



# UTILIZZO DELLE CINTURE DI SICUREZZA - QUANTIFICAZIONE DEL CONCORSO DI COLPA E RESPONSABILITÀ DEL PEDONE IN ATTRAVERSAMENTO

Prof. Ing. Mattia Strangi

**Laurea** in Ingegneria Meccanica – indirizzo Trasporti presso l'Università di Bologna con premio per la migliore tesi in tema di sicurezza e ricostruzione cinematica conferito dall'associazione EVU-ASAIS.

**Dottorato di ricerca** in Ingegneria dei Trasporti. **Amministratore** unico di iAdvice Srl, Società di ingegneria specializzata nella ricostruzione degli incidenti stradali.

**Docente** di '*Ricostruzione degli incidenti stradali M2*' presso Università di Bologna e coordinatore del gruppo di lavoro '*Ricostruzione dei sinistri stradali*' dell'Ordine degli ingegneri di Bologna.

10 novembre 2023

[mattia.strangi@iadvic.it](mailto:mattia.strangi@iadvic.it)

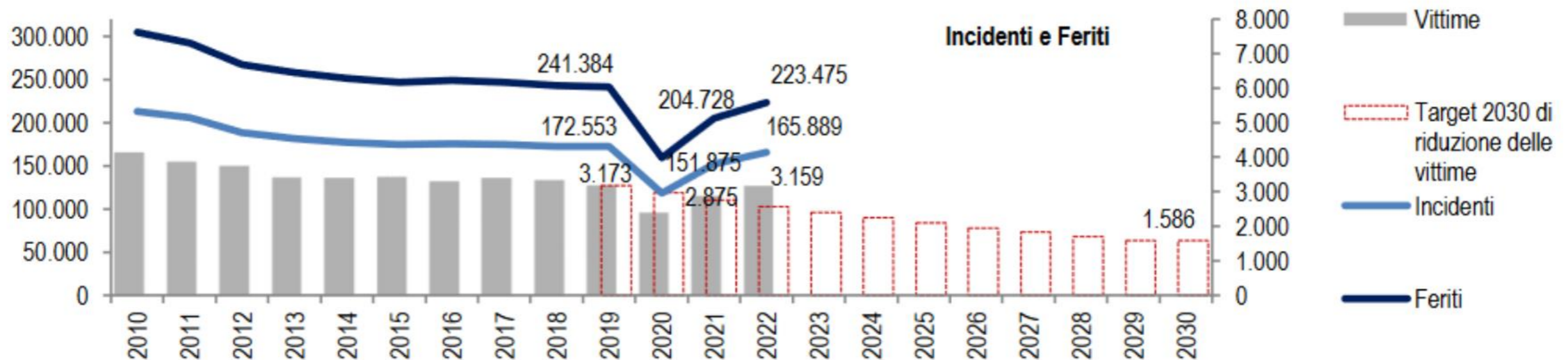


393-2111984



Secondo i dati divulgati da ISTAT, con la ripresa della mobilità dopo gli anni di pandemia, aumentano incidentalità stradale, feriti e vittime. Nel 2022 si sono verificati in Italia **165.889 incidenti stradali** che hanno provocato:

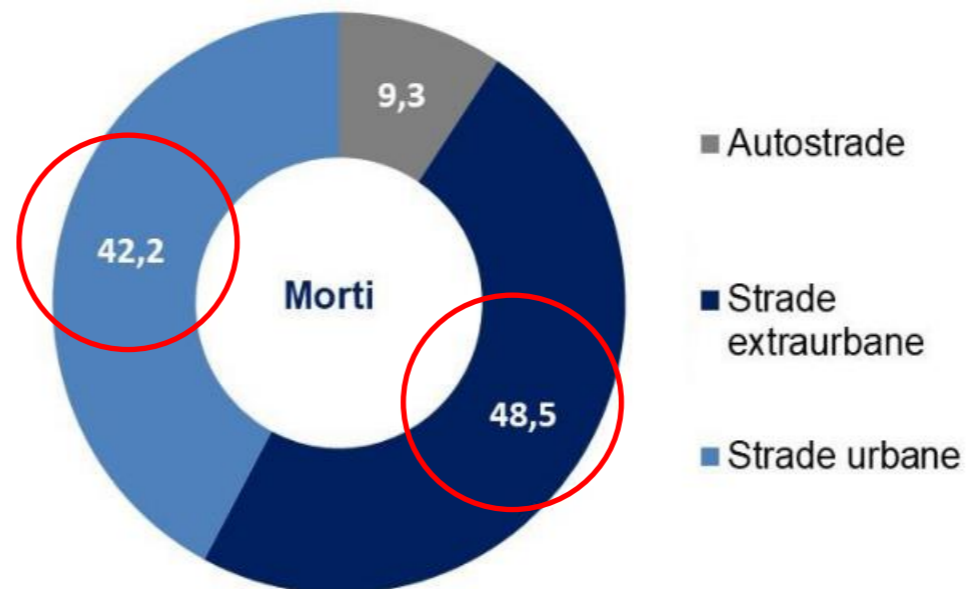
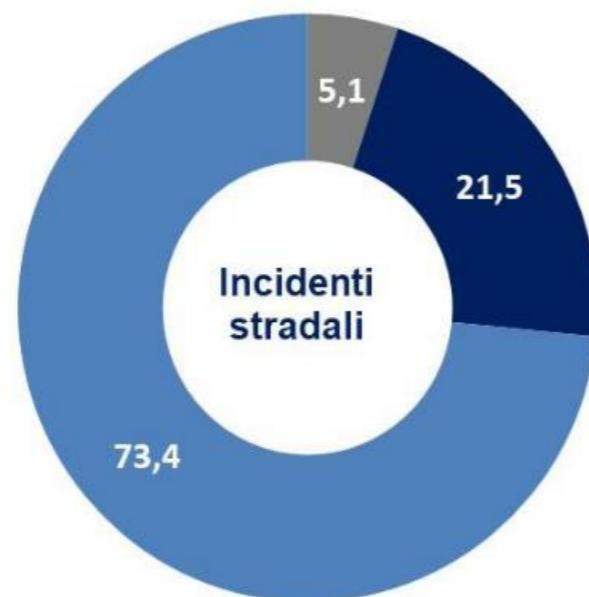
- **3.159 vittime** (deceduti entro il 30° giorno dal sinistro);
  - 83,9% è deceduto entro le 24 ore dall'incidente;
  - 81,6% delle vittime sono uomini e il 18,4% sono donne;
- **223.475 feriti**;
  - di cui **15.990 gravi\***, definiti come tali sulla base delle schede di dimissione ospedaliera (dato più recente riferito al 2021).



\*Scala dei traumi AIS, variante MAIS, punteggio MAIS3+.

# Dati per categoria di strada

	<b>Sinistri</b>	<b>Morti</b>
Strade urbane	121.818	1.333
Autostrade e raccordi	8.375	295
Strade extraurbane	35.696	1.531

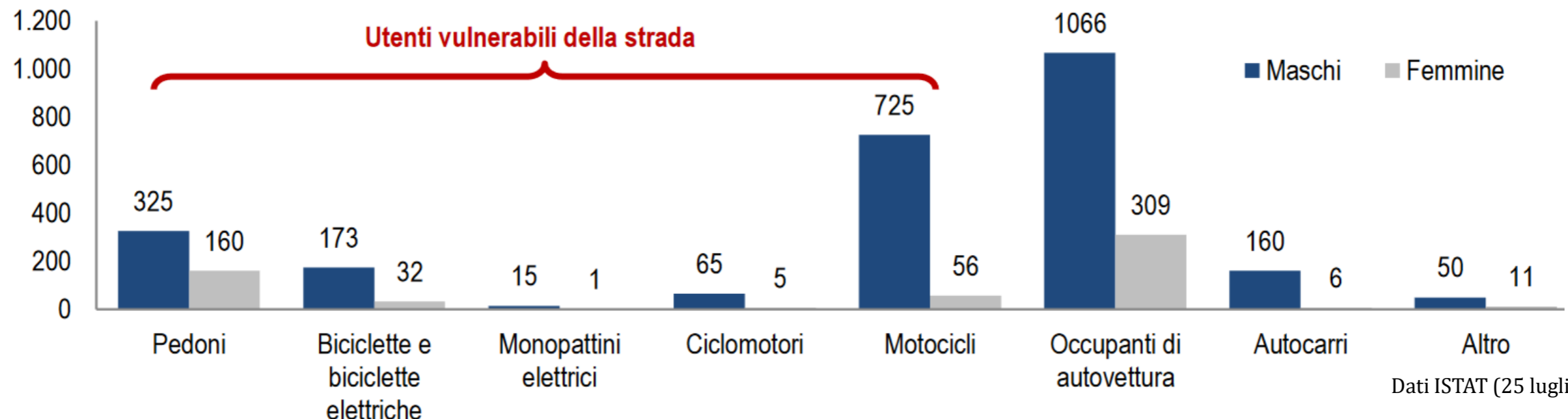


Il costo sociale degli incidenti stradali, considerando i costi sanitari, i costi umani, la perdita della capacità produttiva ed altre voci di costo, ammonta a quasi 18 miliardi di euro nel 2022 (0,9% del Pil nazionale).

Nel 2022, su 165.889 incidenti stradali:

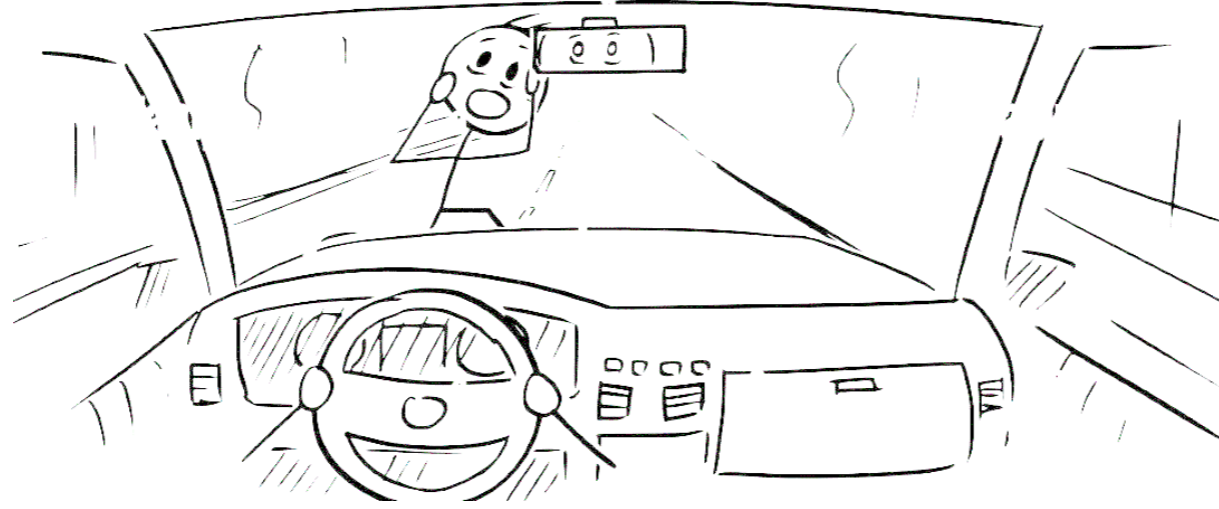
- **Il 10,7% degli incidenti totali costituiscono l'investimento di pedone;**
- **2.929** sinistri hanno coinvolto **monopattini** elettrici;
- **1.113** sinistri hanno coinvolto **biciclette elettriche;**
- **15.981** sinistri hanno coinvolto **biciclette NON elettriche.**

**MORTI IN INCIDENTE STRADALE PER TIPO DI UTENTE DELLA STRADA E GENERE**

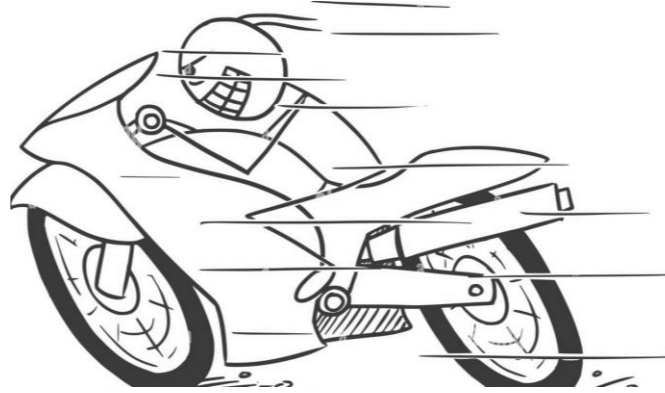


# Indici di mortalità ogni 100 incidenti

Pedoni: **2,7**



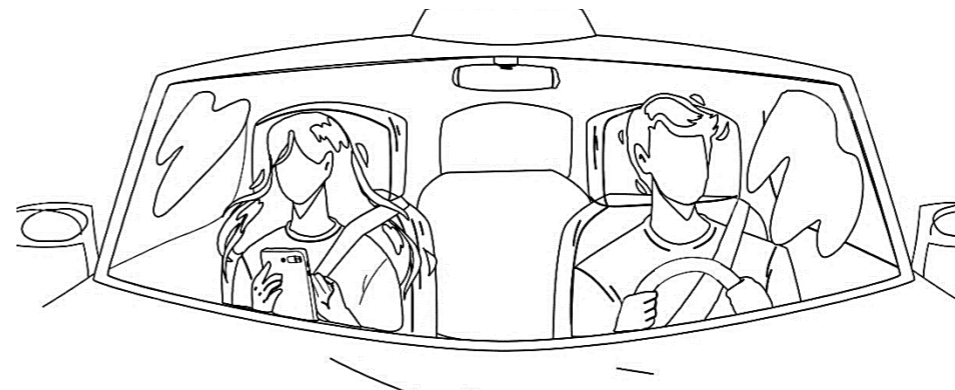
Motociclisti: **1,5**



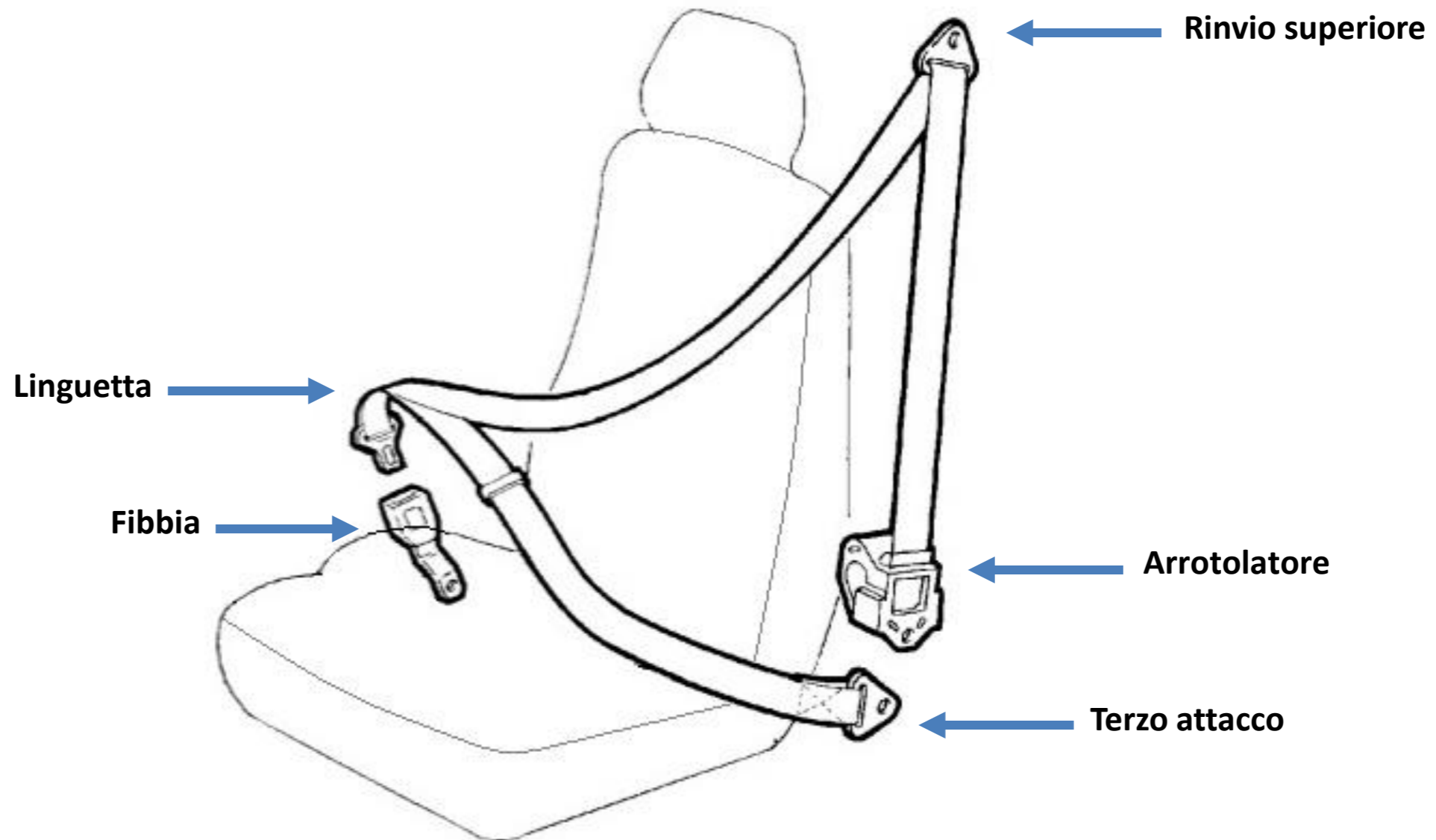
Biciclette e monopattini: **1,1**



Occupanti autovettura: **0,6**

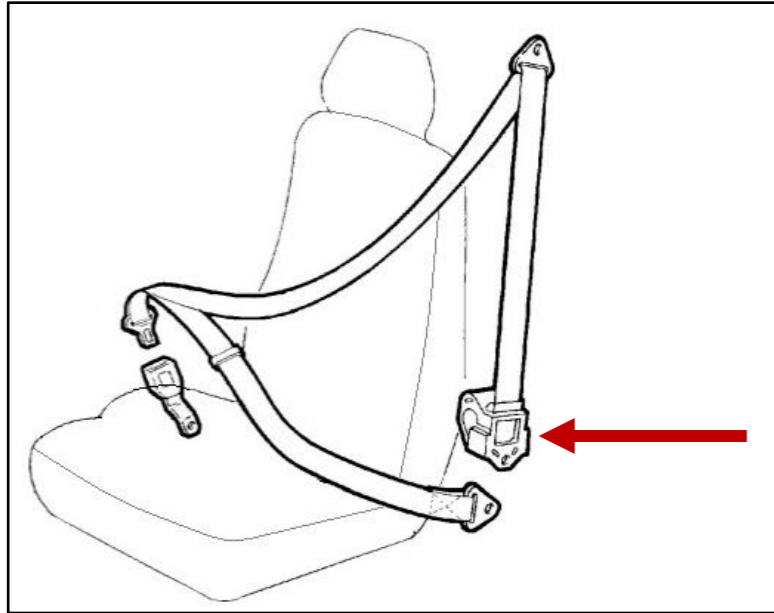


## Cintura di sicurezza a tre punti



**Quattro i punti in cui la forza viene scaricata alle strutture del veicolo tramite la cintura di sicurezza (fibbia, rinvio superiore, terzo attacco e arrotolatore).**

Elemento fondamentale del sistema di ritenuta. **Gestisce il blocco e lo sblocco della cintura di sicurezza.**



- 1) Genera una leggera e continua forza di richiamo sulla cintura;
- 2) Riavvolge la cintura quando viene sganciata in condizioni di normale utilizzo;
- 3) **Blocca** la cintura quando si registra una **trazione impulsiva** per poi sbloccarla se rientra di una piccola quantità;
- 4) **Blocca** la cintura quando si registra una **particolare inclinazione del piano** per poi sbloccarla se si registra un assetto orizzontale dell'autovettura;
- 5) **Blocca** la cintura quando si registrano **decelerazioni del veicolo** oltre una certa soglia per poi sbloccarla al termine della decelerazione.

La funzione 5) dell'arrotolatore permette di bloccare la cintura in urto frontale, laterale e posteriore. La contemporanea presenza delle funzioni 3), 4) e 5) permette di bloccare la cintura anche in fase di rollover.

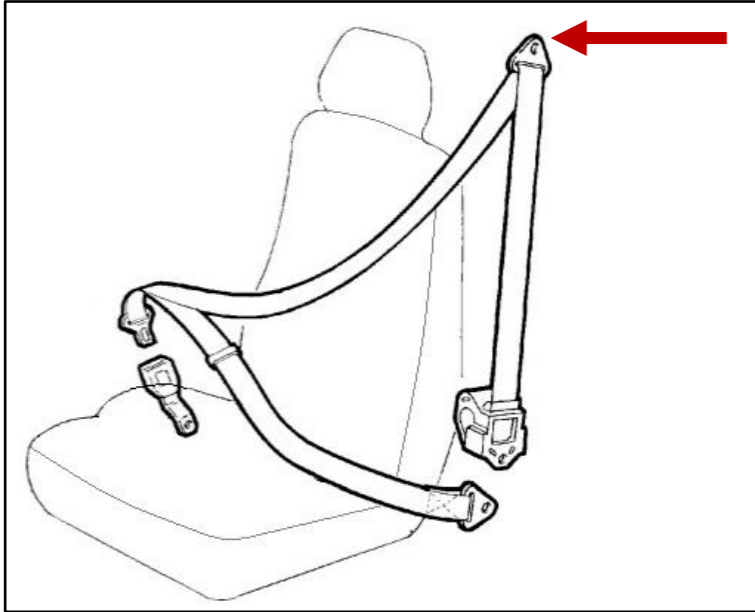
## **Efficacia della cintura di sicurezza**

**Urto frontale:** massima efficacia (si tendono anche a minimizzare le lesioni da «out of position»).

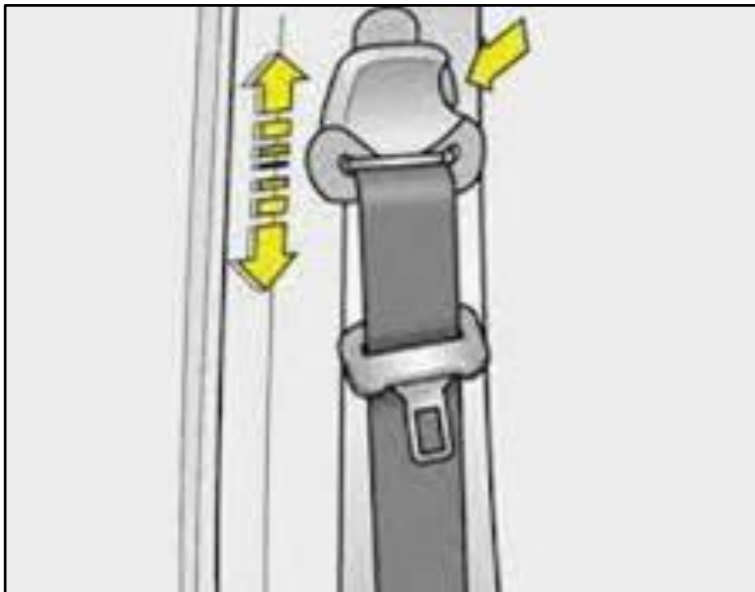
**Urto laterale:** minima efficacia (non sempre trascurabile poiché si riduce lo spostamento dell'occupante e la probabilità che quest'ultimo venga a contatto con elementi rigidi non prossimi/non intrudenti).

**Urto posteriore:** buona efficacia immediatamente dopo l'urto, nella fase di rilascio dell'energia elastica da parte del sedile (contraccolpo).

**Rollover:** massima efficacia contro le forze centrifughe (corpo vincolato al sedile dunque proiezione del corpo verso l'esterno non consentita).



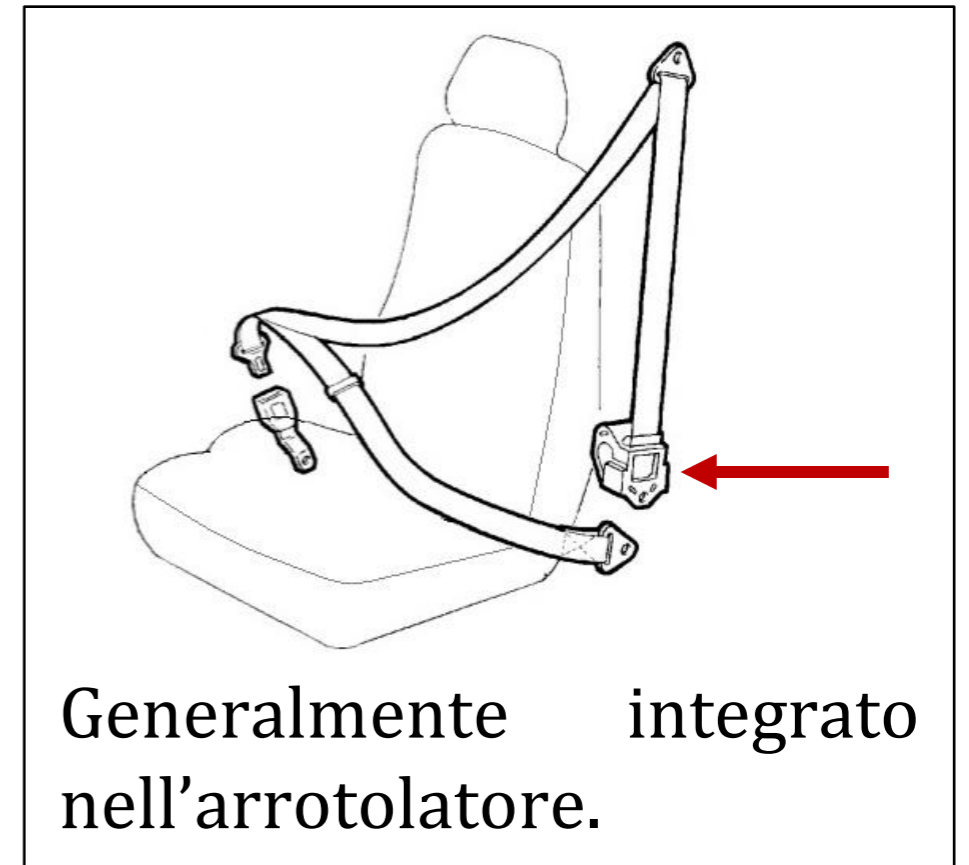
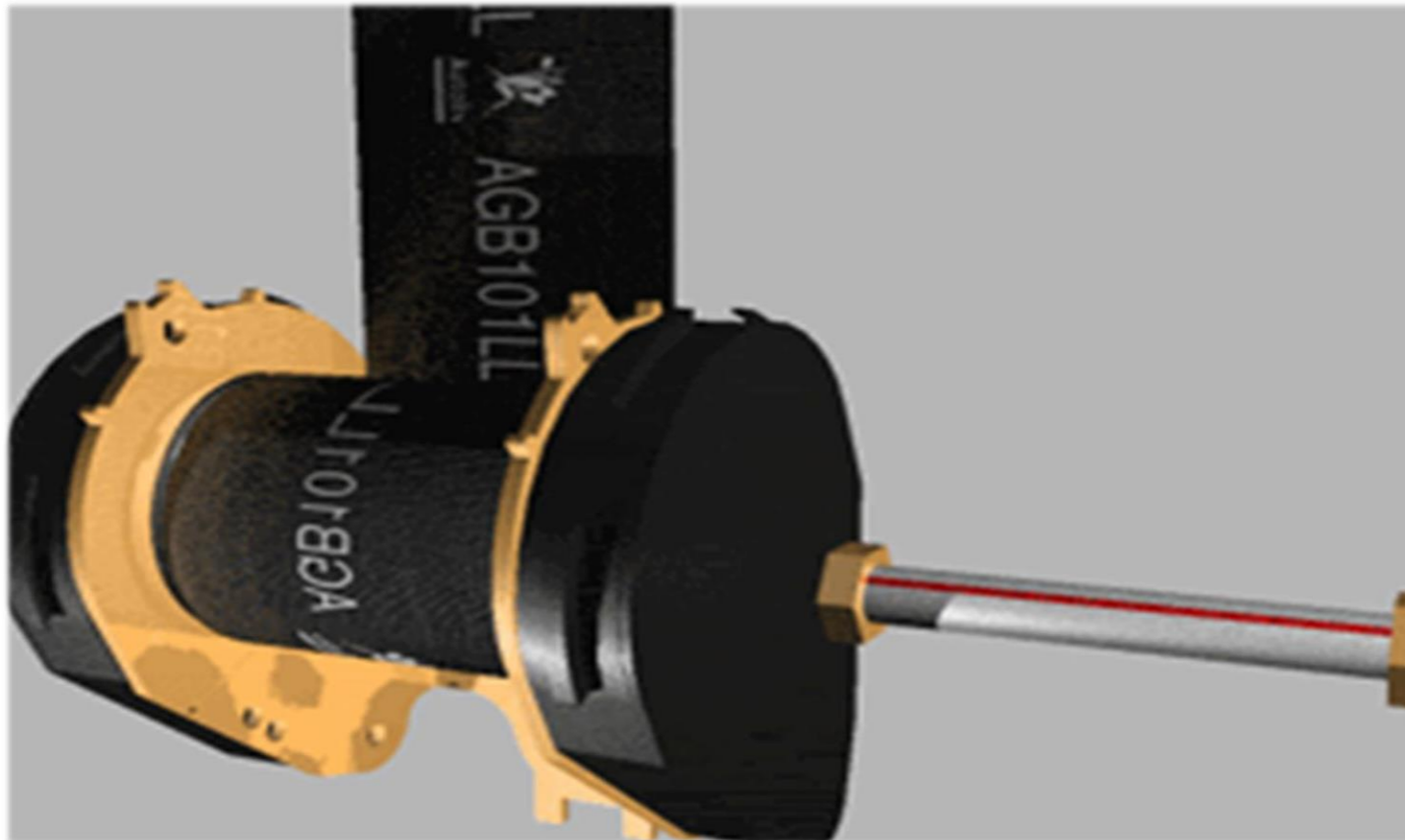
Il rinvio superiore è uno dei quattro punti in cui la forza viene scaricata alle strutture del veicolo tramite la cintura di sicurezza.



Affinché la cintura ottimizzi la propria efficienza deve passare a metà della clavicola. Molte autovetture adottano pertanto un sistema regolabile in altezza.



Il limitatore di carico è un elemento **opzionale**, generalmente integrato nell'arrotolatore, che serve a limitare la **forza trasmessa dalla cintura di sicurezza alla spalla e al torace** in caso d'urto. Il componente principale del limitatore è la «barra di torsione»; in caso d'urto viene sollecitata a torsione consentendo uno srotolamento limitato e controllato del nastro **in modo da contenere la forza esercitata sul corpo umano**.



Il pretensionatore serve a **limitare i «giochi»** della cintura di sicurezza, nei primi istanti dell'urto, vincolando con forza il corpo dell'occupante al sedile.

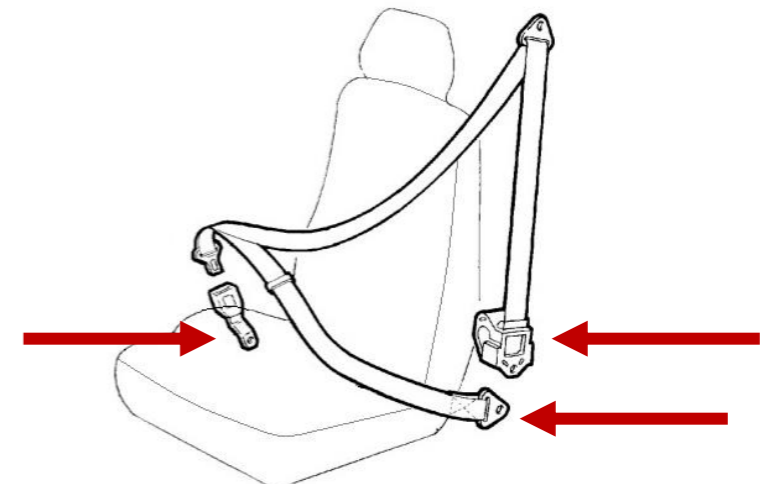
Serve dunque ad utilizzare efficacemente tutto lo spazio a disposizione in fase di decelerazione **limitando i contatti diretti con le parti solide del veicolo.**

Diverse sono le soluzioni tecniche utilizzate, in termini di tipologia (meccanico o elettronico), localizzazione e numero.

**Il pretensionatore meccanico, ormai in disuso, ha lasciato spazio a quello elettronico dotato di carica pirotecnica, comandata da sensoristica elettromeccanica o elettronica, che in caso di incidente genera in pochi millisecondi il pretensionamento tramite richiamo della cintura di sicurezza.**

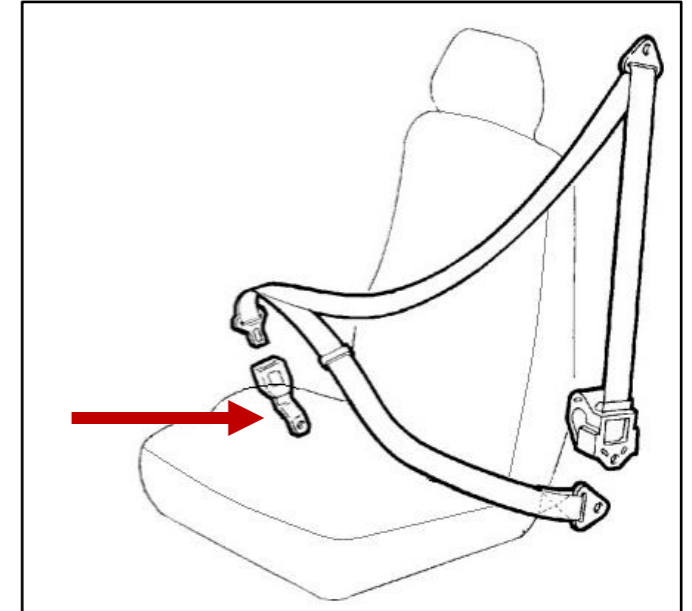


**Possibili localizzazioni del pretensionatore**  
(solitamente ne è presente solo uno, a volte due)





**Pretensionatore meccanico su fibbia** in cui il pretensionamento viene generato tramite un leveraggio normalmente in forte tensione, in grado di svincolarsi quando viene raggiunta una **decelerazione generalmente maggiore di 7÷8 g** negli impatti frontali. L'attivazione del pretensionatore è spesso evidenziata dalla fuoriuscita di una linguetta di colore rosso.

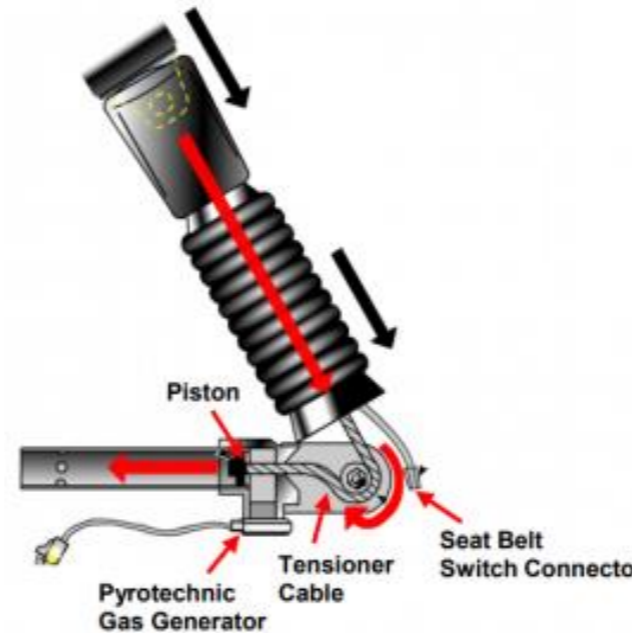


Si differenzia dal pretensionatore elettronico poiché l'attivazione di quest'ultimo è gestita elettronicamente, di solito dalla centralina airbag, in funzione delle decelerazioni registrate dalla sensoristica di bordo.

Pretensionatore nell'arrotolatore è in grado di generare un richiamo importante della cintura (circa 100 mm) riavvolgendo la cintura di sicurezza.



Pretensionatore su fibbia deve indietreggiare per produrre un richiamo della cintura. Tale spostamento è in genere contenuto in circa 50 mm.



Pretensionatore su terzo attacco è in grado di produrre un richiamo della cintura con lo stesso principio di funzionamento del pretensionatore su fibbia.



## Quando vengono attivati?

- In **caso di urto frontale** con conseguente **attivazione degli airbag** frontali, i **pretensionatori sono sempre attivati** (alcune eccezioni si verificano in caso di presenza di pretensionatori meccanici);
- Sui nuovi veicoli, sono **spesso attivati** anche in caso di **urto posteriore** di media/alta intensità;
- Sono **spesso attivati** nelle condizioni di **rollover**;
- Tendono a **non essere attivati** in caso di **urto laterale**;
- Potrebbero non essere attivati sui sedili in cui la sensoristica presente nell'autovettura non rilevi la presenza del passeggero.

## Analisi dei pretensionatori e della cintura di sicurezza

L'attivazione del pretensionatore **su fibbia** e del pretensionatore **sul terzo punto di attacco**, non bloccano l'arrotolatore!

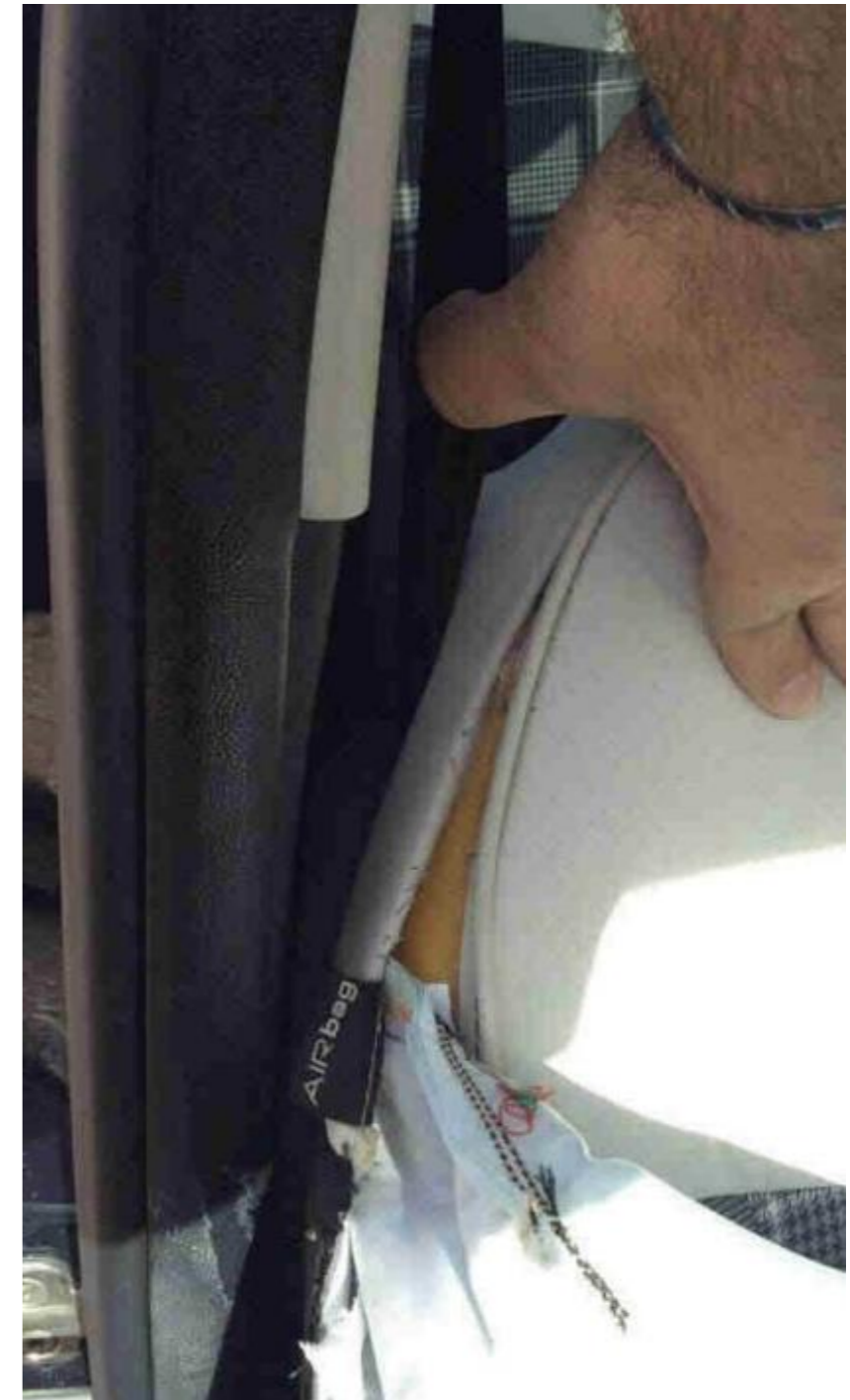
- L'attivazione del pretensionatore, sia esso di tipo meccanico o elettronico, risulterà altresì visibile poiché **gli elementi collegati al pretensionatore risulteranno fuori posizione (indietreggiati)** rispetto alla normale posizione.
- Spesso l'attivazione del pretensionatore risulterà visibile tramite segnalazione visiva (linguetta rossa).



## Analisi dei pretensionatori e della cintura di sicurezza



Il pretensionatore **su arrotolatore**, in seguito all'attivazione della carica pirotecnica **blocca sempre la cintura di sicurezza**, siano esse utilizzate o in posizione di riposo.



## Analisi della cintura di sicurezza: altri potenziali elementi da analizzare



**Tracce sul nastro** della cintura di sicurezza generate per strisciamento sotto carico e, raramente, danneggiamento da contatto localizzato sulla linguetta di aggancio alla fibbia.

**Contatti diretti del corpo** con parti dell'autovettura.



## SICURAMENTE CINTURATO

- L'utente **era sicuramente cinturato** se la cintura di sicurezza si trova **bloccata in posizione di utilizzo**;
- L'utente **era sicuramente cinturato** se sono presenti **striature sul nastro** della cintura di sicurezza;
- L'utente **era sicuramente cinturato** se la cintura di sicurezza è stata **tagliata** durante le operazioni di primo soccorso per liberare il corpo.

## PERMANE INCERTEZZA

In caso di non riscontrabilità dei precedenti punti **permane l'incertezza:**

- in caso di **urto frontale di bassa intensità** in cui gli airbag e dunque i **pretensionatori non** sono stati **attivati**;
- in caso di **urto laterale** poiché i **pretensionatori** tendono a **non** essere **attivati** in questa tipologia di urto;
- in caso di **urto posteriore** poiché i **pretensionatori non** sempre vengono **attivati** in questa tipologia di urto;
- quando i **pretensionatori** sono posizionati **sul terzo punto di attacco e/o sul supporto fibbia** poiché in caso di urto **non bloccano l'arrotolatore** e si attivano a prescindere dall'utilizzo della cintura di sicurezza.

## NON CINTURATO

- L'utente era sicuramente **non cinturato** se la cintura di sicurezza si trova **bloccata e tesa in posizione di riposo**;
- L'utente era sicuramente **non cinturato** se è stato **proiettato fuori dall'abitacolo** in seguito all'urto;
- L'utente **era ragionevolmente non cinturato** se si registrano particolari **lesioni fisiche dovute all'urto** contro **parti normalmente non raggiungibili** con cintura allacciata.

Ogni veicolo è composto da un «guscio» centrale rigido (cellula di sicurezza) concepito per contenere e proteggere gli occupanti, e da **strutture periferiche progressivamente deformabili** progettate per assorbire, per deformazione, quanta più energia possibile in fase di urto, senza intaccare l'integrità del «guscio» centrale.



Qualora in sinistri non laterali sopraggiunga il **decesso di utenti non cinturati** all'interno di autovetture con **cellula di sicurezza intatta**, visti anche gli elevati standard di sicurezza attuali, è probabile dover considerare il **decesso evitabile in caso di utilizzo della cintura di sicurezza**.

Tipicamente, le deformazioni della cellula di sicurezza di un'autovettura si verificano per **impatti frontali e posteriori a velocità elevate** (delta-V elevati) e per **impatti laterali** già alle **medie velocità** (delta-V medi) vista la limitata presenza di elementi in grado di assorbire, per deformazione, l'energia in fase di urto.



Con l'aumento della velocità aumenta dunque la probabilità di lesioni gravi provocate sia dalla riduzione dello spazio vitale, sia dall'entità delle forze agenti sul corpo umano.



Deformazione sedile post. dx



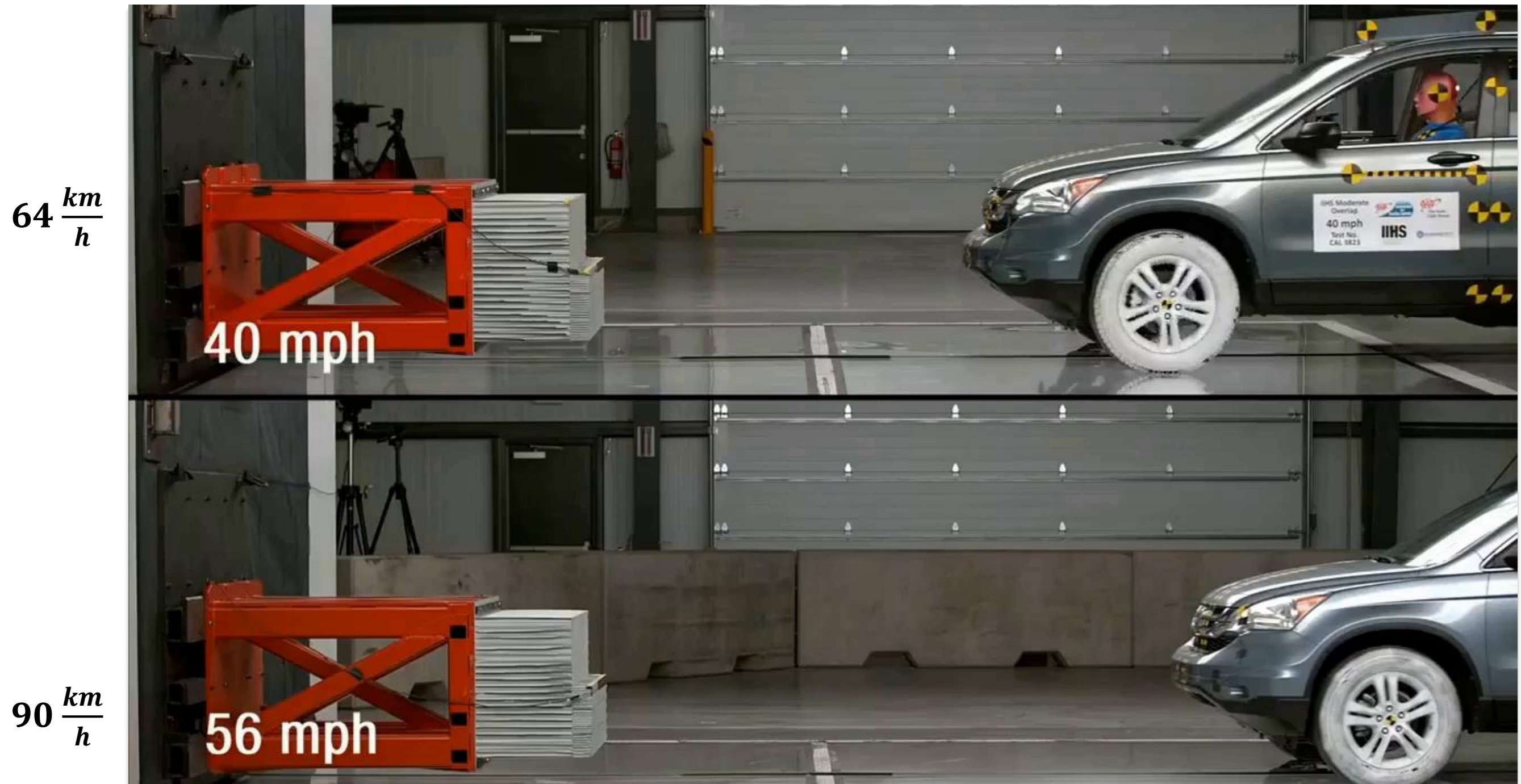
Deformazione sedile ant. dx

In caso di urto frontale, posteriore e rollover, la **deformazione della cellula di sicurezza** inficia progressivamente il **grado di salvaguardia** che la cintura di sicurezza concede nelle normali condizioni operative.



In caso di **urto laterale**, invece, la deformazione della cellula di sicurezza determina una **rapida inutilità della cintura di sicurezza** viste le sollecitazioni a cui l'occupante risulta sottoposto.

Le lesioni **sopraggiungono comunque** con certezza nel momento in cui si verifica una **deformazione della cellula di sicurezza**, anche con **utente cinturato**.

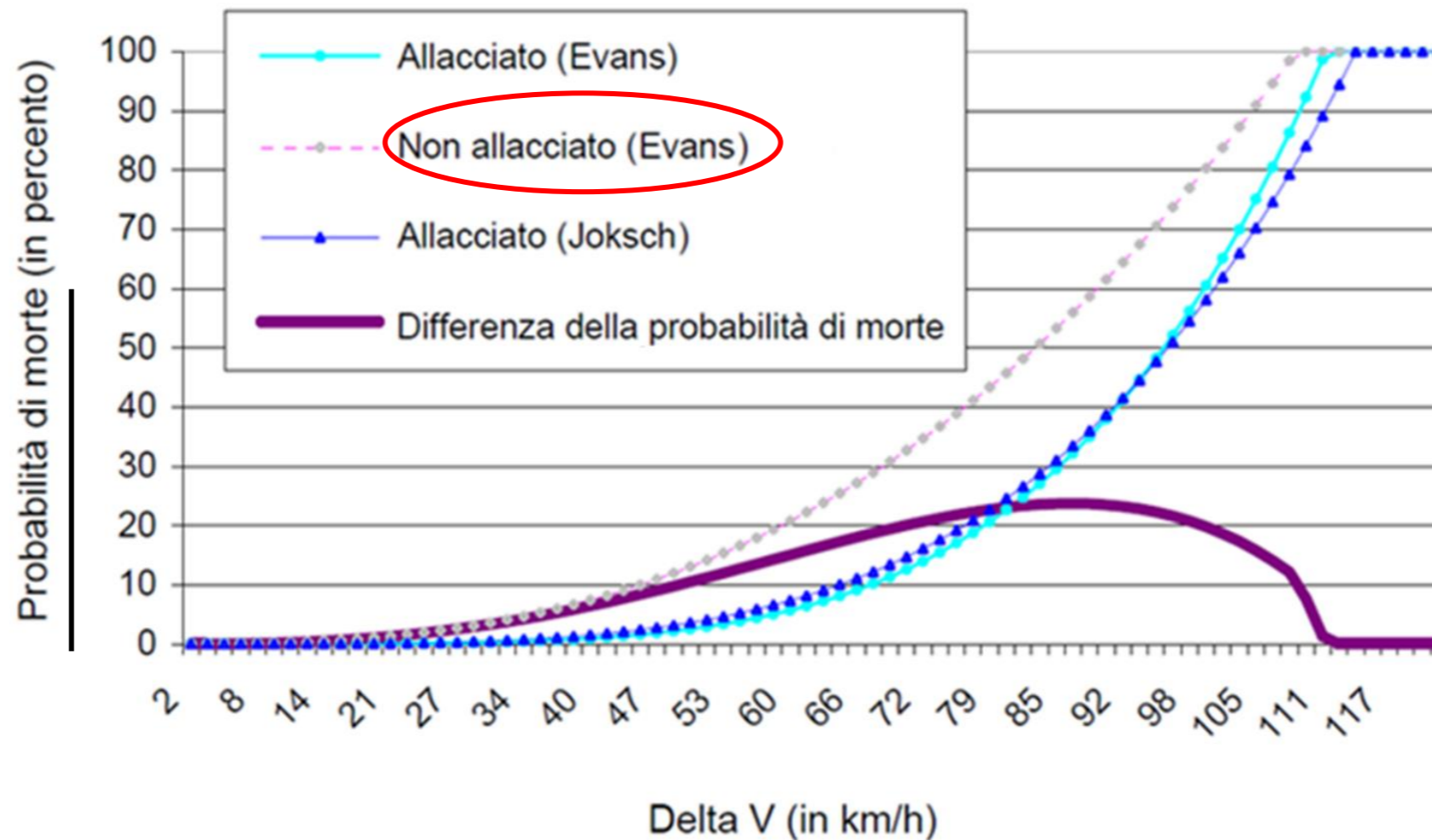


# CINTURE DI SICUREZZA E DECESSI



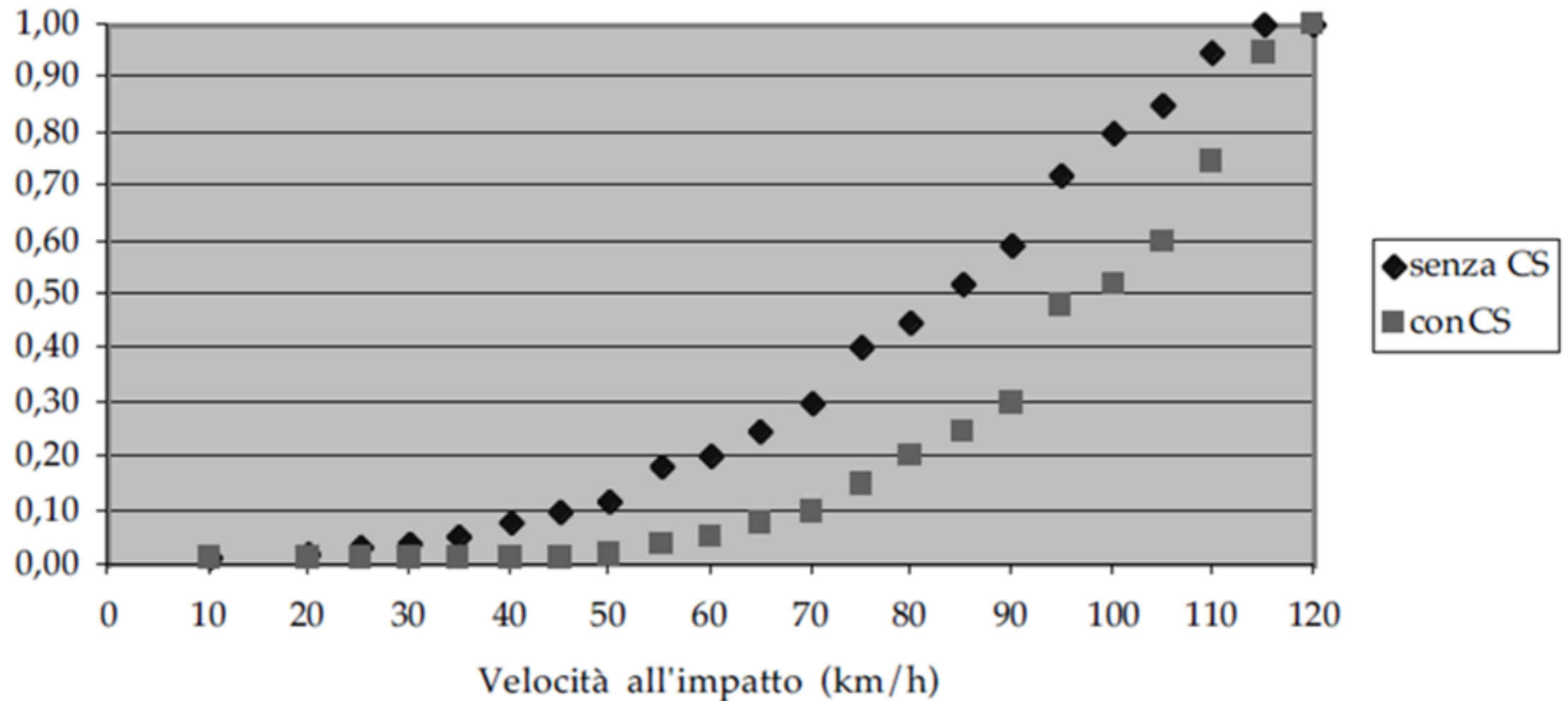
## Urto frontale

L'utilizzo della cintura di sicurezza non riduce solo la mortalità ma anche l'entità delle lesioni.

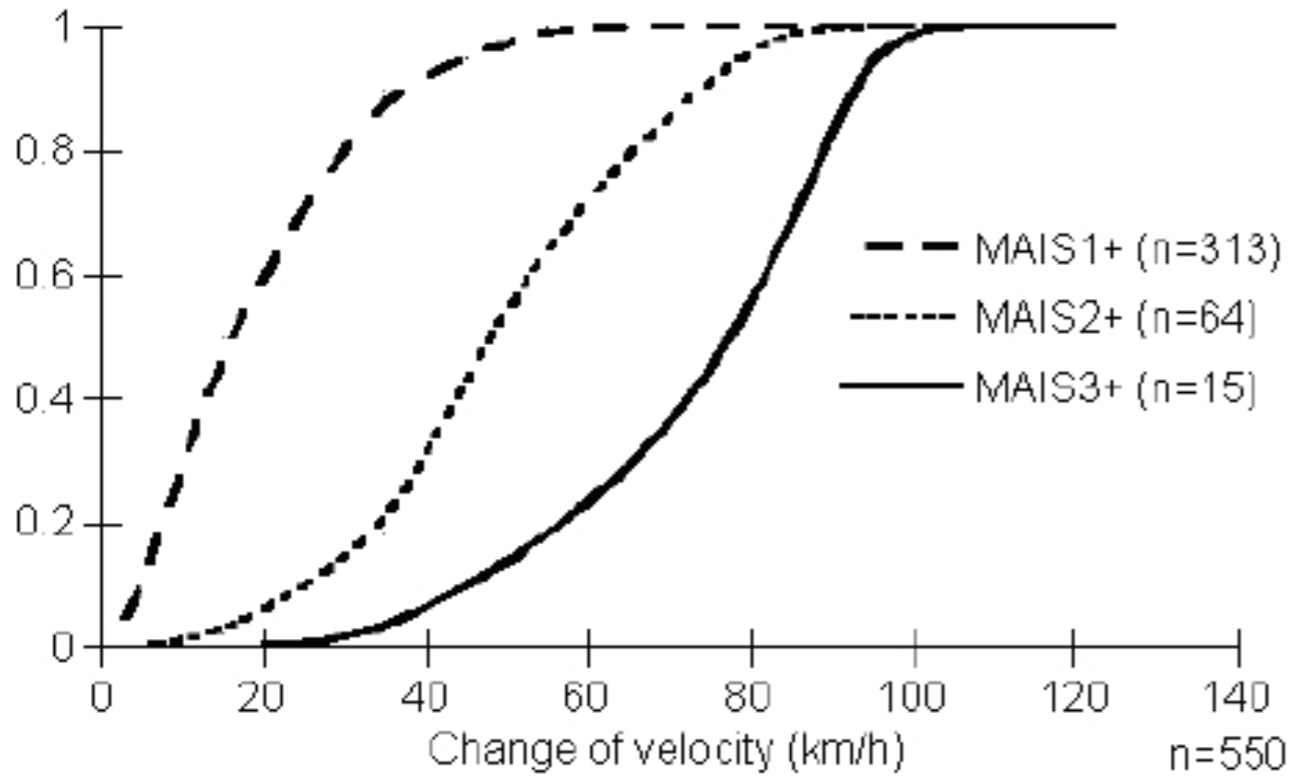


- Delta V corrisponde alla velocità al momento dell'urto su un ostacolo massiccio e non deformabile (p. es. muro in cemento). Nella maggior parte degli incidenti, tuttavia, il delta V è minore della velocità al momento della collisione.

Probabilità di morte in urto contro ostacolo fisso, con e senza cintura di sicurezza in funzione della velocità di impatto

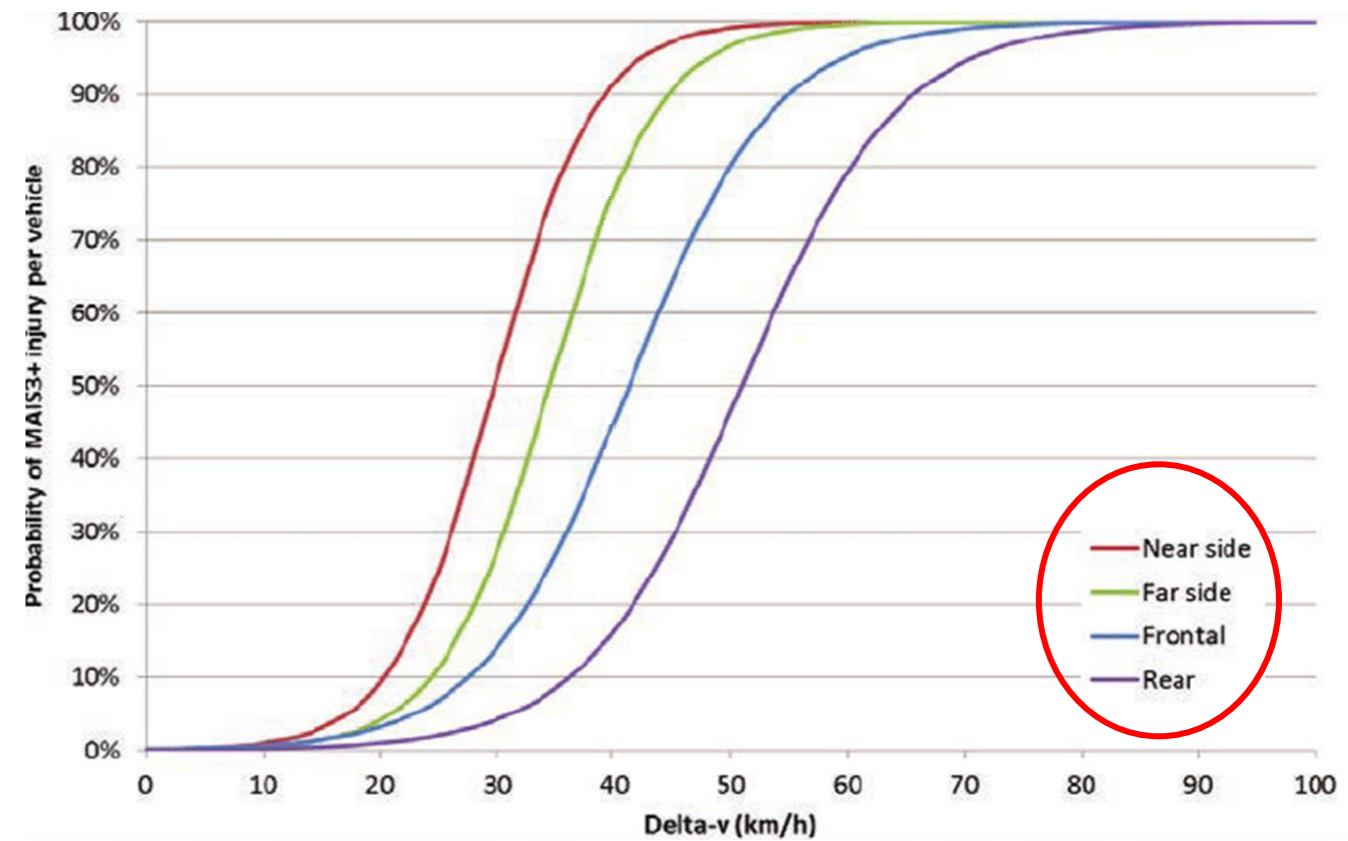


Giordano Biserni con Franco Taggi, "Velocità di impatto ed efficacia delle cinture di sicurezza", in Sicurezza stradale: verso il 2010, a cura di Franco Taggi, Istituto Superiore di Sanità, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma 2005



Injury risk, MAIS1+, MAIS2+ and MAIS3+ for front-seat occupants with respect to change of velocity in frontal impacts. Kullgren, 2008.

Rischio lesivo MAIS relativo ad occupanti anteriori **cinturati** su autovetture dotate di airbag e coinvolte in impatti frontali.



Probability of severe injury of front seat occupants vs. delta-v of a vehicle in a crash. Source: based on Bahouth et al. (2014).

Studio su veicoli americani (anno > 2002), con passeggeri anteriori di età compresa tra 16 e 55 anni, **cinturati**, no rollover e no impatti secondari. Le probabilità di lesione grave appaiono sovrastimate rispetto al grafico a sinistra.

Se l'utilizzo della cintura di sicurezza è verosimilmente in grado di evitare il decesso dell'occupante, il risarcimento viene decurtato **fino al 50%**. Talvolta, in caso di proiezione al di fuori dell'abitacolo e successivo impatto determinante, la **decurtazione potrebbe essere anche maggiore**.

**DECURTAZIONI a  
oggi riscontrate**

← **~ 50%**

Se sussiste un **dubbio** sul reale utilizzo del dispositivo di ritenuta/efficacia dello stesso, la decurtazione del risarcimento si aggira generalmente intorno al **20÷35%**.

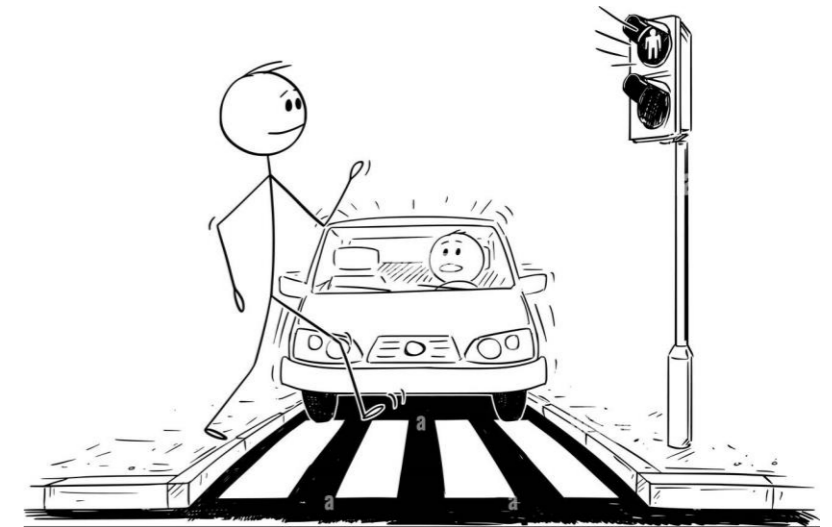
← **20÷35%**

Se il decesso verosimilmente sarebbe sopraggiunto anche con l'utilizzo della cintura di sicurezza, la decurtazione **potrebbe essere limitata al 5÷10%**.

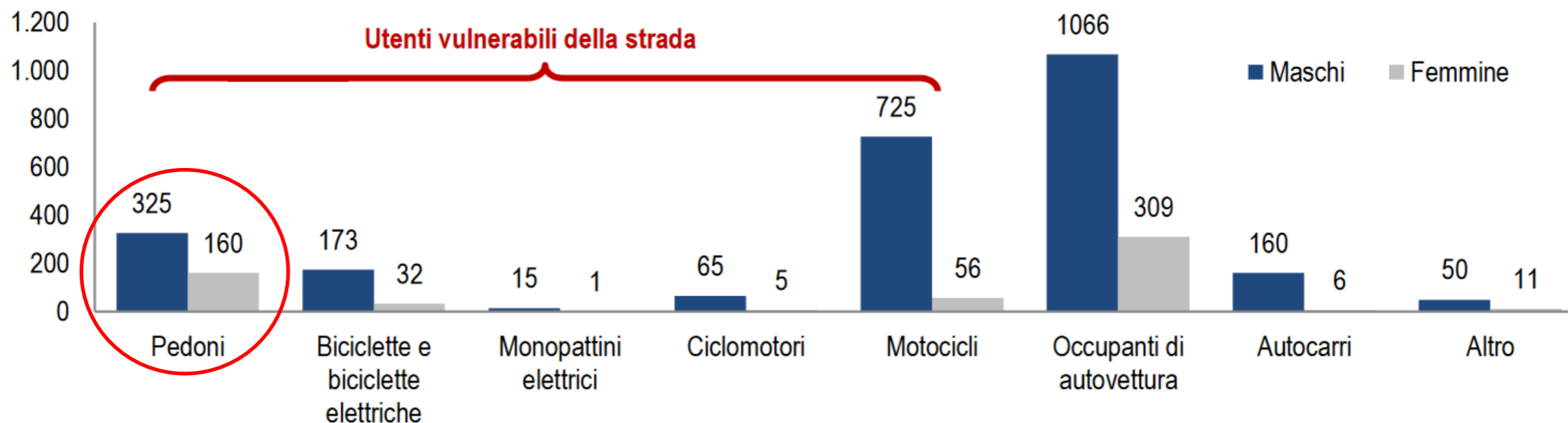
← **5÷10%**

Nel 2022, su 165.889 incidenti stradali, il **~10,7%** degli incidenti totali costituiscono l'investimento di pedone:

- **485 decessi;**
- **Indice di mortalità pari a 2,7 ogni 100 incidenti.**



MORTI IN INCIDENTE STRADALE PER TIPO DI UTENTE DELLA STRADA E GENERE



## Art. 190 del C.d.S. «Comportamento dei pedoni»

- Il pedone ha **diritto di precedenza** quanto attraversa in prossimità dell'attraversamento pedonale, sia esso all'interno o fuori dal centro abitato;
- Quando l'attraversamento pedonale **dista più di 100 metri**, sia esso all'interno o fuori dal centro abitato, il pedone **può attraversare** la carreggiata solo in senso perpendicolare, **concedendo la precedenza ai veicoli in transito**;
- Attenzione! resta sempre vietato ai pedoni attraversare diagonalmente le intersezioni, nonché attraversare le piazze e i larghi, al di fuori degli attraversamenti pedonali, anche quando l'attraversamento pedonale dista più di 100 metri.

## Art. 190 del C.d.S. «Comportamento dei pedoni»

- I pedoni, **all'interno del centro abitato**, devono circolare sui **marciapiedi**, sulle banchine, sui viali e sugli altri spazi per essi predisposti. Qualora questi manchino, siano ingombri, interrotti o insufficienti, **devono circolare sul margine della carreggiata opposto al senso di marcia dei veicoli;**
- I pedoni, **fuori dei centri abitati**, hanno l'obbligo di **circolare in senso opposto a quello di marcia dei veicoli** sulle carreggiate a due sensi di marcia e sul margine destro rispetto alla direzione di marcia dei veicoli quando si tratti di carreggiata a senso unico di circolazione.

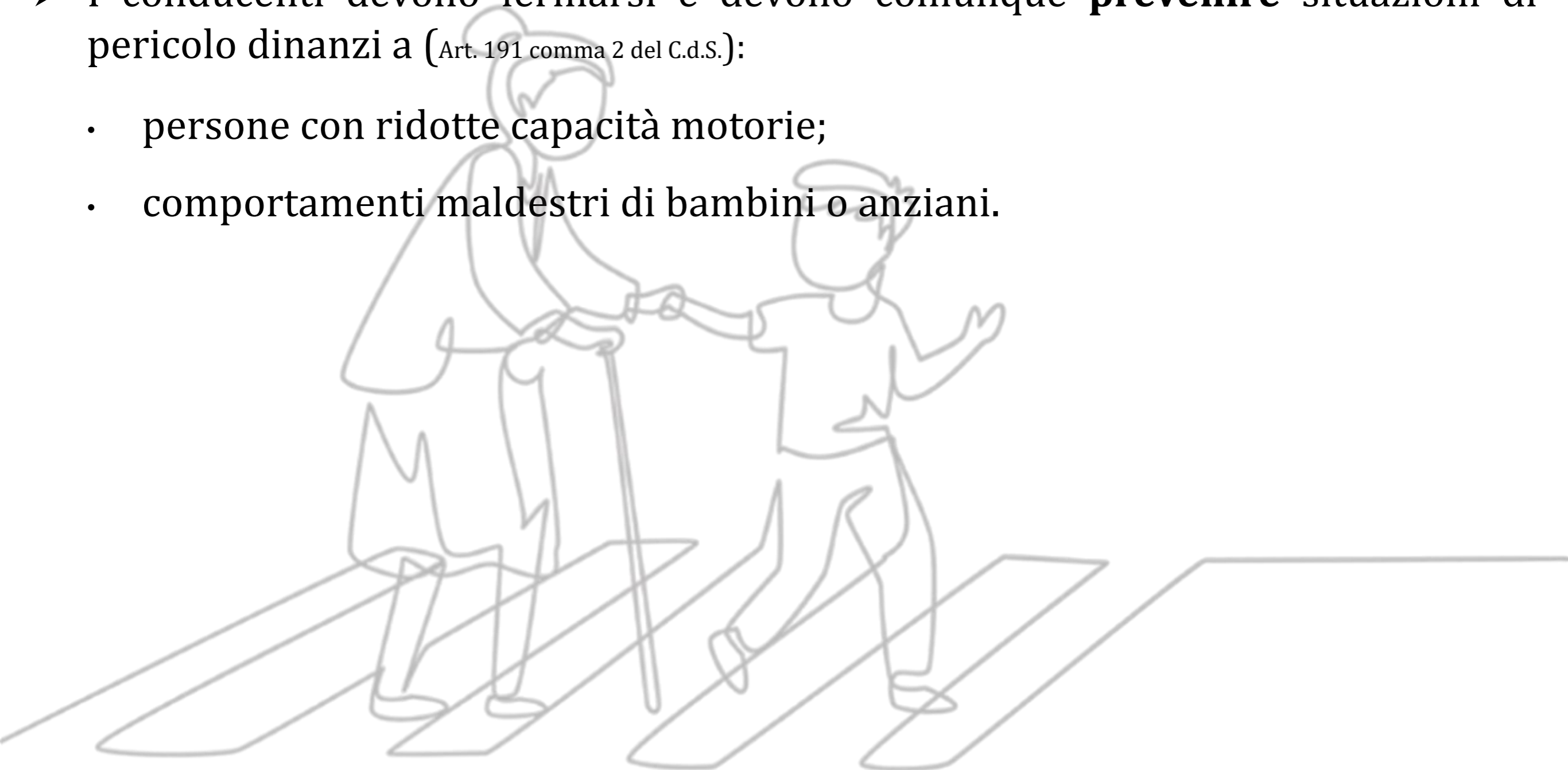
## Art. 191 del C.d.S. «Comportamento dei conducenti nei confronti dei pedoni»

- I conducenti devono dare **precedenza ai pedoni che transitano sull'attraversamento pedonale o in prossimità dello stesso;**
- Sulle strade sprovviste di attraversamento pedonale, **quando il pedone ha iniziato l'attraversamento** il conducente **deve concedere** la possibilità di raggiungere il lato opposto in condizioni di sicurezza (Art. 191 comma 2 del C.d.S.).

**Quanta strada deve aver percorso il pedone in attraversamento per poter godere di questo diritto di precedenza di fatto?**

## Art. 191 del C.d.S. «Comportamento dei conducenti nei confronti dei pedoni»

- I conducenti devono fermarsi e devono comunque **prevenire** situazioni di pericolo dinanzi a (Art. 191 comma 2 del C.d.S.):
- persone con ridotte capacità motorie;
  - comportamenti maldestri di bambini o anziani.



Il tecnico ricostruisce il sinistro con il pedone determinando il **tempo che intercorre tra l'immissione in carreggiata dello stesso e l'impatto**, valuta dunque le possibilità (tenuto conto del tempo di reazione) dell'automobilista di poter evitare l'impatto. La concreta possibilità di evitare l'urto, anche qualora il pedone non goda di diritto di precedenza, determina diritto ad un corposo risarcimento.

UTENTE	ANDATURA	
Pedone in normale avanzamento	1÷1,2 m/s	3,6÷4,3 km/h
Pedone in corsa	2,2÷2,5 m/s	7,9÷9 km/h
Bambino in normale avanzamento	0,6÷0,9 m/s	2,1÷3,3 km/h
Bambino in corsa	1,7÷2 m/s	6,1÷7,2 km/h
Anziano	0,8÷0,9 m/s	2,8÷3,2 km/h

Prove sperimentali svolte presso l'Università di Bologna - Gruppo di lavoro diretto dal Prof. Mattia Strangi – anno 2022.

### 3.8 VELOCITÀ DEI PEDONI, DEI CICLISTI E DEI CAVALIERI

Sovente, nell'esame degli aspetti tecnico-scientifici dei sinistri stradali, anche per le relative finalità di calcolo, si rende necessario conoscere, con verosimile approssimazione, le velocità e le masse di alcuni particolari utenti della strada, quali i pedoni, i ciclisti (ed il velocipede condotto), i cavalieri (ed il relativo animale).

I pedoni possono raggiungere, in genere, le seguenti velocità di spostamento a piedi:

1) Bambini	di 5 + 7 anni .....	1,0 + 1,2 m/s
2) Ragazzi	di 8 + 10 anni .....	1,3 + 1,5 m/s
3) Anziani	di 70 + 75 anni .....	1,2 + 1,5 m/s
"	di 80 anni (lento) .....	0,9 + 1,2 m/s
4) Adulti	• a passo lento .....	1,2 + 1,5 m/s
"	• a passo normale .....	1,6 + 1,9 m/s
"	• a passo di marcia .....	1,8 + 2,4 m/s
"	• a passo celere .....	2,2 + 2,7 m/s
"	• a passo di corsa .....	3,0 + 7,0 m/s
"	• in corsa da atleta .....	7,5 + 10,0 m/s

Infortunistica stradale. Sterlicchio.

### VELOCITA' PEDONI (Ashton)

Sesso / età	V (km/h)	(m/s)
Uomo < 55 anni	5,9	1,64
uomo > 55 anni	5,6	1,55
donna < 50 anni	4,9	1,36
<b>donna &gt; 50 anni</b>	<b>4,7</b>	<b>1,30</b>
donna con bambino	2,5	0,69
bambino 6-10 anni	4,1	1,13
adolescente	6,5	1,80

Dati sperimentali studio USA.



**iAdvice**

**Società di Ingegneria**



**Quali domande  
avete?**