

93093 - RICOSTRUZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI M (Modulo 2)

Esercizi lancio balistico



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna

Dipartimento DICAM – Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali – www.dicam.unibo.it

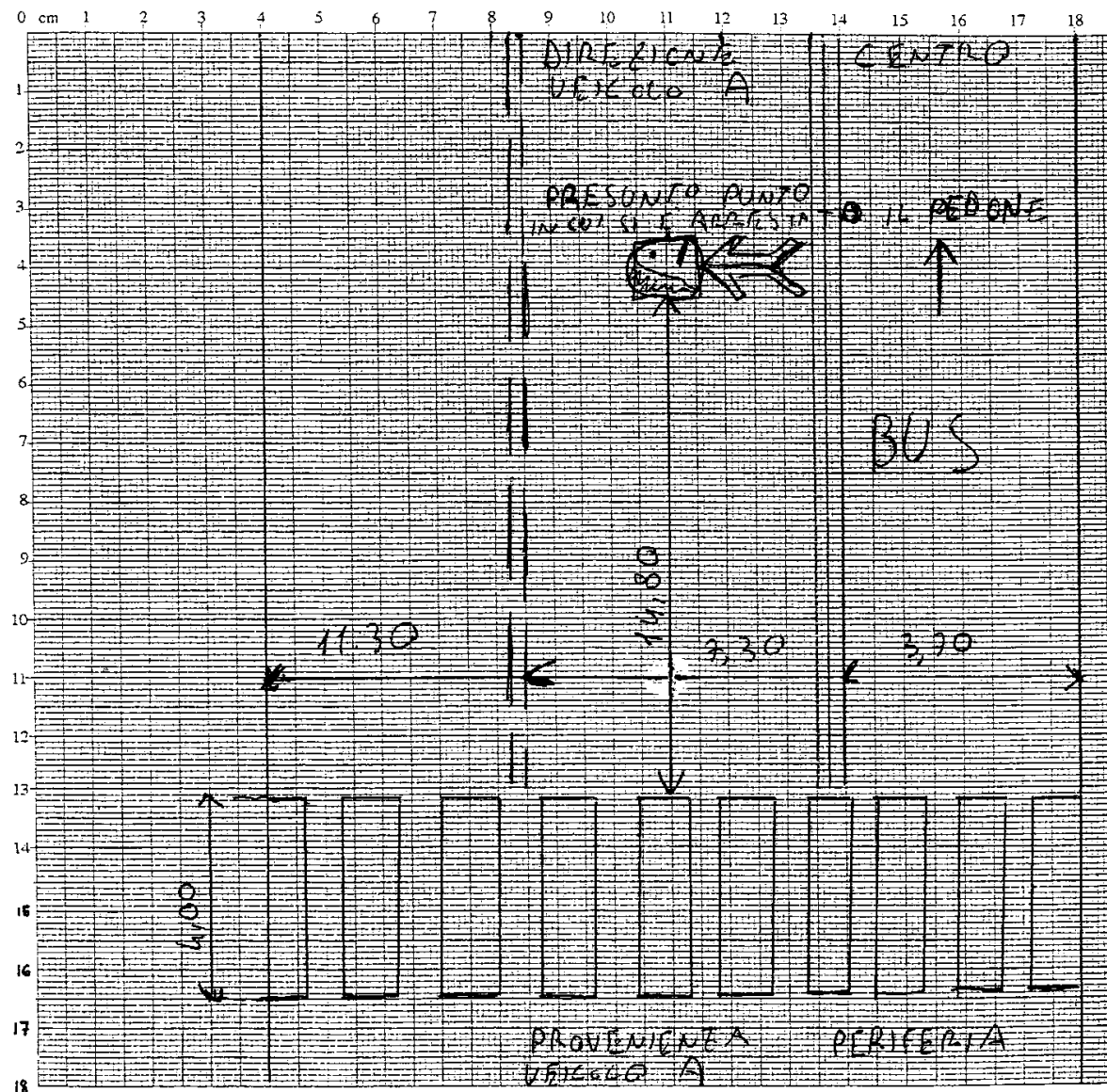


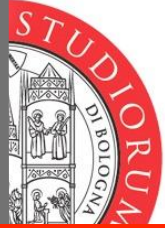
93093 - RICOSTRUZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI M (Modulo 2)





Esercizio 1: Schizzo planimetrico autorità intervenute (Polizia Municipale)

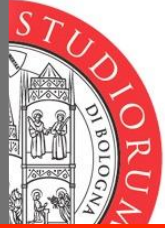




Fotografia Polizia Municipale



Veicolo A già rimosso dalla posizione di stasi finale post-urto. In figura si evidenzia l'area di proiezione del c



Fotografia Polizia Municipale





Fotografia Autovettura





Calcolo velocità

Metodo: J.A.Searle & A. Jearle			
$v_{min} = \sqrt{2 \times \mu \times g \times \frac{S}{1 + \mu^2}}$ $v_{max} = \sqrt{2 \times \mu \times g \times S}$			
Input			
S	15,5	m	Distanza totale
μ	0,66	m	Coefficiente di attrito
g	9,81	m/s ²	
Output			
v_{min}	11,8 43	m/s km/h	Velocità minima acquisita dal pedone
v_{max}	14,2 51	m/s km/h	Velocità massima acquisita dal pedone
Velocità del veicolo			
Input			
e	0,9		Efficienza di proiezione
$v_{imp,min}$	11,8	m/s	
$v_{imp,max}$	14,2	m/s	
Output			
$V_{imp,min}$	13,1 47	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo minima
$V_{imp,max}$	15,7 57	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo massima

Metodo: Evans & Smith			
$V_{imp} = \sqrt{\frac{S}{C_1} - C_2}$			
Input			
S	15,5	m	Distanza totale
C_1	0,078		
C_2	0		
Output			
V_{imp}	14,1 51	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo

Calcolo velocità

Metodo: Happer			
$V_{imp} = \sqrt{\frac{S}{k}}$			
Input			
S	15,5	m	Distanza totale
$k_{veicolo}$	0,084	Veicolo_alto	
$k_{persona}$	0,07	Adulto	
Output			
$V_{imp,k_altezza\ veicolo}$	13,6 49	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo
$V_{imp,k_tipo\ persona}$	14,9 54	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo

Metodo: Wood			
$V_{imp} = k \cdot \sqrt{S}$			
Input			
S	15,5	m	Distanza totale
k_{min}	8,77	Wrap_min	
k_{max}	13,76	Wrap_max	
Output			
$V_{imp,min}$	9,6 35	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo minima
$V_{imp,max}$	15,0 54	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo massima

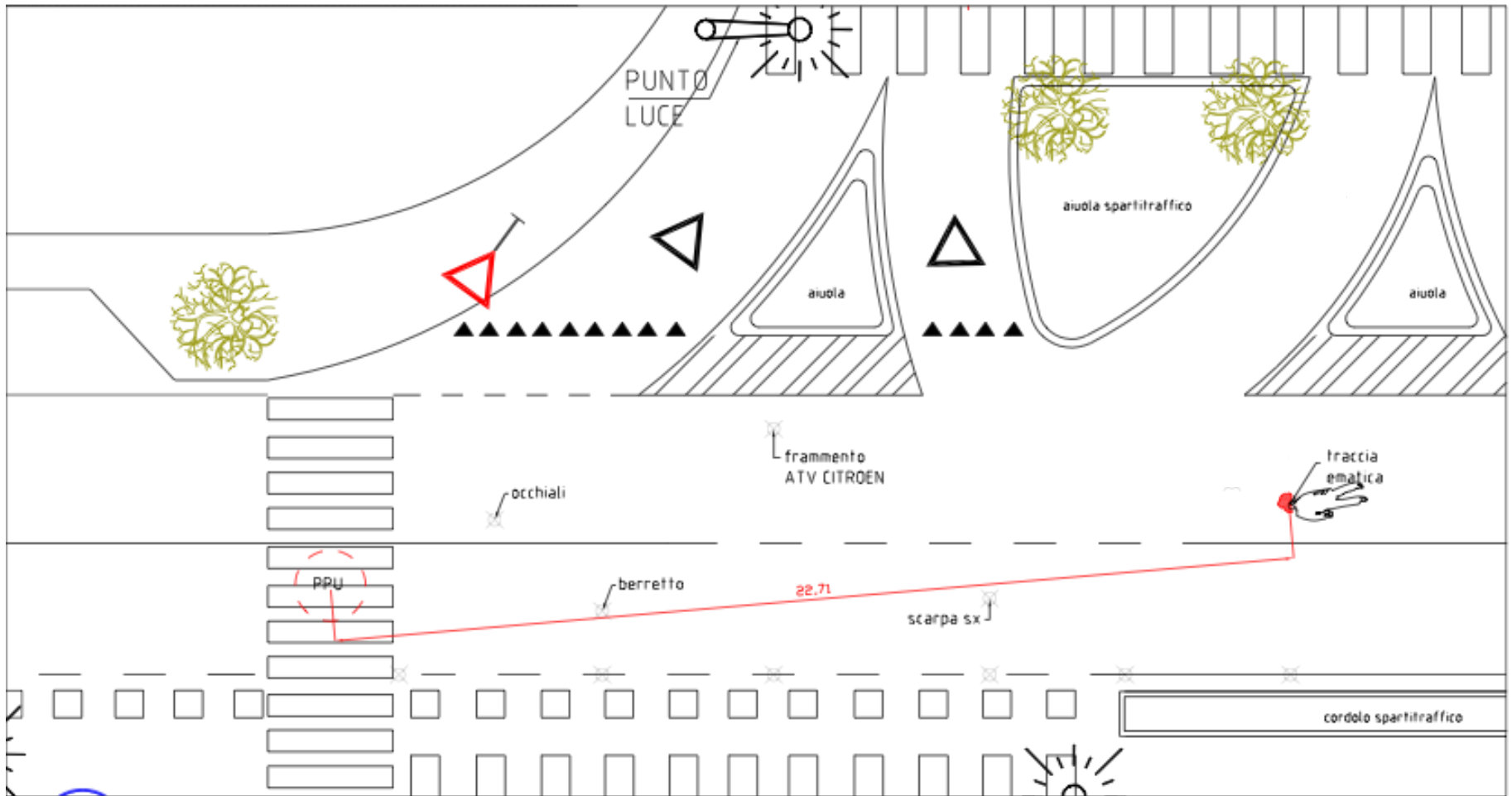
Metodo: Happer			
$V_{imp} = \sqrt{\frac{S}{C_1} - C_2}$			
Input			
S	15,5	m	Distanza totale
C_1	0,08		
C_2	0,72		
Output			
V_{imp}	13,2 48	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo

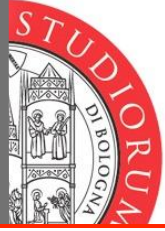
Esercizio 2



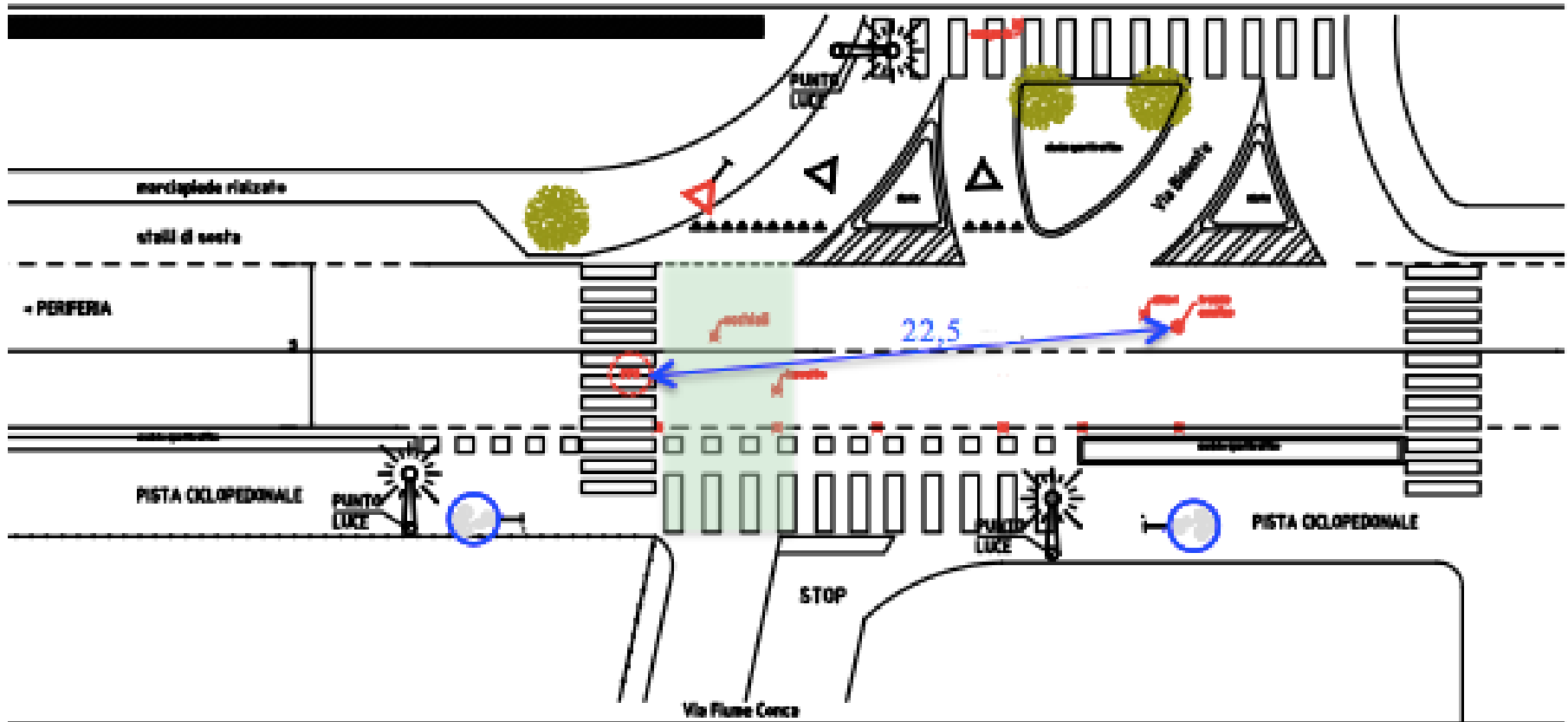


Planimetria luogo del sinistro





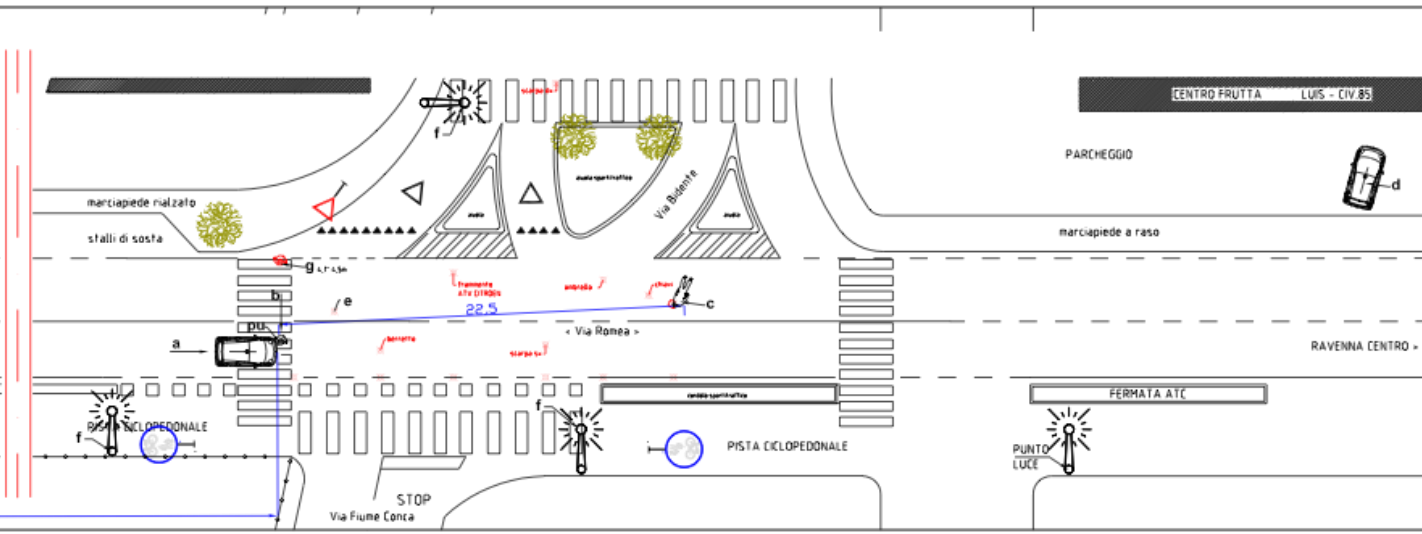
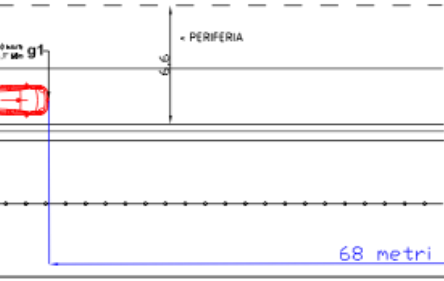
Esercizio: punto d'urto



Planimetria totale

- LEGENDA**
- a) Direzione di marcia dell'autovettura CITROEN;
 - b) Direzione del pedone;
 - pu) Il punto d'urto;
 - c) Posizione di quiete del pedone;
 - d) Posizione indicativa finale dell'autovettura CITROEN desunta dal fascicolo fotografico delle autorità intervenute nell'immediatezza dei fatti;
 - e) Posizione a terra degli occhiali del pedone in prossimità del pu;
 - f) I diversi punti luce presenti sul campo del sinistro;
 - g) Posizione del pedone al momento dell'immissione sulla carreggiata, a 4,5 metri dal pu e a 4,1 sec. dallo stesso;
 - gi) Corrispondente posizione dell'autovettura CITROEN, che alla velocità di 60 km/h si trovava a 68 metri dal pu.

SCALA 1:100

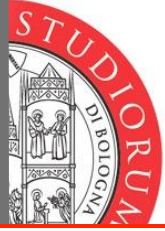


Esercizio 4: autovettura danneggiata



Esercizio 4: autovettura danneggiata





Esercizio 4: luogo del sinistro

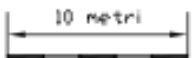
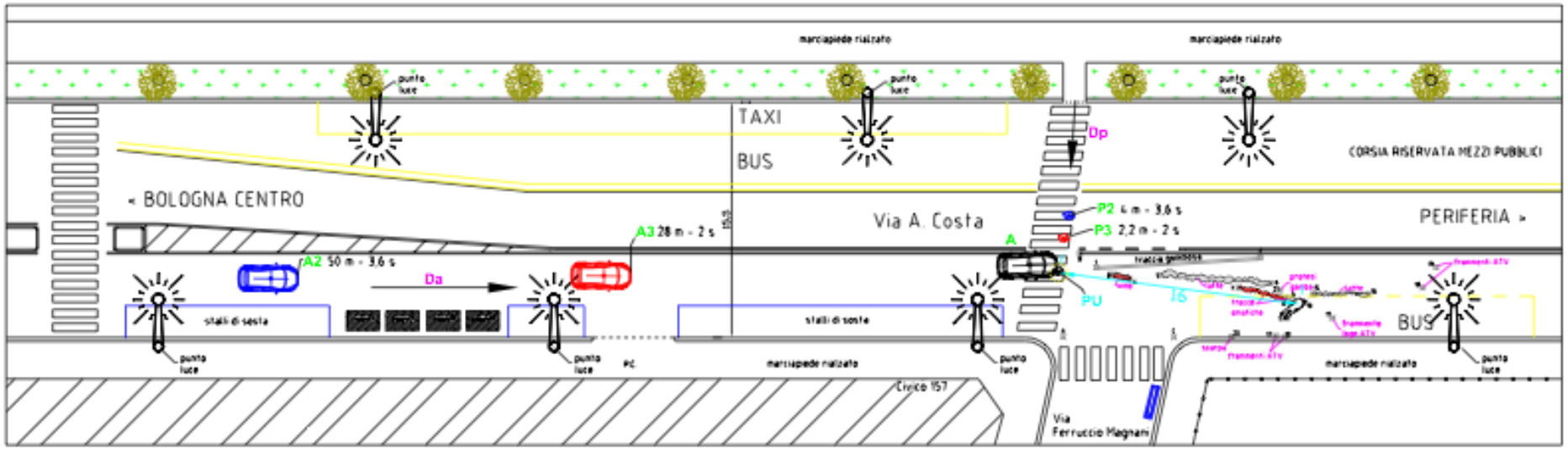




Esercizio 4: Foto scattata dalle autorità



Esercizio 4: Planimetria





Esercizio: soluzione

Spazio post-urto percorso dal corpo 16 m
Coefficiente d'attrito corpo-suolo (μ) : 0,66 asfalto, 0,79 erba
g 9,81 m/s²

OUTPUT

1) SEARLE

Velocità massima 14,4 m/s
Velocità minima 12,0 m/s

51,8 km/h
43,2 km/h

2) EVANS SMITH

c1 0,078 s²/m
c2 0 m/s

Velocità 14,3 m/s

51,6 km/h

3) HAPPER

c1 0,08 s²/m
c2 0,72 m/s

Velocità 13,4 m/s

48,2 km/h

4) APPEL

velocità
Auto con profilo alto 13,8 m/s
Auto con profilo basso 15,7 m/s
Adulto 15,1 m/s
Bambino 13,5 m/s

49,7 km/h
56,5 km/h
54,4 km/h
48,5 km/h

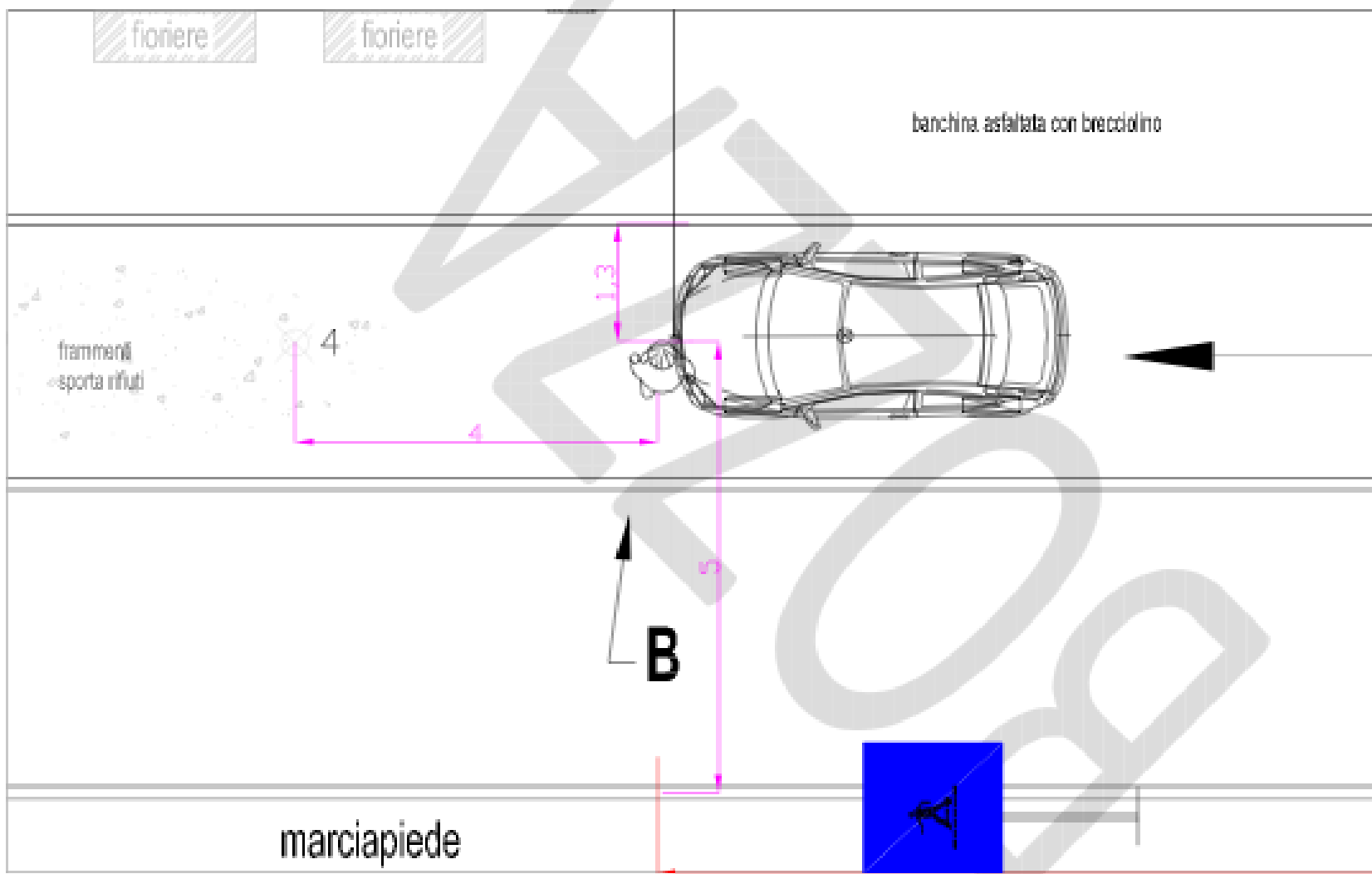


Esercizio 4: Filmato



Esercizio 5: Autovettura



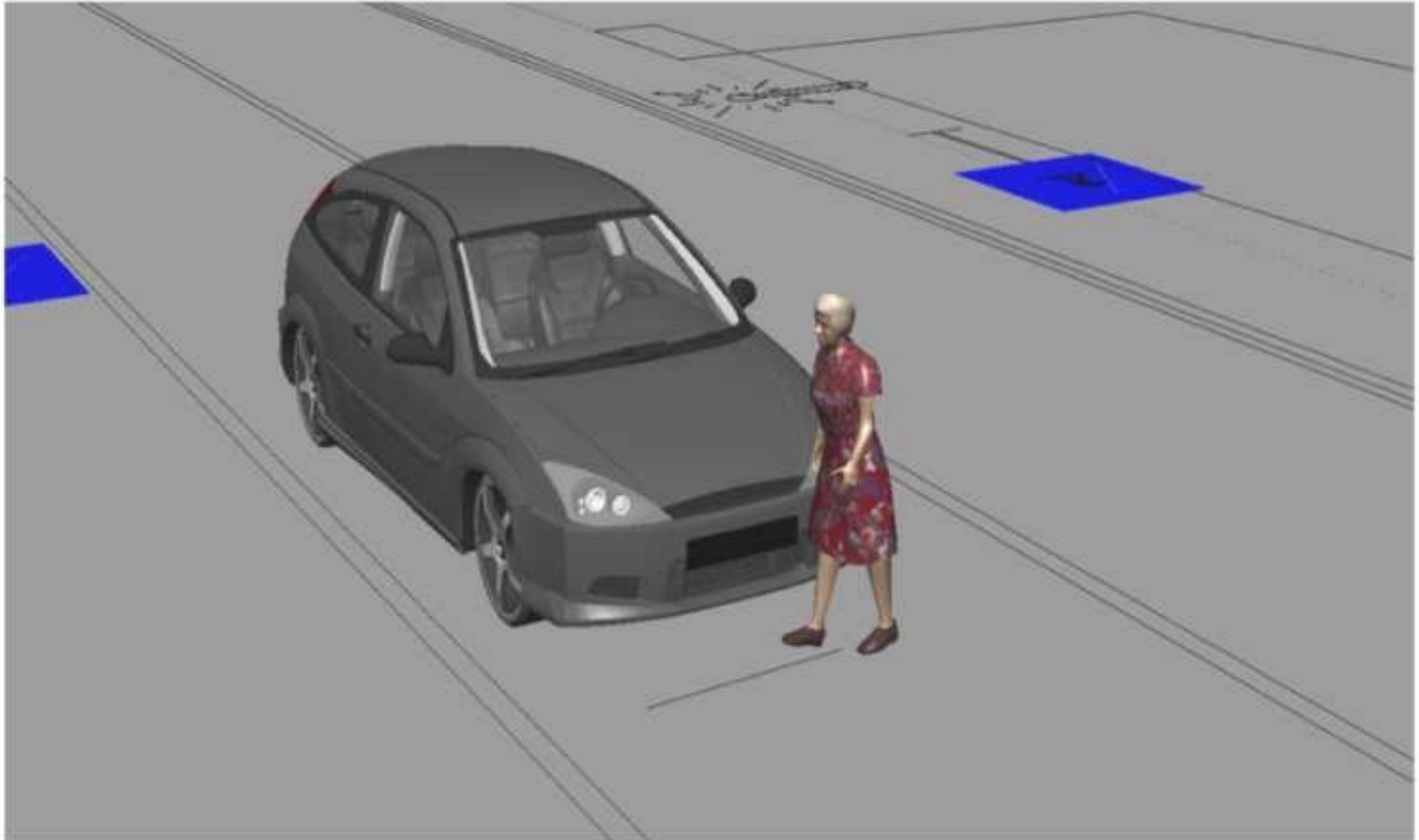


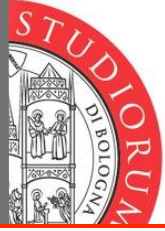


Esercizio 5: punto d'urto



Esercizio 5: Assetto d'urto

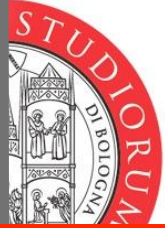




Esercizio 5: visibilità



Esercizio 5: calcolo velocità



Metodo: J.A.Searle & A. Jearle			
$v_{min} = \sqrt{2 \times \mu \times g \times \frac{S}{1 + \mu^2}}$ $v_{max} = \sqrt{2 \times \mu \times g \times S}$			
Input			
S	26	m	Distanza totale
μ	0,66	m	Coefficiente di attrito
g	9,81	m/s ²	
Output			
v_{min}	15,3 55	m/s km/h	Velocità minima acquisita dal pedone
v_{max}	18,3 66	m/s km/h	Velocità massima acquisita dal pedone
Velocità del veicolo			
Input			
e	0,9		Efficienza di proiezione
$v_{imp,min}$	15,3	m/s	
$v_{imp,max}$	18,3	m/s	
Output			
$v_{imp,min}$	17,0 61	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo minima
$v_{imp,max}$	20,4 73	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo massima

Metodo: Evans & Smith			
$v_{imp} = \sqrt{\frac{S}{C_1} - C_2}$			
Input			
S	26	m	Distanza totale
C_1	0,078		
C_2	0		
Output			
v_{imp}	18,3 66	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo



Esercizio 5: calcolo velocità

Metodo: Happer			
$V_{imp} = \sqrt{\frac{S}{k}}$			
Input			
S	26	m	Distanza totale
$k_{veicolo}$	0,084	Veicolo_alto	
$k_{persona}$	0,07	Adulto	
Output			
$V_{imp,k_altezza\ veicolo}$	17,6 63	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo
$V_{imp,k_tipo\ persona}$	19,3 69	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo

Metodo: Wood			
$V_{imp} = k \cdot \sqrt{S}$			
Input			
S	26	m	Distanza totale
k_{min}	8,77	Wrap_min	
k_{max}	13,76	Wrap_max	
Output			
$V_{imp,min}$	12,4 45	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo minima
$V_{imp,max}$	19,5 70	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo massima

Metodo: Happer			
$V_{imp} = \sqrt{\frac{S}{C_1} - C_2}$			
Input			
S	26	m	Distanza totale
C_1	0,08		
C_2	0,72		
Output			
V_{imp}	17,3 62	m/s km/h	Velocità di impatto del veicolo



Esercizio 6: Moto uniformemente decelerato

Un'automobile viaggia a 90km/h . Se l'automobile rallenta con una decelerazione di $2,5\text{ m/s}^2$, quanto tempo impiega per fermarsi ? Quando è lungo lo spazio di frenata ?

Soluzione

La velocità iniziale è: $v_0 = 90\text{ km/h} = 90 \times 1000\text{ m} / 3600\text{ s} = 25\text{ m/s}$

La velocità finale è: $v = 0$.

Dalla relazione $v = v_0 + a \cdot t$ si ricava il tempo $t = (v - v_0) / a = (0 - 25) / (-2,5) = 10\text{ s}$

Lo spazio percorso è:

$S = v_0 \cdot t + 1/2 \times a \times t^2 = 25\text{ m/s} \times 10\text{ s} + 1/2 \times (-2,5)\text{ m/s}^2 \times (10\text{ s})^2 = 125\text{m}$.



Esercizio 7: Moto uniformemente decelerato

Un'automobile viaggia a 50 *km/h*. Se l'automobile rallenta con una decelerazione di 6,5 *m/s*², quanto tempo impiega per raggiungere i 30 *km/h* ?

Soluzione

La velocità iniziale è: $v_0 = 50 \text{ km/h} = 50 \times 1000 \text{ m} / 3600 \text{ s} = 13,9 \text{ m/s}$

La velocità finale è: $v = 30 \text{ km/h} = 8,3 \text{ m/s}$.

Dalla relazione $v = v_0 + a \cdot t$

si ricava il tempo $t = (v_{\text{finale}} - v_{\text{iniziale}}) / a =$

$(8,3 - 13,9) / (-6,5) = 0,86 \text{ s}$





Esercizio 8

Esercizio:

Una si arresta imprimendo a terra una traccia gommosa dim. Calcolare:

- la velocità imperturbata del veicolo;
- lo spazio percorso durante la fase di frenata non tracciante;
- la velocità del veicolo quando sopraggiunge la frenata di massima efficienza;

Sportiva

✓ $d_m = 0,79 \text{ g} - 0,88 \text{ g}$

✓ $t_t' = 0,08 \text{ s} - 0,17 \text{ s}$

Utilitaria

✓ $d_m = 0,65 \text{ g} - 0,85 \text{ g}$

✓ $t_t' = 0,19 \text{ s} - 0,34 \text{ s}$

Segmento medio

✓ $d_m = 0,79 \text{ g} - 0,89 \text{ g}$

✓ $t_t' = 0,13 \text{ s} - 0,25 \text{ s}$

Superfici non asfaltate

✓ $d_m = 0,51 \text{ g} - 0,75 \text{ g}$

✓ $t_t' = 0,12 \text{ s} - 0,30 \text{ s}$

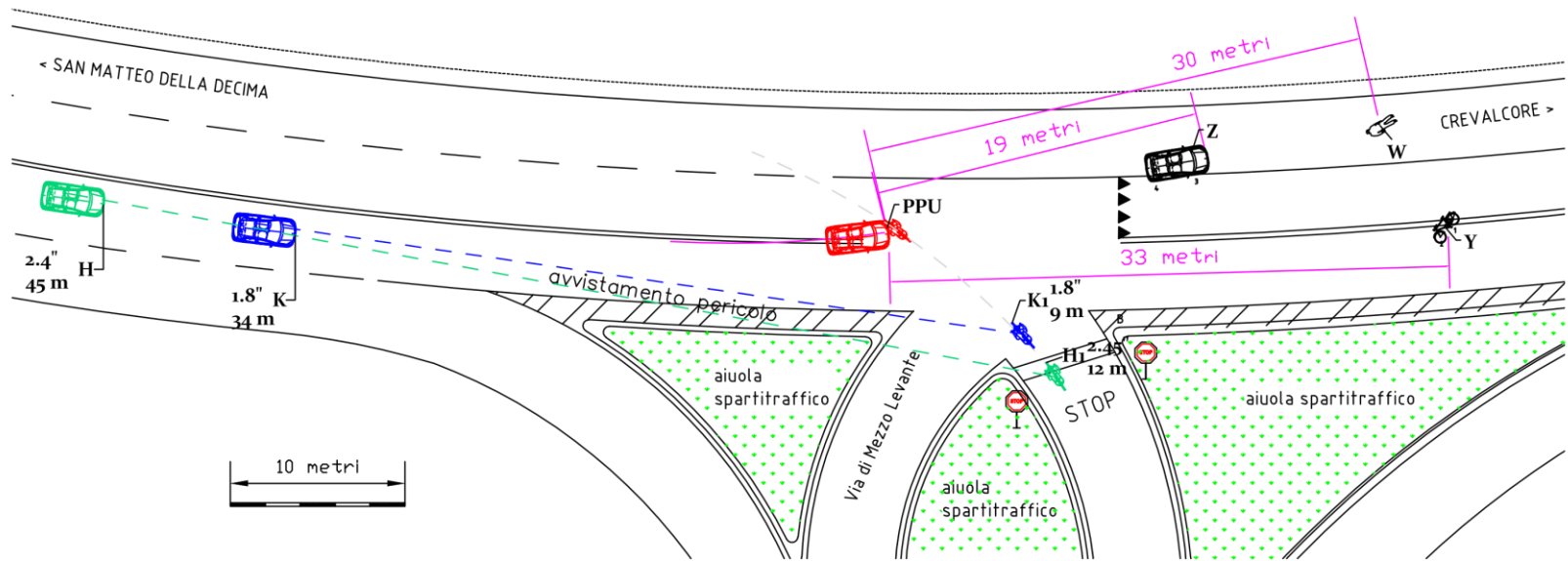
Esercizio 9

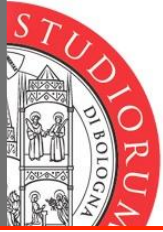


Esercizio 9



Esercizio 9





Esercizio 9

Gap **30 m**
Coefficient of friction, (μ): 0,66 asphalt 0,79 grass **0,66**
g **9,81 m/s²**

OUTPUT

1) SEARLE

V crash max 19,7 m/s
V crash min 16,4 m/s

71,0 km/h
59,2 km/h

2) EVANS SMITH

c1 0,078 s²/m
c2 0 m/s

V crash = 19,6 m/s

70,6 km/h

3) HAPPER

c1 0,08 s²/m
c2 0,72 m/s

V crash = 18,6 m/s

67,0 km/h

4) APPEL

V crash =

Cars with high profile 18,9 m/s
Cars with low profile 21,5 m/s
Adult 20,7 m/s
Child 18,5 m/s

68,0 km/h
77,3 km/h
74,5 km/h
66,5 km/h



PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI TRASPORTO

Esercizi lancio balistico



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna

Dipartimento DICAM – Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali – www.dicam.unibo.it