

**Biomeccanica Forense**  
**Milano 17 novembre 2017**

---

*Ing. D. Bigi*

*Via Monesiglio, 36 - 10137 TORINO*

*Tel. 011 - 3248288, 333/8785468 e-mail: bigid@iol.it*

## **SISTEMI DI SICUREZZA**

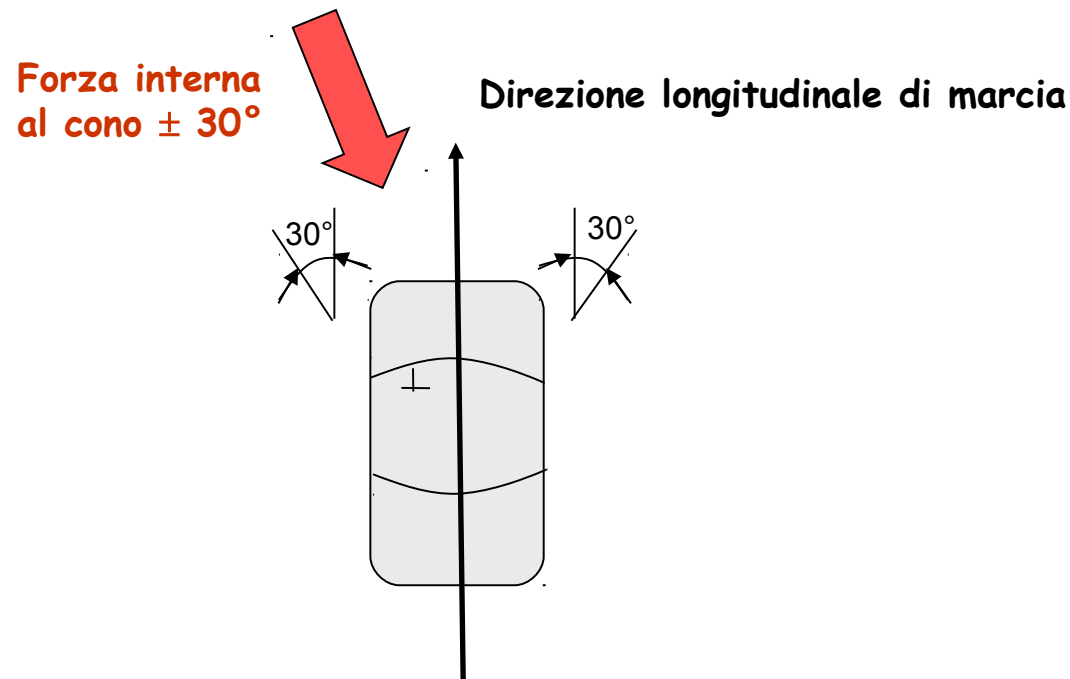
# **DEGLI AUTOVEICOLI E FATTORE UMANO**

**I dispositivi di Sicurezza Passiva**

**degli Autoveicoli**

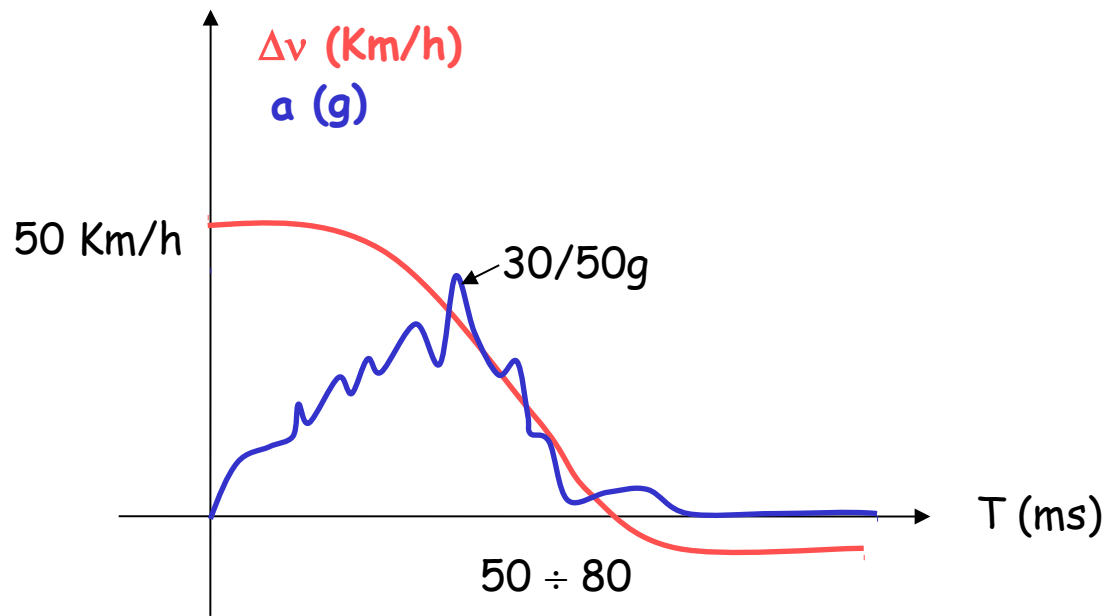
# Urto Frontale / Definizione

L'insieme degli urti (contro ostacolo fisso o veicolo contro altro veicolo) nei quale la direzione principale delle forze scambiate è posta all'interno di un cono che si estende di  $30^\circ$  a destra ed a sinistra rispetto alla direzione longitudinale anteriore e nei quali la struttura frontale è interessata dalle deformazioni



# Urto di Riferimento per Ragionare:

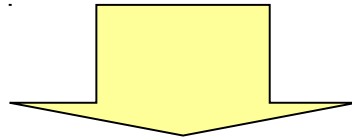
Urto perfettamente perpendicolare contro barriera rigida con ricoprimento completo del frontale



# Situazione Ideale di Riferimento

---

- guidatore in moto parzialmente solidale con il veicolo  
(massimo anticipo della decelerazione)
- utilizzo ottimale dello spazio libero di spostamento davanti al guidatore

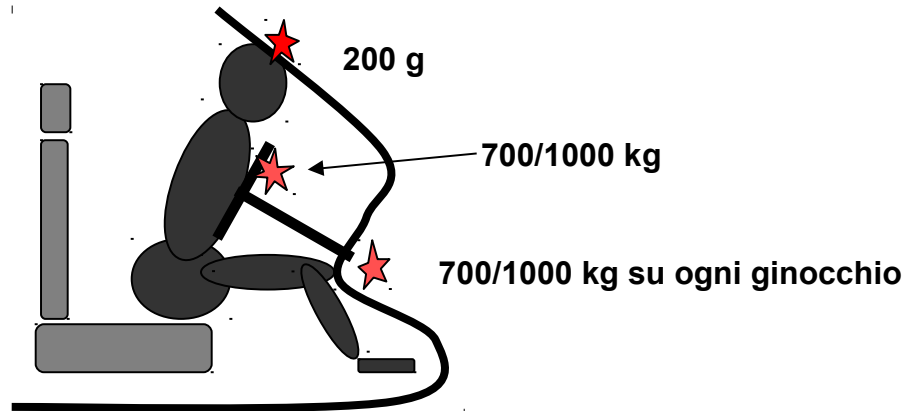


***ACCELERAZIONI SU TUTTI I SEGMENTI CORPOREI  
CON PICCHI DI 15 ÷ 30g, LIVELLI DEL TUTTO  
COMPATIBILI CON LESIONI LEGGERE***

## **OBIETTIVO DEI SISTEMI DI RITENUTA IN URTO FRONTALE:**

vincolare il moto dell'occupante al moto del veicolo utilizzando al meglio gli spazi di deformazione disponibili, evitando urti rigidi contro l'interno dell'abitacolo e quindi limitando al minimo le decelerazioni, le forze e gli schiacciamenti che i diversi segmenti del corpo umano devono subire.

# La Cinematica del Guida non Cinturato



- fase iniziale (15 ÷ 20 ms) : moto inerziale in avanti non rallentato
- 20 ÷ 25 ms: urto del torace/addome contro la corona del volante e delle ginocchia contro la parte bassa della plancia
- 50 ÷ 60 ms: importante rotazione in avanti del busto con moto della testa contro il parabrezza
- 80 ÷ 100 ms: la testa batte violentemente contro l'area centrale/superiore del parabrezza a velocità dell'ordine di 30 ÷ 40 Km/h

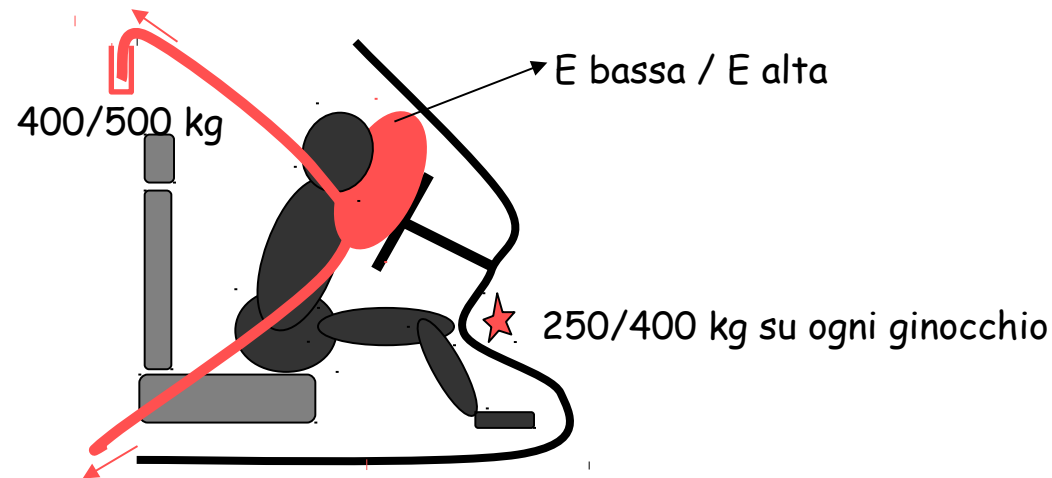


*LESIONI GRAVISSIME, SPESSO MORTALI*

# Urto Frontale : L'evoluzione Storica dei Sistemi di Ritenuta

OGGI/estese applicazioni

Cinture / pretensionatori / limitatori di carico delle cinture / air bags a doppia energia di attivazione in funzione della severità dell'urto



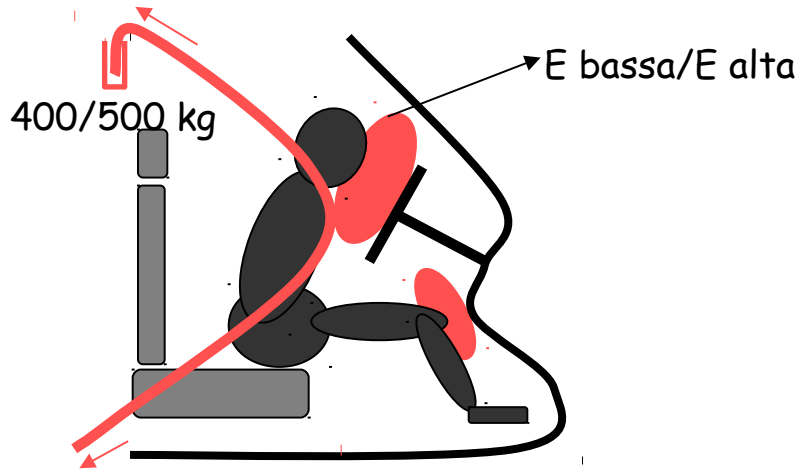
## PROBLEMI APERTI

- residue lesioni da out of position
- residuo rischio di submarining se cinture indossate scorrettamente
- lesioni agli arti inferiori

# Urto Frontale : L'evoluzione Storica dei Sistemi di Ritenuta

OGGI/limitate applicazioni)

Cinture/pretensionatori multipli/limitatori di carico delle cinture /air bags a doppia energia di attivazione in funzione della severita' dell'urto/air bag ginocchio



## PROBLEMI APERTI

- efficacia complessiva da verificare in funzione dei dati da campo. Sicuramente sempre presenti residue lesioni da out of position

# Definizioni

---

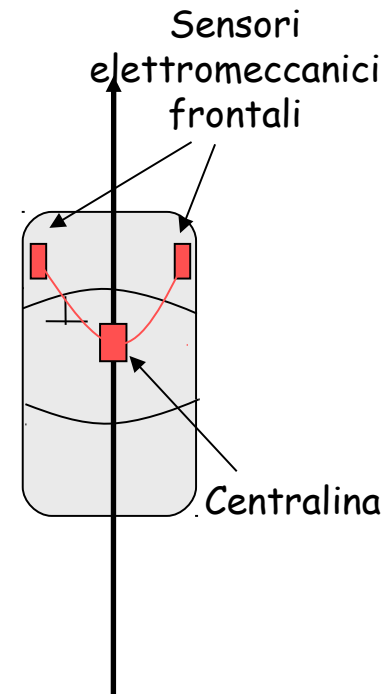
- **SENSORISTICA PRINCIPALE**: regola l'attivazione di air bags frontali e pretensionatori in tutte le situazioni
- **SENSORISTICA SECONDARIA**: risolve casi specifici (es. sensore di presenza del passeggero anteriore per disattivare se opportuno il bag frontale lato passeggero)



# STEP 1: Sensoristica Elettromeccanica Decentrata (fino all'inizio degli anni '90)

## Descrizione:

- due o più sensori elettromeccanici (sistemi "integratori") posizionati in specifiche zone del frontale veicolo e destinati ad identificare precocemente le condizioni d'urto necessarie alla rapida attivazione dei componenti di sicurezza
- centralina di controllo in zona anteriore tunnel centrale con un ulteriore sensore elettromeccanico di sicurezza e le funzioni di diagnostica



## *Condizioni di attivazione:*

*chiusura di almeno uno dei sensori anteriori e del sensore di sicurezza della centralina*

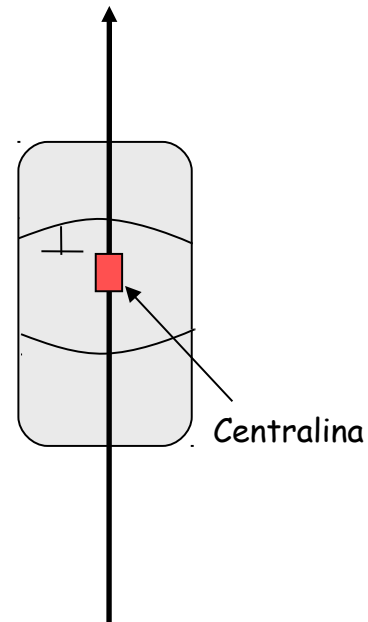
# STEP 2: Sensoristica Elettronica Centralizzata

## (da inizio anni 90)

---

### Descrizione:

- la sensoristica principale per l'attivazione di air bags e pretensionatori e' nella centralina elettronica di comando solitamente posizionata sulla parte anteriore del tunnel centrale del veicolo **COMUNQUE** coadiuvata di sensori anteriori decentrati
- la centralina di comando di questo tipo e' equipaggiata di un accelerometro elettronico e di un software di analisi del segnale
- Funzioni principali svolte dalla centralina:
  - produrre il segnale di decelerazione
  - Analizzare il segnale individuando nel più breve tempo possibile l'eventuale raggiungimento della soglia di attivazione rispettivamente per air bags e pretenzionatori
  - gestire i segnali provenienti dai sensori anteriori decentrati ed eventualmente dai secondari
  - gestire l'intera diagnostica relativa al sistema elettronico



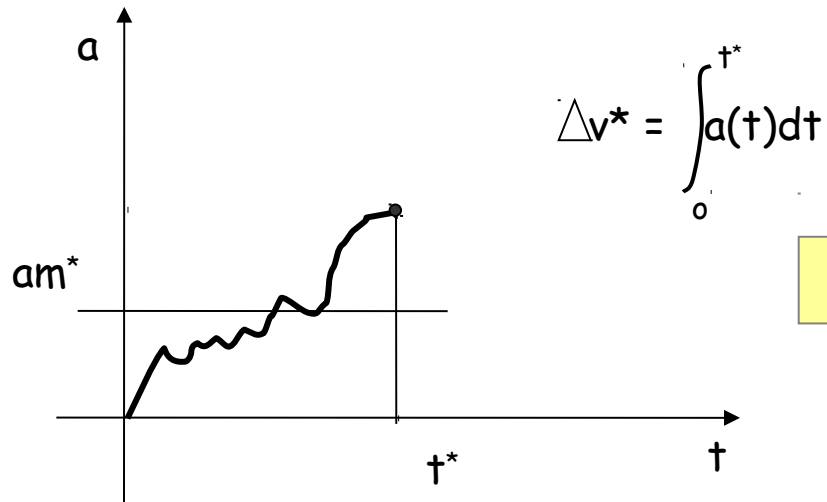
# Categorie di Decelerazioni

---

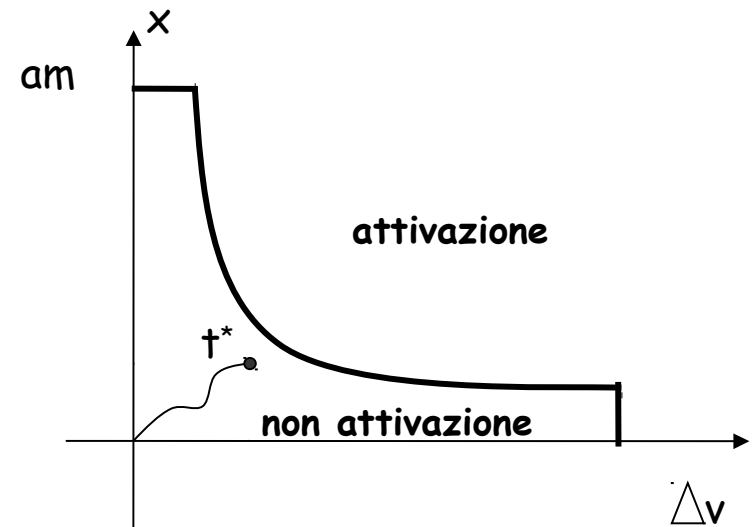
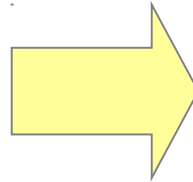
- Situazione di NO FIRE per i pretensionatori ("rough road" + test di urto frontale a bassa velocità)
- Situazione di NO FIRE per gli air bags frontali ("rough road" come per i pretensionatori + test di urto frontale a bassa velocità)
- Condizioni di MUST FIRE per i pretensionatori (una o più configurazioni di urto frontale a bassa velocità)
- Condizione di MUST FIRE per gli air bags (una o più configurazioni di urto frontale a bassa velocità)
- Condizioni limite massime di attivazione per la soglia a bassa energia degli air bags (una o più configurazioni di urto frontale)
- Condizioni limite minime di attivazione per la soglia ad alta energia degli air bags (una o più configurazioni di urto frontale)
- Condizioni di corretto funzionamento ad alta velocità (tempi di attivazione) degli air bags e dei pretensionatori (più configurazioni di urto frontale)

# Algoritmi di Attivazione

## SEGNALE ACCELEROMETRICO

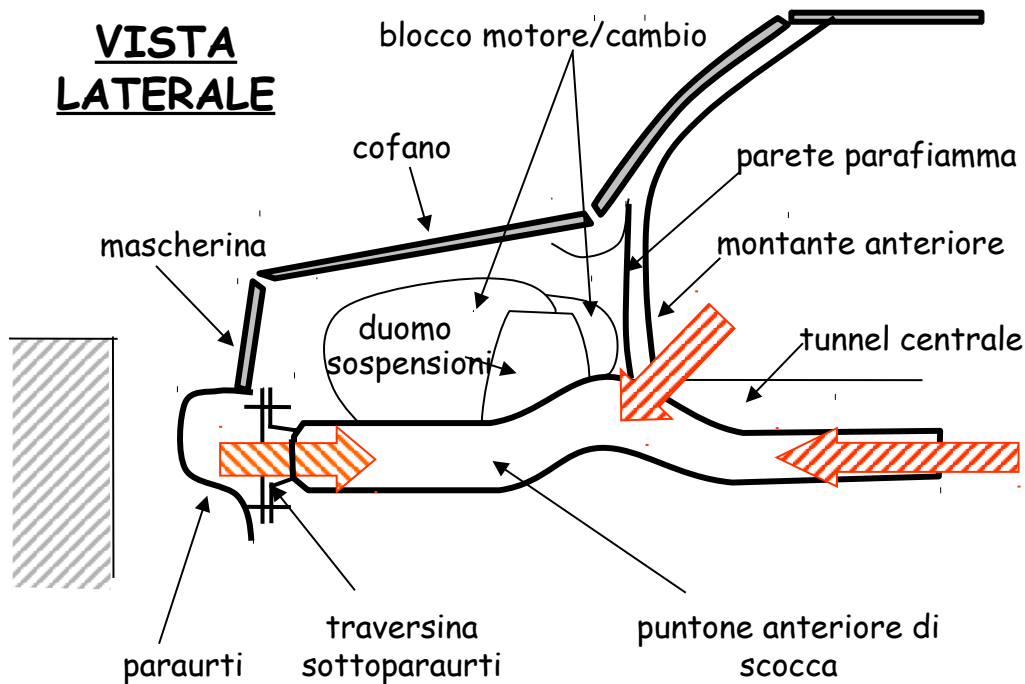


$$\Delta v^* = \int_0^{t^*} a(t) dt$$

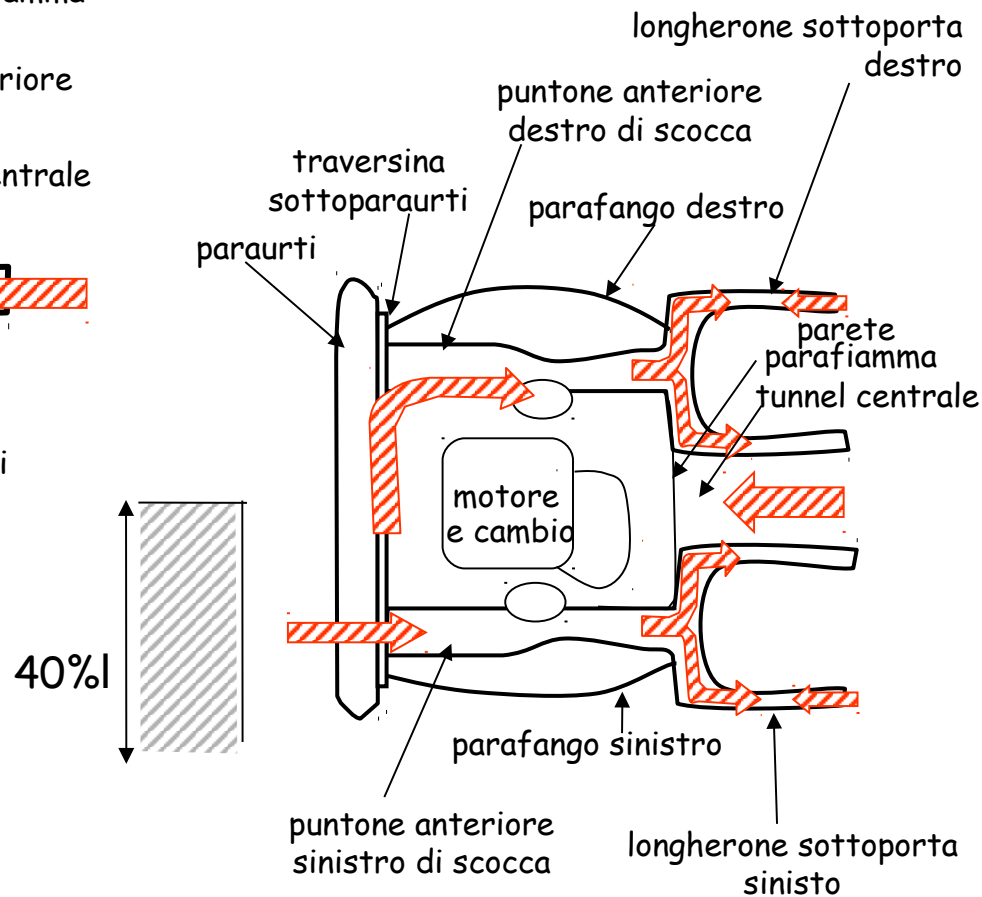


# Elementi Strutturali Rilevanti in Urto Frontale o Velocità Elevate

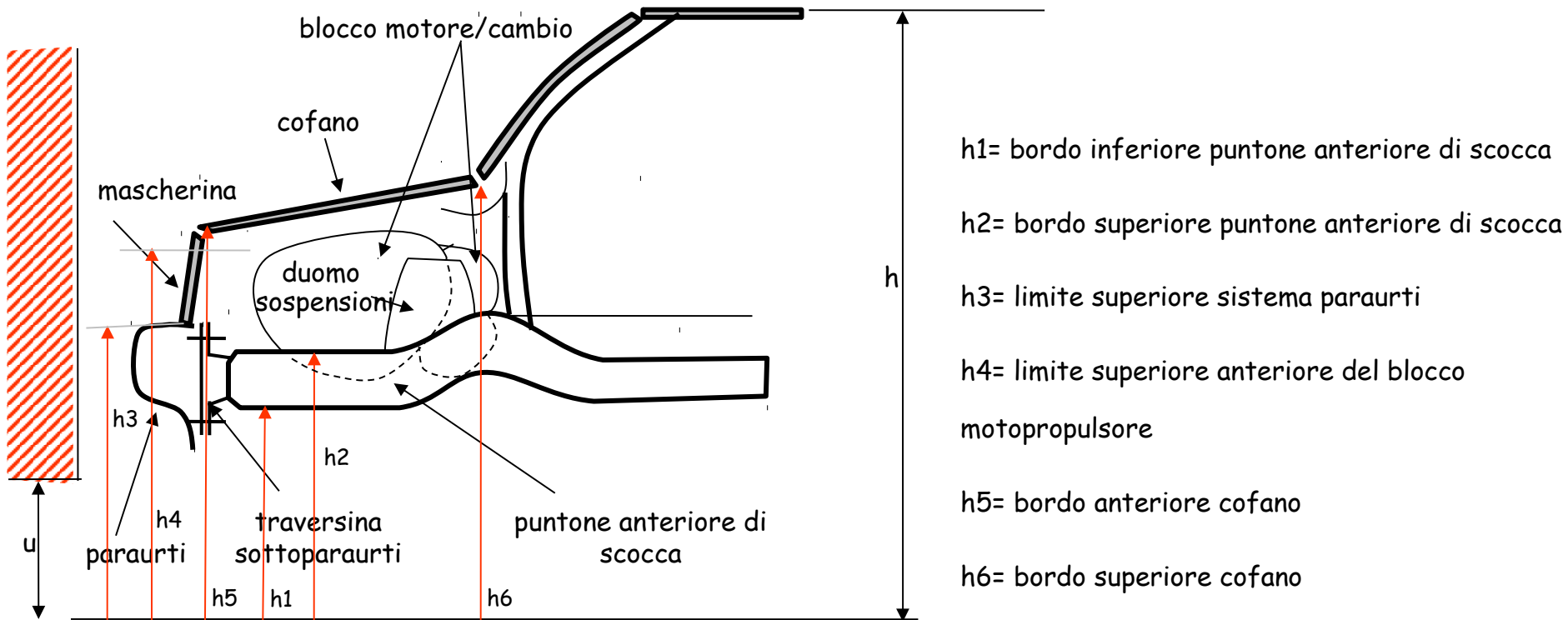
## VISTA LATERALE



## VISTA IN PIANTA



# Definizione della % di Underride



$$\% \text{ underride} = u/h\%$$

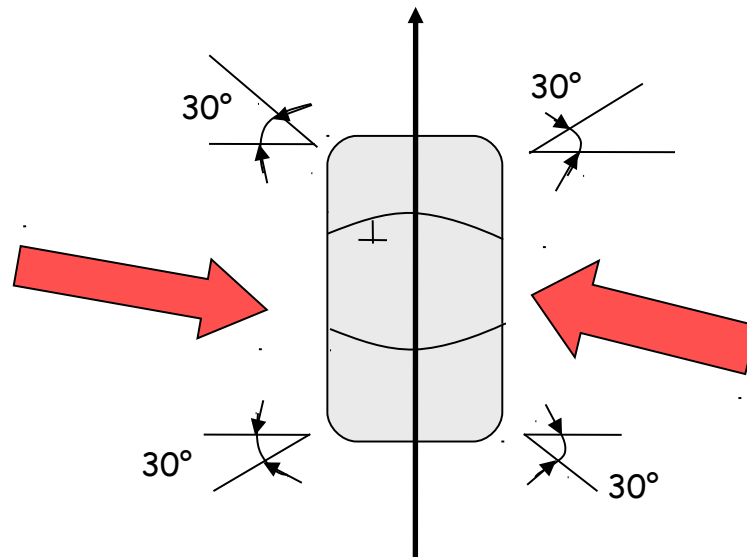
# Urto Laterale :

## Definizione

---

L'insieme degli urti (contro ostacolo fermo o veicolo contro altro veicolo) che interessano le due fiancate dell'autoveicolo con direzione delle forze prevalentemente trasversale rispetto alla direzione longitudinale. Categorie più rilevanti:

- urti vettura contro vettura agli incroci
- urti laterali contro oggetti quali pali, particolarmente pericolosi in caso di interazione contro la testa degli occupanti



# Informazioni Introduttive

---

- Per gli urti laterali NON è possibile disaccoppiare la discussione sull'efficacia della ritenuta dal comportamento strutturale, come invece è stato fatto, al prezzo di qualche semplificazione, nel caso di urto frontale
- Le cinture di sicurezza non svolgono in urto laterale alcun ruolo veramente significativo nella riduzione delle lesioni gravi o mortali
- Il meccanismo lesivo è sostanzialmente un "meccanismo di contatto" tra i segmenti corporei degli occupanti e la fiancata dell'autovettura (porta, montanti, fianchetti, traversine sottotetto) spinta verso l'interno dall'oggetto urtante.
- I segmenti corporei più soggetti a lesioni gravi o mortali sono la testa, il collo ed il torace. Soprattutto la testa è estremamente critica



# Strategia di Limitazione delle Lesioni

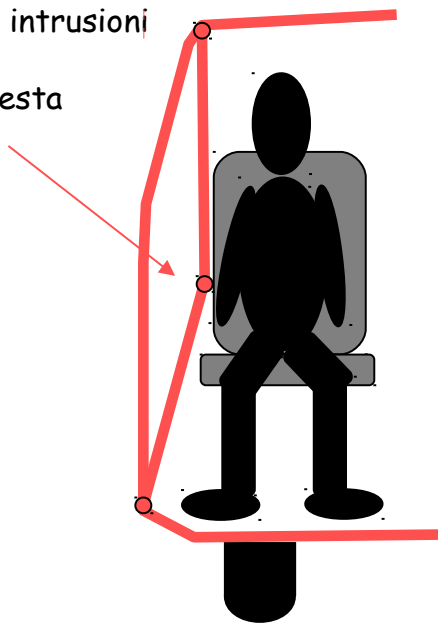
---

- Non potendo impedire la deformazione della fiancata è necessario che la struttura induca un "profilo di deformazione ottimizzato". Tale profilo deve tendere a ridurre al minimo gli spostamenti intrusivi a livello di testa/torace anche a costo di lasciar "sfogare" le deformazioni in basso nella zona degli arti inferiori.
- Ottimizzazione della capacità di deformazione/assorbimento di energia di quelle parti della fiancata che entrano in contatto con i segmenti corporei degli occupanti in urto laterale (pannelli porte, montanti, traversine tetto, ecc.)  
Vi sono oggettive **LIMITAZIONI TECNICHE** a questo approccio
- Introduzione di air bags laterali soprattutto per testa e torace come valido strumento di aiuto per assorbire energia in urto laterale

# Profilo di Deformazione Ottimizzato

## Configurazione da evitare

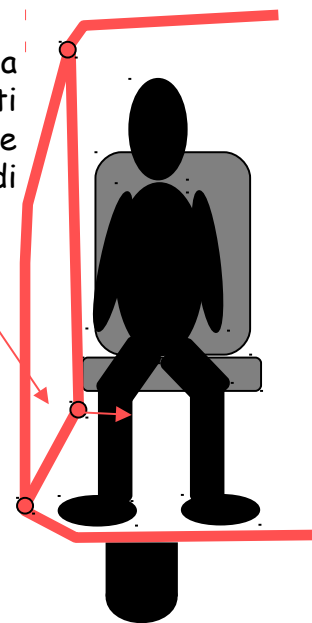
Cerniera plastica centrale  
con importanti intrusioni  
a livello di  
torace/collo/testa



## Configurazione ottimale

(indispensabile per superare ECE95)

Cerniera plastica nella  
zona del bacino/arti  
inferiori con limitate  
intrusioni a livello di  
torace/collo/testa



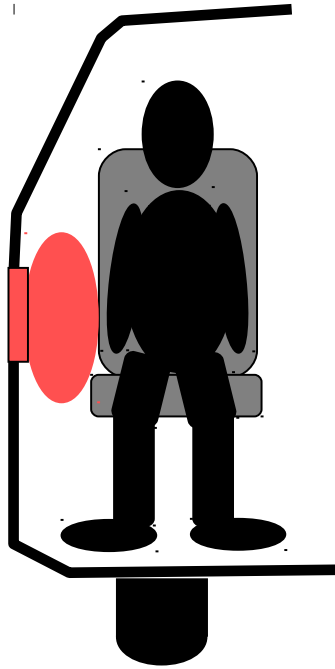
# Urto Laterale:

## L'evoluzione Storica dei Sistemi di Ritenuta

### STEP 1 (Inizio anni '90)

air bags toracici posizionati nel pannello porta

Air Bag toracico  
posizionato nel  
pannello porta



### PROBLEMI APERTI

- Non viene affrontata l'importante tematica della protezione della testa.

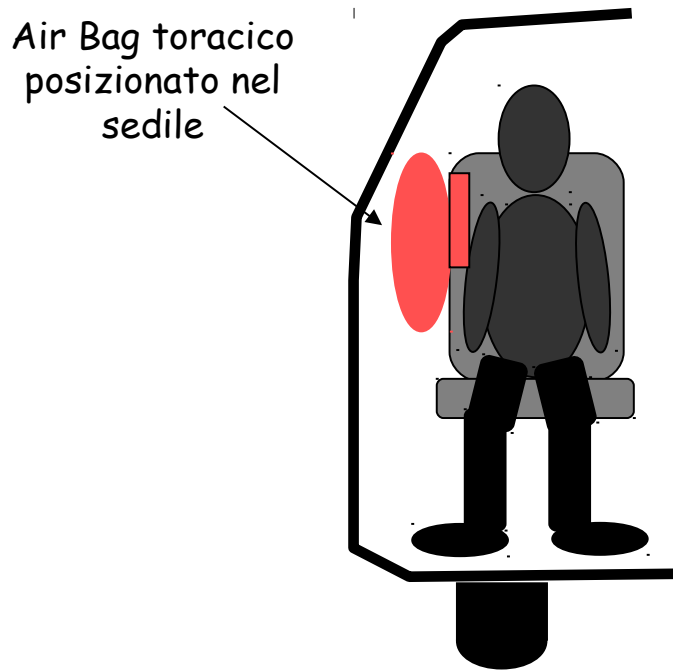
- volume di circa 6 litri
- presenti ancor oggi sul mercato
- finalizzati a garantire un corretto assorbimento di energia a livello toracico ed addominale

# Urto Laterale:

## L'evoluzione Storica dei Sistemi di Ritenuta

STEP 2 alternativo e *non* evolutivo rispetto a STEP 1 (Inizio anni '90)

air bags toracici posizionati nel fianchetto del sedile



### PROBLEMI APERTI

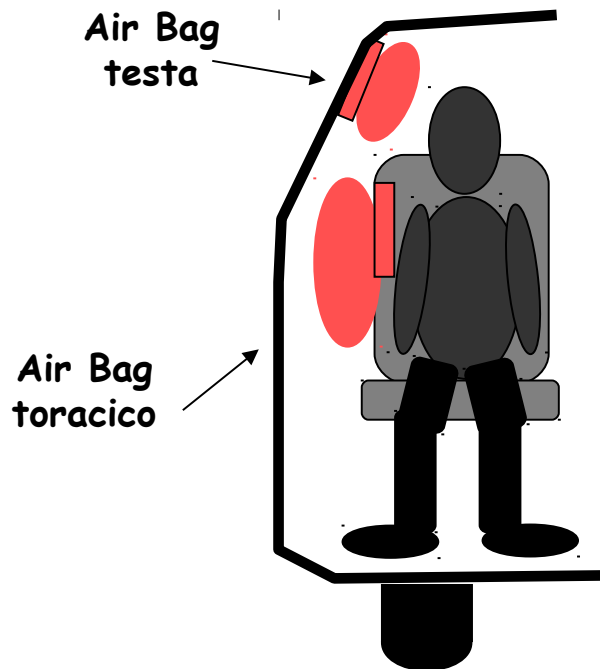
- Non viene affrontata l'importante tematica della protezione della testa.

- volume di circa 6 litri
- rappresenta oggi la principale tipologia di air bags per la protezione del torace in urto laterale
- finalizzati a garantire un corretto assorbimento di energia a livello toracico ed addominale

# Urto Laterale:

## L'evoluzione Storica dei Sistemi di Ritenuta

**STEP 3** (Seconda metà' degli anni 90): air bags a tendina a protezione della testa in abbinamento all' air bag a protezione del torace (nel sedile o nel pannello porta)



- volume dell'air bag toracico di circa 6 litri
- volume dell'air bag testa di circa 8/10 litri
- questa tipologia di protezione si è rapidamente imposta sulle vetture di attuale commercializzazione
- risponde all'esigenza di garantire un corretto assorbimento di energia in corrispondenza a tutti i segmenti corporei maggiormente esposti in urto laterale.

# Urto Laterale :

## Le Logiche di Taratura della Sensoristica

### ARCHITETTURA DELLA SENSORISTICA PRINCIPALE

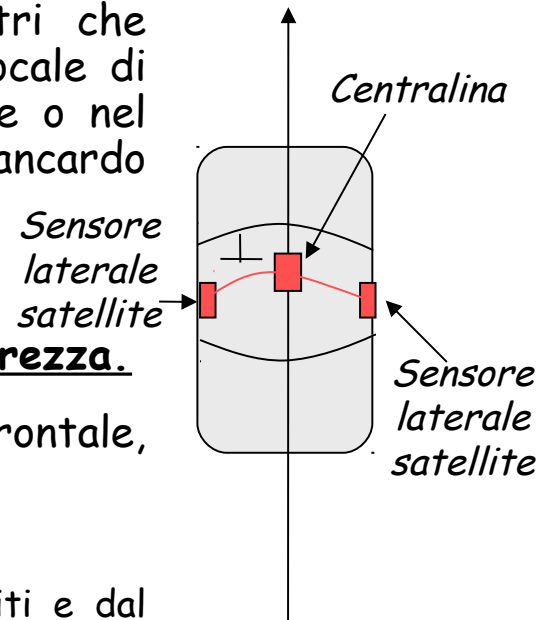
#### • Sensori satelliti

Ogni fiancata del veicolo e' equipaggiata con uno o più sensori satelliti. I sensori satelliti sono solitamente veri e propri accelerometri che forniscono alla centralina l'andamento nel tempo del segnale locale di decelerazione. I sensori satelliti sono posizionati o nelle porte o nel montante B o nel pavimento della vettura (zona laterale del brancardo sotto porta).

#### • Centralina dotata di un ulteriore sensore trasversale di sicurezza.

E' la stessa centralina che contiene la sensoristica di urto frontale, ulteriormente equipaggiata di:

- Sensore trasversale ("safety switch")
- Software di analisi dei segnali provenienti dai sensori satelliti e dal sensore elettromeccanico trasversale.
- Software di completamento della diagnostica per le segnalazioni specifiche di competenza dei componenti di sicurezza in urto laterale



#### **Condizioni di attivazione:**

chiusura di almeno un sensore satellite e del sensore elettromeccanico trasversale

# Urto Laterale :

## Le Logiche di Taratura della Sensoristica

---

### CATEGORIE DI DECELERAZIONI

- Situazione di NO FIRE per gli air bags laterali ("rough road" e uno o piu' test a bassa velocita' di urto laterale)
- Condizioni di MUST FIRE per gli air bags laterali (uno o piu' test a bassa velocita' di urto laterale)
- Condizioni di corretto funzionamento ad alta velocita' (tempi di attivazione) degli air bags laterali (più configurazioni di urto laterale ad elevata velocità)

# Urto Laterale :

## Le Logiche di Taratura della Sensoristica

---

### SENSORISTICA SECONDARIA

- Chiavetta di attivazione dell'air bag toracico posteriore
- Sensore presenza passeggero anteriore.

In assenza di passeggero l'air bags toracico anteriore viene automaticamente disattivato



# La Sicurezza Passiva in Urto Posteriore

---

## INFORMAZIONI GENERALI

- Urti Posteriori: tutti quei sinistri nei quali il veicolo riceve un impatto di tipo longitudinale o quasi longitudinale dal posteriore verso l'anteriore veicolo, entro un cono di  $-30^{\circ}/+30^{\circ}$  e con deformazione che interessa direttamente la struttura posteriore del veicolo.
- Come in Urto Frontale la struttura del veicolo "filtra" l'impatto trasferendo all'abitacolo un impulso di accelerazione longitudinale.
- Il serbatoio carburante e' solitamente posizionato posteriormente. La non danneggiabilita' del serbatoio in Urto Posteriore e' chiave per la prevenzione dei rischi incendio.
- Lo schienale del sedile e l'appoggiatesta sono i due componenti chiave per la ritenuta degli occupanti (trattenimento dell'occupante all'interno del sedile negli urti di notevole severità e corretta cinematica del sistema testa-collo a tutte le severità d'impatto)

# La Resistenza dei Sedili

---

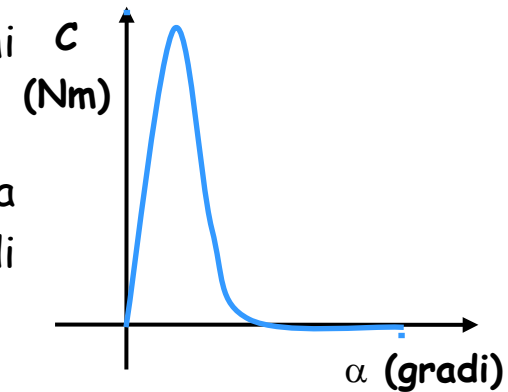
## PROBLEMATICAZIONE: SCHIENALI DEI SEDILI COLLASSATI IN URTO POSTERIORE

- Si tratta di un cedimento strutturale tutt'altro che raro in Urti Posteriori di una certa severità
- Solitamente il collasso avviene per cedimento del meccanismo di vincolo alla seduta
- Nei casi più gravi questo tipo di comportamento può causare un effetto "trampolino" con la proiezione dell'occupante verso il lunotto posteriore e la possibile espulsione dal veicolo.
- Non esistono normative di legge adeguate (cioè sufficientemente severe) a limitare/evitare questo fenomeno
- Le case automobilistiche hanno normative tecniche interne non standardizzate al fine di limitare questa problematica

# La Resistenza dei Sedili

## ESEMPIO DI COMPORTAMENTO PERICOLOSO DEGLI SCHIENALI

- L' occupante inizia a spingere contro lo schienale del sedile con una forza che, in un tamponamento piuttosto severo con variazione di velocità di 30/35 km/h può presentare picchi nell'ordine dei 700/1000 kg
- Questa forza di compressione contro lo schienale provoca, a livello di vincolo con il cuscino, forze di flessione, di taglio e di torsione (queste ultime se il vincolo e' monolatero)
- Sotto l'azione di queste forze il sistema di vincolo arriva a sopportare una forza massima e poi cede di schianto assorbendo una quota marginale dell'energia in gioco
- L'occupante, sotto il continuo effetto delle forze inerziali continua ad accelerare posteriormente e tende ad essere proiettato contro il lunotto posteriore. L'allacciamento della cintura a tre punti puo' contribuire a mantenere l'occupante all'interno del sedile ma questa performance non e' sempre garantita.

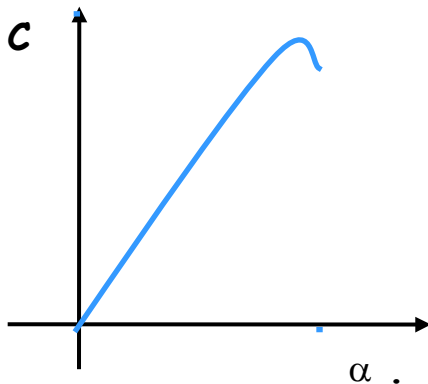


# La Resistenza dei Sedili

## STRATEGIE DI OTTIMIZZAZIONE STRUTTURALE

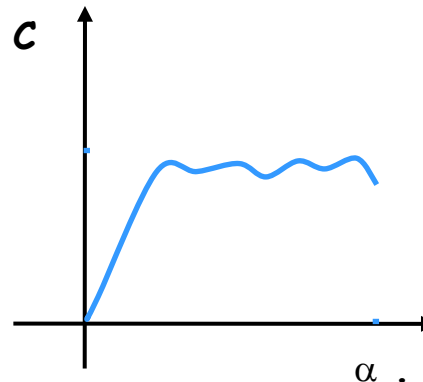
### A) INNALZAMENTO DEL LIMITE DI RESISTENZA ELASTICA

La forza di resistenza elastica del sedile viene incrementata a livelli tali da garantire il mantenimento del comportamento del vincolo schienale/ seduta in campo elastico



### B) SEDILE A DEFORMAZIONE ELASTOPLASTICA CONTROLLATA

Il vincolo schienale/seduta viene progettato in modo tale da cedere sotto una forza controllata e tale da garantire un comportamento elastico fino ad urti posteriori di una certa entità (es. 15/20 km/h di variazione di velocità). Al di sopra di tale soglia il vincolo stesso inizia a cedere in modo plastico assorbendo energia e quindi contribuendo a mantenere l'occupante nella seduta.



# La Sicurezza Passiva in rollover

---

## INFORMAZIONI GENERALI

- Si definiscono rollover o capottamenti tutti quei sinistri in cui il veicolo abbandona la posizione "4 ruote a terra"
- Il successo commerciale di veicoli a baricentro alto (sostanzialmente SUV) ha aumentato negli anni l'incidenza di questo tipo di sinistri.
- Il sistema di ritenuta veramente essenziale in rollover sono le cinture di sicurezza. L'allacciamento delle cinture di sicurezza garantisce la non espulsione degli occupanti dal veicolo, evento in assoluto più pericoloso in rollover
- I rollover sono "incidenti lenti" che si protraggono anche per alcuni secondi, con profili di decelerazione sostanzialmente imprevedibili. L'estrema variabilità dei profili di decelerazione rende estremamente arduo programmare in modo deterministico l'attivazione di pretensionatori/air bags
- Sensoristica di tipo giroscopico è invece espressamente dedicata ai roll bar ad attivazione automatica di cui sono spesso equipaggiate le vetture spider