



Ricostruzione degli incidenti stradali

utilizzando il software PC-Crash

Sommario

- Ricostruzione di un sinistro
- Metodologie
 - Le ricostruzioni «a ritroso»
 - Le ricostruzioni «in avanti»
- PC-Crash: panoramica e modelli
- Esempi pratici di applicazione del modello

Ricostruzione di un sinistro stradale

Descrizione del problema e obiettivi

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto obliquo fra autovetture

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto contro barriera

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto contro guard-rail

Ricostruzione di un sinistro stradale

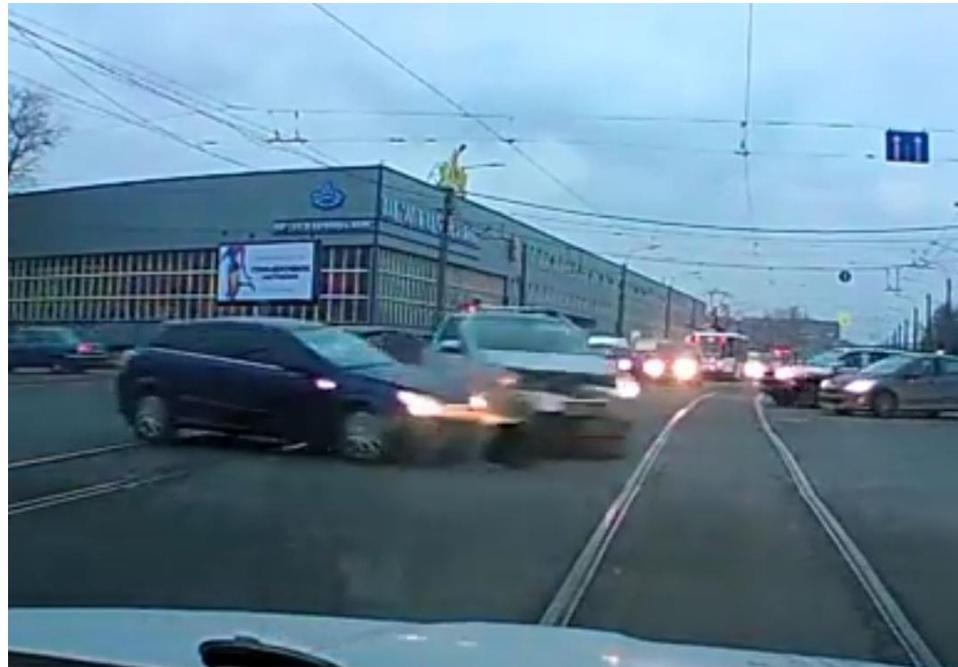
- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto contro palizzata

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto con autoveicoli in direzioni ortogonali

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Motrice più rimorchio in derapata

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Tamponamento: i conducenti effettuano manovre dopo la collisione

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto con camion e autoveicoli coinvolti

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto con tre veicoli coinvolti

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto di strisciamento in sorpasso

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto auto moto con motociclo in normale assetto

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto auto moto di strisciamento in sorpasso

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto laterale auto moto

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto frontale con moto in sbandata

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto scooter contro auto in fase di sterzata

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Scooter urta biciclo

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Motociclo scivola

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto camion moto con trascinamento

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Investimento pieno del pedone

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Investimento di pedone a terra

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Pedone urtato di «striscio»

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Sbandata e ribaltamento

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Sbandata e ribaltamento

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Urto contro escavatore

Ricostruzione di un sinistro stradale

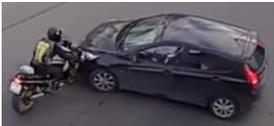
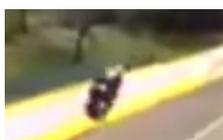
- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale



Rimorchio urta nel ponte

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Esistono infiniti «tipi» di incidente stradale

<p>Auto-Auto</p> 	<p>Auto-Moto</p> 	<p>Auto-Pedone</p> 	<p>Auto-Biciclo</p> 
<p>Moto-Moto</p> 	<p>Moto-Pedone</p> 	<p>Moto-Biciclo</p> 	<p>Moto-barriera</p> 
<p>Più veicoli</p> 	<p>Guard-rail</p> 	<p>Barriera fissa</p> 	<p>Sbandata</p> 
<p>Ribaltamento</p> 	<p>Mezzo pesante</p> 	<p>Incendio</p> 	<p>Auto-Palo</p> 

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Descrizione generale – Fasi del sinistro

Ricostruzione di un sinistro stradale

• Descrizione generale – Fasi del sinistro

Fase
pre-urto

- Sterzata, frenata, accelerazione
- Sbandata, ribaltamento, caduta al suolo

Ricostruzione di un sinistro stradale

• Descrizione generale – Fasi del sinistro

Fase pre-urto

- Sterzata, frenata, accelerazione
- Sbandata, ribaltamento, caduta al suolo

Fase d'urto

- Avvicendamento, impatto
- Deformazione
- Separazione

Ricostruzione di un sinistro stradale

• Descrizione generale – Fasi del sinistro

Fase pre-urto

- Sterzata, frenata, accelerazione
- Sbandata, ribaltamento, caduta al suolo

Fase d'urto

- Avvicendamento, impatto
- Deformazione
- Separazione

Fase post-urto

- Moto aberrante dei mezzi
- Trascinamento
- Sterzata, frenata accelerazione, caduta al suolo
-

Ricostruzione di un sinistro stradale

• Descrizione generale – Fasi del sinistro

Fase pre-urto

- Sterzata, frenata, accelerazione
- Sbandata, ribaltamento, caduta al suolo

Fase d'urto

- Avvicendamento, impatto
- Deformazione
- Separazione

Fase post-urto

- Moto aberrante dei mezzi
- Trascinamento
- Sterzata, frenata accelerazione, caduta al suolo
- **Eventuali collisioni secondarie**

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Ruolo del ricostruttore

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Ruolo del ricostruttore

Fornire informazioni sulle varie fasi del sinistro. Es:

- 1. Fase pre-urto:**
 - Velocità prima dell'urto
 - Condotte di guida e responsabilità
- 2. Fase d'urto:**
 - Modalità di collisione
 - Cambio di velocità, accelerazioni
 - Punto d'urto sul piano viabile
- 3. Fase post-urto:**
 - Velocità dopo l'urto
 - Evoluzione dei mezzi dopo l'urto

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Attività del ricostruttore

Ricostruzione di un sinistro stradale

- Attività del ricostruttore



**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modelli

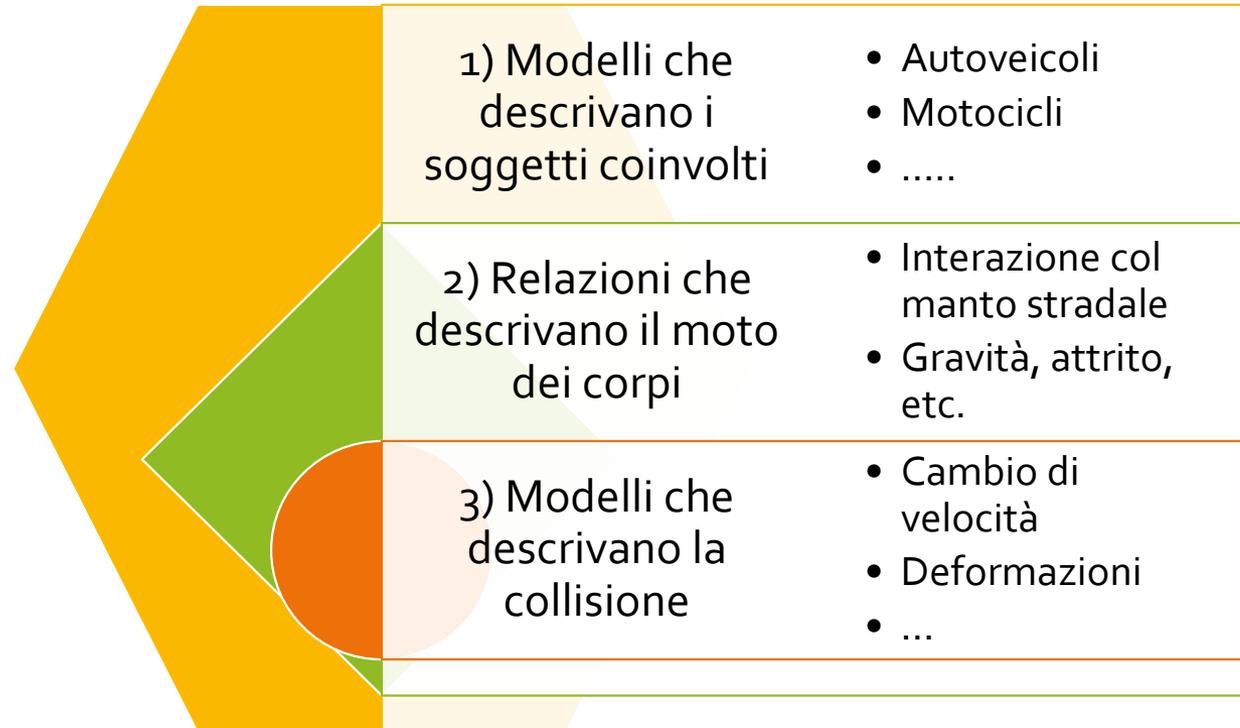
per descrivere la realtà fisica

Modelli fisici e matematici

- Come fornire informazioni quantitative?

Modelli fisici e matematici

- Come fornire informazioni quantitative?



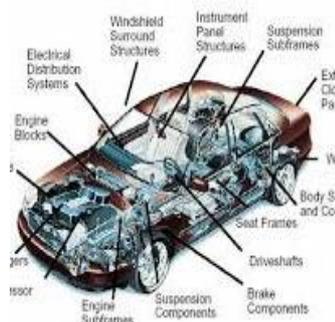
Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti

1) Modelli che descrivano i soggetti coinvolti	<ul style="list-style-type: none"> • Autoveicoli • Motocicli •
2) Relazioni che descrivano il moto dei corpi	<ul style="list-style-type: none"> • Interazione col manto stradale • Gravità, attrito, etc.
3) Modelli che descrivano la collisione	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio di velocità • Deformazioni • ...

Autoveicolo



→ Punto

→ Rettangolo

→ Parallelepipedo

→ FEM



Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Motociclo



→ Punto

→ Rettangolo

→ Parallelepipedo



Multibody



Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti

1) Modelli che descrivano i soggetti coinvolti	<ul style="list-style-type: none"> Autoveicoli Motocicli
2) Relazioni che descrivano il moto dei corpi	<ul style="list-style-type: none"> Interazione col manto stradale Gravità, attrito, etc.
3) Modelli che descrivano la collisione	<ul style="list-style-type: none"> Cambio di velocità Deformazioni ...

Pedone



→ Punto

→ Linea

→ Parallelepipedo

↘
Multibody



Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Quantità di moto (Q)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Energia Cinetica (E_c)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Momento angolare (L)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Energia rotazione (E_R)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Centro di massa (CG)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Attrito dinamico (μ_D)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

1. Modelli che descrivano i soggetti coinvolti



Grandezze fisiche

A ciascun corpo coinvolto nel sinistro devono essere associate delle grandezze fisiche, quantificabili in termini numerici, e che possano descrivere la dinamica del sinistro

Attrito statico (μ_s)

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

2. Descrizione del moto dei corpi

- Calcolo dell'energia dissipata durante gli spostamenti
- Analisi delle traiettorie



Modelli fisici e matematici

- Come fornire informazioni quantitative?

- 2. Descrizione del moto dei corpi

- Calcolo dell'energia dissipata durante gli spostamenti
- Analisi delle traiettorie



Analisi «cinematica»

Analisi «cinetica»

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

3. Modelli di collisione

- Calcolo del cambio di velocità durante la collisione (Δv)
- Energia dissipata per produrre le deformazioni ai veicoli (E_D)
- Durata della collisione, accelerazioni, estensione delle deformazioni, ...



Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

3. Modelli di collisione

- Calcolo del cambio di velocità durante la collisione (Δv)
- Energia dissipata per produrre le deformazioni ai veicoli (E_D)
- Durata della collisione, accelerazioni, estensione delle deformazioni, ...



Modelli fisici e matematici

• Come fornire informazioni quantitative?

3. Modelli di collisione

- Calcolo del cambio di velocità durante la collisione (Δv)
- Energia dissipata per produrre le deformazioni ai veicoli (E_D)
- Durata della collisione, accelerazioni, estensione delle deformazioni, ...



Modelli «impulsivi»

Modelli «dinamici»

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Metodologie

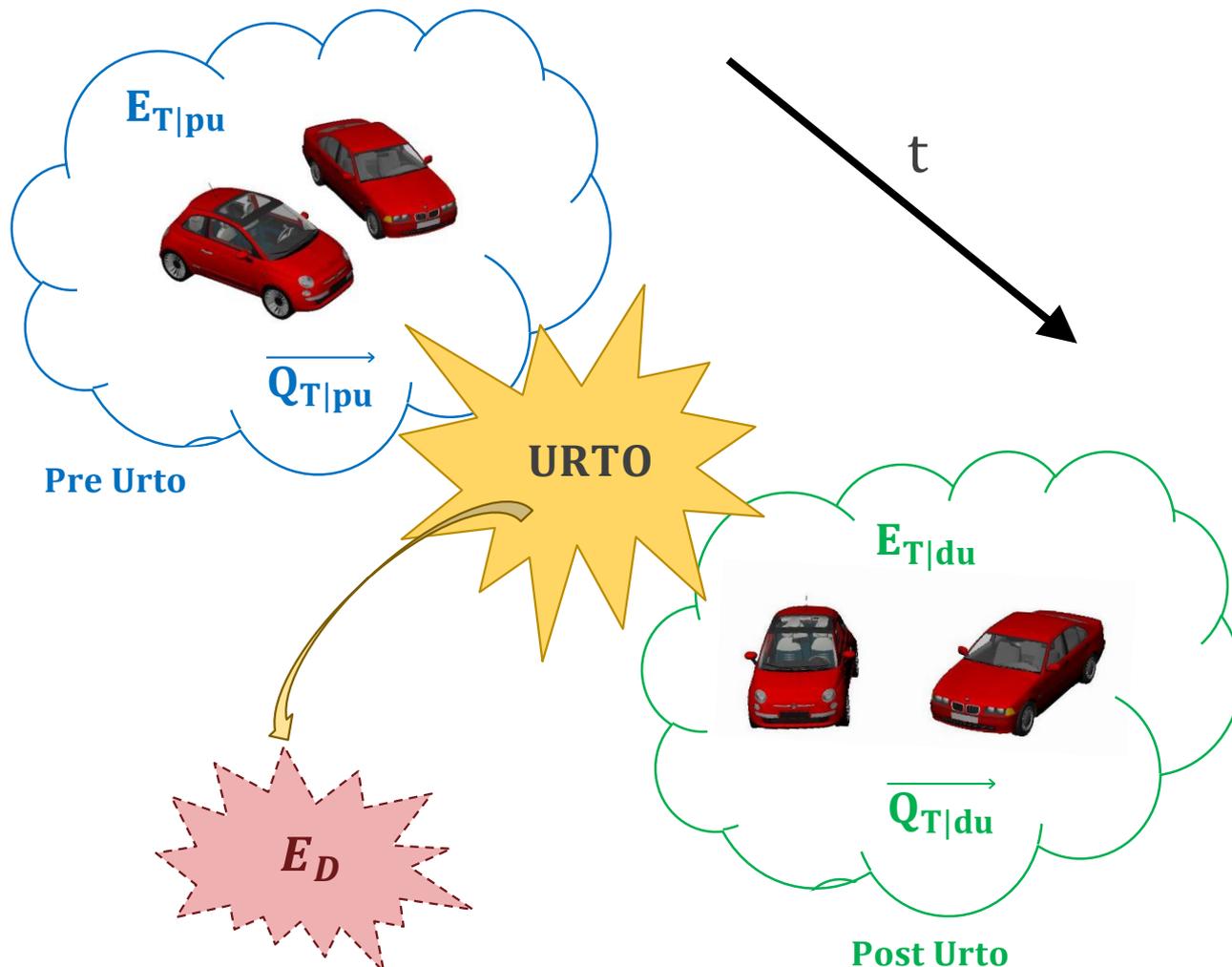
Approcci «a ritroso» e «in avanti» per la ricostruzione delle collisioni tra autoveicoli

Descrizione del sistema veicoli

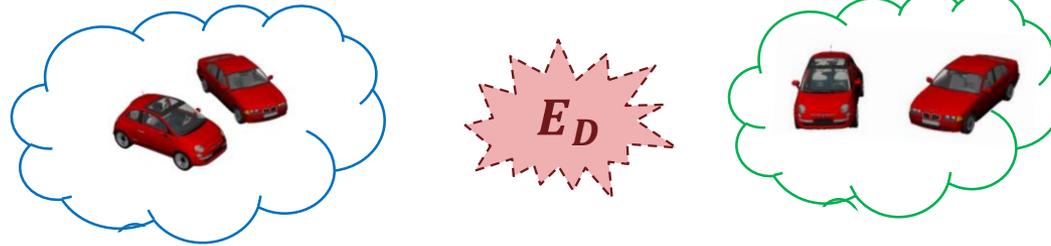
- Stato prima e dopo l'urto

Descrizione del sistema veicoli

- Stato prima e dopo l'urto



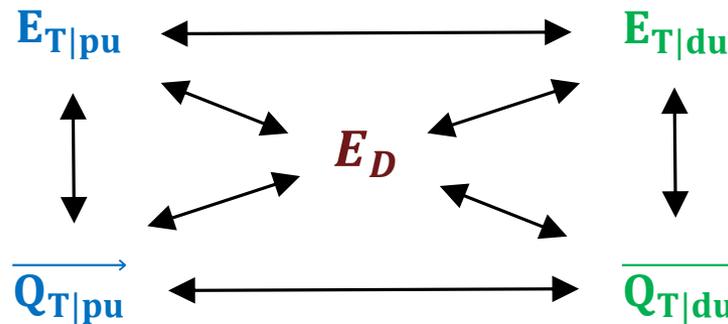
- Stato prima e dopo l'urto



Descrizione del sistema veicoli

Obiettivo della ricostruzione

Ricavare le varie grandezze e le relazione tra loro:



Approcci alla ricostruzione

- Approcci alla ricostruzione

Analisi «a ritroso»

Analisi «in avanti»

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Ricostruzioni «a ritroso»

- Negli approcci classici (a ritroso) la ricostruzione di un sinistro stradale è affrontata utilizzando lo schema:

Individuazione dei dati di ingresso: direzioni pre-urto/ E_D

Identificazione di un probabile punto d'urto

Calcolo della velocità post-urto (veicolo come punto materiale)

Calcolo della velocità **pre-urto**
Conservazione e QM / bilancio energetico (modello impulsivo semplificato)

Ricostruzioni «a ritroso»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Planimetria e direzioni pre-urto (freccie)



Ricostruzioni «a ritroso»

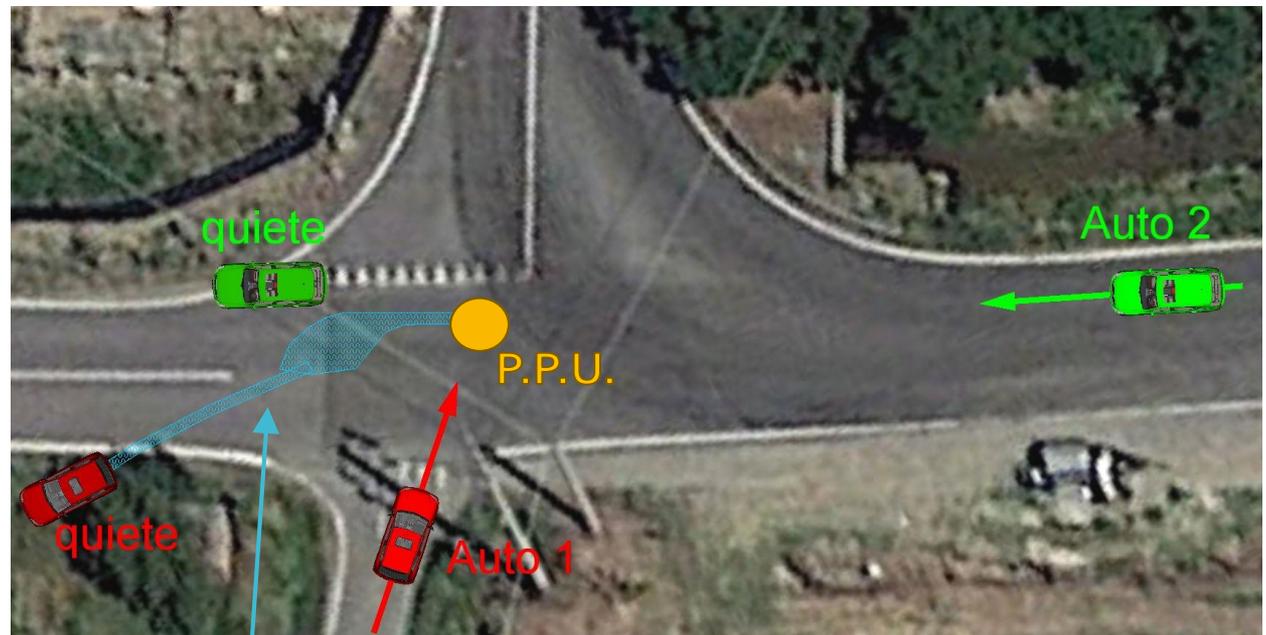
- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Individuazione PPU in base alle tracce



Liquido radiatore
veicolo 1

Ricostruzioni «a ritroso»

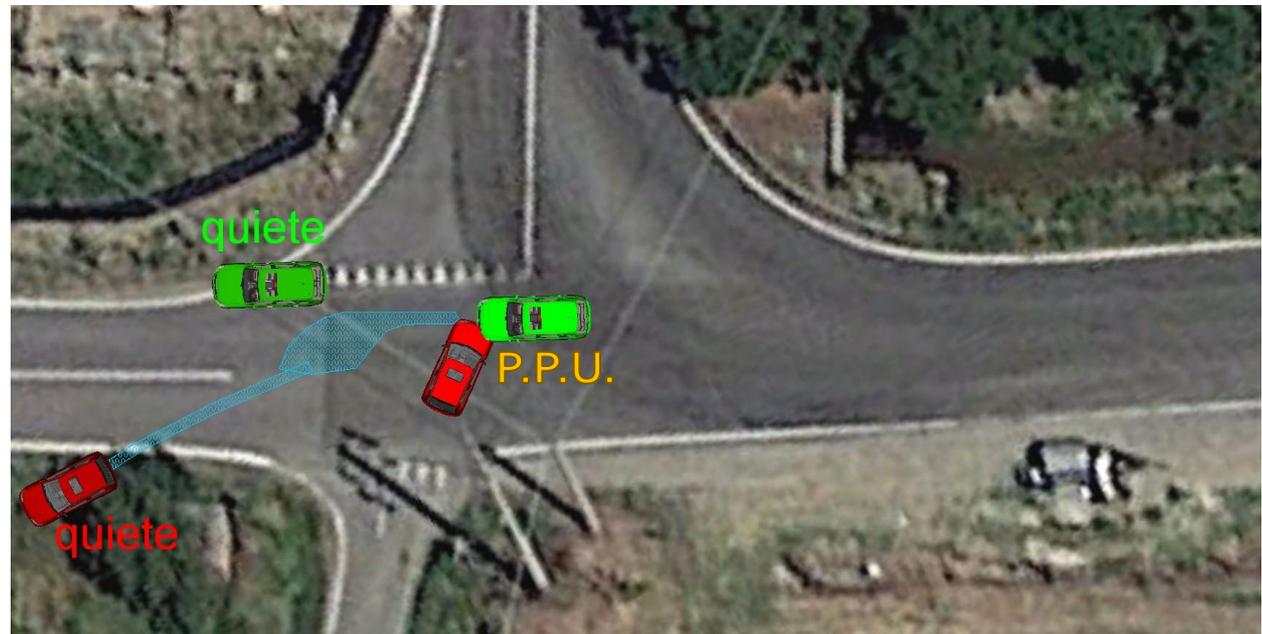
- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Individuazione PPU in base alle tracce



Liquido radiatore
veicolo 1

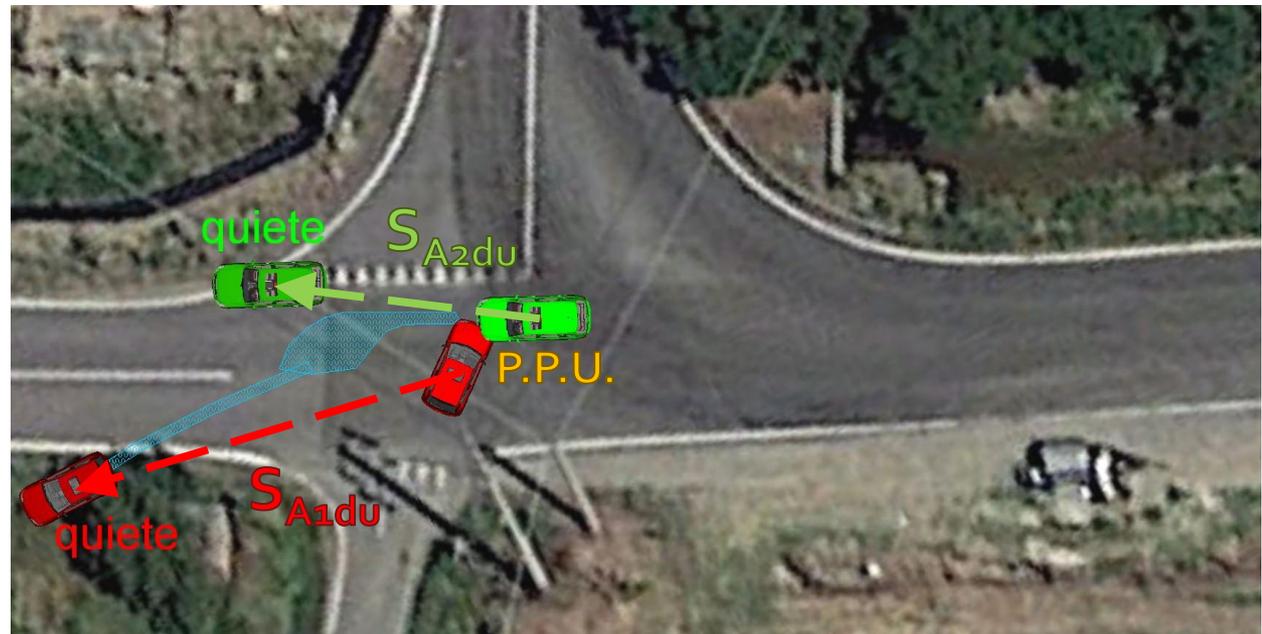
Ricostruzioni «a ritroso»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Individuazione PPU in base alle tracce



Ricostruzioni «a ritroso»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Individuazione percorsi post-urto

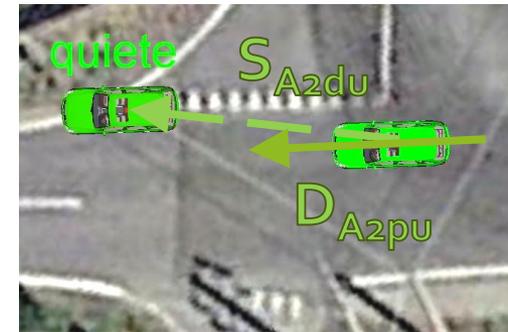


Ricostruzioni «a ritroso»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Calcolo delle velocità – approccio direzioni conosciute



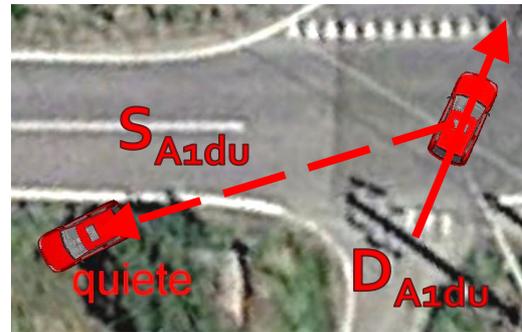
Veicolo 1



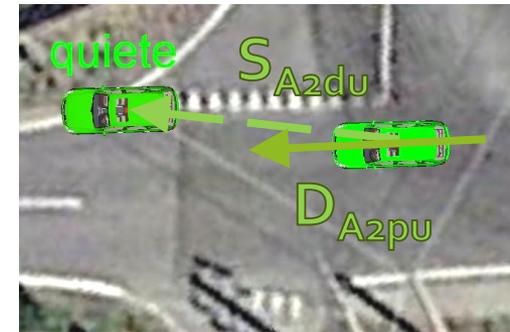
Veicolo 2

Ricostruzioni «a ritroso»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Calcolo delle velocità – approccio direzioni conosciute



Veicolo 1



Veicolo 2

Dati

Spazio percorso dopo l'urto:

$$S_{A1du} \text{ e } S_{A2du}$$

Direzione pre-urto:

$$D_{A1pu} \text{ e } D_{A2pu}$$

Incognite

Velocità pre-urto

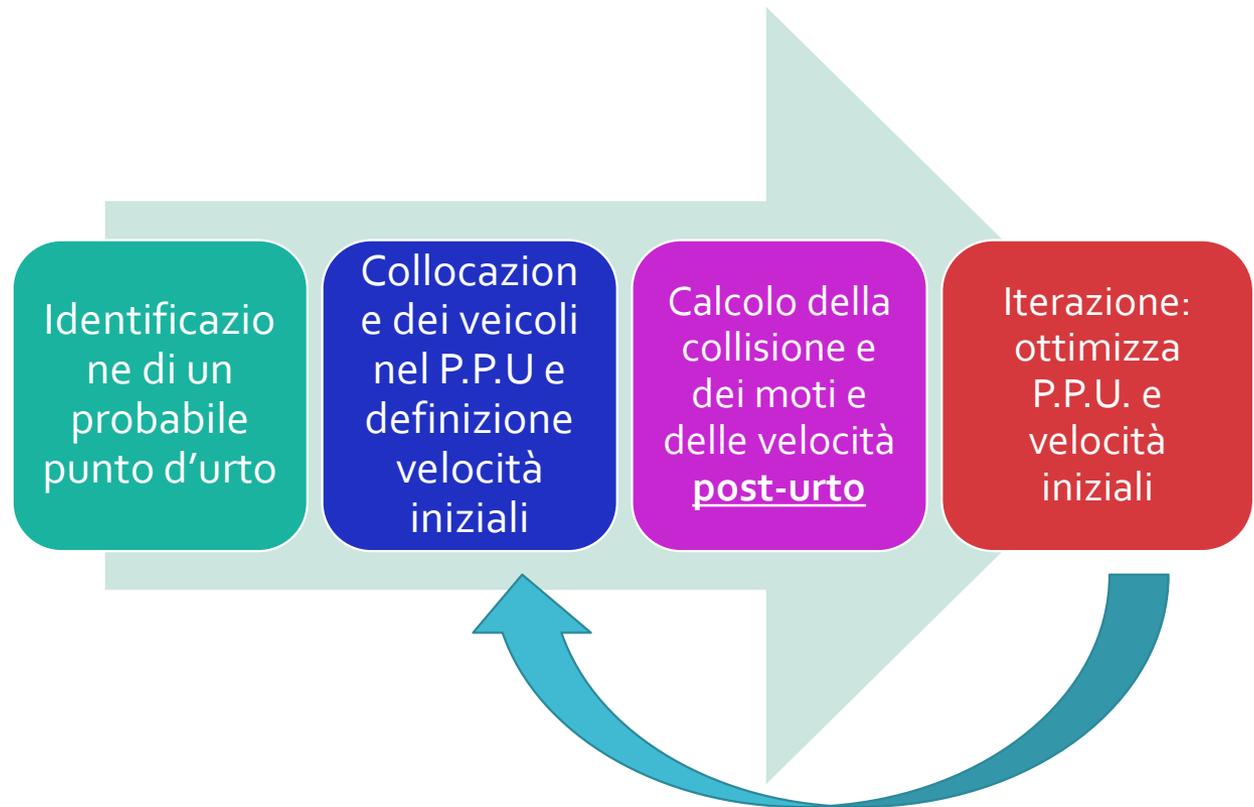
Ricostruzioni «a ritroso»

- Nonostante la semplicità, l'approccio a ritroso è soggetto a forti limitazioni:

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

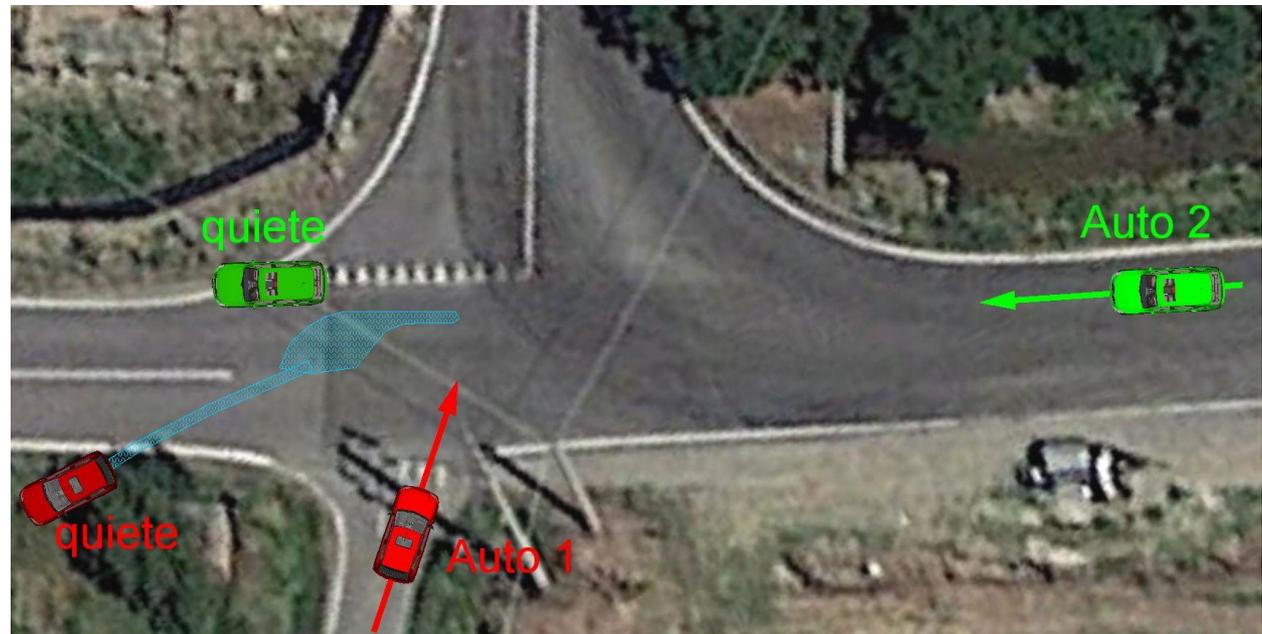
Ricostruzioni «in avanti»

- Utilizzando un sistema di simulazione «in avanti» (es. PC-Crash) la ricostruzione avviene secondo le fasi:



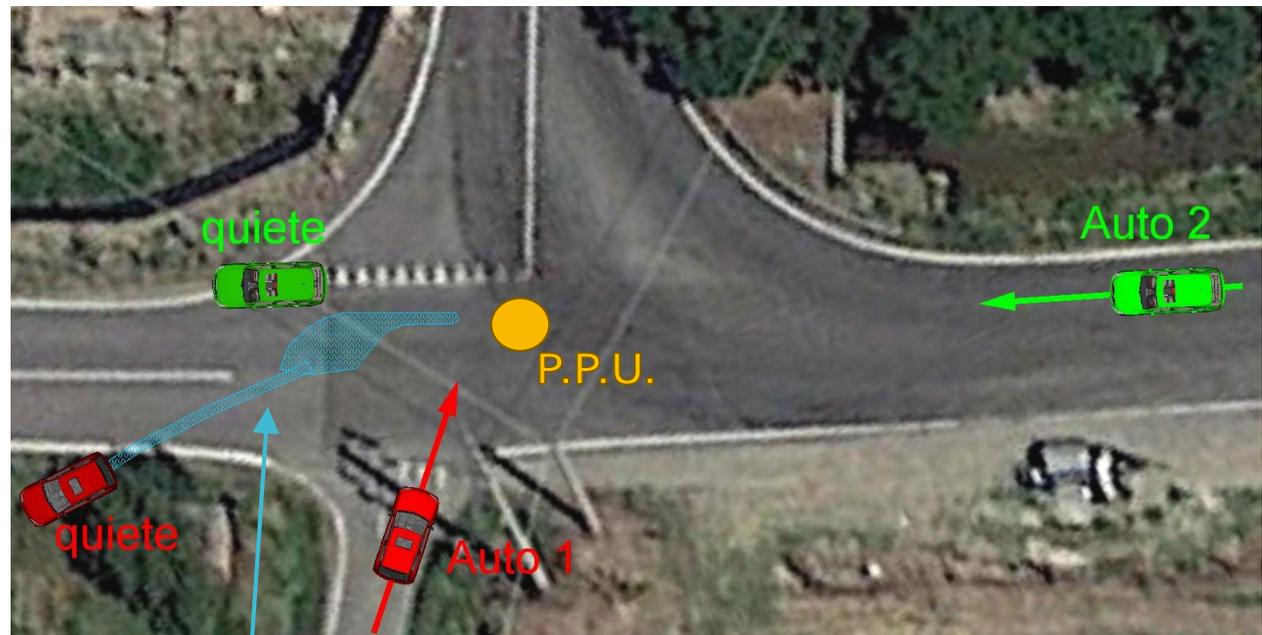
Ricostruzioni «in avanti»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Planimetria e direzioni pre-urto (freccie)



Ricostruzioni «in avanti»

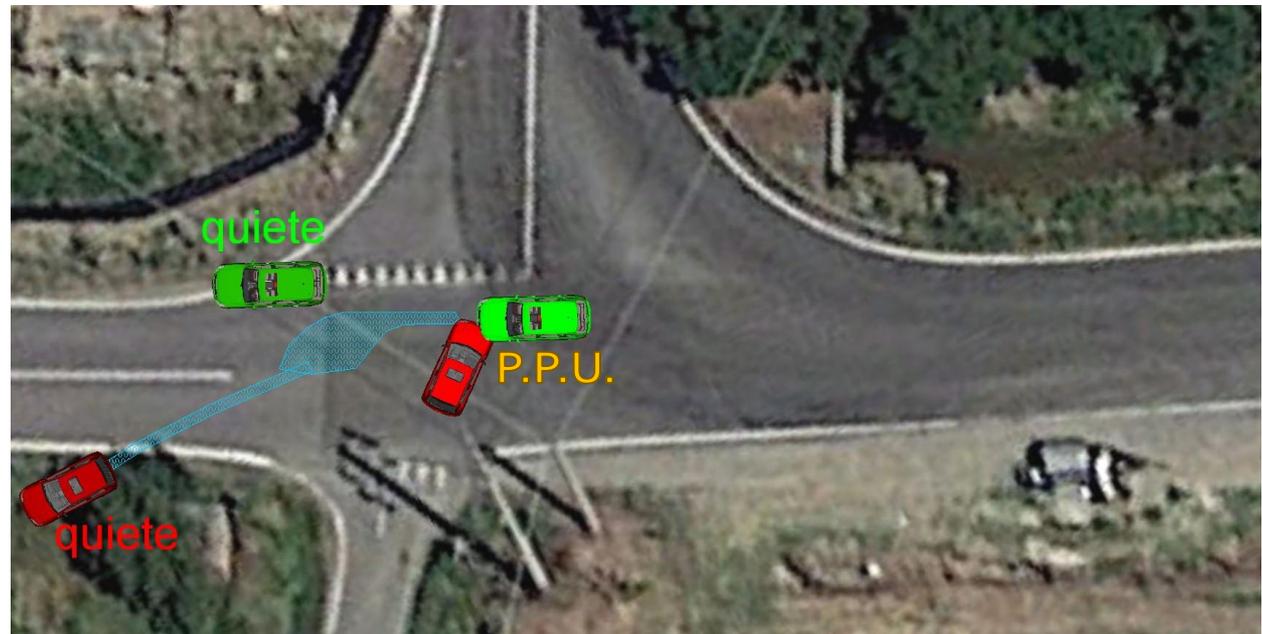
- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Individuazione PPU in base alle tracce



Liquido radiatore
veicolo 1

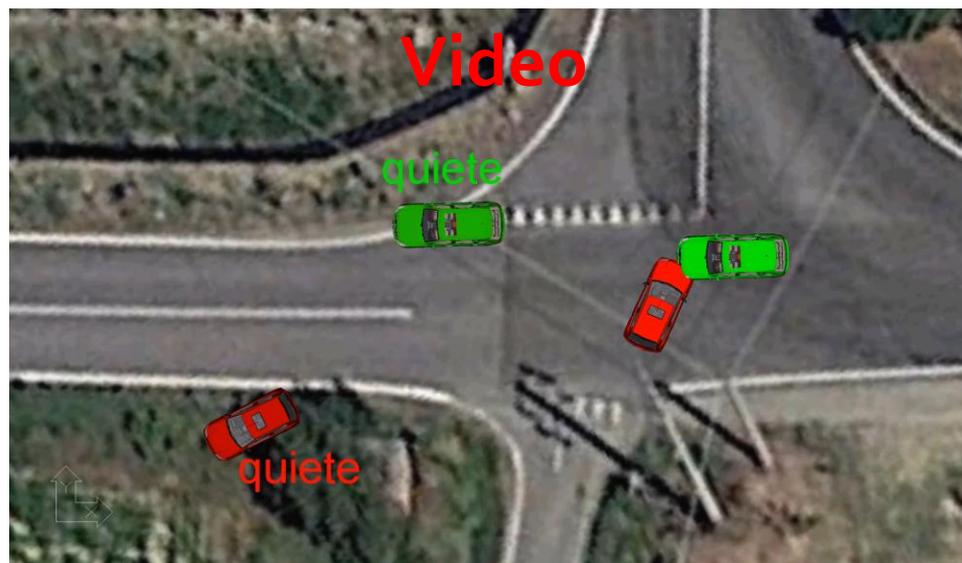
Ricostruzioni «in avanti»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Individuazione PPU in base alle tracce



Ricostruzioni «in avanti»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Primo tentativo di ricostruzione

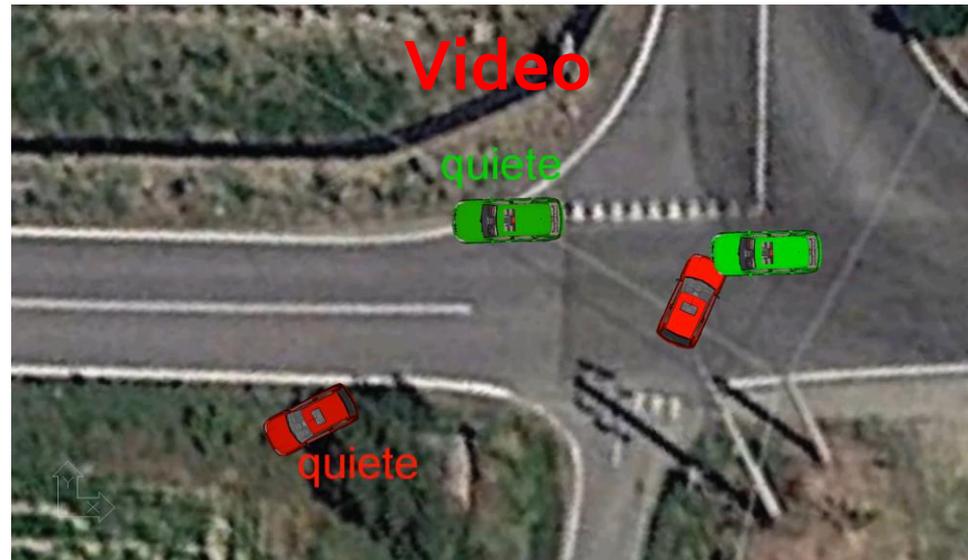


Calcolo delle
posizioni finali in
funzione dei
parametri impostati

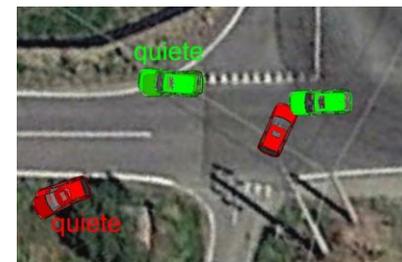


Ricostruzioni «in avanti»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Iterazione e ottimizzazione

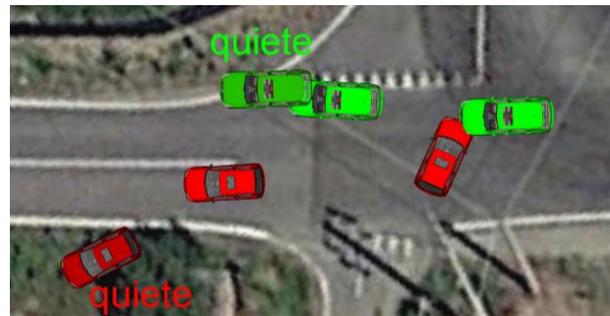


Le vel. pre-urto, il PPU e la posizione dei veicoli sono variati fino a ottenere le posizioni di quiete effettive.



Ricostruzioni «in avanti»

- Esempio - Urto Autoveicolo/Autoveicolo
Iterazione e ottimizzazione



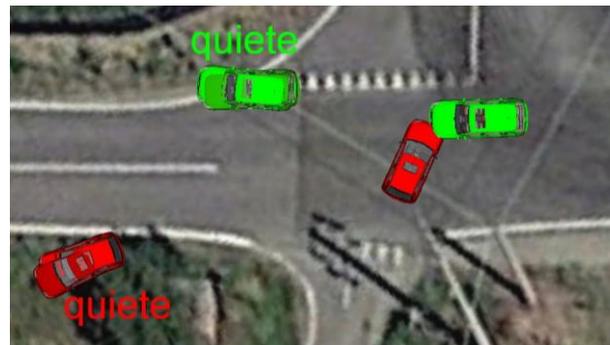
PRIMA IMPOSTAZIONE



OTTIMIZZAZIONE



**RICOSTRUZIONE
DEL SINISTRO**



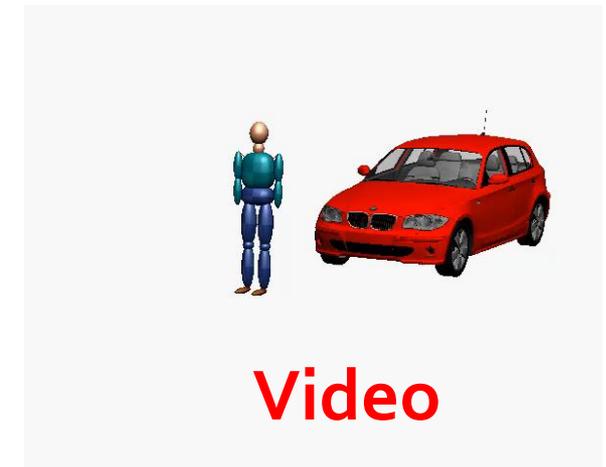
Ricostruzioni «in avanti»

Gli approcci «in avanti» portano numerosi vantaggi in termini di affidabilità:

- 😊 modello di collisione a 6 gradi di libertà (traslazioni in x,y,z - calcolo di rollio, beccheggio e imbardata) e/o utilizzo di modelli evoluti - es. FEM, multi-body (facilità? 😞)



Video



Video

Ricostruzioni «in avanti»

Gli approcci «in avanti» portano numerosi vantaggi in termini di affidabilità:

- 😊 i moti post-urto sono calcolati in base a modelli dinamici dei veicoli (compresa l'identificazione del ribaltamento)
- 😊 controllo dei parametri della collisione e efficace verifica delle incertezze (es. massa veicoli, baricentro, altezza urto, attrito ruote, punto d'urto, energia di def.,)

Analisi delle incertezze

L'errore sulla ricostruzione dipende da:

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Valutazione della ricostruzione

- Come capire se si è ottenuta una «buona» ricostruzione?

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

PC-Crash

Storia, caratteristiche e modelli fisici

Storia

- Nel 1990 viene distribuita la prima versione commerciale, sviluppata all'Università di Graz (Austria)
- Nel 1993 viene implementato l'ambiente 3D
- Nel 1995 viene creata la sede DSD a Linz (Austria) e viene introdotto l'ottimizzatore
- Nel 1999 viene introdotto il sistema multi-body per l'analisi degli urti con pedoni
- Nel 2001 è effettuata la validazione ricostruendo 20 crash-test (fra cui i 12 RICSAC)
- Ad oggi è in distribuzione la versione 10.2, con ambiente e CAD 3D, multi-body evoluto, modulo FEM, gestione delle nuvole di punti

Storia

- **simulatore in avanti con metodo di collisione impulsivo**
- **simulazioni a ritroso con modello a 2 e 3 gradi di libertà**
- Metodi di collisione basato sulla rigidità
- metodo basato su mesh
- urti tra veicoli, urti con motocicli/bicicli, urti con veicoli con rimorchio
- sinistri con ribaltamento
- modulo FEM
- **catalogo EES**
- **modulo per il calcolo delle energie di deformazione**
- **catalogo crash-test (oltre 400)**
- modelli 3D dei veicoli (oltre 1000)
- database di immagini con riferimento di scala di centinaia di veicoli
- sistema multibody per l'analisi degli urti con pedone, con conducenti dei mezzi a due ruote e per l'analisi del moto degli occupanti dei veicoli e dei carichi
- **CAD 3D**
- possibilità di definire un piano stradale con mesh tridimensionale
- importazione di bitmap, disegni DXF e nuvole di punti

Validazione

Validazione del software

I modelli utilizzati da PC-Crash sono stati validati ricostruendo 20 crash-test:

- 7 condotti dal JARI – Japanese Automobile Research Institute
- 12 RICSAC
- 1 test condotto da McHenry

utilizzati come riferimento per la validazione dei modelli di ricostruzione [3, 4].

Altre validazioni relative a modelli aggiuntivi sono riportate in [5, 6, 7, 8].

La validazione di PC-Crash è riconosciuta anche in [9].

Modelli fisici

Modelli Fisici

Modelli fisici

Modelli Fisici

Simulatore in avanti →

calcolo della collisione e dei moti post-urto:

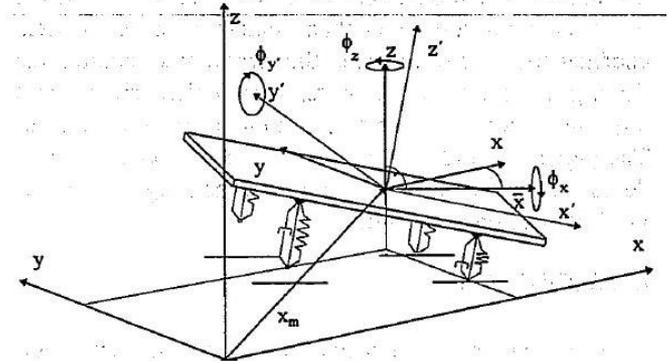
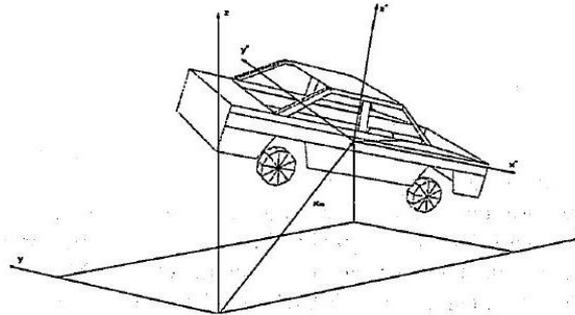
1. Modello fisico per descrivere cinematicamente il moto del veicolo utilizzando
2. Modello fisico per descrivere gli effetti della collisione

Modello del veicolo

Modello Dinamico del veicolo

In PC-Crash i veicoli sono modellati come corpi rigidi (i.e. indeformabili) che si muovono sotto l'effetto di forze esterne:

- Forze all'interfaccia pneumatico/strada
- Gravità
- Vento e resistenza aerodinamica



Immagini tratte da [2]

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Applicazioni

Consente di ricostruire:

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Applicazioni

Consente di ricostruire:

Urti Pieni



Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Applicazioni

Consente di ricostruire:

Urti con slittamento



Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Applicazioni

Consente di ricostruire:

Urti con cedimenti strutturali



Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Considerazioni Generali

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Considerazioni Generali

1. Utilizzando un modello impulsivo, i soggetti coinvolti nel sinistro (motociclo, autoveicolo, ..) sono modellati come corpi rigidi, cioè come un unico elemento non deformabile (nel senso che la massa del corpo e i suoi momenti di inerzia sono considerati costanti)

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Considerazioni Generali

2. A seconda della complessità con cui viene descritto il corpo si hanno modelli da 2 a 6 gradi di libertà:



Punto su un piano

Il corpo può solo traslare nelle coordinate x-y.
Modello di collisione a 2 gradi di libertà



Rettangolo

Il corpo può traslare nelle coordinate x-y e può ruotare sull'asse z.
Modello di collisione a 3 gradi di libertà



Parallelepipedo

Il corpo può traslare nelle coordinate x-y-z e può ruotare sui tre assi.
Modello di collisione a 6 gradi di libertà

Il modello di Kudlich-Slibar è a 3 o 6 gradi di libertà

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

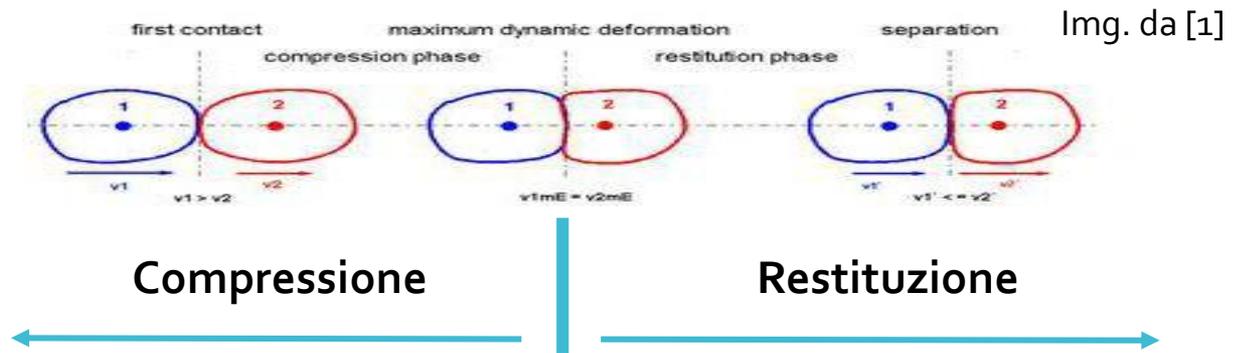
Ipotesi

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

1. La collisione si sviluppa in due fasi distinte:
 - a) **compressione delle strutture** e reciproca compenetrazione dei corpi, con conseguente deformazione degli stessi; la fase di compressione ha termine quando i veicoli raggiungono una velocità comune nell'area di contatto;
 - b) dopo tale momento, si ha la fase di **restituzione elastica (parziale)**, ove i corpi tendono a riassumere la propria forma originaria



Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

2. Durante la collisione (compenetrazione + restituzione), fra le aree di contatto tra i corpi si sviluppano delle forze di interazione (F_I), che determinano la deformazione dei corpi stessi e una variazione della loro Q e L . Tali forze raggiungono il valore massimo al termine della fase di compenetrazione.

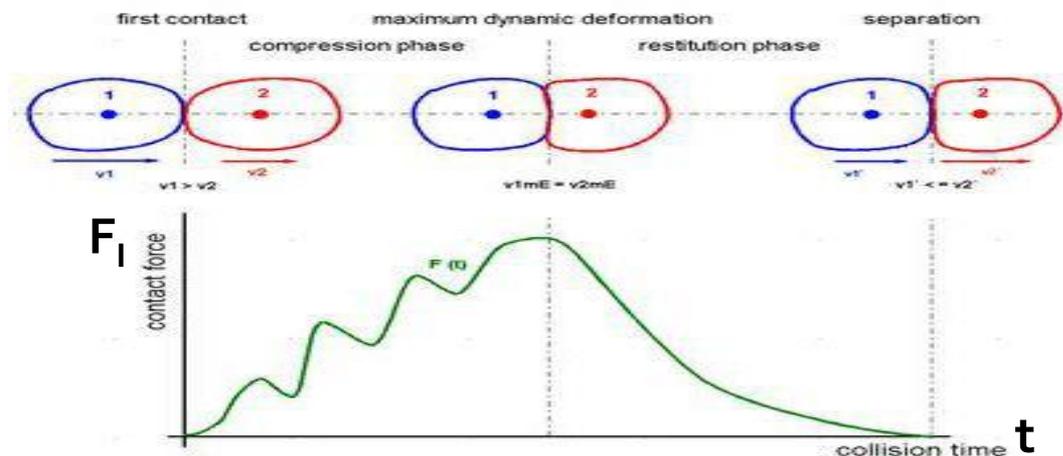


Immagine tratta da [1]

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

3. Le forze di interazione nell'area di contatto F_i sono di entità molto superiore rispetto alle altre forze agenti sui veicoli (gravità, reazione del terreno, attrito, vento), che possono quindi essere considerate trascurabili durante la collisione.



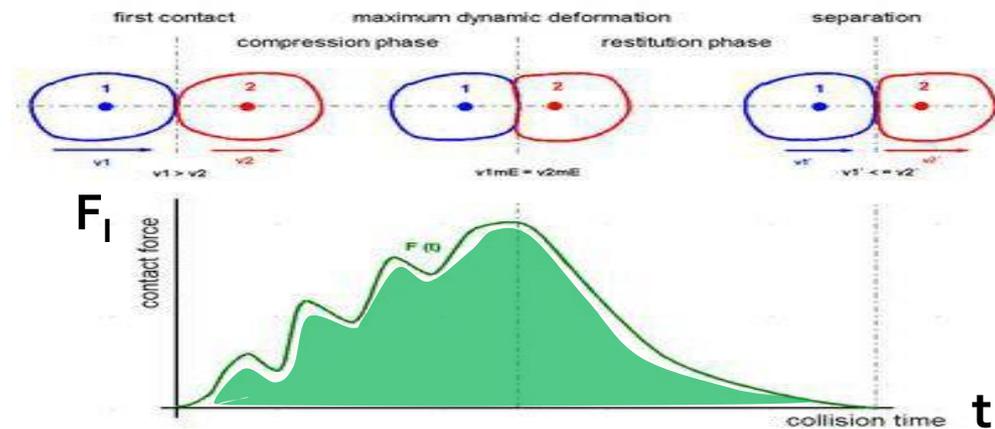
$$F_i \gg g, N, A, W$$

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

5. a) Tenendo conto delle ipotesi 3 e 4, le forze di impatto non vengono calcolate in funzione del tempo, ma ne viene considerato soltanto l'integrale, cioè l'**impulso** (area sottesa al grafico verde), che determina la variazione dei valori di **Q** e **L** dei singoli mezzi ([clicca qui per i dettagli in appendice](#)).



Impulso

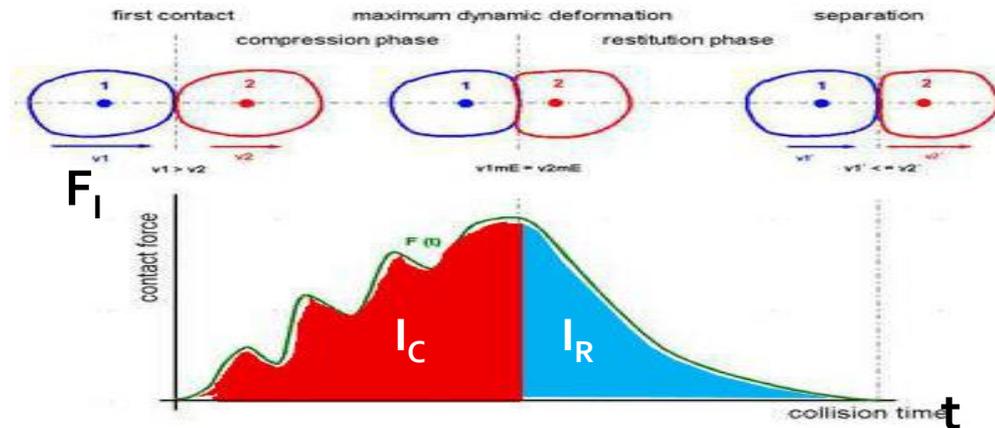
Immagine tratta da [1]

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

5. b) Data l'ipotesi **1**, i corpi sono soggetti a due differenti impulsi: il primo I_C , durante la fase di compressione, il secondo, I_R , durante la fase di restituzione. In virtù di I_C i mezzi raggiungono una velocità comune nell'area di contatto; per effetto di I_R si ha poi la separazione.



■ *Impulso di Compressione I_C*

■ *Impulso di Restituzione I_R*

Immagine tratta da [1]

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

5. Approfondimento.
Cosa succede durante la fase di compressione?

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

5. Approfondimento.
Cosa succede durante la fase di restituzione?

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

5. Approfondimento.
Urto pieno frontale.



Dati:

massa veicolo: 1200kg

massa barriera: ∞

v_c : 72 km/h

1. Che velocità raggiunge l'autoveicolo, nell'area di contatto con la barriera, alla fine della fase di compressione?

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

6. Il rapporto fra l'impulso nella fase di restituzione e l'impulso nella fase di compressione è dato dal **coefficiente di restituzione «k»**. Tanto più **k** è grande, tanto più varia la quantità di moto dei mezzi tra il momento della massima compressione e la fine della fase d'urto.

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

7. Poiché non si considera l'andamento nelle forze nel tempo si assume che:
 - a) la collisione avvenga in un intervallo di tempo di durata infinitesima, chiamato «**istante della collisione**»; l'istante della collisione è collocato alla fine dell'impulso di compressione, quando i mezzi hanno la massima compenetrazione reciproca
 - b) l'impulso ($I = I_C + I_R$) sia applicato in un singolo punto dello spazio, chiamato «**punto di impatto**» (punto di azione della risultante delle forze di impatto)
 - c) il «punto di impatto» è collocato sulla «**superficie o piano di contatto**», che approssima la tangente al profilo di deformazione dei veicoli

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

7. Schematizzazione grafica.

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

7. Differenza fra punto di impatto e centro di massa

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Ipotesi

8. Una volta definita la superficie di contatto, è possibile «dividere» l'impulso in una componente **N** normale (ortogonale) al piano di contatto e in una componente **T** parallela al piano di contatto.

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di attrito

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Sommario

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Considerazioni sulla posizione dei mezzi all'urto

La posizione e l'inclinazione dei mezzi sul piano viabile alla massima compenetrazione può essere diversa dalla posizione dei mezzi al momento del primo contatto.

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Esercizio

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

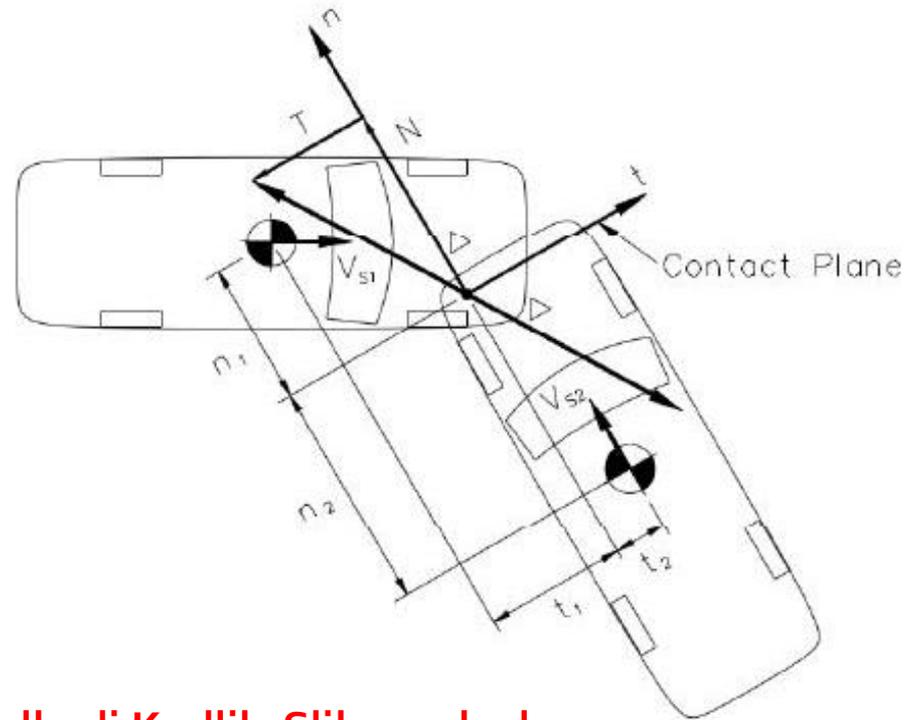


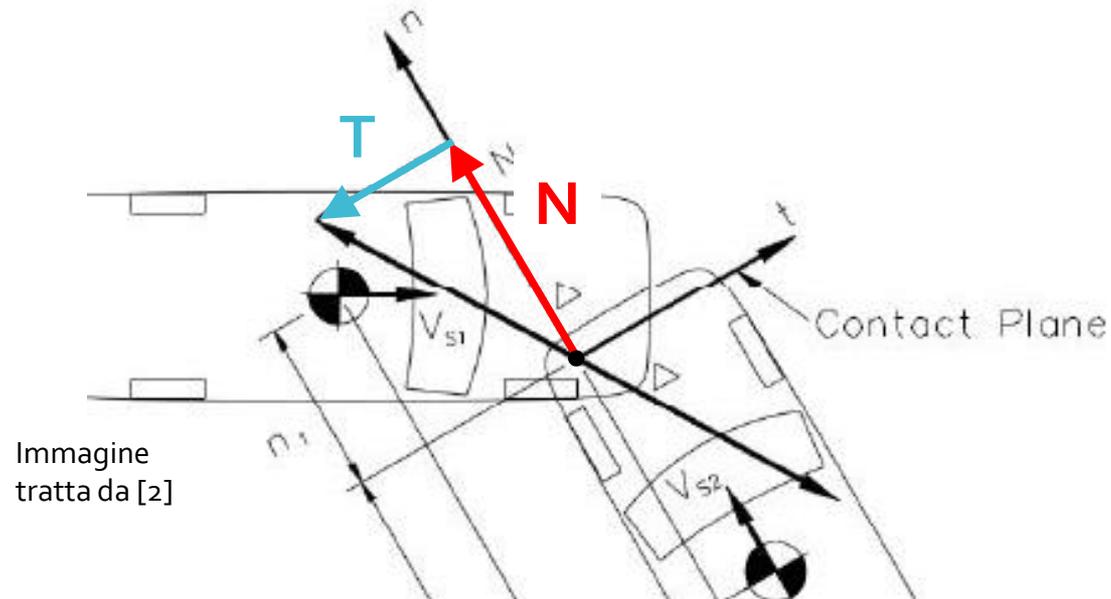
Immagine tratta da [2]

Il modello di Kudlih-Slibar calcola le velocità post-urto

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica



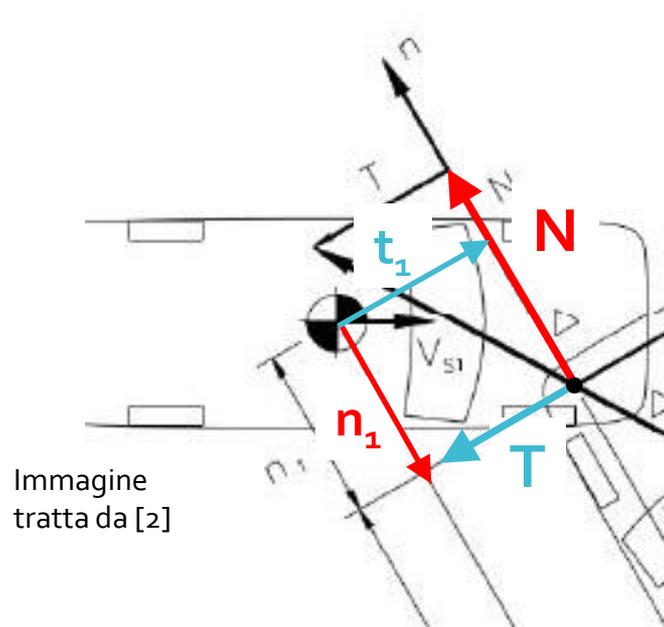
Conservazione della quantità di moto

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

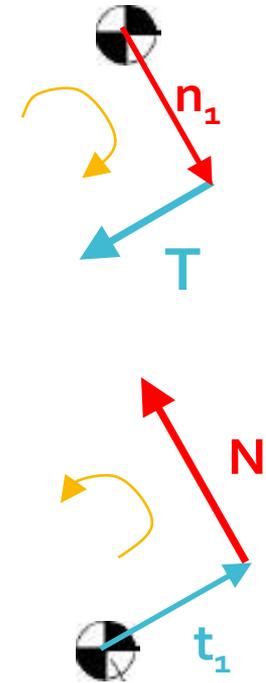
Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica



Veicolo 1



Conservazione del momento angolare

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

Risultato

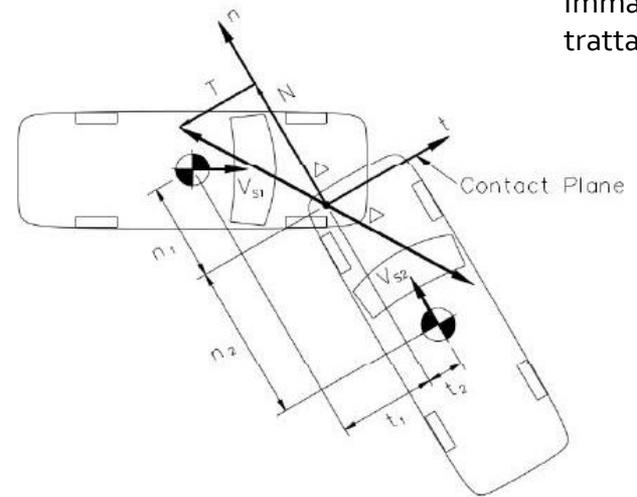


Immagine tratta da [2]

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

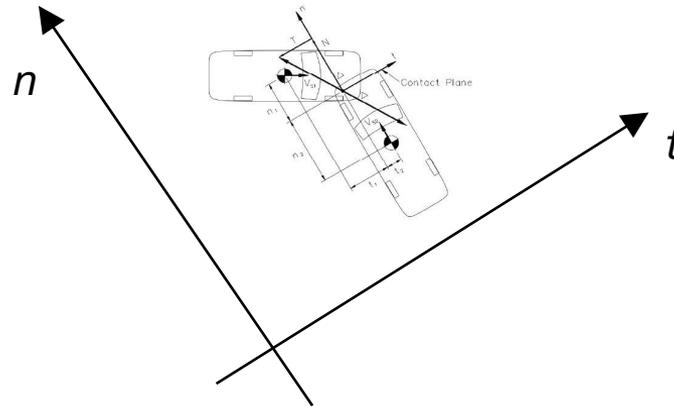


Immagine tratta da [2]

Prima dell'urto

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

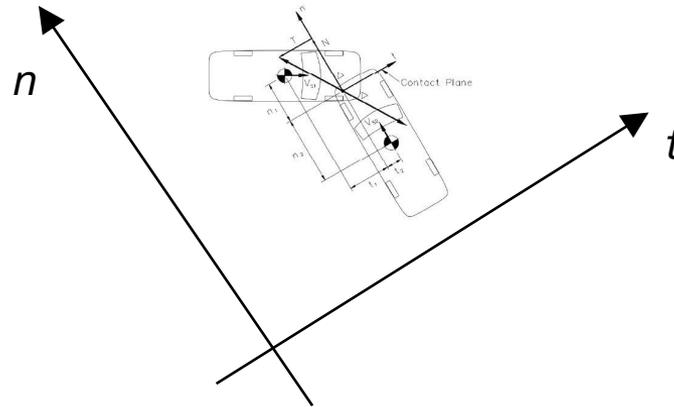


Immagine tratta da [2]

Dopo dell'urto

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

Segue che:

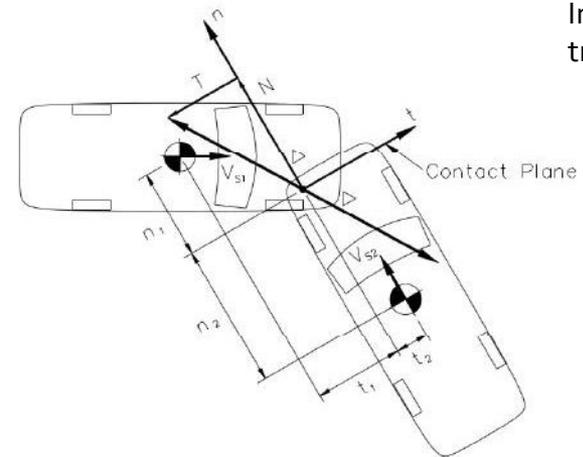


Immagine tratta da [2]

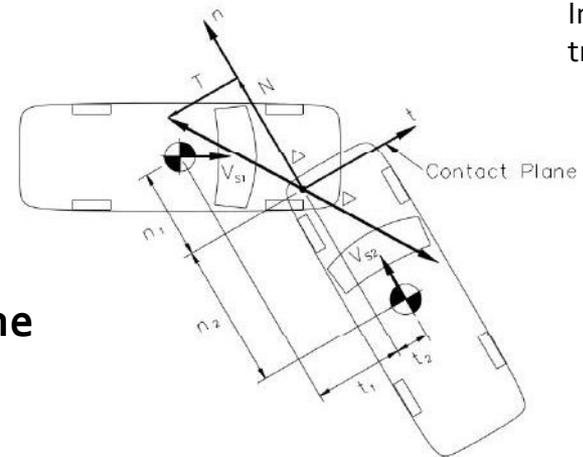
Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

Coefficiente di restituzione



Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

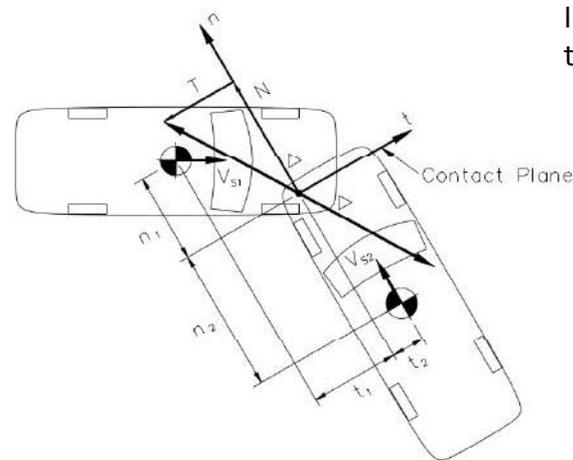


Immagine tratta da [2]

Coefficiente d'attrito

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

L'introduzione di μ e k consente di ricavare T e N

$$V'_T = V_T + c_1 T - c_3 N$$

$$V'_N = V_N - c_3 T + c_2 N$$

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

Significato alternativo del coefficiente di restituzione

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di collisione impulsivo

Modello di Collisione impulsivo

Derivazione analitica

Calcolare il momento di inerzia

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

Velocità di separazione

V'_N è anche detta velocità di separazione, in quanto corrisponde alla velocità con cui si separano i mezzi dopo l'urto

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

«Stimare» il coefficiente di restituzione dal video



Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

«Stimare» il coefficiente di restituzione dal video



Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

«Stimare» il coefficiente di restituzione dal video



Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

Caso di cedimento strutturale

Consideriamo un crash-test small overlap, in cui la ruota anteriore viene divelta a seguito della collisione.

- Come si sviluppa la fase d'urto?
- Esiste un momento in cui la compenetrazione ha termine?

Approfondimento affrontato durante le lezioni in aula

Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

K negativo – esempi

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Restituzione

Modello di Collisione impulsivo

Note sul coefficiente di restituzione

K negativo – **ATTENZIONE!**

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Punto di impatto e centro di massa

Modello di Collisione impulsivo

Punto di impatto e centro di massa

Determinare il punto di impatto

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Esercizi

Modello di Collisione impulsivo

Esercizi conclusivi

Esercizio 1

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Esercizi

Modello di Collisione impulsivo

Esercizi conclusivi

Esercizio 2

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Modello di Collisione impulsivo

Energia di deformazione

Distribuzione tra i due veicoli dell'energia di Deformazione E_D

EES

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**

Linee guida

Modello di Collisione impulsivo

Parametri

**Approfondimento affrontato
durante le lezioni in aula**



Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

PC-Crash

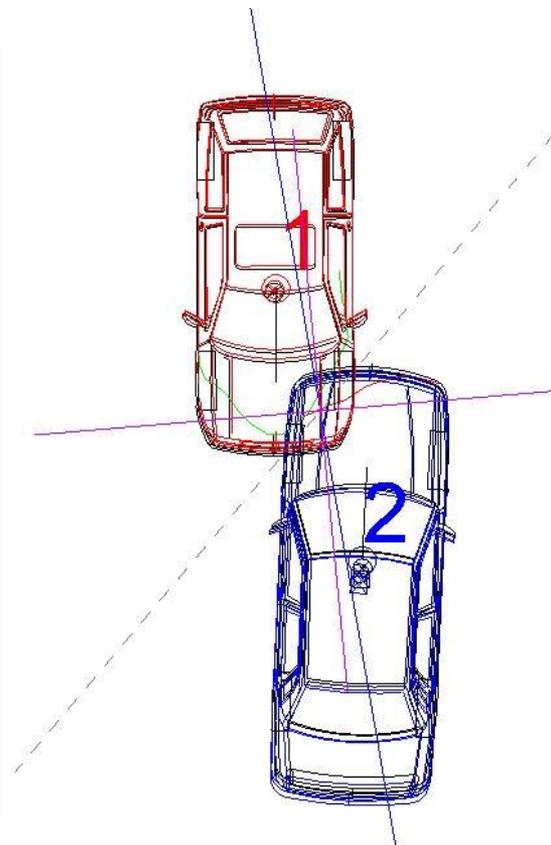
PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo:	1 SEAT-IBI	2 MITSUBIS
Prima dell'urto:		
v [km/h]:	55	55
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	21.4	-162.9
Dopo l'urto:		
v [km/h]:	55.00	55.00
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
Dist.P. impatto [cm]:	45	46
Def. Energy [kJ]:	101.7	104.9
EES [km/h]	54.26	48.79
delta v: 4 [km/h] (Ist: 2.21)		
<input checked="" type="radio"/> k: 0.02		Attrito: 0.99
Coordinate [m]:		Urto
<input type="checkbox"/> Punto d'impatto		<input type="button" value="Opzioni..."/>
<input type="checkbox"/> Superficie contatto		<input type="button" value="Urto"/>
x: 2.39	phi: -38.18	Nr.: 1
y: -6.25	psi:	< >
z: 0.23	0	<input type="checkbox"/> Autom.



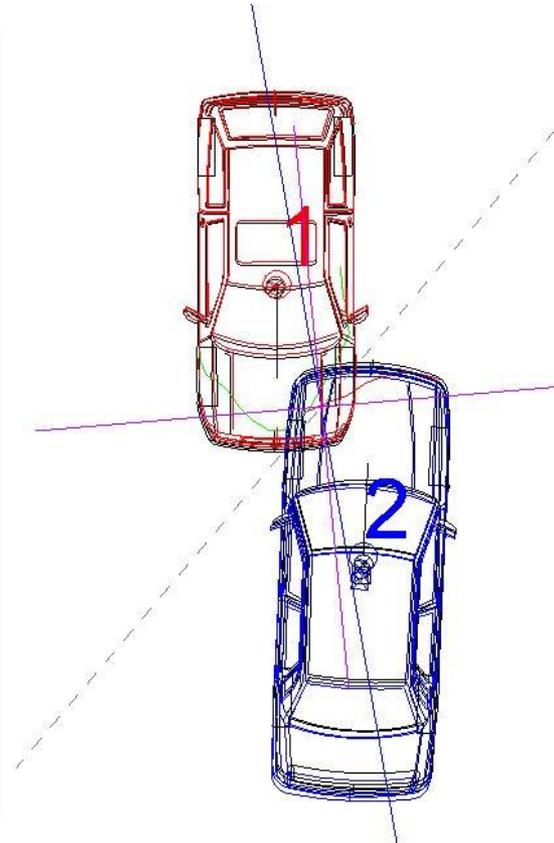
PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo:	1 SEAT-IBI	2 MITSUBIS
Prima dell'urto:		
v [km/h]:	55	55
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	21.4	-162.9
Dopo l'urto:		
v [km/h]:	55.00	55.00
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
Dist.P. impatto[cm]	45	46
Def. Energy [kJ]:	101.7	104.9
EES [km/h]	54.26	48.79
delta v: 4 [km/h] (Ist: 2.21)		
<input checked="" type="radio"/> k: 0.02		Attrito: 0.99
Coordinate [m]:		Urto
<input type="checkbox"/> Punto d'impatto		<input type="button" value="Opzioni..."/>
<input type="checkbox"/> Superficie contatto		<input type="button" value="Urto"/>
x: 2.39	phi: -38.18	Nr.: 1
y: -6.25	psi:	< >
z: 0.23	0	<input type="checkbox"/> Autom.

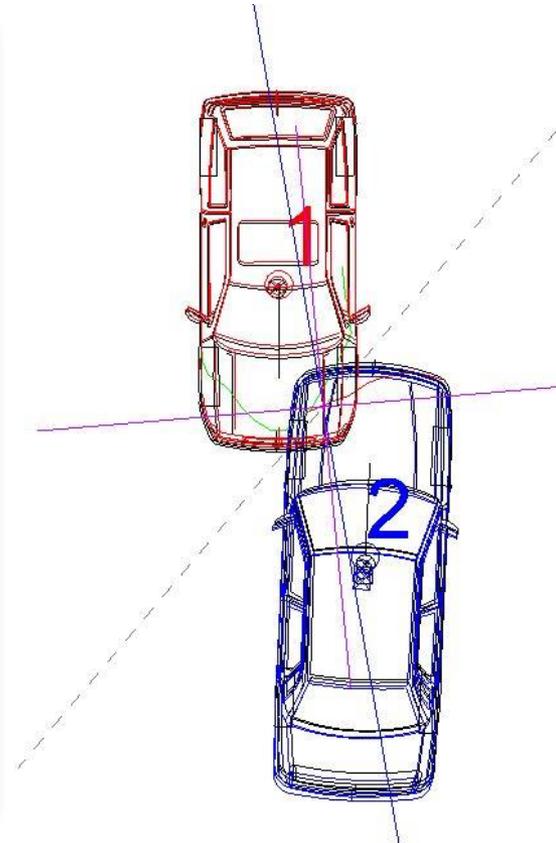
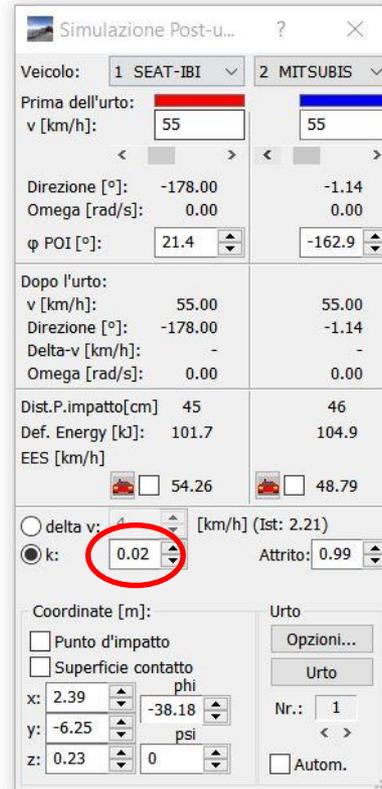


Velocità Iniziali

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

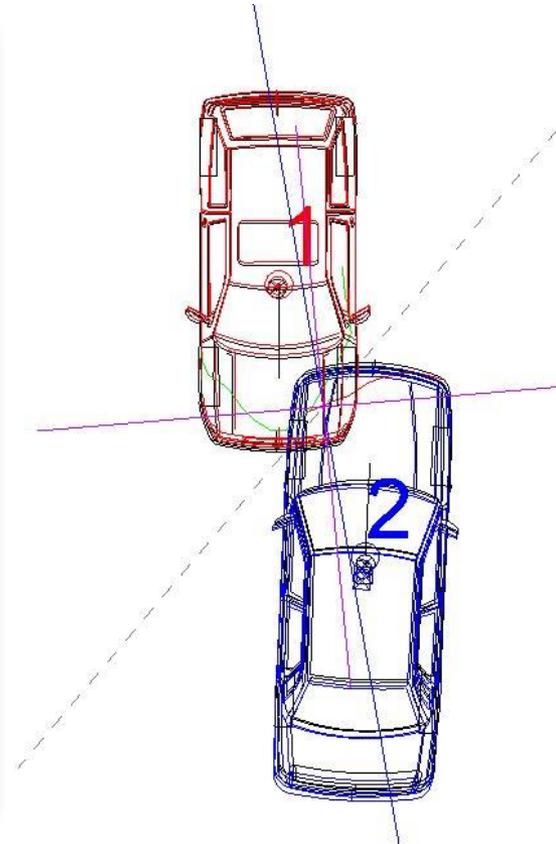
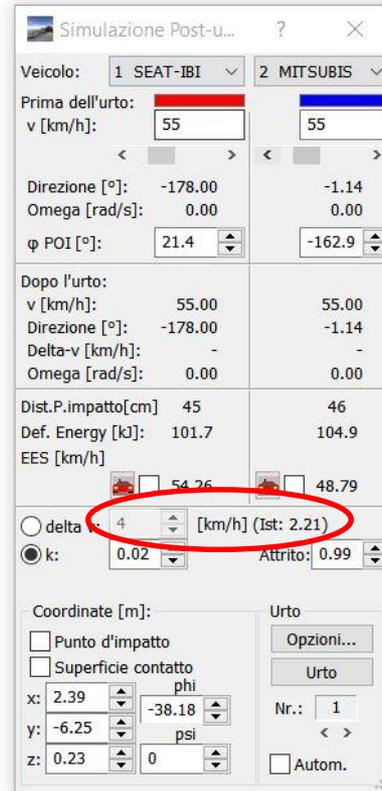


Coefficiente di restituzione

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

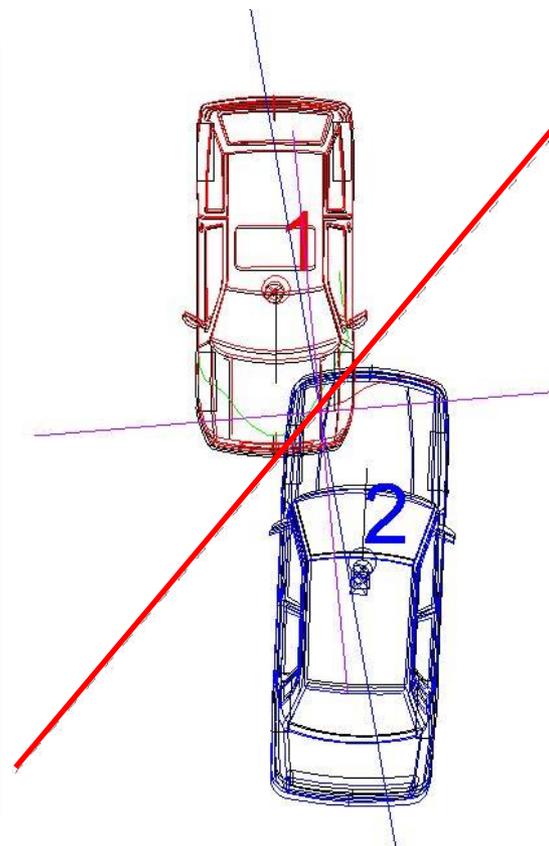
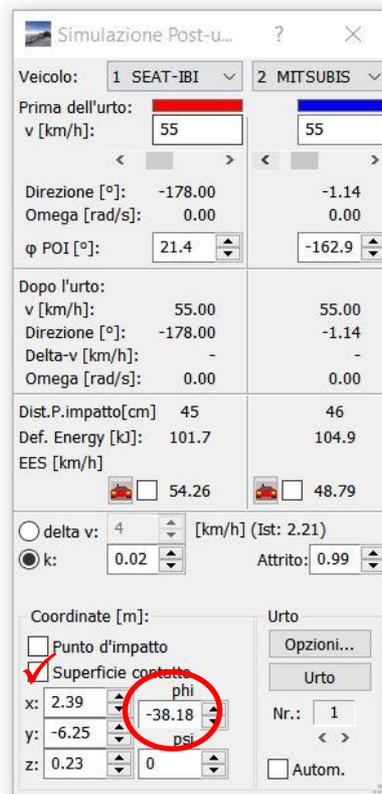


Velocità di separazione

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)



Superficie di Contatto

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo: 1 SEAT-IBI 2 MITSUBIS

Prima dell'urto:

v [km/h]:	55	55
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	21.4	-162.9

Dopo l'urto:

v [km/h]:	55.00	55.00
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
Dist.P. impatto [cm]:	45	46
Def. Energy [kJ]:	101.7	104.9
EES [km/h]	54.26	48.79

delta v: 4 [km/h] (Ist: 2.21)

k: 0.02 Attrito: 0.99

Coordinate [m]:

Punto d'impatto

Superficie contatto

x:	2.39	-38.18
y:	-6.25	psi
z:	0.23	0

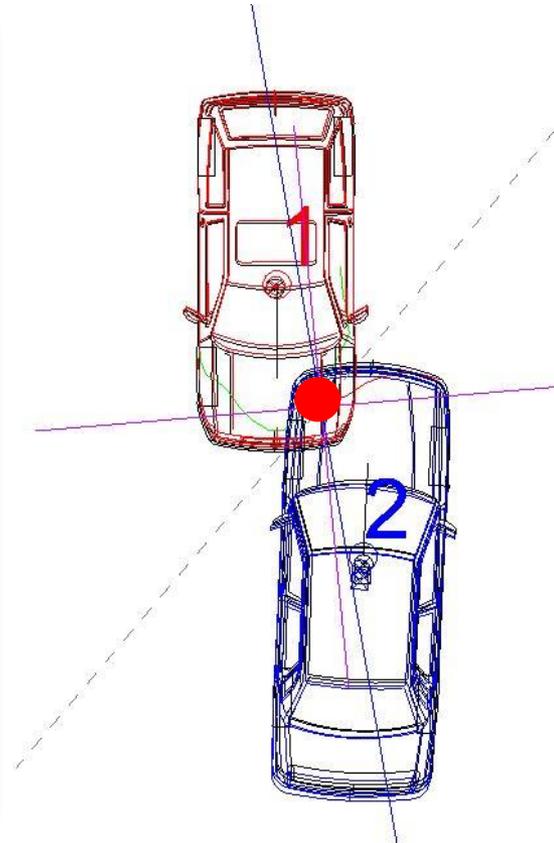
Urto

Opzioni...

Urto

Nr.: 1

Autom.



Punto di Impatto

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo: 1 SEAT-IBI 2 MITSUBIS

Prima dell'urto:

v [km/h]:	55	55
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	21.4	-162.9

Dopo l'urto:

v [km/h]:	55.00	55.00
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00

Dist.P. impatto [cm]: 45 46

Def. Energy [kJ]: 101.7 104.9

EES [km/h]

54.26 48.79

delta v: 4 [km/h] (Ist: 2.21)

k: 0.02 Attrito: 0.99

Coordinate [m]:

Punto d'impatto

Superficie contatto

phi

x: 2.39 -38.18

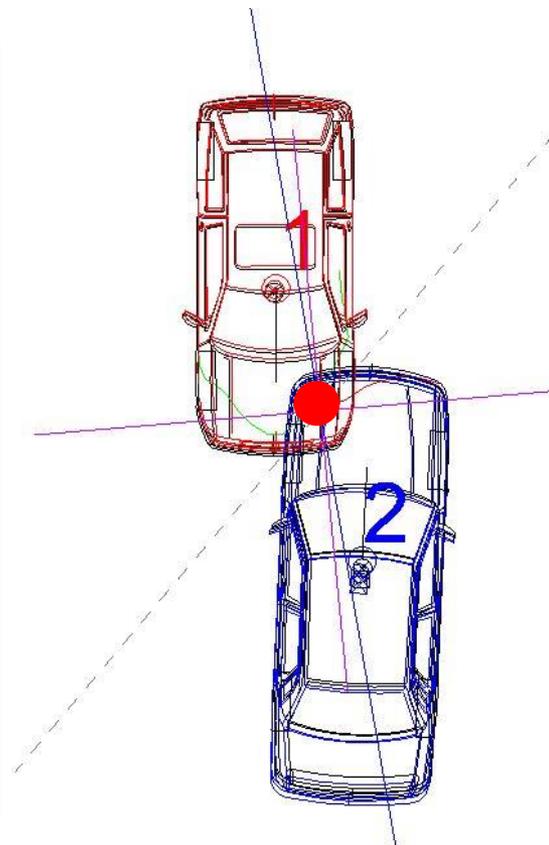
y: -6.25 psi

z: 0.23 0

Urto

Nr.: 1

Autom.

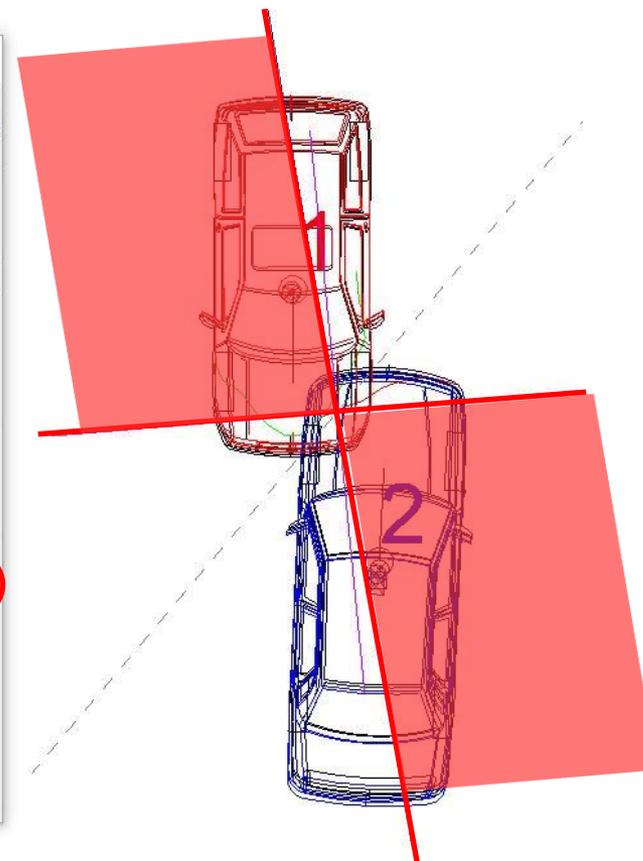
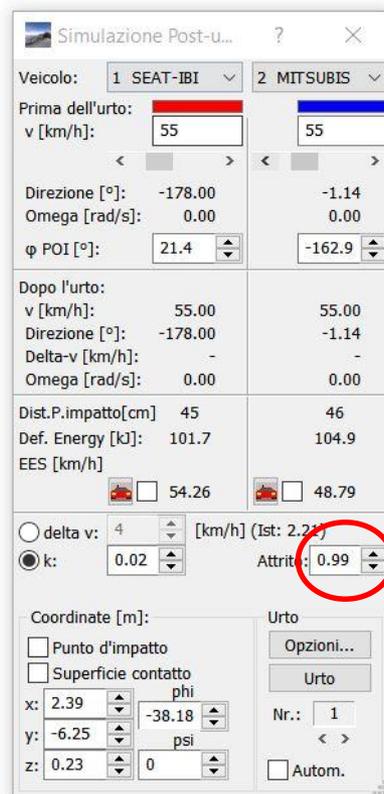


EES (calcolati in base al POI, editabili a mano)

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)



Attrito, sia statico che dinamico

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo: 1 SEAT-IBI 2 MITSUBIS

Prima dell'urto:

v [km/h]:	55	55
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	21.4	-162.9

Dopo l'urto:

v [km/h]:	55.00	55.00
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00

Dist.P. impatto[cm] 45 46

Def. Energy [kJ]: 101.7 104.9

EES [km/h]

54.26 48.79

delta v: 4 [km/h] (Ist: 2.21)

k: 0.02 Attrit: 0.99

Coordinate [m]:

Punto d'impatto

Superficie contatto

phi

x: 2.39 -38.18

y: -6.25 psi

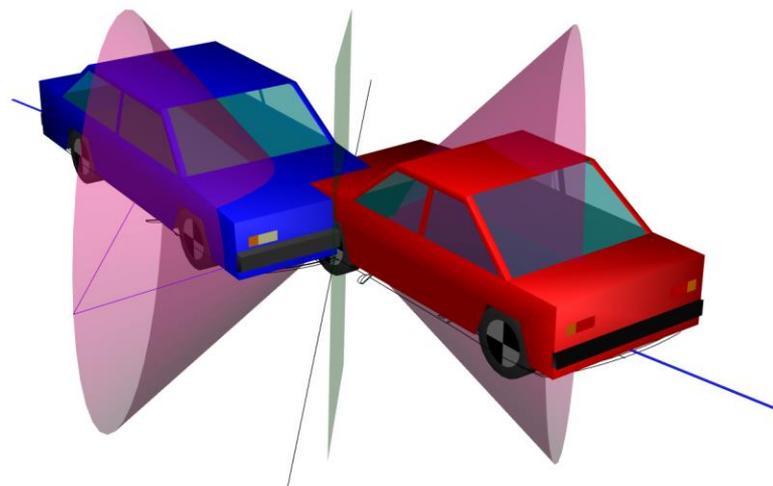
z: 0.23 0

Urto

Nr.: 1

Autom.

Cono di Attrito Statico



Attrito, sia statico che dinamico

PC-Crash

Modello di Collisione impulsivo

Impostazione in PC-Crash (Urto->Simulazione Post-Urto)

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo: 1 SEAT-IBI 2 MITSUBIS

Prima dell'urto:

v [km/h]:	55	55
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	21.4	-162.9

Dopo l'urto:

v [km/h]:	55.00	55.00
Direzione [°]:	-178.00	-1.14
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00

Dist.P. impatto[cm] 45 46

Def. Energy [kJ]: 101.7 104.9

EES [km/h] 54.26 48.79

delta v: 4 [km/h] (Ist: 2.21)

k: 0.02 Attrito: 0.99

Coordinate [m]:

Punto d'impatto

Superficie contatto

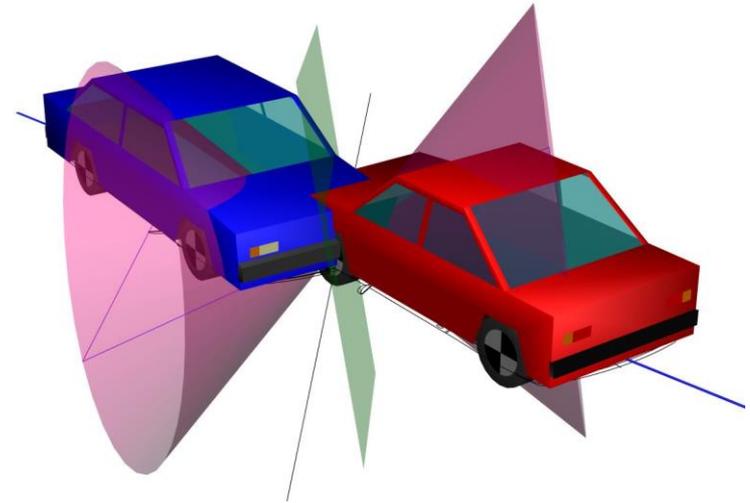
phi

x:	2.39	-38.18
y:	-6.25	psi
z:	0.23	0

Urto

Nr.: 1

Autom.



Per quale dei video mostrati ha senso usare un piano di contatto inclinato?

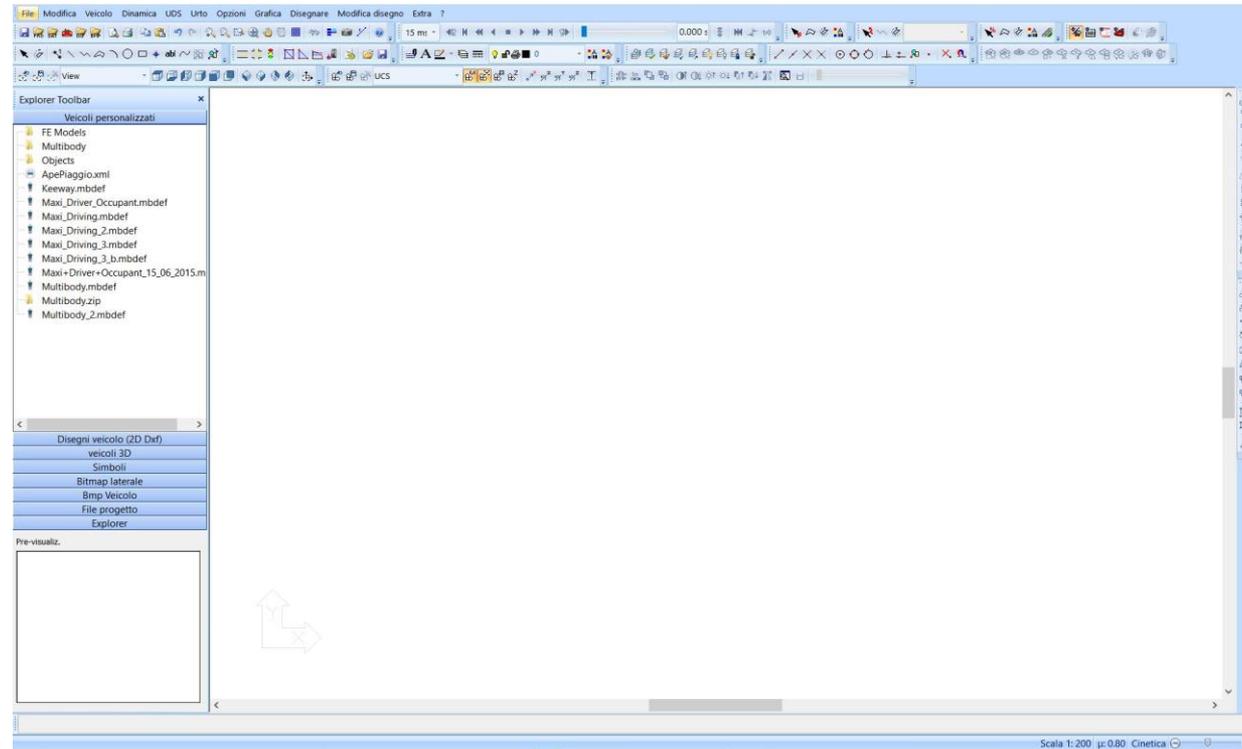
Inclinazione Piano di Contatto

Ricostruzione di un crash-test

Utilizzando il software PC-Crash: approccio in
avanti e confronto con la metodologia a ritroso

Ricostruzione di un crash- test

Interfaccia Utente

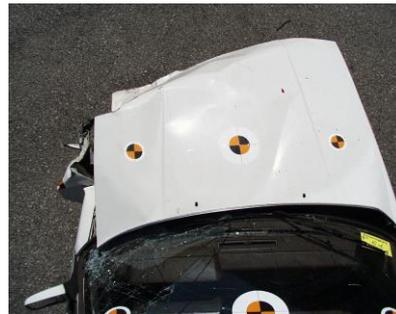


Ricostruzione di un crash- test

1. Analisi dei danni ai veicoli: tipologia di collisione, EES e parametri iniziali
2. Importare e/o disegnare la planimetria (ppu, tracce, posizioni di quiete, etc.)
3. Importare i veicoli in PC-Crash
4. Impostare i dati dei veicoli e assegnare sagome 2D e/o 3D
5. Impostare «lo stato» dei veicoli dopo la collisione
6. Posizionare i veicoli all'urto e fissare le posizioni di quiete
7. Configurare i parametri di collisione
8. Procedura iterativa di ottimizzazione
9. Valutazione della variazione dei parametri (esempi)
10. Definire la fase pre-urto
11. Diagrammi, report e presentazione dei risultati

Ricostruzione di un crash- test

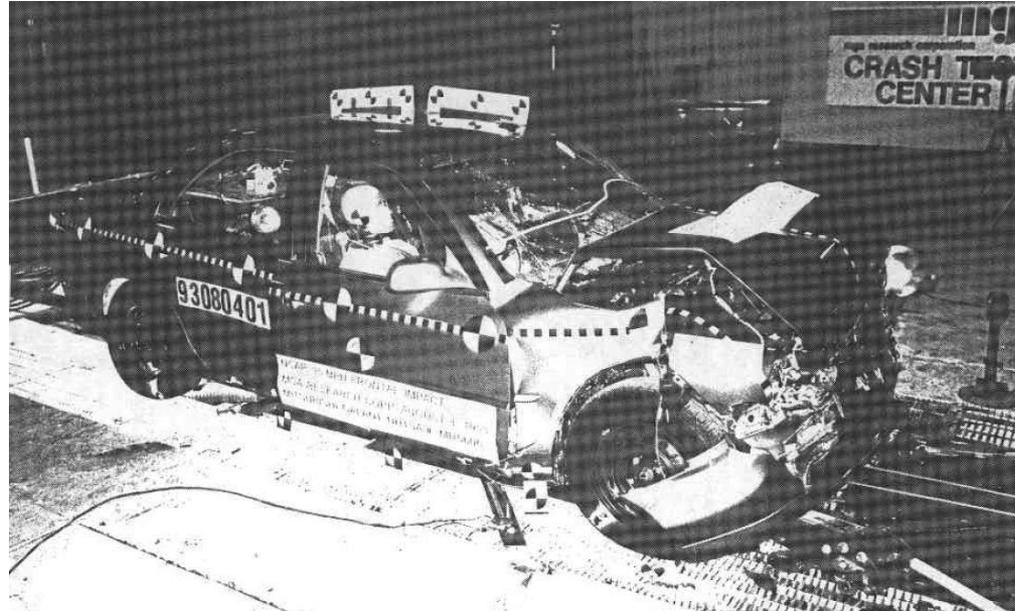
1. Analisi dei danni ai veicoli: tipologia di collisione, EES e parametri iniziali



- $K < 0,2$ – collisione fortemente plastica
- «Aggancio» fra le ruote – Attrito Statico
- Punto di impatto all'altezza della ruota ($\approx 30\text{cm}$ da terra)

Ricostruzione di un crash- test

1. Analisi dei danni ai veicoli: tipologia di collisione, EES e parametri iniziali



Crash Test NHTSA 1975
Mitsubishi Galant 1467 kg contro barriera
Velocità collisione 56 km/h

Ricostruzione di un crash- test

2. Importare e/o disegnare la planimetria
(ppu, tracce, posizioni di quiete, etc.)

File → Importa → Bitmap

Cartella:

- 1) RicostruzioneCrashTest →
Immagini → eingedr.jpg
- 2) RicostruzioneCrashTest →
Immagini → endlage.jpg

Ricostruzione di un crash- test

2. Importare e/o disegnare la planimetria (ppu, tracce, posizioni di quiete, etc.)

Una volta importate le bitmap possono essere (Menù: Extra → Bitmap):

- Spostate
- Ruotate
- Scalate
- Bloccate (per evitarne la modifica)
- «Spente»
- Elaborate (luminosità, contrasto, trasparenza)

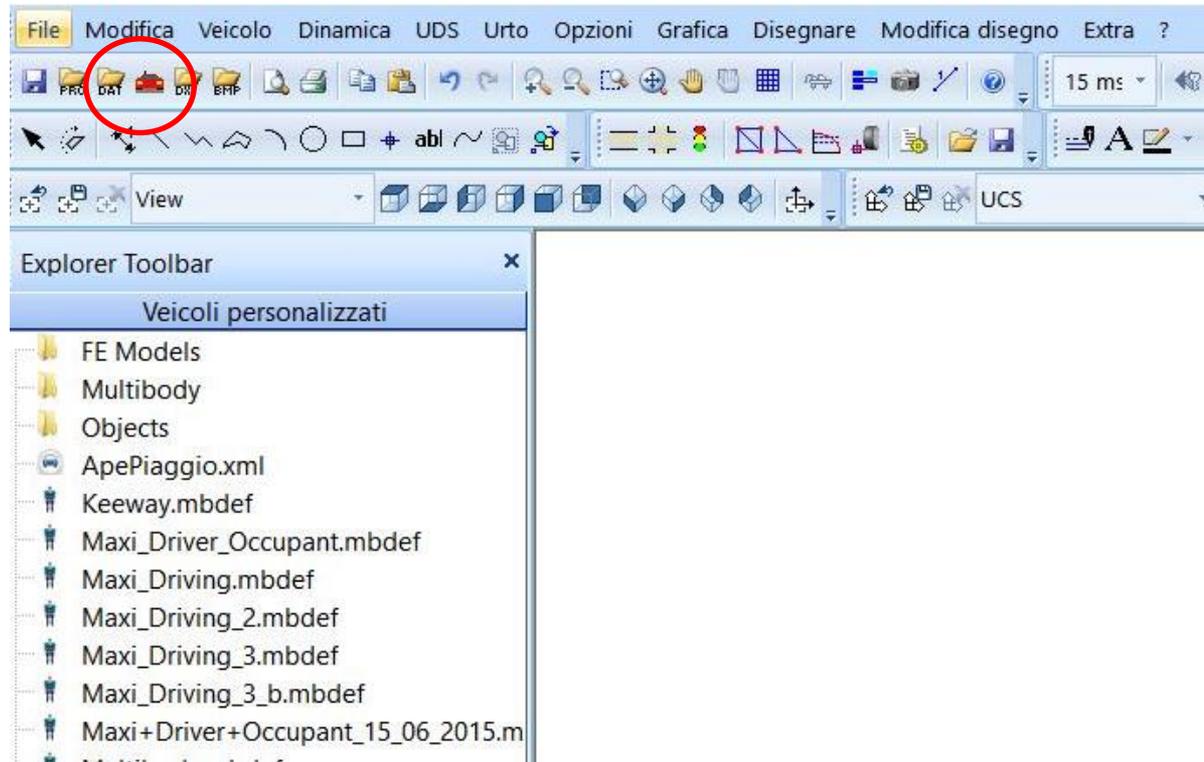


Doppio Click

Ricostruzione di un crash- test

3. Importare i veicoli in PC-Crash

Veicolo → Database veicoli

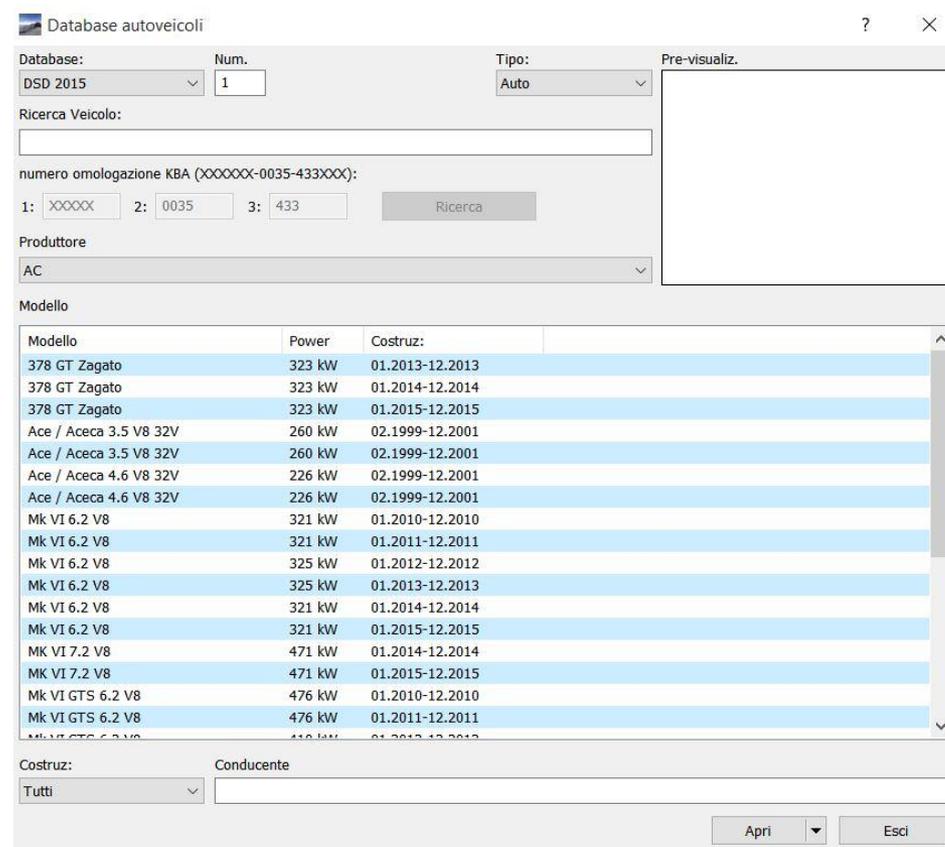


Ricostruzione di un crash- test

3. Importare i veicoli in PC-Crash

Seat Ibiza 1.05

Mitsubishi Galant 1800 Glsi



Ricostruzione di un crash-test

4. Impostare i dati dei veicoli e assegnare sagome 2D e/o 3D

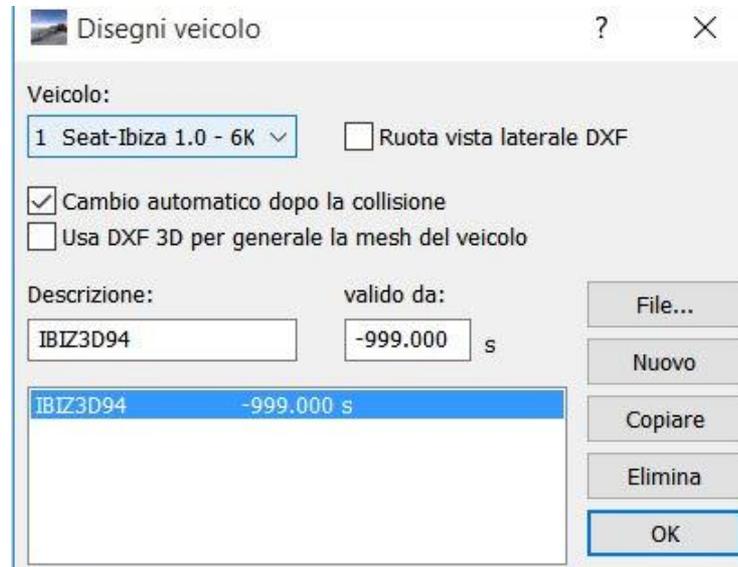
Veicolo:

Veicolo-DXF →

File →

Sagoma 2D →

Apri DXF



4. Impostare i dati dei veicoli e assegnare sagome 2D e/o 3D

Veicolo → Impostazione veicolo

Dati Veicolo

Geometria e Massa	1 AC-Ace / Aceca 3.5 V8 32V - Lo	Tipo: Auto
Sospensioni	↳ Ace / Aceca 3.5 V8 32V - Lotus 618	Peso a vuoto 1510.0 kg
Carico	Conducente:	Dist. centro gravità - asse ant. 1.235 m
Forza di frenata dell'z	Num. assi 2	Altezza CG 0.500 m
Rimorchio	Lunghezza 4.420 m	Mom. inerzia:
Sagoma veicolo	Larghezza 1.870 m	Z: 2092.0 kgm ²
Parametri Urto	Altezza 1.300 m	Rollio: 627.6 kgm ²
Controllo Stabilità	Sbalzo ant. 0.884 m	Beccheggio: 2092.0 kgm ²
	Rapporto di sterzata: 15	<input type="checkbox"/> ABS 0.1 sec
	Carreg. ant.: 1.590 m	<input checked="" type="checkbox"/> place on slopes automatically
	Carreg. post: 1.590 m	Passo 1-2 2.470 m

OK Annulla Applica

Ricostruzione di un crash- test

4. Impostare i dati dei veicoli e assegnare sagome 2D e/o 3D

Impostazioni dei veicoli

Per entrambi, altezza CG: 0,5m

Seat: massa 895 kg

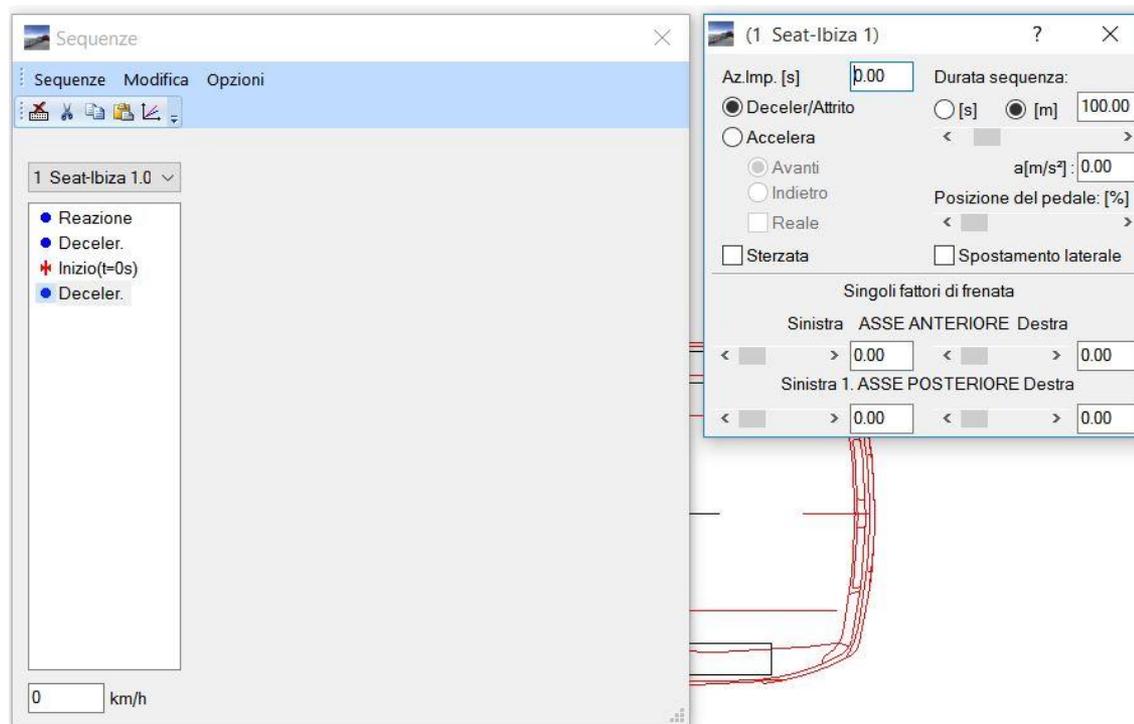
Mitsubishi: massa 1142 kg

Ricostruzione di un crash-test

5. Impostare «lo stato» dei veicoli dopo la collisione

Dinamica

→ Sequenze



Ricostruzione di un crash- test

6. Posizionare i veicoli all'urto e fissare le posizioni di quiete

Posizioni all'urto

Dinamica →
Sposta/Ruota
Veicolo

Posizioni di Quiete

Urto →
Posizioni Statiche

Ricostruzione di un crash-test

7. Configurare i parametri di collisione

Simulazione Post-u... ? X

Veicolo: 1 SEAT-IBI 2 MITSUBIS

Prima dell'urto:

v [km/h]:	55	49
Direzione [°]:	178.88	-0.77
Omega [rad/s]:	0.00	0.00
φ POI [°]:	29.5	-144.2

Dopo l'urto:

v [km/h]:	55.00	49.00
Direzione [°]:	178.88	-0.77
Delta-v [km/h]:	-	-
Omega [rad/s]:	0.00	0.00

Dist.P. impatto [cm]: 0 0

Def. Energy [kJ]: 0.0 0.0

EES [km/h]: 0.00 0.00

delta v: 4 [km/h] (Ist: 0.00)

k: 0.12 Attrito: 1.35

Coordinate [m]:

x:	2.45	-31.54
y:	-5.65	psi
z:	0.3	0

Urto

Punto d'impatto

Superficie contatto

phi

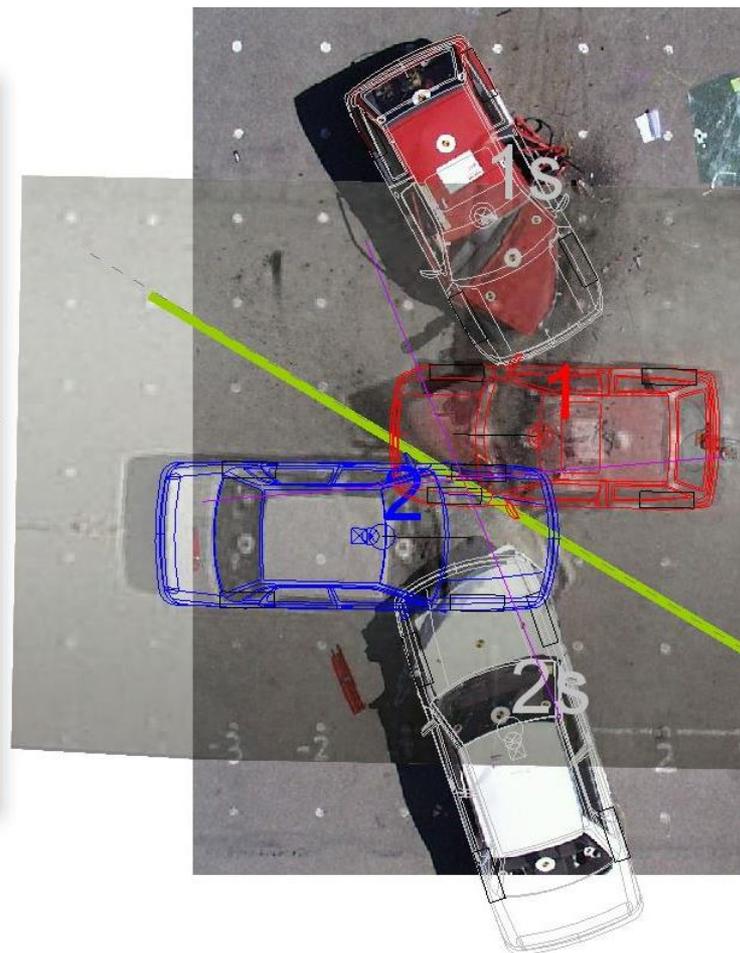
psi

Opzioni...

Urto

Nr.: 1

Autom.

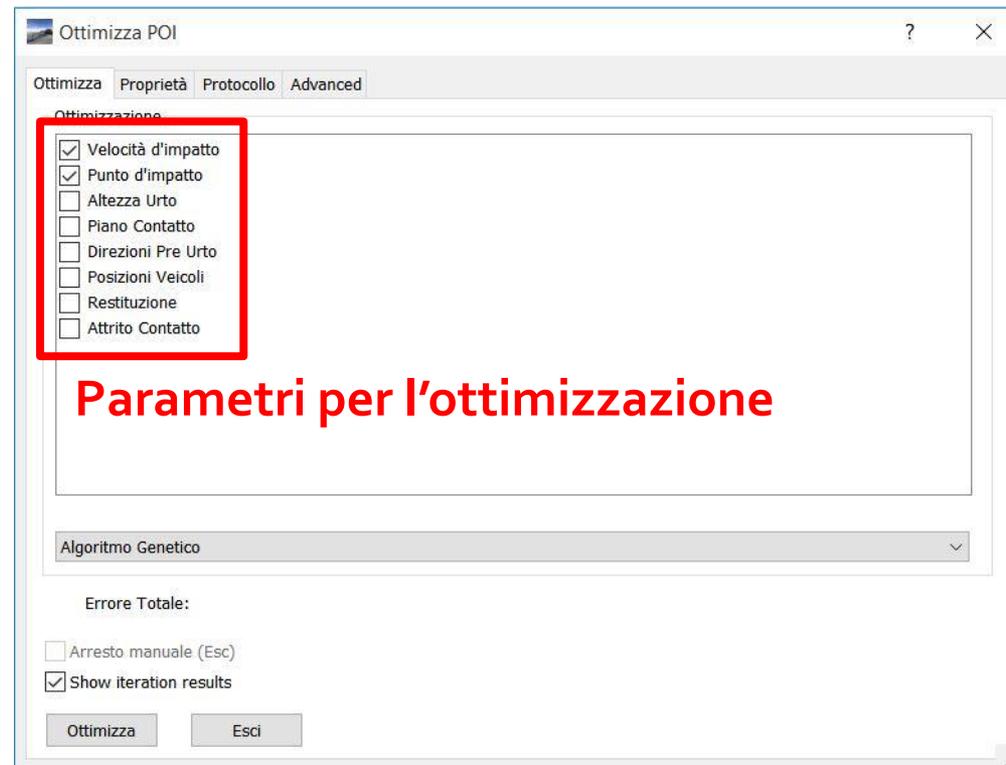


Ricostruzione di un crash- test

8. Procedura iterativa di ottimizzazione

Urto →

Ottimizza Simulazione



Ricostruzione di un crash- test

8. Procedura iterativa di ottimizzazione

Urto →

Ottimizza Simulazione



Ottimizza Proprietà Protocollo Advanced

Posizioni finali

1 Seat-Ibiza 1.0 - 6K

vmin: 0 km/h

vmax: 300 km/h

EES: 0 km/h

Priorità :

Posizioni di quiete

Distanza: 100 %

Angolo: 100 %

Elimina Posizione

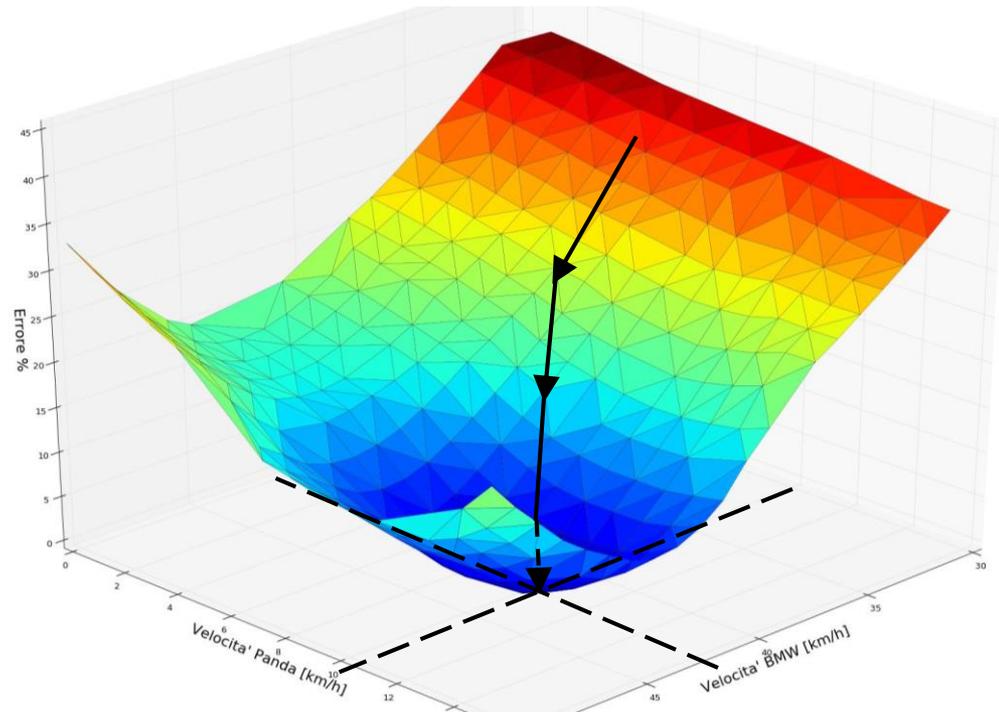
Impostazioni per veicolo

Ricostruzione di un crash- test

8. Procedura iterativa di ottimizzazione

Algoritmo Genetico →

Si «muove» lungo la curva dell'errore per
per trovare i valori che portano al minimo errore

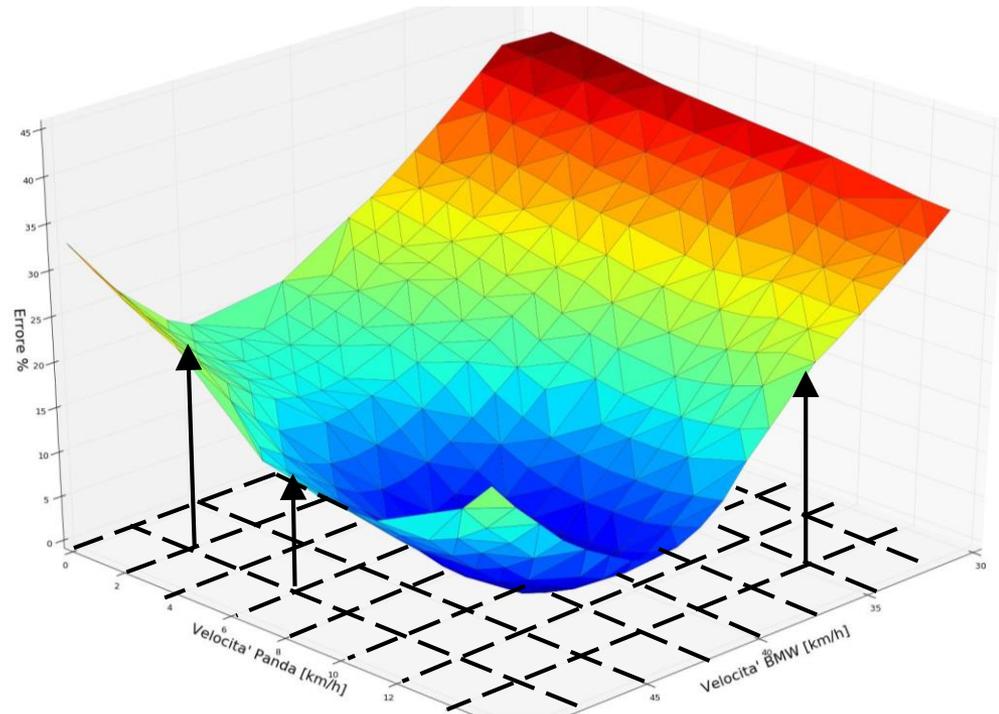


Ricostruzione di un crash- test

8. Procedura iterativa di ottimizzazione

Algoritmo Montecarlo →

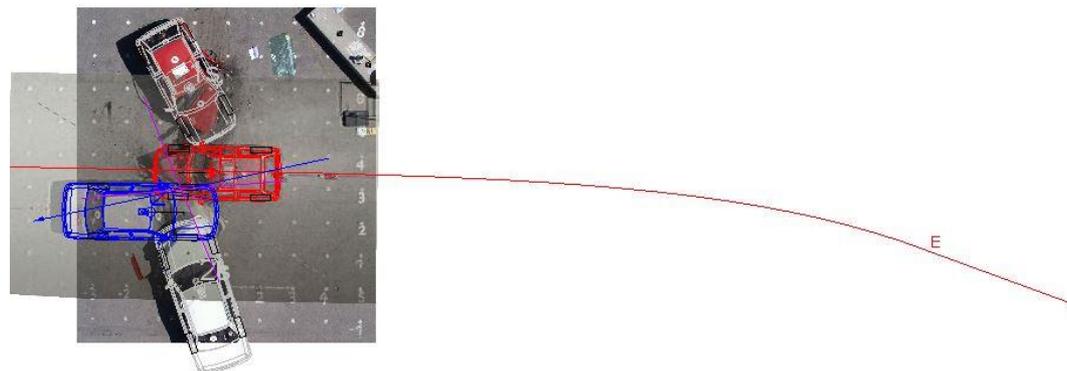
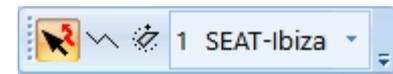
Prova tutte le combinazioni dei parametri per fare la mappa dell'errore



Ricostruzione di un crash-test

10. Definire la fase pre-urto

Disegnare percorso



Ricostruzione di un crash- test

10. Definire la fase pre-urto

Assegnare percorso

Dinamica →

Assegna Percorso

Selezio... ? X

1 SEAT-Ibiza

Centro di gravità

Pneumatico anteriore s

Pneumatico anteriore d

Pneumatico posteriore s

Pneumatico posteriore d

Punto centrale sull'asse

x: 0 m

y: 0 m

t Start: -1000 s

t End: 1000 s

End at collision

OK

Ricostruzione di un crash-test

10. Definire la fase pre-urto

Calcoli cinematici pre-urto

Dinamica →

Calcoli Cinematici

Calcolatore Cinematico

1 SEAT-Ibiza

Copia veicolo Elimina Calcola Diagrammi

React.:

1 2 3 4 5 6 7 8

Δs									m
a									m/s ²
Δt									sec

t = 0 s

v'									km/h
Δv									km/h
v									km/h

si-E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
ti-E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	sec

Evitabilità:

distanza

v limite:	50	km/h
a evitab.:	-7.5	m/s ²
Tempo reazione:	0.00	s
Tempo increm.:	0.00	s
s reazione-urto.:	0.00	m
t reazione-urto.:	0.00	s
s stop v-consent:	12.86	m
vc per v-consent:	50.00	km/h
a evitab. per v-consent:		m/s ²
a evitab. per v0:		m/s ²
v evitab.:		km/h

Ricostruzione di un crash- test

11. Diagrammi, report e presentazione dei risultati

DIAGRAMMI

Opzioni →
Diagrammi

REPORT

Opzioni →
Valori

VISUALIZZAZIONE
OGGETTI A SCHERMO

Opzioni →
Preferenze → Refresh

STAMPA
PLANIMETRIE

File →
Dati/Modelli di stampa
Anteprima di stampa
Stampa

Ricostruzione di un crash- test

Simulazione a Ritroso

1. Definizione dei percorsi post-urto:
Dinamica → Segue percorso a ritroso
2. Calcolo delle velocità pre-urto
Urto → Simulazione urto a ritroso

Ricostruzione di un crash-test

Simulazione a Ritroso

- Definizione dei percorsi post-urto:
 Dinamica → Segue percorso a ritroso

Segue percorso a ritroso ? ×

1 SEAT-Ibiza Agg. le posizioni veicolo dalla finestra 2D Calcola

Posizione	x [m]:	y [m]:	Direzione Psi	Attrito:	Frenata. [%]:	a [m/s ²]:	s [m]:	t [s]:	Dir.Vel. Ny [Grad]:	v [km/h]:
Pos. Stat.:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>					<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
10:										
9:										
8:										
7:										
6:										
5:										
4:										
3:										
2:										
1:										
Pos. Iniz.:										

Ricostruzione
di un crash-
test

Simulazione a Ritroso

2. Calcolo delle velocità
pre-urtoUrto → Simulazione urto a
ritroso

1. Momento a ritroso:
 - 2 gradi di libertà con direzioni conosciute
2. EES a ritroso:
 - 2 gradi di libertà con EES noti + direzione di un mezzo conosciuta
3. MomentoMOM a ritroso:
 - 3 gradi di libertà

Calcolo Urto a ritroso

Modello di Calcolo: **Momento a ritroso**

1 SEA 2 MIT

Prendi i dati dal percorso a ritroso

Pre urto
Input

Velocità: v 0 0 km/h
Dir. Vel.: v 178.9 -0.8 Gradi
Direzione: w 0 0 Gradi
Vel. Ang.: om 0 0 rad/s

Post urto

Velocità: v' 0 0 km/h
Dir. Vel.: v' 0 0 Gradi
Direzione: w' 0 0 Gradi
Vel. Ang.: om' 0 0 rad/s
ind. yaw vel.: omind 0 0 rad/s

Calc. urto

EES calc.: EES 0 0 km/h
Braccio Momento: N 0 0 m
PDDF: rho -178.9 0.8 Gradi
Deformazione dyn.: sDef 0 0 m
Rigidità calc.: c 0 0 kN/m
Cambio Velocità: dv 0 0 km/h
Velocità P.Urto: vSt 0 0 km/h
Durata Urto: tK 0 0 s
Accelerazione media: aKm 0 0 m/s²
Impulso: dP 0 Ns
Resituzione: e 0 0.00
Velocità Sep.: Vsep 0 0.00 km/h
Attrito Contatto: u 163 -
Piano Contatto xy: phi -31.5 Gradi

P.Urto x: x 2.45 m
P.Urto y: y -5.65 m

Punto d'impatto
 Superficie contatto

Calcola

Appendice

Richiami di matematica e di fisica per la ricostruzione dei sinistri stradali

Grandezze vettoriali e grandezze scalari

Richiami di
matematica
e di fisica

Richiami di
matematica
e di fisica

Descrivere le relazioni fra grandezze fisiche

Descrivere le relazioni tra grandezze fisiche.

Forza, massa, accelerazione

Richiami di
matematica
e di fisica

Accelerazione, spazio, velocità

Richiami di
matematica
e di fisica

Quantità di moto

Richiami di
matematica
e di fisica

Momento angolare

Richiami di
matematica
e di fisica

Centro di massa

Richiami di
matematica
e di fisica

Impulso e momento di un forza

Richiami di
matematica
e di fisica

Impulso e momento di un forza

Richiami di
matematica
e di fisica

Attrito statico e attrito dinamico

Richiami di
matematica
e di fisica

Energia cinetica

Richiami di
matematica
e di fisica

Energia rotazionale

Richiami di
matematica
e di fisica

Bibliografia e Contatti

Elenco di alcuni testi di riferimento

Bibliografia

1. ***Handbook of Accident Reconstruction***, A. Moser & H. Burg
2. ***The collision and trajectory models of PC-Crash***, H. Steffan & A. Moser, SAE International Paper 960886
3. ***Validation of PC-Crash - A momentum-based accident reconstruction program***, W. E. Cliff & D. T. Montgomery, SAE International Paper 960885
4. ***Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer***, W. E. Cliff & A. Moser, SAE International Paper 2001-01-0507
5. ***Data from Five Staged Car to Car Collisions and Comparison with Simulations***, Bailey M. & Lawrence J & Fowler S & Williamson P. et al., SAE 2000-01-0849
6. ***A Comparison Study between PC-Crash Simulation and Instrumented Handling Maneuvers***, Kiefer A. & Bilek D., & Moser A. & Webb A., SAE 2011-01-1121

Bibliografia

- 7. *The Pedestrian Model in PC-Crash – The Introduction of a Multi Body System and its Validation*, Moser A., Steffan H., Kasanický G., SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 1999-01-0445**
- 8. *Validation of the PC -Crash Pedestrian Model*, Moser A., Steffan H., Hoschopf H., Kasanicky G., SAE 2000-01-0847**
- 9. *A fuzzy approach for vehicle-pedestrian collision reconstruction*, D. Vangi, Vehicle System Dynamics, vol. ?, pp. 250-268, ISSN:0042-3114, 2009**
- 10. *Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods*, R.M. Brach, SAE International**
- 11. *Ricostruzione della dinamica degli incidenti stradali: Principi e Applicazioni*, D. Vangi, Firenze University Press**

Contatti

Studio Del Cesta

P. I. Andrea Del Cesta

Ing. Francesco Del Cesta

Via F. Turati, 35/P

Loc. Arena Metato

56017 San Giuliano Terme (PI)

T: 050 81 04 50

www.studiodelcesta.com

PC-Crash.it

Ing. Francesco Del Cesta

www.pc-crash.it

M: 333 62 45 116