

## CONSIDERAZIONI DAL PUNTO DI VISTA FISICO/MECCANICO SULLA SICUREZZA DEL TRAFFICO STRADALE

In Italia gli incidenti stradali hanno un costo sociale sempre molto elevato, soprattutto in termini di vite umane; le cause tutt'ora vanno attribuite al fattore umano (velocità eccessiva, guida in condizioni fisiche non idonee o peggio in stato di ebbrezza, errate valutazioni, imprudenza o distrazione) oppure ad altri fattori quali la presenza di una rete stradale obsoleta e sottodimensionata, con nodi di intersezione pericolosi ecc.; l'utilizzo di veicoli di età molto avanzata oppure, anche se recenti, ancora privi dei più moderni dispositivi di sicurezza attiva – ABS ed ESP - e passiva, cioè airbag e pretensionatori cinture, in grado di ridurre in valore assoluto le decelerazioni durante gli incidenti, causa diretta dei danni fisici che ne conseguono.

L'ABS, evitando il bloccaggio continuo delle ruote, consente una riduzione degli spazi di frenata, in quanto si mobilita il coeff. di attrito  $k$  statico (anzichè il  $k$  dinamico a ruota completamente bloccata), ogni volta che la ruota micrometricamente viene bloccata, per poi essere subito dopo sbloccata; in tal modo si ha un aumento (variabile dal 25% al 16%) del valore assoluto della decelerazione, con conseguente proporzionale riduzione degli spazi di arresto, come si può verificare utilizzando i seguenti valori di coeff. di attrito:

Valori massimi del coeff di attrito gomma-asfalto	K statico	K dinamico
Asfalto asciutto	1.0	0.8
Asfalto bagnato	0.7	0.6

Inoltre con l'ABS attivo, è possibile modificare la traiettoria dell'auto anche in occasione di brusche frenate. L'ESP poi, limitando l'imbardata della vettura consente spesso, persino al guidatore meno esperto, di non perdere il controllo della vettura in una manovra di emergenza.

Una volta analizzate le caratteristiche dei veicoli dal punto di vista della sicurezza, la presente relazione tende comunque a dimostrare come la velocità sia un grave fattore di rischio anche per valori normalmente ritenuti trascurabili.

Infatti alla velocità limite nei centri urbani di 50 km/h, ritenuta molto bassa, spesso neanche abbastanza elevata da richiedere l'utilizzo delle cinture, anche un periodo di distrazione di soli 2 sec comporta il percorso di circa 30 m fuori controllo.

Un urto eventuale alla suddetta velocità contro un ostacolo fisso equivale a quello che avviene al suolo cadendo da un'altezza di circa 9 m, corrispondente a quella del terzo piano di un

edificio abitativo (fenomeno questo che viene comunemente percepito come decisamente più pericoloso); tale è sicuramente la condizione del conducente di un mezzo a due ruote, normalmente privo di qualsiasi protezione se non del casco.

Un'altra considerazione che va contro il senso comune è che in realtà, alla guida di mezzi ad alte prestazioni (ad esempio auto sportive di grande potenza) in fase di frenata non si può contare su margini di sicurezza sensibilmente diversi (ad esempio distanze di sicurezza molto minori, a parità di velocità di partenza) rispetto alle auto di normale utilizzo (citycar, compatte), come dimostra la seguente tabella, con la quale si pongono a confronto i valori misurati con il valore

limite fisico  $\Delta s$  calcolabile tramite il teorema delle forze vive:  $L = F_a \cdot \Delta s = \frac{1}{2}mv^2$  ;  $F_a = mg \cdot k$

Modello	Velocità max (km/h)	Spazio di frenata (m) da 100 km/h	Spazio di frenata (m) da 130 km/h	fonte
Fiat 500 1.2	167.4	40.3	67.3	Al Volante 10/2015
VW Golf GTi	245.8	36.1	62.6	Al Volante 8/2015
Porsche 911Carrera 4 S	305.5	33.8	53.0	Al Volante 6/2016
Teorema forze vive $s = \frac{v^2}{2k g}$ ; $k = k_s = 1.0$		39.3	66.4	

Da essa si evince che rispetto agli spazi di frenata non si ha lo stesso divario che esiste tra le prestazioni delle auto in termini di velocità max (o accelerazione) ma anzi che essi abbiano valori tra di loro del tutto confrontabili e non difforni dal valore limite ; perciò, avendo le diverse auto necessità pressoché degli stessi spazi di arresto è giustificato che il Codice della Strada prescriva le stesse distanze di sicurezza senza distinzioni, per tutte le auto.

Gli urti più pericolosi che riguardano gli autoveicoli sono senz'altro quelli frontali, come

TIPO DI INCIDENTE	Morti provocati (in % sul tot. – statistica USA)	Feriti gravi (in % sul tot.)
frontale	50	55
Urto posteriore	2	4
ribaltamento	5	12
Pedoni e ciclisti contro veicoli	30	

dimostra una indagine recente con dati provenienti dagli USA:

Per ridurre gli effetti sugli occupanti i veicoli sono stati introdotti dei sistemi protettivi costituiti in primo luogo da cinture di sicurezza (eventualmente muniti di pretensionatori) ed airbag frontali, laterali, per la testa. Si può descrivere la loro efficacia in sintesi nel modo seguente:

SISTEMI PROTETTIVI	Efficacia (riduzione rischio morte o ferite gravi) in %	Note
Sole cinture sicurezza	50	Fino a 30 km/h si evitano contatti con parti interne auto
Solo airbag	20	
Cinture + airbag	65÷70	

Le tendenze della progettazione automobilistica sono le seguenti, per quanto riguarda:

**sicurezza attiva:** sistemi elettronici per la guida assistita da satellite ed in grado di rilevare ostacoli, anche in presenza di nebbia. Miglioramento dei pneumatici e dei sistemi di frenatura assistiti da dispositivi elettronici.

**sicurezza passiva:** i criteri per la corretta progettazione tendono ad evitare intrusioni nell’abitacolo durante gli urti, e per converso a ridurre i valori di decelerazione per gli occupanti (da legare direttamente alle lesioni e danni fisici); perciò si procede in generale ad un irrigidimento parte anteriore vettura, e il guscio dell’abitacolo viene anch’esso irrigidito; in questo modo si ha lo svantaggio di aumentare le masse in gioco nonché i valori di decelerazione per l’abitacolo.

Tale aumento viene compensato da miglioramenti dei sistemi di ritenuta (airbag a più stadi e pretensionatori ai due estremi delle cinture, per ogni posto) e dalla adozione di una struttura dell’auto che complessivamente sia in grado, deformandosi in maniera programmata, di produrre una decelerazione il più possibile costante, in modo da evitare picchi.

E’ ovvio che tali scelte penalizzano la sicurezza degli occupanti delle vetture meno moderne e meno correttamente progettate coinvolte negli incidenti.

Analizzando l'andamento del fenomeno dell'incidentalità stradale negli ultimi decenni, in particolare per l'anno 2000 si contava un bilancio di circa 7000 vittime all'anno, così suddivisibili:


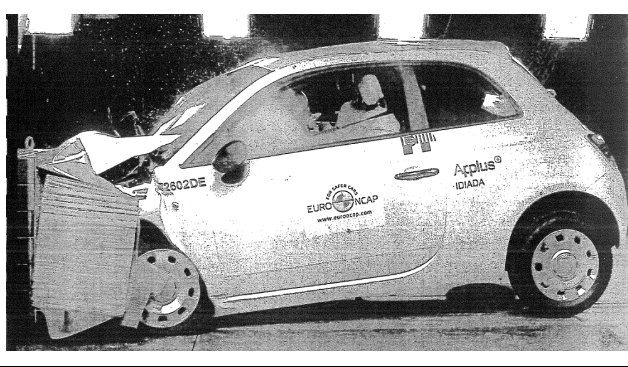
<b>ANNO 2000</b>	
automobilisti	3850
motociclisti	1407
ciclisti	401
pedoni	808
<b>TOTALE</b>	<b>6466</b>

Sempre per quanto riguarda l'anno 2000 gli airbag erano di serie su molti modelli, ma spesso solo dal lato guidatore, per cui i passeggeri risultavano meno protetti, anche perchè gli airbag laterali si trovavano solo sui modelli più costosi. Il 72.2 % dei modelli era privo dell'ESP (presente solo nel 18.5% dei casi e come optional nel 9.3%).

Dopo un decennio di sostanziali progressi nella costruzione dei veicoli nelle direzioni di cui sopra, nell'anno 2008 si contano 4310 vittime all'anno, con una riduzione del 33% rispetto all'anno 2000 così suddivisibili:

<b>ANNO 2008</b>		Riduzione %
automobilisti	2098	-45 %
motociclisti	1380	-2%
ciclisti	288	-28%
pedoni	544	-32.7%
<b>TOTALE</b>	<b>4310</b>	<b>-33.3%</b>

Tale netto miglioramento (non per i motociclisti per i quali è sempre altissimo il numero delle vittime, soprattutto rispetto alla quota molto minoritaria di mobilità che è da attribuire a tale categoria) è da imputare all'introduzione, dal 1-07-2003 della patente a punti, ma sicuramente ancor più al fatto che le auto hanno subito un netto miglioramento dal punto di vista della sicurezza attiva e passiva, come dimostrano in maniera evidentissima i test sulla Fiat 500:

Crash Test EuroNCAP Fiat 500	
	
Fiat 500 anno 2000	Fiat 500 anno 2008

Nel 2008 si può dire che la diffusione degli airbag è generalizzata, con caratteristiche più sofisticate e "intelligenti": un tempo si limitavano ad aprirsi o a rimanere chiusi, ora la loro apertura è spesso regolata dalla presenza di sensori che individuano se un sedile è occupato o meno, ma è calibrata (a più stadi) in funzione della decelerazione a seguito dell'urto; inoltre, a differenza delle auto del decennio precedente, si può contare sulla massiccia presenza delle cinture con pretensionatore, dei poggiatesta anticolo di frusta e dei sedili antisubmarine (antisprofondamento); l'ESP è incluso nel prezzo di listino dell' 84.7% delle auto e proposto come optional nel 7.3% dei casi; in tal modo solo l'8% dei modelli ne è privo.

Dal 2009 di fatto nessun veicolo può conseguire le 5 stelle nei Crash Test EuroNCAP se nella maggior parte delle versioni in vendita non offre l'ESP di serie. Ma molti modelli di oggi presentano dispositivi di sicurezza attiva quali il BAS (frenata assistita in condizioni di emergenza, il cruise control adattivo, la frenata automatica in presenza di ostacoli (basata su emissione di raggi laser, oppure sull'utilizzo del lidar, del radar a corto raggio - il migliore in caso di nebbia, di coppia di telecamere – in grado di distinguere e riconoscere la sagoma dell'ostacolo) il lettore dei limiti di velocità dai segnali stradali, il sensore di errato cambio di corsia, di colpo di sonno del guidatore, ecc

Tuttavia è sempre più indispensabile al giorno d'oggi l'adozione di regole di circolazione che obblighino i conducenti ad osservare il codice della strada, a moderare la velocità (si ribadisce che essa è da considerare primario fattore di rischio) ma anche le possibilità di distrazione nell'utilizzo di vari dispositivi di comunicazione e di informazione durante la guida. Infine va reso sempre più stringente l'obbligo dell'utilizzo dei sistemi di ritenuta.

Vediamo ora con alcuni esempi di evidenziare qual è l'importanza dei sistemi protettivi anche a velocità moderate.

**ESEMPIO 1: URTO CONTRO OSTACOLO FISSO a 20 km/h (velocità ritenuta normalmente irrilevante)**

deformazione auto = 20 cm circa

Massa persona = 75 kg;

Max forza complessiva sopportabile con le braccia aggrappate al volante = 400 daN

Condizione di NON utilizzo di cinture di sicurezza

Tipo di auto	Decelerazione (g oppure m/sec <sup>2</sup> )	Forza apparente = massa x decelerazione con cui la persona è proiettata in avanti rispetto all'abitacolo (daN)	conseguenze
Auto progettata non correttamente	15÷16 g = 150÷160	1200	Urto torace su volante; urto testa su parabrezza; possibili effetti mortali
Auto progettata correttamente	11÷12 g = 110÷120	850	Gravi conseguenze sempre possibili
Auto progettata in maniera ottimale	8 g = 80	600	Gravi conseguenze sempre possibili

Come si vede, anche alla velocità di 20 km/h è assolutamente indispensabile l'utilizzo delle cinture.

**ESEMPIO 2: URTO CONTRO OSTACOLO FISSO a 50 km/h;**

deformazione auto = 65 cm circa

Massa persona = 75 kg;

Max forza complessiva sopportabile con le braccia aggrappate al volante = 400 daN

Tipo di auto	Decelerazione (g oppure m/sec <sup>2</sup> )	Forza apparente = massa x decelerazione con cui la persona è proiettata in avanti (daN)
Auto progettata non correttamente	30 g = 300	2200
Auto progettata correttamente	23 g = 230	1700
Auto progettata in maniera ottimale	14 g = 140	1100

Supponiamo quindi di trovarci alla guida di un'auto progettata correttamente: nelle condizioni di cui sopra, si hanno le seguenti conseguenze:

SITUAZIONE DISPOSITIVI DI SICUREZZA	CONSEGUENZE URTO CONTRO OSTACOLO FISSO a 50 km/h;	DANNI
Con cinture non allacciate	In una prima fase il torace urta con la corona dello sterzo e le ginocchia con la plancia, con una forza complessiva di 1200 daN. In seconda fase il movimento prosegue con la testa che urta contro il parabrezza subendo una decelerazione pari a 100g,	gravi danni cerebrali.
Con cinture non allacciate, ma con airbag attivato	La forza con cui ginocchia e torace urtano contro parti interne auto è circa pari a 900 daN; la testa subisce una decelerazione pari a 80 g;	poche speranze di evitare gravi danni
Con cinture allacciate, ma senza airbag	La forza con cui ginocchia e torace urtano contro parti interne auto (urto che resta ancora inevitabile) è ridotta a 500-700 daN; la testa subisce una rotazione verso il volante ed una decelerazione pari a 80 g; la situazione migliora ulteriormente se le cinture sono dotate di pretensionatore.	i valori di forza e decelerazione sono elevati, ma entro la compatibilità biomeccanica.
Con cinture allacciate e con airbag attivato	La forza con cui ginocchia e torace urtano contro parti interne auto è ridotta a 400-500 daN; la testa subisce una decelerazione pari a 60 g;	sono presumibili lesioni non gravi, ma accettabili per l'organismo

**CONCLUSIONI: LE CINTURE DI SICUREZZA DA SOLE GARANTISCONO PIU' EFFICACIA DEL SOLO AIRBAG;  
A 50 km/h, SOLO CON L'AUSILIO DI UN BUON SISTEMA DI RITENUTA E' POSSIBILE RIDURRE L'AVANZAMENTO DEL CORPO IN MODO DA RICONDURRE LE SOLLECITAZIONI A LIVELLI ACCETTABILI PER L'ORGANISMO**