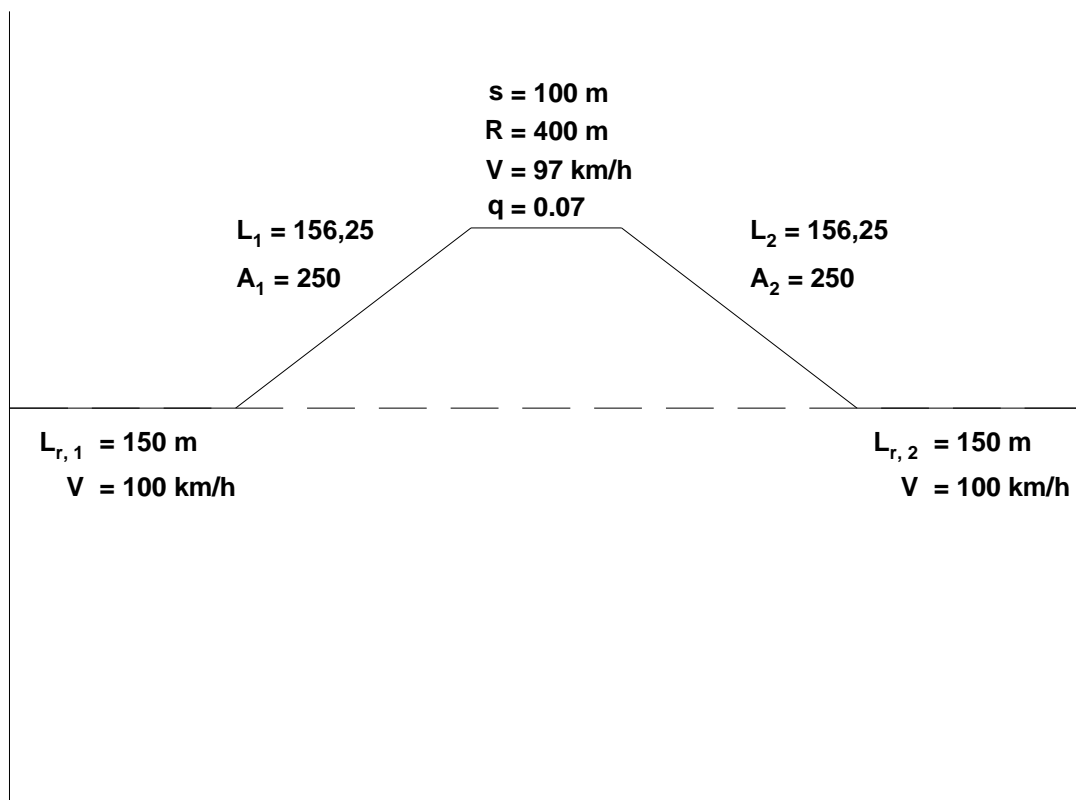


Figura 2: Porzione di strada

Risolvere il problema di visibilità sia incrementando Δ (utilizzando la relazione analitica) sia imponendo un limite di velocità al tratto in oggetto.

Risolvere il problema di visibilità sia incrementando Δ (utilizzando la relazione analitica) sia imponendo un limite di velocità al tratto in oggetto.

La prima operazione da fare è disegnare il tracciato planimetrico della corsia interna:

- Calcolo della deviazione τ :

$$\tau = \frac{A^2}{2 \cdot R^2} = \frac{250^2}{2 \cdot 400^2} = 0,195313 \text{ rad} = 12,433980^\circ$$

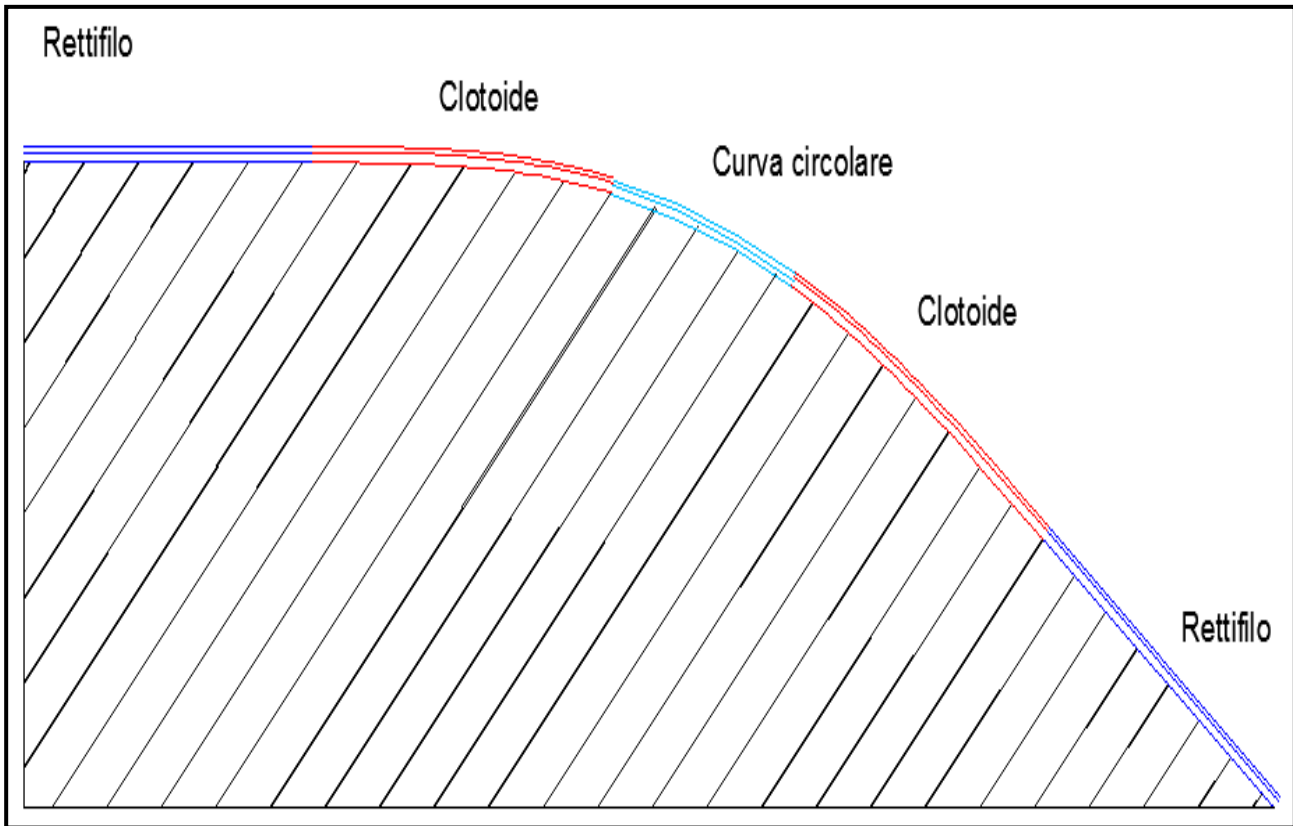
Si utilizza quindi la tabella della clotoide unitaria:

A	L	T	x	y	X _M	Y _M	ΔR
1	0,625	12,433980	0,622620	0,040790	0,312103	1,610159	0,010159
250	156,250	12,433980	155,66	10,20	78,03	402,54	2,54

Tracciamento per punti della clotoide:

	A=1			A=250		
punto	S _i	x _i	y _i	S _i	x _i	y _i
0	0	0,00000	0,00000	0	0	0
1	0,050	0,05000	0,00002	12,5	12,5	0,005
2	0,100	0,10000	0,00017	25	25	0,0425
3	0,150	0,15000	0,00056	37,5	37,5	0,14
4	0,200	0,19999	0,00133	50	49,9975	0,3325
5	0,250	0,24998	0,00260	62,5	62,495	0,65
6	0,300	0,29994	0,00450	75	74,985	1,125
7	0,325	0,32491	0,00572	81,25	81,2275	1,43
8	0,350	0,34987	0,00714	87,5	87,4675	1,785
9	0,375	0,37482	0,00879	93,75	93,705	2,1975
10	0,4	0,399744	0,010662	100	99,936	2,6655
11	0,425	0,424653	0,012787	106,25	106,1633	3,19675
12	0,45	0,449539	0,015176	112,5	112,3848	3,794
13	0,475	0,474396	0,017846	118,75	118,599	4,4615
14	0,5	0,499219	0,02081	125	124,8048	5,2025
15	0,525	0,524004	0,024084	131,25	131,001	6,021
16	0,55	0,548743	0,027684	137,5	137,1858	6,921
17	0,575	0,573431	0,031623	143,75	143,3578	7,90575
18	0,6	0,598059	0,035917	150	149,5148	8,97925

19	0,625	0,62262	0,040579	156,25	155,655	10,14475
----	-------	---------	----------	--------	---------	----------



Si suddivide lo sviluppo della strada in un certo numero di punti ottenuti distanziandoli di 30 metri l'uno dall'altro utilizzando delle circonferenze e trascurando la curvatura dei vari segmenti ottenuti con l'intersezione con le circonferenze stesse (per distanze pari a 30 metri ciò è possibile senza commettere errori rilevanti). Da ogni punto di sezionamento si traccia una retta tangente all'ostacolo fisso sino ad intercettare l'asse della corsia stessa. In questo caso si considera la presenza di una barriera di sicurezza che le norme vigenti stabiliscono si debba installare a filo della banchina (quindi a una distanza di 3,375 m dall'asse delle corsia e di 5,25 dall'asse di tracciamento della strada). La distanza di visuale disponibile si individua misurando la distanza curvilinea per via grafica attraverso il comando "LIST" di Autocad che restituisce a video numerose informazioni delle linee selezionate, tra cui proprio la lunghezza curvilinea. Per ogni punto di sezionamento si ottiene quindi la distanza di visibilità disponibile:

S	D disponibile
0	274

30	246,29
60	219,36
90	193,61
120	169,68
150	148,66
180	131,93
210	118,63
240	109,36
270	104,71
300	103,76
330	104,25
360	108,74
390	123,3
420	164,11

Distanza di arresto:

✚ rettifilo:

$$d_a = v \cdot (2,8 - 0,01 \cdot V) + \frac{v^2}{2g \cdot [f_s(v) \pm i]} = \frac{100}{3,6} \cdot (2,8 - 0,01 \cdot 100) + \frac{\left(\frac{100}{3,6}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot [0,297]}$$

$$= 182,41 \text{ m}$$

✚ curva:

$$d_a = v \cdot (2,8 - 0,01 \cdot V) + \frac{v^2}{2g \cdot [f_s(v) \pm i]} = \frac{97}{3,6} \cdot (2,8 - 0,01 \cdot 97) + \frac{\left(\frac{97}{3,6}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \cdot [0,298]}$$

$$= 173,48 \text{ m}$$

Distanza di sorpasso:

✚ rettifilo:

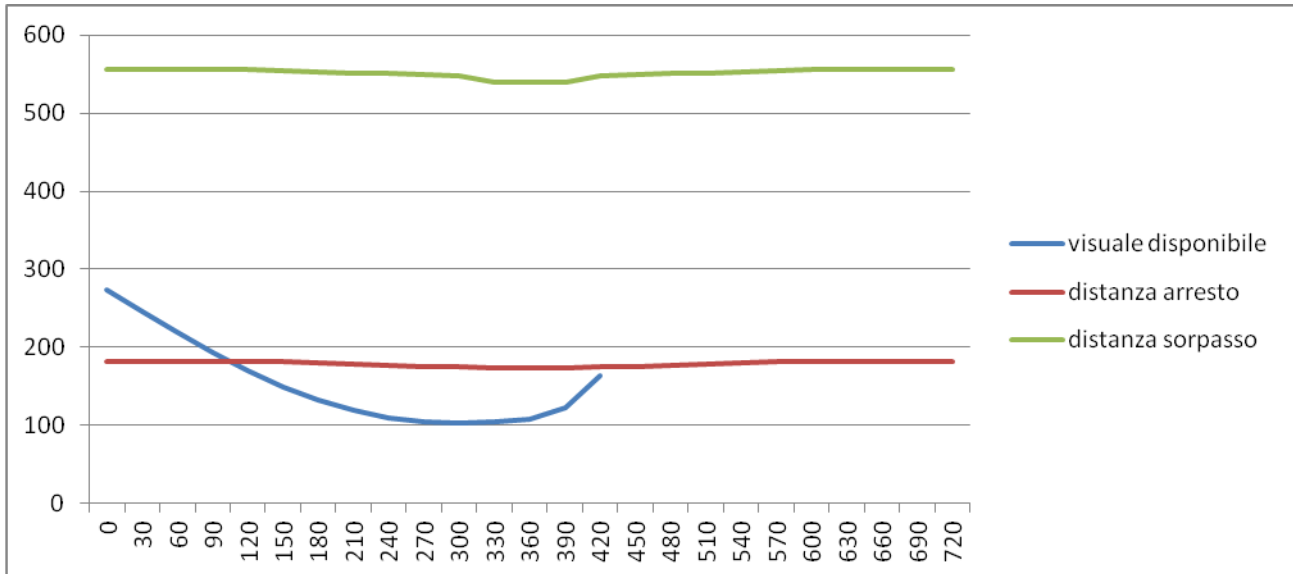
$$d_s = 20 \cdot v = 20 \cdot \frac{100}{3,6} = 555,55 \text{ m}$$

✚ curva:

$$d_s = 20 \cdot v = 20 \cdot \frac{97}{3,6} = 538,89 \text{ m}$$

S	D disponibile	D arresto	D sorpasso
0	274	182,41	555,55
30	246,29	182,41	555,55
60	219,36	182,41	555,55
90	193,61	182,41	555,55
120	169,68	182,41	555,55
150	148,66	181,13	554,27
180	131,93	179,86	553,00
210	118,63	178,58	551,72
240	109,36	177,31	550,45
270	104,71	176,03	549,17
300	103,76	174,76	547,90
330	104,25	173,48	538,89
360	108,74	173,48	538,89
390	123,3	173,48	538,89
420	164,11	174,76	547,90
450		176,03	549,17
480		177,31	550,45
510		178,58	551,72
540		179,86	553,00
570		181,13	554,27
600		182,41	555,55
630		182,41	555,55
660		182,41	555,55

690		182,41	555,55
720		182,41	555,55



La distanza di sorpasso non risulta verificata, ciò significa che in questo tratto deve essere impedita questa manovra già a partire dal rettifilo.

La distanza di arresto è verificata per un tratto ma non per l'intero sviluppo della curva. Le possibilità sono diverse:

- ✚ si può riprogettare la curva (ridefinizione di R);
- ✚ si può allargare la banchina (incremento di Δ);
- ✚ si deve adottare per il tratto considerato un limite di velocità (questa possibilità può essere assunta nel caso in cui si stia verificando/analizzando una curva esistente).

Si considera di allargare la banchina:

- ✚ Si considera la condizione di equilibrio per la velocità di 97 km/h:

VELOCITÀ [km/h]	25	40	60	80	100	120	140
$f_t (A, B, C, F_{extr})$	-	0.21	0.17	0.13	0.11	0.10	0.09
$f_t (D, E, F_{urb})$	0.22	0.21	0.20	0.16	-	-	-

$$R_{min} = \frac{v_p^2}{g \cdot (q_{max} + f_{t,max})} = \frac{\left(\frac{97}{3,6}\right)^2}{9,81 \cdot (0,07 + 0,113)} = 404,40 \text{ m}$$

A questo punto è possibile calcolare Δ a partire dal raggio minimo ricavato:

$$404,40 - \frac{3,75}{2} = \frac{173,48}{2 \arccos \left(1 - \frac{\Delta_{arresto}}{404,40 - \frac{3,75}{2}} \right)}$$

Quindi: $\Delta_{arresto} = 9,31 \text{ m}$

Si considera di imporre un limite di velocità in modo tale da accorciare la distanza di arresto:

Utilizzando la minima visuale disponibile (103,76 m) si calcola la velocità di arresto:

$$d_a = v \cdot (2,8 - 0,01 \cdot 3,6v) + \frac{v^2}{2g \cdot [f_s(v) \pm i]} = 103,76 \text{ m}$$

Velocità [km/h]	Pavimentazione asciutta	Pavimentazione bagnata
50	0,62	0,36
65	0,60	0,33
80	0,58	0,31
95	0,56	0,30
110	0,55	0,29

Coefficiente di aderenza longitudinale equivalente, f_e

Si ha quindi che:

$$v^2 \left(\frac{1}{2 \cdot 9,81 \cdot f_e} - 0,036 \right) + 2,8v - 103,76 = 0$$

Si risolve quest'equazione per via iterativa ipotizzando man mano un nuovo coefficiente di aderenza longitudinale equivalente:

$$v^2 \left(\frac{1}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,298} - 0,036 \right) + 2,8v - 103,76 = 0 \quad \text{da cui: } v = 19,22 \text{ m/s} \quad V = 69,2 \text{ km/h}$$

$$v^2 \left(\frac{1}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,323} - 0,036 \right) + 2,8v - 103,76 = 0 \quad \text{da cui: } v = 19,87 \text{ m/s} \quad V = 71,5 \text{ km/h}$$

$$v^2 \left(\frac{1}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,322} - 0,036 \right) + 2,8v - 103,76 = 0 \quad \text{da cui: } v = 19,85 \text{ m/s} \quad V = 71,4 \text{ km/h}$$

Risulta quindi efficace imporre un limite alla velocità di 70 km/h.