



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Jan Novotný

Vliv rozvoje pasivní bezpečnosti na následcích  
dopravních nehod

Bakalářská práce

**2016**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta dopravní  
d ě k a n**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

**K616.....Ústav dopravních prostředků**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Jan Novotný**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Vliv rozvoje pasivní bezpečnosti na následcích dopravních nehod**

Název tématu (anglicky): Impact of passive safety systems development on the road accident consequences

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Zpracujte přehled konstrukčních prvků pasivní bezpečnosti na dopravních prostředcích
- Zaměřte se na prvky osobních automobilů
- Posuďte vliv jednotlivých prvků pasivní bezpečnosti na závažnosti poranění
- Uvedte vývoj legislativy pasivní bezpečnosti
- Posuďte vliv rozvoje pasivní bezpečnosti na následky dopravních nehod

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: FIRST, Jiří a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha: S&T CZ, 2008  
ISBN 978-80-254-1805-5.  
Kovanda, J., Šatochin, V. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02235-8

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří First**

Datum zadání bakalářské práce: **23. června 2015**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

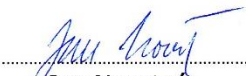
Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravních prostředků

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
Jan Novotný  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 23. června 2015

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu projektu Ing. Jiřímu Firstovi za odborné vedení, přístup k materiálům, konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě Dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 18. srpna 2016

.....

Podpis

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## Vliv rozvoje pasivní bezpečnosti na následcích dopravních nehod

Bakalářská práce

Srpen 2016

Jan Novotný

### ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Vliv rozvoje pasivní bezpečnosti na následcích dopravních nehod“ je popsat prvky pasivní bezpečnosti a jejich vliv na závažnosti poranění. Dále je nastíněn vývoj automobilové bezpečnosti se zaměřením na konstruování prvků pasivní bezpečnosti. V poslední části je dokázán vliv tohoto vývoje na bezpečnosti na silnicích a na následcích dopravních nehod.

### ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis „Impact of passive safety systems development on the road accident consequences“ is to describe the systems of passive safety and their effect on magnitude of injuries. Furthermore, the evolution of automobile safety is depicted, with a focus on designing components of passive safety. Demonstration of the impact of this evolution on road safety and consequences of road accident is shown in the last chapter.

## Klíčová slova

Dopravní nehody, pasivní bezpečnost, vývoj bezpečnostních prvků, bezpečnostní pás, airbag, deformační zóny, biomechanika, úmrtnost na silnicích

## Key words

Road accidents, passive safety, evolution of safety elements, seatbelt, airbag, crumple zones, biomechanics, fatality rate on roads

## Obsah

<b>Obsah</b> .....	5
<b>1. Úvod</b> .....	7
<b>2. Prvky pasivní bezpečnosti</b> .....	8
2.1. Struktura karoserie .....	8
2.1.1. Čelní deformační zóna .....	8
2.1.2. Boční deformační zóna .....	9
2.1.3. Zadní deformační zóna .....	9
2.2. Zádržné systémy .....	9
2.2.1. Bezpečnostní pásy .....	10
2.2.2. Airbagy .....	12
2.2.3. Dětské zádržné systémy .....	15
2.2.4. Sedadla a opěrky .....	16
2.3. Bezpečnostní skla .....	17
2.3.1. Vrstvené sklo .....	17
2.3.2. Tvrzené sklo .....	17
2.4. Materiály v interiéru .....	17
2.5. Nehořlavost .....	18
2.6. Bezpečnostní sloupek volantu a pedály .....	18
2.7. Ochrana chodců .....	19
<b>3. Historie a vývoj</b> .....	20
3.1. Legislativa .....	23
3.2. Biomechanika .....	24
3.3. Testovací figuríny .....	25
3.4. Vývoj ochrany chodců .....	27
3.5. Vývoj ochrany posádky .....	30
3.5.1. Nárazové zkoušky .....	31
3.5.2. Vývoj bezpečnostních pásů .....	31
3.5.3. Vývoj airbagů .....	32
3.5.4. Béla Barényi .....	33
3.5.5. Vznik bezpečnostního skla .....	33
3.5.6. Utopické koncepty .....	34
<b>4. Vliv rozvoje pasivní bezpečnosti</b> .....	35
4.1. Statistický rozbor .....	36
4.2. Demonstrace 50 let vývoje .....	39
<b>5. Závěr</b> .....	41

<b>6. Použité zdroje</b> .....	42
<b>7. Seznam obrázků</b> .....	45



## 1. Úvod

Důležitým ukazatelem kvality automobilu je v současné době jeho bezpečnost. Ne vždy tomu tak bylo, v prvopočátcích ještě vozy nedosahovaly vysokých rychlostí, ale po překonání rychlostí dosahujících koňskými povozy začaly být automobily velmi nebezpečné pro samotné pasažéry i okolí. Více než stoletý vývoj toho hodně změnil. Kvůli přibývajícimu počtu úmrtí a zranění na silnicích byly státy nuceny začít podnikat určité kroky. Po vzniku prvních místních předpisů začala vznikat legislativa na mezinárodní úrovni. Výrobci tak musel začít řešit problematiku bezpečnosti automobilů, prvně aktivní bezpečnost, která zahrnuje prvky, jež mají za úkol dopravní nehodě zabránit. Řadí se do ní například správná funkčnost brzd a tlumičů, spolehlivé řízení, osvětlení a také výhled z vozidla. Trendem posledních desetiletí je uplatnění samočinných elektronických systémů jako ABS či ESP, které pomocí vyhodnocování dat v řídicí jednotce korigují jízdu.

Bylo také nutné zmírnit následky dopravních nehod, na řadu tak přišla pasivní bezpečnost, na kterou je bakalářská práce zaměřena. Pasivní bezpečnost zahrnuje prvky konstrukce, které minimalizují nebo zcela eliminují následky dopravní nehody. Zajišťují ochranu samotných cestujících a díky vnější kompatibilitě také ochranu ostatních účastníků provozu (chodci, cyklisté, ostatní vozidla). Pro správnou funkci ochrany posádky je nutné sladit dvě skutečnosti. Při nehodě nesmí dojít k tak velké deformaci, která by narušila vnitřní prostor posádky. Zároveň však nesmí vysokým zpožděním (přetížením) dojít k překročení biomechanických limitů. K tomu dopomáhají zádržné systém jako bezpečnostní pásy, airbagy a dětské sedačky. Absorbování energie zajišťuje konstrukce karoserie vozidla a její deformační zóny. Dalšími důležitými bezpečnostními prvky, které mají snížit riziko poranění, jsou bezpečnostní skla, měkčené, zaoblené materiály, bezpečnostní sloupek volantu a správné provedení sedadel a opěrek hlavy. Ochranou chodců se z historického hlediska konstruktéři zabývali jako první, protože chodci byli a stále jsou nejohroženějším účastníkem provozu. K zajištění jejich ochrany slouží vhodné tvarování a tuhost karoserie, které do určité rychlosti snižují riziko úmrtí. Tyto bezpečnostní prvky se uplatňují i u nákladních vozidel, autobusů a přípojných vozidel. S osobními automobily sdílejí většinu prvků, mají však některé specifické jako zařízení proti podjetí zezadu, ze stran a zepředu. U kabin nákladních vozidel je důležitá i jejich pevnost zezadu kvůli převáženému nákladu a pro autobusy jsou předpisy nařízena kritéria konstrukce vozidla a pevnosti a uchycení sedadel převážených osob. Práce se však zaměřuje na konstrukci osobních automobilů.

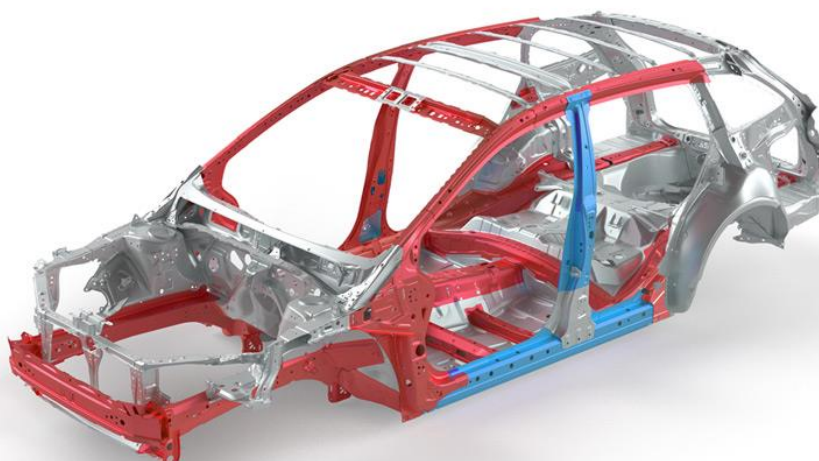
Tyto prvky vznikaly a prošly vývojem v průběhu 20. století a tím výrazně zvýšily bezpečnost automobilů. Vývoj to byl často strastiplný a krvavý, jelikož výraznému rozvinutí pasivní bezpečnosti v druhé polovině 20. století předcházely miliony nehod. V této práci bude popis

a vývoj prvků pasivní bezpečnosti zpracován, stejně tak jako jejich pozitivní dopad na dopravní bezpečnost.

## 2. Prvky pasivní bezpečnosti

### 2.1. Struktura karoserie

Primární ochranu cestujících ve vozidle zajišťuje struktura karoserie. Podobu karoserie ovlivňuje kromě pasivní bezpečnosti také účel a velikost vozu a aktivní bezpečnost, jelikož karoserie má přímý vliv na jízdní vlastnosti. Pro ochranu cestujících je nutné udržovat určitou rovnováhu mezi dvěma vlastnostmi. Absorpce energie nosné struktury musí být dostatečně velká, aby se při kolizi nepřekročily biomechanické limity, tedy zpoždění člověka nesmí překročit určitou mezi. Zároveň však nesmí dojít k deformaci struktury, která by narušila vnitřní prostor pro posádku. V potaz se musí brát rovněž kompatibilita automobilu s jiným účastníky nehody jako chodec, cyklista nebo jiný automobil. O ochranu vnitřního prostoru posádky se starají přední, boční a zadní deformační zóny, které mají za úkol přeměnit kinetickou energii pohybu v deformační práci. K tomu dochází ideálně elasticko-plastickou deformací, lámáním nosných struktur, využíváním plastů a vnitřního tření kapalných či plyných látek. Na těchto principech také fungují tzv. absorbéry. [1]



Obr. 1 Struktura karoserie vozu Subaru Levorg

#### 2.1.1. Čelní deformační zóna

Ze statistik vyplývá, že nejčastější srážka při nejvyšší rychlosti přichází zepředu, proto na ni byl vždy kladen největší důraz. Výhodou je dlouhá kapota, jež poskytuje velkorysý prostor pro deformace. Struktura před kabinou je většinou tvořena dvěma podélnými nosníky, které

jsou při nárazu zatěžovány v podélné ose, dále absorbéry, nárazníkem. Je nutné brát ohled na chodce, proto jsou zde i prvky, které se po nárazu lámou a tím tlumí náraz. Ochrana chodců bude v pozdější části práce podrobněji probrána.

Deformace moderních vozů má stupňovitý průběh: [1]

1. Ochrana při malých rychlostech (parkovací manévry)
2. Kompatibilita (ochrana ostatních účastníků nehody, zejména chodců)
3. Ochrana cestujících (dodržení biomechanických limitů)
4. Prostor pro přežití

Problematické je umístění velkých, tuhých součástí vozidla, například motoru, mezi směrem nárazu a cestujícími. Motor je proto speciálně zavěšen, po nárazu je usměrněn pod podlahu vozidla. [2]

### **2.1.2. Boční deformační zóna**

Boční struktury mají na rozdíl od čelní a zadní omezený prostor pro pohlcení energie, pouhých 100 – 150 mm. Z toho důvodu jsou nárazy do boku vozidla ty nejnebezpečnější. Také proto, že druhé kolující vozidlo většinou bourá ve vysoké rychlosti a svým odolným čelem vozu. Při bočním nárazu jsou nosné díly jako sloupky, prahy a nosníky dveří namáhány zejména v příčné ose, tedy na ohyb. Boční tuhost prostoru pro posádku lze zvýšit pomocí příčných traverz ve střeše a podlaze. Nutná je odolnost dveří, které by měli být pevné na tah a tuhé na ohyb. Jsou tvořeny tuhým prolisem, uvnitř jsou příčně umístěny ocelové trubky. Předpisy pamatují také na závěsy a zámky dveří. Nikdy nesmí dojít k vytržení dveří či zablokování dveří při čelním nárazu. [2]

Obzvláště nebezpečný je boční náraz na úzkou překážku (sloup, strom). Působením setrvačných sil na přečnávající části vozidla dochází k lámání vozidla. [2]

### **2.1.3. Zadní deformační zóna**

Zadní zóna má také dostatek místa a ve většině vozů zde není motor, proto je celá využita pro deformaci. Navíc se počítá s tím, že energie bude kvůli nižší relativní rychlosti menší. Struktury tedy nejsou dimenzovány na tak velké síly jako vpředu. [2]

## **2.2. Zádržné systémy**

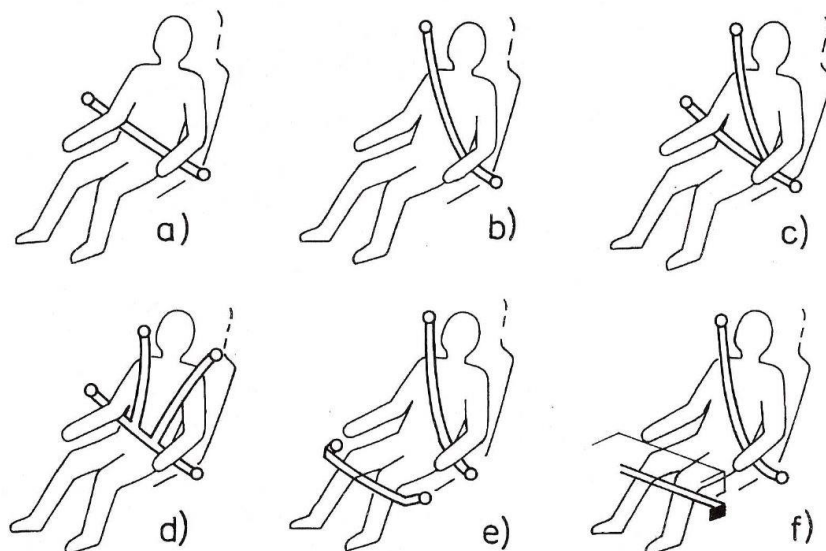
Pro dodržení biomechanických limitů lidského těla je nutné použít ve voze zádržných systémů. Při nárazu vozidla na pevnou bariéru se pohybová energie přemění deformací přední části karoserie na deformační práci. Díky tomu nebude prostor pro cestující deformován, stále na něj ale působí zpoždění. Nepřipoutaná osoba by se po počátku kolize stále pohybovala rychlostí jízdy směrem dopředu, kde by tvrdě dopadla na volant, části

interiéru nebo by dokonce byla vymrštěna z vozidla. Osoba je v takovém případě vystavena vysokému zpoždění, ohrožující její život. Proto je aplikace zádržných systémů nezbytná. Tyto systémy reagují na zpoždování vozidla s určitou prodlevou závisících na vůlích bezpečnostních pásů či zpoždění čidel. Přesto musí zaručovat dostatečně rychlý účinek systémů, které zajistí malé zpoždění osoby. Zároveň nesmí snižovat komfort při běžném používání vozidla. [1]

### 2.2.1. Bezpečnostní pásy

Zřejmě nejzákladnějším prvkem pasivní bezpečnosti, který za dobu svého používání zachránil již mnoho životů, je bezpečnostní pás. V dnešní době se navíc používá v součinnosti s airbagem, což ještě více zvyšuje bezpečnost vozidel. Použití pásu je povinné, vyplývá ze zákona o provozu na pozemních komunikacích. Porušení je ohodnoceno dvěma body a finanční pokutou. Přesto se výrazné procento lidí před jízdou nepřipoutá, čímž zvyšují riziko vážného poranění při nehodě. Podle statistik z roku 2009 se zjistilo, že 71% všech usmrcených osob na zadních sedadlech a každý druhý usmrcený spolujezdec v obci byli nepřipoutaní. [3]

Nejpoužívanějším druhem pásů v dnešních vozidlech je tříbodový pás. Pouze na prostředním, zadním sedadle se často používá břišní pás, přestože má efekt „zavíracího nože“. U sportovních či závodních vozů se používají čtyřbodové nebo dokonce pětibodové pásy, jejichž používání v běžném provozu by však bylo poměrně složité a nepraktické. [1]



Obr. 2 Druhy bezpečnostních pásů:

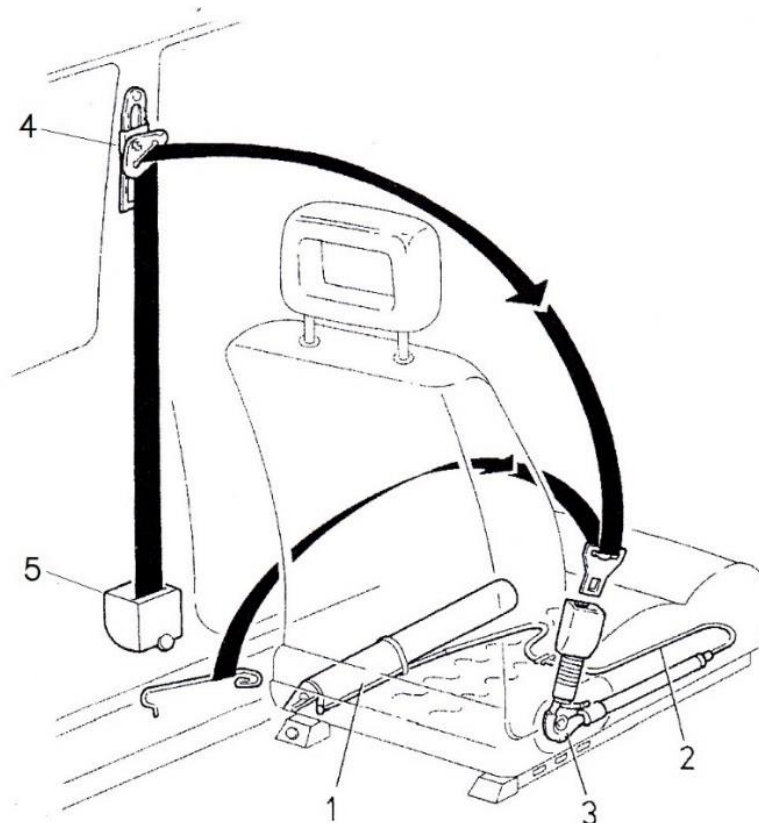
a) dvoubodový (břišní); b) dvoubodový (diagonální); c) tříbodový; d) čtyřbodový; e) ramenní a kolenní; f) diagonální s kolenní opěrkou

Tříbodové bezpečnostní pásy jsou samonavíjecí, to umožňuje volný pohyb těla při jízdě a automatické přizpůsobení délky tělesným rozměrům. Ramenní část pásu je většinou vedena přes průvlečný úchyt na boční stěně a poté dolů do navíjecí cívky, která pás pod pružným napětím vtahuje. K zablokování může dojít rychlým vytáhnutím popruhu nebo zrychlením při nárazu vozidla z jakéhokoli směru. Navíjecí zařízení je umístěno v dutině spodní části B – sloupku. Na posuvném držáku, který je výškově nastavitelný, je průvlečný úchyt pásu. Posuvná lišta má několik aretačních poloh a celkově se dá nastavit podle rozměrů postavy v rozsahu asi 100 mm. Samonavíjecí zařízení funguje spolehlivě při nárazech do přibližně 40 km/h. Při vyšších rychlostech již kvůli roztažnosti pásu a časovému zpoždění účinku navíjecího zařízení nedokáže zabránit nárazům do částí interiéru před sebou. Při rychlosti 50 km/h totiž bezpečnostní pásy bojují s energií, kterou dosáhne člověk při pádu ze 4. patra. [1]

Zvýšení účinku pásu se dosáhne pomocí napínačů, které napnutím a předeprnutím pásu odstraní volnost pásu, což sníží časové zpoždění účinnosti.

Koncepty napínačů: [2]

- Mechanický – Pás napne předeprjatá pružina uvolněná pomocí bovdeny a zpětné západky. Systém je pouze na jedno použití.
- Pyrotechnická – Pokud snímače naměří zpomalení větší než je přípustná mez, elektricky se aktivuje a odpálí pyrotechnická nálož, tlak plynu působí na píst, který pomocí ocelového lanka během 13 ms napne pás.



Obr. 3 Třibodový bezpečnostní pás s mechanickým napínačem

- 1) předepjatá pružina; 2) bovden; 3) zpětná západka; 4) průvlečný úchyt; 5) samonavíjecí zařízení

### 2.2.2. Airbagy

Dalším zádržným systémem jsou airbagy, které nejlépe fungují ve spolupráci s bezpečnostními pásy. Ty je nutné používat, jinak se snižuje účinnost airbagu a může být dokonce nebezpečný, protože se osoba pohybuje vpřed nezpomalenou rychlostí. Pásy totiž zadrží pohyb těla cestujícího, airbag zajišťuje přímou ochranu hlavy před nárazy na části interiéru a volantů. K tomu se používá čelních airbagů uložených ve volantu pro ochranu řidiče a v přístrojové desce pro spolujezdce. Dále se v moderních vozech používají boční, okenní (hlavové) či kolenní airbagy.



*Obr. 4 Nafouklé čelní, kolenní, boční a okenní airbagy vozu Toyota Avensis*

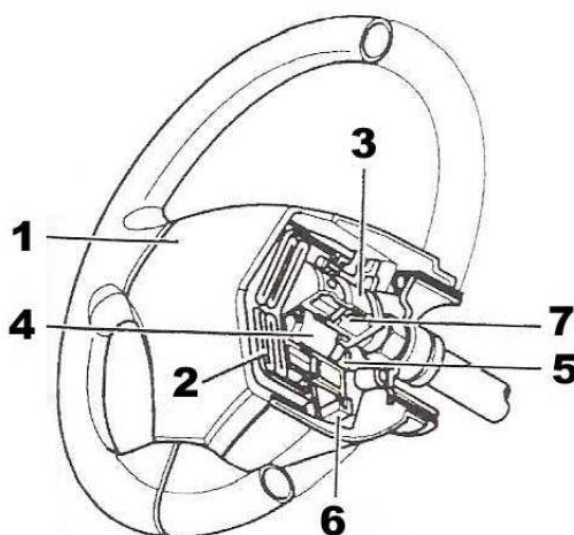
Čelní airbag ve volantu chrání řidiče při čelním nárazu před kontaktem s volantem. Jelikož dráha pohybu hlavy k volantu je poměrně krátká, musí k aktivaci airbagu dojít velmi rychle. Udáno je maximální dovolené posunutí řidiče dopředu o 12,5 cm než se nafoukne airbag, to je při nárazu v rychlosti 50 km/h na pevnou překážku asi 35-40 ms. U čelního airbagu spolujezdce ukrytého v přístrojové desce je tato mez díky delší dráze pohybu o něco vyšší, přibližně 45 ms. Boční airbasy chrání bederní partie a hrudník cestujících na předních sedadlech a aktivují se, pokud je rychlost bočního nárazu vyšší než 28 km/h. Jsou umístěny ve výplních dveří anebo častěji na vnějších stranách opěradel. Okenní (hlavové) airbag upevněný v rámu střechy se rozprostře v délce 2 m od A-sloupku až po C-sloupek. Skládá se až z 9 vzduchových komor, které se nafouknou do 25 ms. Chrání hlavy a boky cestujících před nárazy do sloupků, rámu a skla, zároveň i chrání před vzniklými střepy či cizími, vnějšími objekty. Kolenní airbag chrání spodní končetiny, zejména kolena řidiče před nárazem do spodní části přístrojové desky. [1]

Části systému:

1. Vak s plynovým generátorem
2. Řídící jednotka
3. Snímače nárazu (zpomalení), tzv. G senzory
4. Propojovací vedení (třecí kroužek) a kontrolka systému

Vak airbagu je vyroben z nepropustného plátna ze syntetických vláken a mívá 2 – 4 otvory pro vyfouknutí. Vak má objem u řidiče 40 – 60 litrů, u spolujezdce 100 – 150 litrů. To záleží na velikosti vozidla a u moderních airbagů i na velikosti nárazu, jelikož objem nafouknutí

airbagu se přizpůsobí nárazu. Jádrem celého systému jsou řídicí jednotka a snímače nárazů, která jsou umístěna přímo ve volantu. V případě bočních a okenních airbagů jsou snímače pro příčné zrychlení umístěny pod sedáky předních sedadel. Při nehodě (prudkém zpomalení) měří řídicí jednotka pomocí snímačů intenzitu nárazu. Signály ze snímačů jsou v okamžiku vyhodnoceny algoritmy v řídicí jednotce. Ty jsou nastavovány výrobcem tak, že musí rozlišit různé nárazy. Airbag se nesmí aktivovat například při kolizi v malé rychlosti, přejetí obrubníku nebo výmolu. Pokud dojde k vyhodnocení, že je nutné aktivovat airbag, je vyslán elektrický impuls k zapálení granul pyropatrony a tím se prudkou exotermickou reakcí vytvoří velké množství zdraví neškodného plynu, směsi dusíku a oxidu uhličitého. Expanzí plynu vak odtrhne kryt volantu nebo přístrojové desky. Airbag se okamžitě po nafouknutí začne otvory vyfukovat, to ještě před tím než dojde do kontaktu s hlavou cestujícího. Vyfouknutím není náraz pro člověka tak tvrdý a zabrání se zablokování či zdušení člověka po nehodě. [1]



Obr. 5 Části čelního airbagu řidiče

1) kryt volantu; 2) složený vak; 3) vyvíječ plynu; 4) snímač zrychlení; 5) spouštěcí zařízení; 6) upevňovací kroužek; 7) explozivní směs - granule

Pasivní zádržný systém jako airbag by měl fungovat vždy, řidič pro jeho aktivaci nic nedělá, proto je nutná určitá kontrola. To zajišťuje kontrolka na displeji, která se při každém zapnutí motoru na 3 sekundy rozsvítí, pokud však zůstane svítit nebo se vůbec nerozsvítí, je s funkcí něco špatně a je nutné vyhledat servis.



### 2.2.3. Dětské zádržné systémy

Alternativou bezpečnostních pásů pro děti s tělesnou výškou do 150 cm a tělesnou hmotností do 36 kg jsou dětské sedačky. Stejně tak jako pásy omezují pohyb při kolizi či prudkém zpomalení a tím snižují nebezpečí poranění. Do vozidla se uchyť pomocí bezpečnostních pásů nebo systémem Isofix. V takovém případě se sedačka upevní pomocí kotevního systému, který bývá součástí sedačky vozidla již z výroby. V dnešní době snad již většina veřejnosti ví, že přepravovat dítě v dětské sedačce je nutnost. Stále však existují rodiče, kteří při jízdě pouze posadí své dítě na klín. Zřejmě netuší, že při nárazu v rychlosti 50 km/h a hmotnosti dítěte 10 kg by museli být schopni udržet 300 kilogramů. Proto je také nepoužití autosedačky trestáno přičtením 4 bodů v rámci bodového systému. Na sedačky je kladeno mnoho nároků, stejně jako ostatní části interiéru musí být vyrobeny z nehořlavých, netoxických materiálů, musí tlumit náraz a nesmí mít ostré hrany. [4] [5]

Neexistuje pouze jeden typ sedaček, rozdělují se podle následujících kritérií.

Podle hmotnosti dítěte: [5]

- Skupina 0 – děti do hmotnosti 10 kg (cca 1 rok); jelikož dítě má stále měkké kosti a neudrží samo hlavičku, umísťuje se vanička proti směru jízdy, popruh tříbodový tvaru Y
- Skupina 0+ - děti do hmotnosti 13 kg; ostatní charakteristiky stejné jako u skupiny 0
- Skupina I – děti o hmotnosti od 9 do 18 kg (přibližně do 4 let); sedačka umístěna ve směru jízdy a je vybavena pětibodovými pásem
- Skupina II – děti o hmotnosti od 15 do 25 kg (přibližně do 6 let); sedačka nemá své popruhy, jsou použity bezpečnostní pásy pro dospělé
- Skupina III – děti o hmotnosti od 22 do 36 kg (přibližně do 12 let); sedačku často tvoří jen upevněný sedák, který zvedne dítě do výšky umožňující připoutání bezpečnostními pásky pro dospělé

Podle konstrukce: [6]

- Sedačka bez bezpečnostních pásů, použity pásy pro dospělé
- Sedačka s vlastními bezpečnostními pásky
- Sedačka pro přenášení kojence nebo určená část kočárku
- Pouhý sedák pro děti s hmotností 22-36 kg

Podle způsobu upevnění: [6]

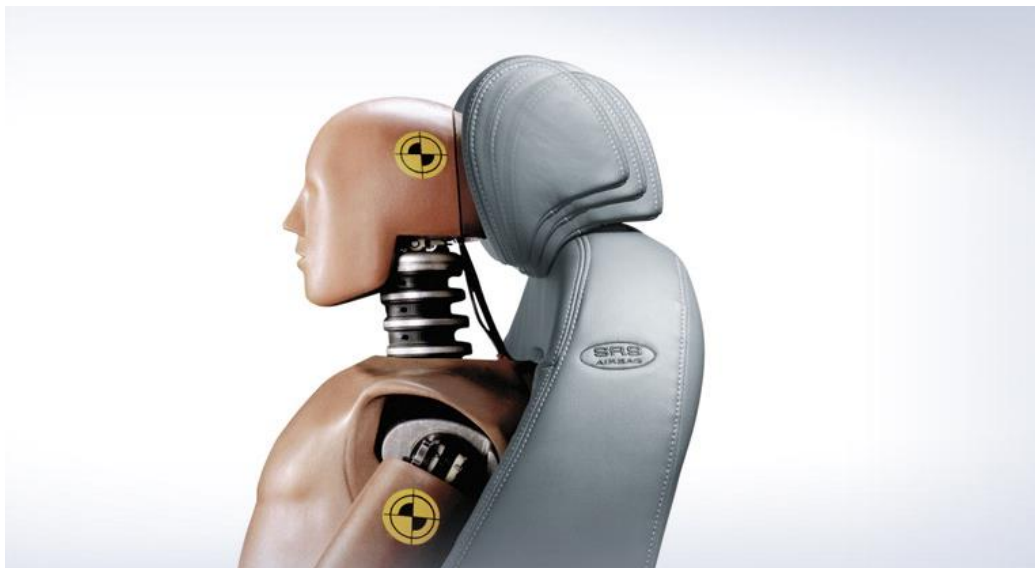
- Připevnění tříbodovým bezpečnostním pásem
- Připevnění dvoubodovým bezpečnostním pásem

- Ukotvení pomocí systému Isofix

#### 2.2.4. Sedadla a opěrky

Sedadla a opěrky hlavy mají kromě jiného zádržnou funkci. Sedadla se při zkoušení zatěžují v podélném směru a to kvůli působení zpomalení po kolizi a také nárazu osob či zavazadel zezadu. Zjišťuje se tak, zda pevnost kostry sedadla, materiály a upevnění do podlahy vydrží přetížení. Rámy sedadel bývají svařeny z ocelových, lisovaných plechů a ocelových drátů. Polštářová výplň je zhotovena z polyuretanové pěny, na ní je potaženo požadované čalounění. Důležité je vhodné tvarování sedadla s bederní podporou a bočním vedením, které může snížit riziko poranění i při bočních nárazech. Sedadla musí splňovat také nároky aktivní bezpečnosti, správnou geometrii sezení a ovladatelnost. [1]

Pro ochranu hlavy a krční páteře je důležitá opěrka hlavy, který je již řadu let v základní výbavě všech vozidel. Opěrky mohou být integrované do opěradla, oddělitelné od opěradla nebo samostatně uchycené z jiné části karoserie. Opěrka zabraňuje pohybu hlavy dozadu, čímž by se extrémně namáhala krční páteř, vazy i nervové dráhy. Tyto opěrky jsou pasivní, tedy maximálně výškově nastavitelné. V dnešní době se rozmohl pojem „whiplash“, tedy poranění krční páteře způsobné prudkým pohybem nejčastěji nárazem zezadu. Tomu se snaží předejít aktivní opěrky (Obr. 8). Tento systém založen na pákovém mechanismu vysune opěrku při nárazu dopředu a nahoru. To zkrátí dráhu při zpětném pohybu hlavy a účinněji hlavu zpomalí. Pro správnou funkci stále platí, že je nutné ji mít nastavenou ve správné výšce. [1][7]



Obr. 8 Posun aktivní opěrky zkracující pohyb hlavy

## 2.3. Bezpečnostní skla

Pro zasklení vozidla se používá bezpečnostní sklo, které má primárně funkci průhledné ochrany posádky před vnějšími objekty a větrem. Zároveň však musí splňovat mezinárodní předpisy, podle kterých kromě jiného nesmí při tříštění skla vznikat stěpy s ostrými hranami schopné cestující poranit. Proto se užívají dva typy skel.

### 2.3.1. Vrstvené sklo

Díky své odolnosti je používáno pro zasklení čelních skel. Po nárazu sklo zůstává pohromadě, pouze popraská a na rozdíl od tvrzeného skla stále umožňuje výhled. Za to vděčí svému složení. Dvě či více vrstev skla jsou spojeny speciální folií, například polyvinylbutyralovou, dávající čelním sklům požadované vlastnosti.



*Obr. 6 Vrstvené sklo po nárazu*

### 2.3.2. Tvrzené sklo

Jednovrstvé, tepelně upravené sklo používané na boční a zadní okna. Ve výrobě sklo zahřejí na vysokou teplotu, více než 600 °C, a následně prudce ochladí. Tím vzniká ve skle určité vnitřní pnutí, které dodává sklu odolnost proti nárazům. A při případném tříštění vznikají malé, neostré plošky. [8]

## 2.4. Materiály v interiéru

Na interiér vozu je kladena řada požadavků. Řidič ocení vhodnou ergonomii zvyšující jeho pohodlí. Přísné požadavky se avšak týkají i bezpečnosti. Prostor interiéru vozidla se podílí na ochraně cestujících. Při nárazu s ním přijde cestující do kontaktu, proto je kontrolován

z hlediska drsnosti povrchu, tříštivosti materiálů a ostrosti hran a výčnělků. To je důvod, proč v moderních vozech vidíme převážně oblé tvary a měkčené materiály.

## **2.5. Nehořlavost**

Požáry vozidel jsou velmi nebezpečné, díky dnešním předpisům a konstrukcím jsou naštěstí dost vzácné (přibližně 0,2% všech nehod). Požár může vzniknout, pokud se palivo dostane do kontaktu s elektroinstalací nebo přeskočí jiskra. Důležité je umístění plastové palivové nádrže do oblasti zadní nápravy. Při nárazu musí být okamžitě přerušeno dodávání paliva do motoru. Při konstrukci vozu jsou normami sledovány hořlavosti materiálů, včetně čalounění v interiéru, rychlost hoření materiálů a předpisem EHK č. 34 elektroinstalace a její odolnost vůči korozi. [2]

## **2.6. Bezpečnostní sloupek volantu a pedály**

Při čelním nárazu vozidla způsobuje řidiči ve velkém procentu případů zranění volant či volantový hřídel, toto riziko ještě výrazně narůstá při absenci bezpečnostního pásu a airbagu. Při čelním nárazu je tělo vrženo proti volantu a palubní desce a téměř ve všech případech dojde ke vzájemnému kontaktu. Spolu se zádržnými systémy tak musí volant splňovat určité podmínky. Volant i při silném nárazu zachovává stejnou polohu vůči tělu řidiče, aby byla umožněna správná funkce airbagu. V případě vychýlení volantu z osy by airbag mohl řidiče zasáhnout pod jiným úhlem a místo zachycení hlavy řidiče by mu ublížil. Volant má dále za úkol zachytit náraz trupu a absorbovat energii, kterou generuje náraz. K tomu slouží polštářovitý střed a věnec volantu, který se po nárazu nesmí zlomit, může se deformovat a sklopit tak, aby se energie pohlcovala do co největší plochy. Zřejmě nejdůležitějším prvkem je zamezení průniku sloupku řízení do prostoru posádky. Pro tento prvek pasivní bezpečnosti se využívá několik konstrukčních řešení. Hřídel volantu může být dělená a při kolizi se dané části zasunou do sebe či se za pomoci křížových kloubů vychýlit. Bezpečnostní sloupek také může obsahovat vlnovou trubku, která se deformuje. Řešením je také použití kloubů, které vychýlí hřídel a zasunutím oddálí volant od hlavy (Obr. 7). [1][9]



*Obr. 7 Řešení sloupku volantu vozidla Volvo V50*

Zranění dolních končetin mohou způsobit pedály, proto jsou pedály konstruovány tak, aby se při kolizi odpojili v místě upevnění ke karoserii. [1]

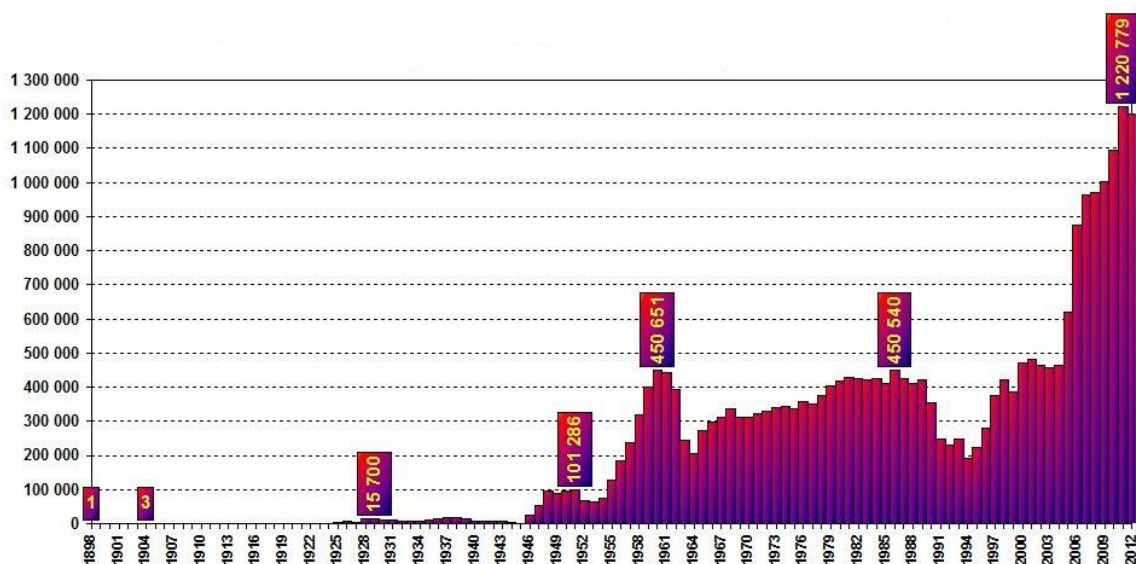
## **2.7. Ochrana chodců**

Nejohroženějším účastníkem silničního provozu je chodec. Na rozdíl od cestujícího v automobilu, nemá kolem sebe žádné deformační či zádržné systémy. Chodec přichází do přímého kontaktu s vozidlem, kdy jsou nejprve zasaženy nohy nárazníkem, poté pánev přední hranou kapoty. Velmi záleží na výšce hrany vozidla a zejména na výšce chodce, jeho hlava může dopadnout na relativně pružnou kapotu anebo v nejhorším případě na rám čelního skla. V další fázi kolize je kvůli brzdění vozidla vržen chodec na vozovku, čímž dochází k sekundárnímu nárazu, mnohdy ještě nebezpečnějšímu, jelikož tím hrozí přejetí či náraz na obrubník. Průběh srážky určuje úhel a rychlosti nárazu, fyzická konstituce chodce a zejména vlastnosti karoserie. Tvar a tuhost karoserie nejvíce ovlivní následek srážky, proto při navrhování vozu chceme, aby nárazník byl předsunutý před hranou kapoty, jež by neměla být příliš vysoko. Vhodná je také dlouhá kapota zamezující nárazu hlavy do rámu čelního skla a vržení těla na vozovku. Dbá se také na tvaru karoserie a ostrých, hranatých či tvrdých výčnělcích, které jsou kontrolovány předpisy. Proto se používají například zapuštěné kliky dveří, ohebné antény, oblé tvary. [1]

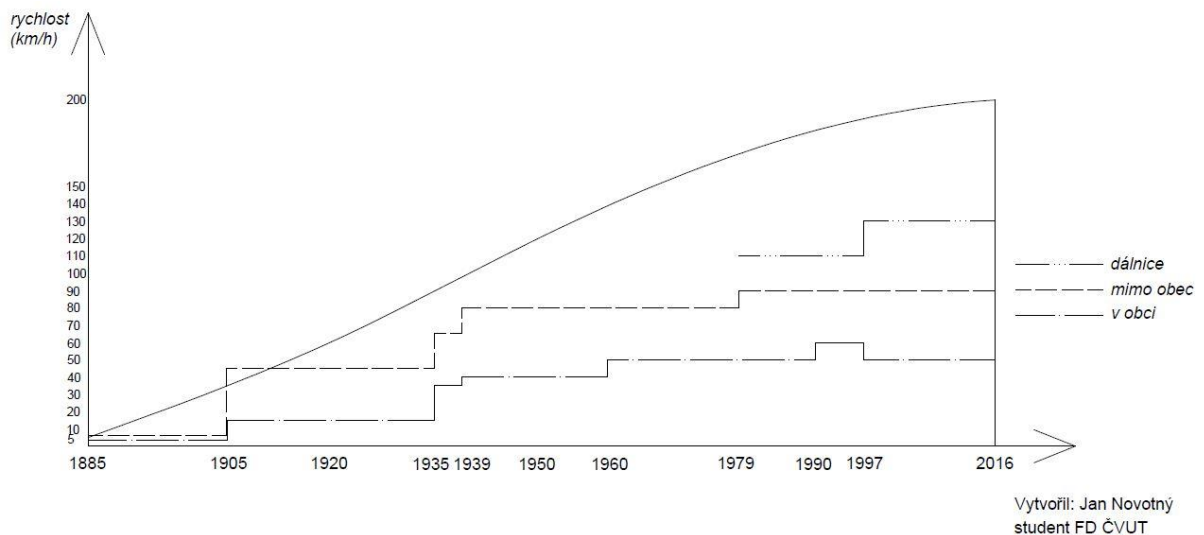
### 3. Historie a vývoj

První mechanicky poháněné vozy byly konstruovány koncem 18. století. Jednalo se o parní stroje, za nimiž stál například James Watt. Jejich nízká rychlost ale nepředstavovala výrazné nebezpečí pro okolí, proto nebyl na žádné prvky pasivní bezpečnost brán zřetel. Po zdokonalení parních strojů a jejich zrychlení proběhlo pouze legislativní omezení rychlosti Veliké Británii, tzv. praporkovým zákonem. Kromě omezení rychlosti také nařizoval, že před jedoucím vozidlu musí přecházet osoba s červeným praporkem upozorňující okolí. [10]

Opravdový počátek automobilismu datujeme ke konci 19. století, konkrétně k roku 1885, kdy si německý konstruktér Karl Benz patentoval svojí čtyřtákní motorovou tříkolku. První vznětový motor pak představil v roce 1897 Rudolf Diesel. Po přelomu století se automobilismus rozmohl, objevovali se první elektromobily, dokonalejší vozy poháněné parními a spalovacími motory. Začaly se pořádat soutěže a závody. Ve dvacátých letech v Evropě a USA nebylo pochyb, že spalovací motory jsou budoucnost. Zpřístupnění automobilů širší veřejnosti umožnil svým nápadem Henry Ford, když zavedl sériovou výrobu. Ta výrazně zrychlila a zlevnila výrobu, cena legendárního Fordu model T se tak pohybovala pod hranicí tisíce dolarů. Během 15 let se prodalo přes 15 milionů kusů, celý svět se začal počátkem století plnit automobily. V roce 1910 jezdilo po silnicích ve Velké Británii přibližně 100 000 vozidel. V globálním měřítku tyto počty prudce rostly, v roce 1968 přes 170 milionů, v roce 1985 téměř 400 milionů. Dnes je toto číslo již za hodnotou jedné miliardy. [11][12][13]



Obr. 9 Výroba vozidel na území Československa (České Republiky) podle Sdružení automobilového průmyslu



Obr. 10 Nárůst běžně dosahované a povolené rychlosti v Československu / ČR

Kromě počtu vozidel rostla i jejich rychlost (Obr. 10). Dva prvky, jež ovlivnily budoucí vývoj automobilů. S počtem vozidel vzrůstal počet nehod, s růstem rychlosti a také hmotnosti se stávaly nehody nebezpečnějšími. To lze doložit následujícím výpočtem, který porovnává dvě rozdílné situace.

Příklad 1 - Teoretická čelní kolize dvou souprav nosičů (Obr. 11), uvažujeme váhu cestujícího, 2 nosičů a kabiny, celkově 300 kg



Obr. 11 Humorně vykreslená kolize souprav nosičů

$$m_{1,2} = 300 \text{ kg}; v_{1,2} = 4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} * 300 * 1,11^2 = 184,82 \text{ J}$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} * 300 * 1,11^2 = 184,82 J$$

$$E_k = E_{k1} + E_{k2} = 184,82 + 184,82 = \underline{369,64 J}$$

Příklad 2 – Čelní srážka dvou automobilů

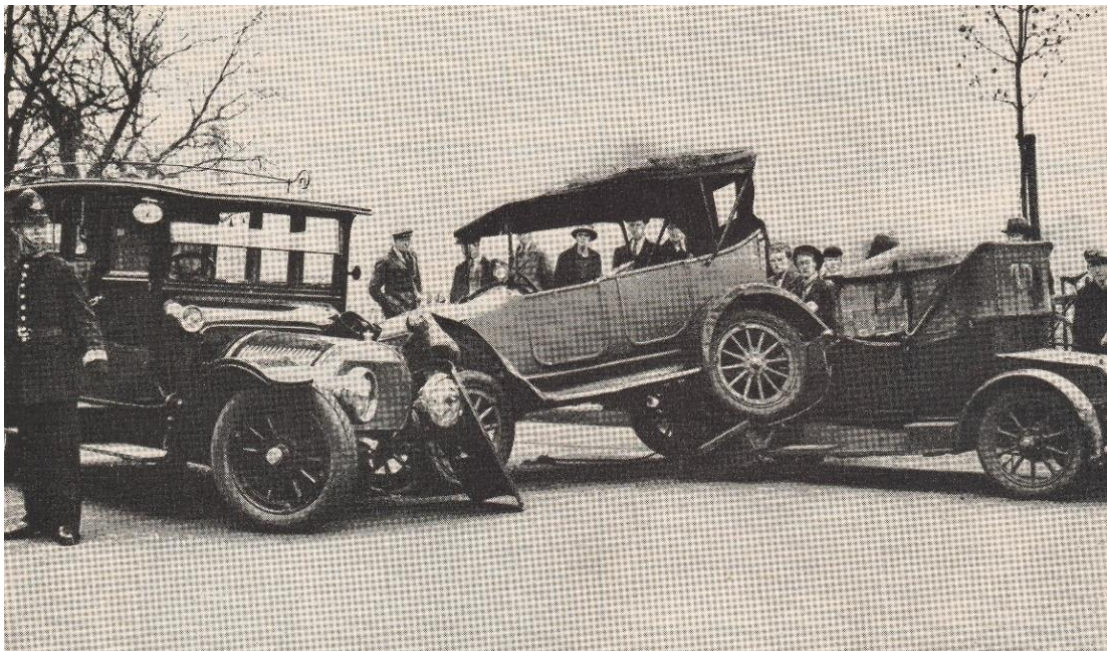
$$m_1 = 1000 \text{ kg}; v_1 = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}; m_2 = 2000 \text{ kg}; v_2 = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 13,88^2 = 96 327,2 J$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} * 2000 * 13,88^2 = 192 654,4 J$$

$$E_k = E_{k1} + E_{k2} = 96 327,2 + 192 654,4 = \underline{288 981,6 J}$$

Vytvořená energie srážkou automobilů je oproti srážce nosičů téměř 800x větší. Z toho jasně vyplývá, že tuto energii bylo nutné nějak usměrnit, tedy začít se zamýšlet nad principem pasivní bezpečnosti. Automobily neměli téměř žádnou ochranu posádky, používané materiály a konstrukce spíše mohli posádku vážně zranit. Vozidla se často téměř zlomila, rozpadla, části z motorového prostoru jako třeba řídicí hřídel vnikaly do prostoru posádky. Počet automobilů, jejich rychlost a vzrůstající počet úmrtí dali konečně impuls k postupnému zlepšení bezpečnosti.



Obr. 12 Fotografie nehody z roku 1924



### 3.1. Legislativa

Jak již bylo zmíněno, první zákony a předpisy začaly vznikat v polovině 19. století, díky rozvoji vozidel na parní pohon. Během druhé poloviny století začaly přibývat zákony týkající se aktivní bezpečnosti usměrňující povolenou rychlost, osvětlení, brzdy nebo maximální zatížení vozidel. Převážně ale byly vydávány obcemi, chyběla jednotnost na národní či dokonce mezinárodní úrovni. Ke sjednocení došlo až v roce 1909 (Československem ratifikováno roku 1921) Mezinárodní smlouvou o jízdě automobily určující technické parametry vozidel. Během třicátých let byly v Československu vydány zákony a vládní nařízení schvalující technickou způsobilost vozidel, vydávající řidičské osvědčení. Bezpečnostní prvky zmírňující následky nehody však stále chyběly. Na svědomí je měla až Evropská hospodářská komise (EHK) založená roku 1947 pod záštitou Organizace spojených národů. V roce 1958 stála za vznikem Ženevská dohody „O přijetí jednotných podmínek pro homologaci a vzájemné uznávání homologace výstroje a součástí motorových vozidel“, kterou podepsalo 20 členských států včetně Československa. Obsah dohody i počet členů se postupně upravoval a rozšiřoval. Státy se svým členstvím zavazují ke společné tvorbě předpisů pro vozidla, jejich výstroj a součásti. Každý členský stát může výrobky splňující kritéria označit homologační značkou, kterou budou ostatní státy uznávat. Tyto předpisy EHK – OSN obsahují předpisy, které jsou postupně rozšiřovány přílohami, nepopisují konkrétní konstrukční řešení, nýbrž požadují předepsané účinky a vlastnosti. Pasivní bezpečnosti osobních automobilů se týkají následující předpisy. [10]

Vybrané předpisy EHK – OSN: [10]

- EHK – R11 – odolnost zámků a závěsů dveří
- EHK – R12 – ochrana řidiče při nárazu na mechanismus řízení
- EHK – R14 – kotevní úchyty bezpečnostních pásů
- EHK – R16 – bezpečnostní pásy pro dospělé
- EHK – R17 – pevnost sedadel, uchycení do podlahy
- EHK – R21 – vnitřní výčnělky ve vozidle
- EHK – R25 – pevnost a geometrie opěrek hlavy
- EHK – R26 – vnější výčnělky vozidla
- EHK – R32 – náraz na vozidlo zezadu
- EHK – R33 – náraz na vozidlo zepředu
- EHK – R34 – snížení rizika požáru
- EHK – R43 – bezpečnostní skla a zasklívací materiály
- EHK – R44 – zádržné systémy pro děti

- EHK – R94 – ochrana proti čelnímu nárazu, určuje zkušební metodiku (vůz urychlen na 56 +0/-2 km/h směrem do kolmé pevné bariéry)
- EHK – R95 – ochrana proti bočnímu nárazu, určuje zkušební metodiku (bariéra o hmotnosti 950 +- 20 kg naráží rychlostí 50 +- 1 km/h do boku automobilu)

V roce 1970 založila Evropská unie soubor směrnic EHS/ES, obsah je velmi podobný předpisům EHK, je na výrobci podle čeho se bude řídit. Česká republika se připojila vstupem do EU, tedy 1. 5. 2004, směrnice ale byly respektovány už od devadesátých let. V USA jsou platné předpisy a normy FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standard). V České republice jsou požadavky na pasivní bezpečnost stanoveny zákonem č. 56/2001 Sb., vyhláškou „O technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích“ a vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb. „O schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích“. [1][10]

### 3.2. Biomechanika

Do technického oboru konstruování vozidel promlouvá i medicína. Biomechanika je totiž vědní obor popisující a zkoumající mechanismus poranění a odolnost lidského těla, převážně pevnost tkání, orgánů, hlavy, trupu a končetin. Části těla se zatěžují a stanovují se měřeními faktory jako: špičkové zpomalení a zrychlení, střední zrychlení, výsledné zrychlení, doba trvání zrychlení, změny hodnot v závislosti na čase, lokalizace sil působící na řidiče, závislost síly a dráhy, závislost síly a času. Při vývoji dopravních prostředků jsou rozhodující mezní hodnoty vůči různým formám dynamického zatížení, které by neměly být nikdy překračovány. [1]

Nejdůležitější biomechanická kritéria: [1]

- Maximální zatížení člověka při zpoždění
- Poranění hlavy s průměrnými a kritickými hodnotami pevnosti lebky a odolnost mozku vůči poranění
- Poranění hrudníku a orgánů
- Hraniční hodnoty pevnosti obratlů, páteře a pánve, rozsah a kritické hodnoty pevnosti pánve

Největší zřetel je brán na hlavu, jejíž poranění jsou nejčastější a také nejfatálnější. Limity přežití jsou určeny křivkou WSU udávající zpoždění hlavy v závislosti na době působení. Například stanovuje, že přetížení 80 g může pro špičkové zrychlení působit po dobu 3 ms. Podobně jsou hodnoty udány pro další části těla. Všechny tyto údaje a limity ale bylo nutné nějak získat, první měření se datují k polovině 20. století. [1]

S výzkumem začal profesor Lawrence Patrick, který začal shromažďovat údaje o nehodách, z nichž určoval chyby v konstrukcích automobilů. Zkonstruoval také měřicí přístroje, které mu umožnily na sobě naměřit základní kritéria odolnosti lidského těla. Jeho poznatky obohatil plukovník John P. Stapp. V rámci práce pro americké letectvo měl za úkol určit a vyzkoušet vliv decelerace na lidské tělo (Obr. 13). V letech 1946 – 1958 prováděl dynamické zkoušky na zvířatech, dobrovolnících a sám na sobě. Určil například, že lidské tělo je při vzpřímeném posedu a ve správných podmínkách schopno odolat přetížení 46,2 g, to odpovídá zastavení z rychlosti 1000 km/h za pouhých 1,4 s. Stapp v rámci pokusů také dosáhl rychlosti 1017 km/h, čímž překonal pozemní rychlostí rekord. S výsledky však bojovali výrobci, jelikož nechtěli provádět změny a vynakládat velké sumy peněz na vývoj. V USA musela do procesu zasáhnout vláda, aby se otevřela cesta pokroku. [14][15]



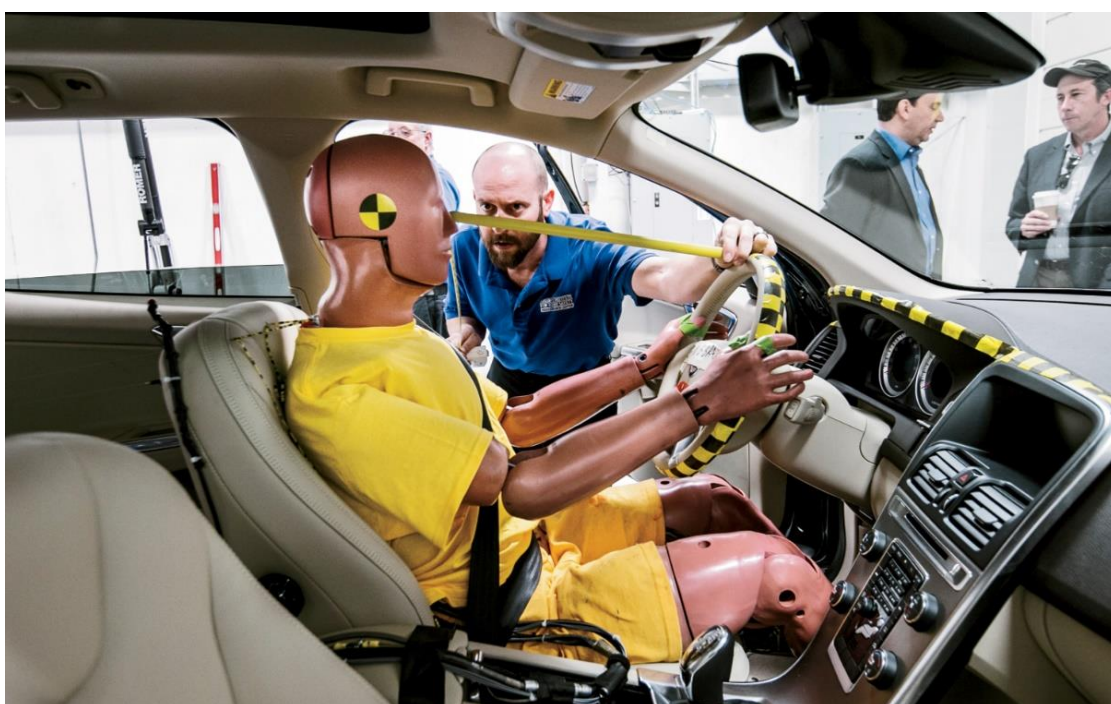
*Obr. 13 Zkouška decelerace na člověku a figuríně*

### **3.3. Testovací figuríny**

Testy na zvířatech, neživých osobách a dobrovolnících se postupně stávaly stále nebezpečnějšími, nemorálními a také nepřesnými. Neživá těla totiž postrádala jakoukoli svalovou a fyziologickou reakci. Zvířata v anestézii sice fyziologickou reakci měla, ale jejich tělesná struktura neodpovídala lidskému tělu. Bylo tedy nutné vymyslet lepší řešení, při kterém nemůže nikdo přijít k újmě na zdraví. Doktor Zociorski a Selujanov stanovili v rámci biomechaniky stupnici určující hmotnosti a momenty setrvačnosti jednotlivých částí těla, podle nich byly sestaveny první testovací figuríny.

První figuríny pod názvem Sierra Sam vznikaly v padesátých letech v USA pro automobilky Ford a GM, používaly se nejen ke crash testům vozidel, ale i letounů. Figurína představovala 95% hmotnosti a velikosti mužské populace a používala se pro testy výrazně překračující lidské kapacity. Napomáhala ke stanovení kinematiky a zrychlení částí těla, přesné měření

odezvy figuríny však bylo nad její možnosti. Výzkum poté převzala automobilka General Motors. V roce 1971 představila mužskou figurínu Hybrid I, která představovala 50% hmotnosti a velikosti tehdejší mužské populace. V následujícím roce Hybrid II ukázal určitá vylepšení jako schopnost měřit biomechanickou odezvu v hlavě, rameni, páteři, kolenou a byla úřady schválena pro oficiální testování. Pro hlubší studování poranění při nárazu však tyto figuríny stále nestačily, to podnítilo další snahu, jejímž výsledkem byla v roce 1976 figurína Hybrid III, která se s vylepšeními používá dokonce až dodnes. Prvně vznikla pouze mužská figurína o výšce 175 cm a hmotnosti 77,5 kg, v roce 1987 přibyl také muž větší a těžší než 95% populace (188 cm, 100 kg) a žena menší než 5% populace (152 cm, 50 kg). Dále existují tři dětské figuríny simulující děti ve věku 6, 3 a 1 rok. [16]



*Obr. 14 Umístění figuríny Hybrid III před provedením čelního nárazu*

Při testování v Evropě se v současnosti používá pro čelní náraz Hybrid III (Obr. 14) a pro boční náraz EuroSID II. Ve Spojených Státech využívají figurínu konstruovanou podle normy FMVSS č. 208. Jsou to figuríny téměř dokonale simulující vlastnosti lidského těla. Kloubová spojení, zakřivení, proporce a hmotnosti jednotlivých částí těla odpovídají živé osobě. Díky rozmístěným snímačům jsou měřeny požadavky na biomechanické odezvy hlavy, krku, ramene, hrudi a kolen. Odolnost a jednodušnost modelů Hybrid umožňuje jejich opakované použití nebo výměnu dílů, což je kvůli vysoké ceně důležitý faktor.

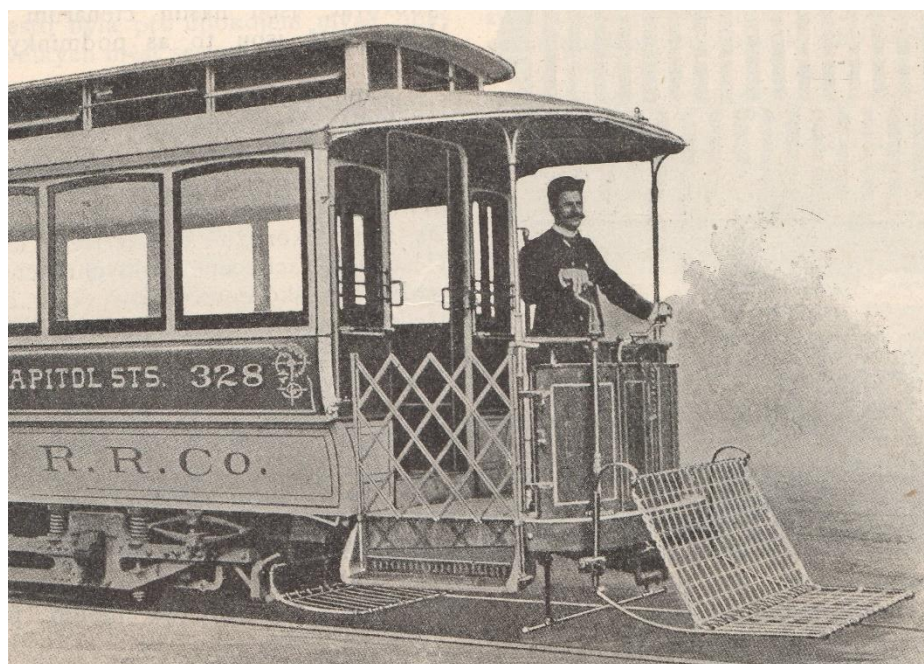
### Části Hybridu III: [17][18]

- Hlava - Hliník pokrytý gumovou vrstvou simulující kůži. Uvnitř jsou tři snímače v pravých úhlech zaznamenávající sílu a zrychlení.
- Krk - Měřicí zařízení měří síly při ohýbání, smýkaní a napětí při pohybu hlavy dopředu a dozadu.
- Rameno a horní končetiny - Snímače zaznamenávají boční zrychlení. Horní končetiny nejsou vybaveny snímači, jelikož jejich poranění při nehodách nejsou životu ohrožující.
- Hrudník - Je tvořen třemi ocelovými žebry se snímači zaznamenávající působící zrychlení a deformaci hrudního koše.
- Pánev - Měří se tři síly a moment, tři osová zrychlení. Určí se tak, zda dojde ke zlomenině pánevní kosti či poškození kyčelního kloubu.
- Dolní končetiny – Snímače umístěny na stehenní kosti a koleni, v některých modelech se měří i údaje o poranění v bérce (od kolene po kotník) a chodidlech.

EuroSID II se liší pouze v některých elementech, například hrudní oblast je vybavena přístroji pro měření velikosti a rychlosti bočního stlačení hrudníku. Snímače jsou u tohoto modelu vhodněji umístěny pro měření bočních nárazů. Dohromady mohou figuríny obsahovat 40 – 60 snímačů, které v průběhu simulované nehody naměří desítky tisíc dat, které se ukládají do uložení dat v hrudníku, ty jsou poté přesunuty do počítače a vyhodnoceny. [17]

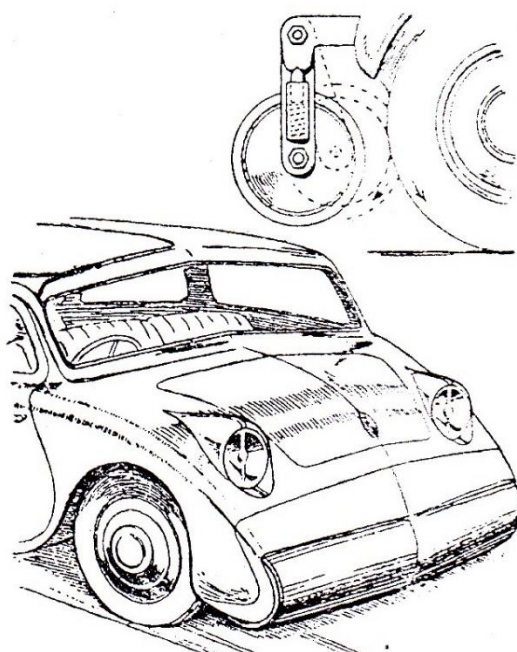
### **3.4. Vývoj ochrany chodců**

Lidské tělo se láme a trhá působením vysokého zrychlení. To znali již konstruktéři na počátku automobilismu, nevěděli však jak zkonstruovat automobil, který by při kolizi nikomu neublížil. Pozornost se nejprve zaměřovala hlavně na chodce proto, že automobily a jejich řidiči byli tehdy považováni za strůjce nehod. Konstruktéři tedy začali navrhnout různá, často utopická řešení jak zmírnit následky srážky vozidla s chodcem. Jedním principem bylo umístění měkčené „polštářové“ vrstvy před vůz nebo později využití ochranného rámu, který by se po nárazu zdvihl, zachytil tělo a tím zabránil sklouznutí chodce na vozovku.



*Obr. 15 Ochranné zařízení na předi tramvaje*

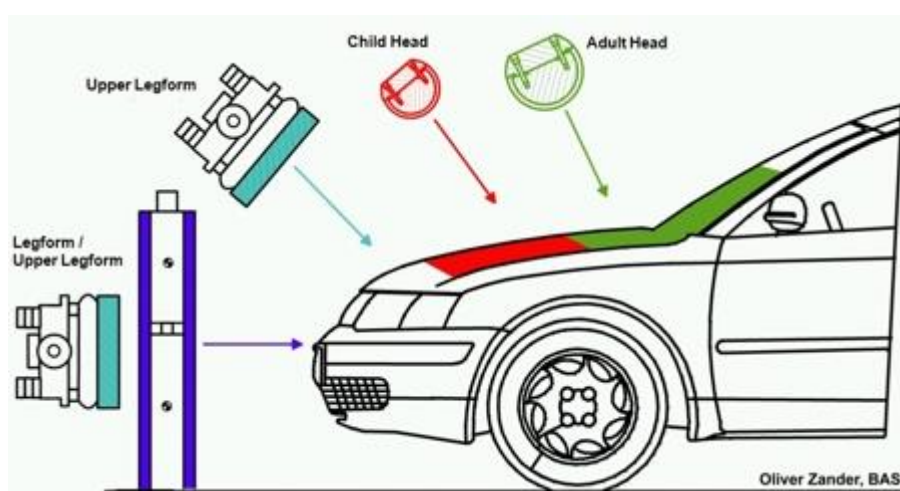
U vozů městské dopravy se již v roce 1905 zkušelo zavěšení záchytné sítě na předek tramvaje (Obr. 16). Nápad jak chránit chodce alespoň při nárazu malou rychlostí dostal Sir Alfred Herbert. Návrh se skládá z lehkého dutého válce kónického tvaru, zavěšeného před přední nápravou (Obr. 14). Narazí-li válec na překážku, bude přitíštěn na přední kola, která ho roztočí proti pohybu kol. Válec tak má tendenci překážku odvalovat do stran mimo dráhu vozidla. Nedojde tak k přjetí osoby. Patent však nikdy nebyl v provozu využit. [19][20]



*Obr. 16 Bezpečnostní nárazník podle Sira Alfreda Herberta*

Postupně se začalo užívat tvarů a pružnosti materiálů, s kterými chodce přicházel do kontaktu. Největšího pokroku bylo docíleno eliminováním ostrých či hranatých výčnělků předpisem EHK – R 26 a směrnici EHS/ES, která byla první zaveden roku 1974 - 74/483, aktualizováno směrnici 2003/102 a 2009/90. Nebezpečné vnější výčnělky jako kliky, zrcátka, otáčivé čepy stěračů, ozdobné prvky na kapotě, nárazník v průběhu šedesátých a sedmdesátých let vymizeli. Prvky jako kovové antény a výklopné rámečky světlometů vydrželi až do devadesátých let. [10]

V současnosti se podle aktuálních předpisů hodnotí tzv. „přívětivost“ karoserie. Tím je myšleno, jak se chová (působící zrychlení a síla) karoserie k impaktorům orgánů (Obr. 17), které simulují části lidského těla.



Obr. 17 Impaktory dospělé a dětské hlavy, steh/pánve, spodní části nohou

V posledních letech se rozmohla tzv. integrovaná bezpečnost, jejíž prvky mají za úkol rozpoznat nehodovou situaci a předem aktivovat prvky pasivní bezpečnosti. Příkladem je na čidla reagující pyrotechnicky polohovatelná (aktivní) kapota, jejímž zvednutím se zvětší prostor pro pohlcení energie. Některá auta mohou být vybavena i airbagem, který se zpod kapoty nafoukne do oblasti čelního skla (Obr. 18). Na podobném principu funguje i aktivní nárazník, který může vytvořením dodatečného prostoru pro pohlcení energie zabránit vážnému poranění spodních končetin.



*Obr. 18 Aktivní kapota vozidla Volvo V40*

### **3.5. Vývoj ochrany posádky**

Již v předchozí kapitole bylo uvedeno, že na počátku automobilismu se pamatovalo především na chodce, ochrana posádky byla opomíjena. Některé konstrukce dokonce umožňovali nastavit osobu jako „živý štít“ (Obr. 19). Osoba byla na samé přídí vozidla s žádnou čelní ochranou. Tento podivný a nebezpečný trend se objevoval u některých modelů ještě v padesátých letech minulého století. U vozu jako BMW Isetta z roku 1955 stále chyběla jakákoli ochrana řidiče, od nebezpečí před ním ho dělila pouze vrstva plechu, skla a nezakrytý sloupek řízení.



*Obr. 19 Dámy jedoucí na vozidle v Paříži, 1899*



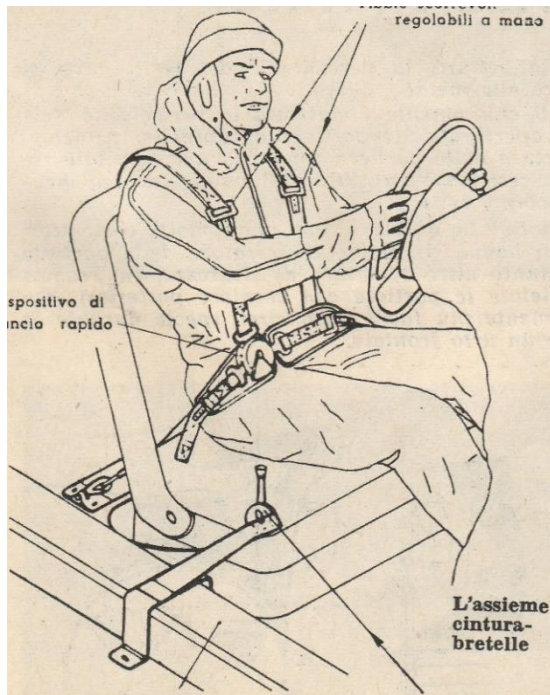
### **3.5.1. Nárazové zkoušky**

Přestože první úmrtí způsobila automobilová nehoda v Irsku již v roce 1869, k prvnímu testování konstrukcí vozidel nárazovou zkouškou nedošlo až do roku 1934 automobilkou General Motors. Tehdy se obecně vědělo málo o příčinách zranění, tyto testy přinášeli první praktické poznatky. Častým způsobem urychlení vozidla byl volný pád. Jednoduchý způsob využití gravitace však měl své nedostatky. Výsledky přesně neodpovídaly reálné nehodě, protože při svislém pádu vozidla neprobíhají děje deformace tak jako při skutečné kolizi. Testoval se také čelní profil vozidla, odolnost čelního skla, průjezdem pevnou zdí v rychlosti 50 km/h. [21]

První větší změny v bezpečnosti nastaly již zmíněnou Ženevskou dohodou v roce 1958, která sjednocovala legislativu a dopomohla prosazení některých prvků jako bezpečnostních pásů na trh. V roce 1966 vzniklo v USA Ministerstvo dopravy zaměřující se na zvýšení bezpečnosti na silnicích. Proto následujícího roku vznikla bezpečnostní komise (The National Transportation Safety Board, dnes NHTSA), která od roku 1979 začala testovat vozidla a zveřejňovat výsledky. Evropská unie se tímto hodnocením bezpečnosti vozidel inspirovala a podpořila nezávislé testy Euro NCAP, původně operující ve Velké Británii. První test proběhl v roce 1996, provádějí se čelní nárazy s přesazením, boční nárazy vozíkem a na sloupek a také kolize s chodci. Automobilům se uděluje příslušné ohodnocení až do 5 hvězdiček, pro homologaci automobilů jsou však irelevantní. V dnešní době jsou všechny vozidla homologovány podle předpisů EHK – R 94 pro čelní náraz a EHK – R 95 pro boční náraz. Tyto předpisy platí od roku 1999 v rámci dohody EHK - OSN. Zkoušky podle nich hodnotí pasivní bezpečnost integrovaně, tudíž pokud obtojí, není třeba vozidla dále zkoušet. [21][22]

### **3.5.2. Vývoj bezpečnostních pásů**

S ideou zádržných systémů přišel vynálezce George Cayley, když v polovině 19. století vymyslel princip bezpečnostních pásů. Avšak první patent patří Edwardu J. Claghornovi z roku 1885. Pásky ve vozidle poprvé použil Louis Renault již v roce 1903, využitím pětibodového pásu. V počátcích ale byly pásy používány zejména v letadlech. Během dvacátých a třicátých let 20. století začaly automobilky zkoumat možnosti konstrukce a užití bezpečnostních pásů (Obr. 20). Většího využití se dočkal až v padesátých letech. V roce 1955 nabídl Ford pásy do své příplatkové výbavy. [23]



Obr. 20 Čtyřbodový pás převzatý z letadel

Švéd Nils Bohlin pracoval pro firmu Saab, která pásy používala ve svých letadlech. V roce 1958 byla první, která uvedla model vozu s bezpečnostními pásy ve standardní výbavě. Jednalo se dvoubodové diagonální pásy, které nejsou z bezpečnostního hlediska nejvhodnější, kvůli sponě na hrudníku. Nils Bohlin přešel pracovat do firmy Volvo, kde uplatnil své znalosti z předchozího působiště a prosadil dodnes používaný třibodový pás. Tím nastal v roce 1959, kdy Volvo zahrnuje bezpečnostní pásy do standardní výbavy, převrat. Volvo navíc poskytlo patent ostatním výrobcům za účelem všeobecného zvýšení bezpečnosti. Téměř souběžně představilo Volvo také čalouněnou přístrojovou desku, která měla zmírnit intenzitu nárazu při kolizi. A dále jeden z návrhů pro deformovatelný sloupek řízení. [24]

První země, která určila bezpečnostní pás za povinnou součást výbavy automobilů, byla Austrálie. V tehdejší Československu byla vyhláškou v roce 1967 nejprve zavedena povinnost používat pásy na předních sedadlech při jízdě mimo obec. Od roku 1976 toto nařízení platilo pro všechna sedadla a konečně od 1. ledna 1990 je povinnost připoutat se i v obcích. [24]

### 3.5.3. Vývoj airbagů

Původ airbagu je připisován Johnu W. Hetrickovi, přestože o patent zažádal ve stejném roce i Němec Walter Linderer. Koncepty se lišily v provedení a Lindererův airbag nebyl dostatečně účinný. John W. Hetrick, člen amerického námořnictva, se inspiroval principem stlačeného vzduchu, který viděl u torpéd během své vojenské služby. V roce 1951 úspěšně

zažádal o patent, problém však byl s tehdejší technologií, způsobem jak airbag v momentě nehody aktivovat. Pokrok vyvolal až Allen Breed v roce 1967, když prodal firmě Chrysler akcelerometr, tedy senzor pro detekci nárazu. Ten je nezbytný pro správnou funkci airbagu. V roce 1971 vyrobil Ford zkušební sérii vozidel s airbagem, následně se přidalo i General Motors. Problém byl však v tom, že mezi veřejností panovaly obavy nad umístěním pyrotechnického zařízení kousek před nimi. Dalším problémem používání airbagů byl fakt, že Američané nepoužívali až na výjimky bezpečnostní pásy. A tak brali airbag jako jejich alternativu, což způsobilo několik úmrtí. Stejně jako u jiných pokrokových prvků, tak i zde se bránili automobilky pokroku pomocí lobování. Ve Spojených Státech tak dokázali odolávat až do roku 1993, od kdy je i tam povinné vybavení airbagem. V tomto byla Evropa napřed, Mercedes – Benz získal svůj patent už v roce 1971 a 1980 představila svůj nejvyšší model Mercedes – Benz W126, jako první sériově vyráběný vůz vybavený airbagy (pokud nepočítáme zkušební série jiných automobilek). Běžně používanými se airbagy staly až v devadesátých letech, nejprogresivnější byl Ford, Volkswagen a postupně se přidali všichni výrobci. Stejně tak začala přibývat nabídka bočních, okenních airbagů, na počátku tisíciletí už měl tento zádržný systém v každém novém autě alespoň řidič. [25][26]

#### **3.5.4. Béla Barényi**

S pojmem automobilová bezpečnosti je nejvíce spjata automobilka Volvo, avšak německý Mercedes – Benz stojí za velkým množstvím bezpečnostních prvků. Děkovat za to může zejména inženýru a vynálezci Béla Barényimu z Rakousko – Uherska. Více než 30 let pracoval pro stuttgartskou firmu, po většinu času byl v čele vývojového oddělení. Již před druhou světovou válkou navrhl koncept deformačních zón s pevným prostorem pro posádku. Pod jeho vedením obdržel Mercedes v roce 1952 patent a ve svých modelech 220, 220 S a 220 SE jej poprvé představil v roce 1959. Barényi chápal, co se ve vozidle odehrává během nehody a proto prosadil i další prvky jako deformovatelný sloupek řízení a systém zavěšení motoru zabráňující proniknutí do interiéru. V interiéru použil čalouněné či jinak měkčené materiály a používal zaoblené či deformovatelné prvky. Takže například plastová klika od okna se při nárazu prohnula a neporanila. Béla Barényi byl skutečným vynálezcem v plném slova smyslu, za svou vědeckou kariéru mu bylo přisouzeno okolo 2 500 patentů. Během 60. až 80. let stál Mercedes za dalšími pokroky. Zabýval se zvýšením bezpečnosti při bočních nárazech a účinným použitím bezpečnostních pásů a airbagů. [27]

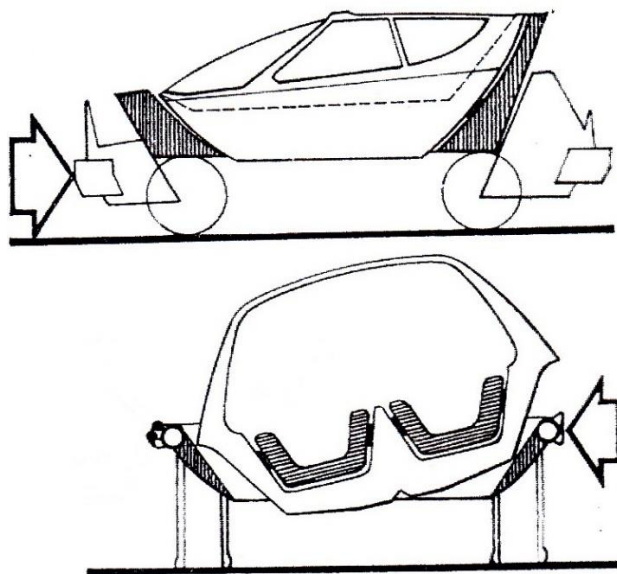
#### **3.5.5. Vznik bezpečnostního skla**

Na počátku minulého století byly v provozu automobily bez čelního skla, to se často nabízelo za příplatek. Čelní sklo však tvořil pouze plát skla, který téměř při každé nehodě cestující poranil, mnohdy fatálně pořezal. Bezpečnostní sklo vzniklo v roce 1903 zcela náhodou.

Chemik Edouard Benedictus ve své laboratoři omylem rozbil skleněnou baňku. Ke svému překvapení zjistil, že se sklo nerozsypalo, ale pouze popraskalo a udrželo původní tvar. Po bližším prozkoumání zjistil, že po předchozím pokusu zůstal na baňce tekutý plast, který po odpaření vytvořil tenkou vrstvu plastu, což je principem bezpečnostního skla. Své zjištění zveřejnil a zažádal o patent. Paradoxně před automobily byl využit v první světové válce na průhledech plynových masek. Automobilkám využití tohoto bezpečnostního prvku trvalo, protože by se tím zvýšily náklady a cena vozů. Až v roce 1930 zahrnula firma Ford, a později další, bezpečnostní sklo do standardní nabídky všech svých modelů. [28]

### 3.5.6. Utopické koncepty

V průběhu vývoje nebyly zdaleka všechny koncepty úspěšně uplatněny. Některé byly na svou dobu příliš technicky pokročilé nebo drahé. A některé byly jednoduše nebezpečné. V některých případech se například uvažovalo nad otočením zadního prostředního sedadla proti směru jízdy. Nebo sedadlo, které by se v okamžiku kolize sklopilo dozadu a tím zabránilo vrhu těla na volant přístrojovou desku. Oba tyto návrhy jsou však z biomechanického hlediska skoro až komické. Na jednom z nejctižadostivějších návrhů pracoval Maďar Tamás Zalezsák mezi lety 1968 – 1972 a sliboval si od ní ochranu cestujících ze všech stran a z vyšších rychlostí, než na které stačí deformační zóny. Automobil se skládá ze samostatných do sebe zapadajících částí, spojených pružnými prvky. Tuhá kabina spočívá v obvodovém deformačním prstenci. Při kolizi se energie pohlcuje v jednotlivých částech a spojích, až nakonec bude kabina vytlačena nahoru a tím nedojde k její deformaci (Obr. 21). Koncept však nikdy nebyl prakticky využit. [29]



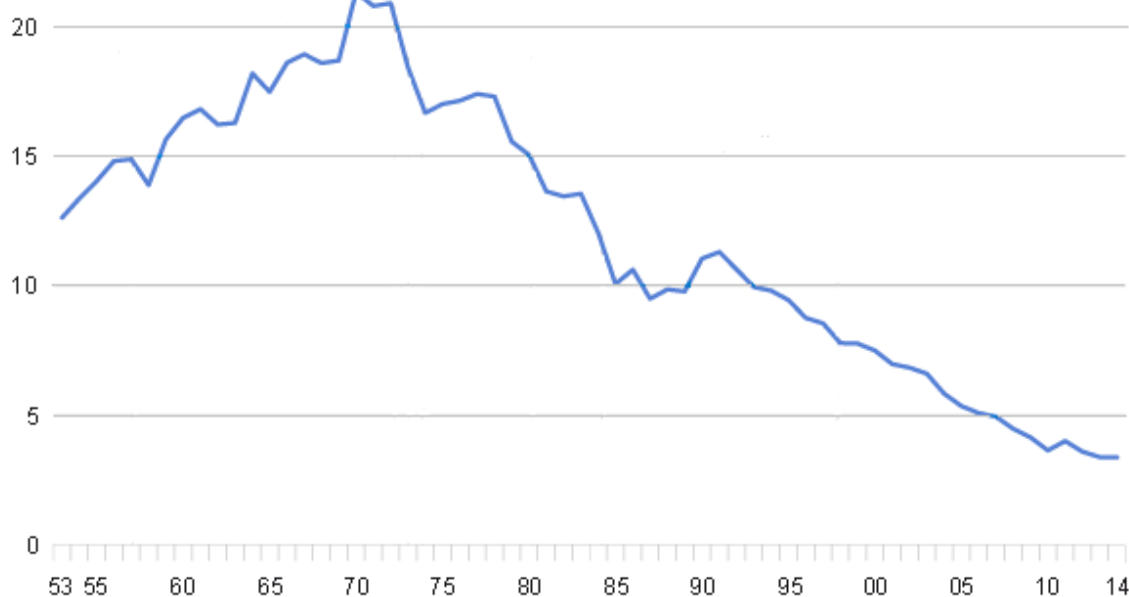
Obr. 21 Koncept ochrany posádky podle Tamáse Zalezsáka

#### 4. Vliv rozvoje pasivní bezpečnosti

Bezpečnost silniční dopravy je již více než sto let přetrvávající problém. Neovlivňují ji však jen prvky pasivní bezpečnosti, tato problematika je mnohem širší. Obecně se dá dopravní bezpečnost rozdělit na 3 pilíře. První je dopravní infrastruktura, do níž v tomto případě spadají silnice, jejich provedení, vybavení a blízké okolí. Druhým pilířem je uživatel vozidla, tedy člověk, který je v dopravě ten nejméně předvídatelný prvek. A třetím pilířem je vozidlo, jehož bezpečnost je aktivní a pasivní. Všechny pilíře prošli za poslední století značnou změnou. Povrch silnic se z původních prашných či dlážděných cest zkvalitnil. Velký vliv na bezpečnost má směrové rozdělení komunikací, segregace chodců a cyklistů mimo hlavní dopravní prostor. Vhodné vybavení silnic svislým a vodorovným dopravním značením a křižovatek kruhovými objezdy či světelným signalizačním zařízením. Největší vliv má však lidský faktor, který se nejhůře „opravuje“. Rozhodně došlo za poslední desítky let ke zlepšení osvěty. Nejlépe je to vidět na používání bezpečnostních pásů, jež v počátcích nechtěli lidé, zejména ve Spojených státech amerických, používat. To je dáno řadou názorů a mýtů, které v určité míře přetrvávají dodnes. Část lidí stále trpí obavou, že v případě nehody je bezpečnostní pás uvězní a oni uhoří. Přitom k požárům dochází ve zlomcích procenta nehod. V USA dokonce považovali bezpečnostní pásy jako narušení jejich osobní svobody, bezpečnostní pásy byly tedy „neamerické“. Ve výsledku je ale množství lidí používajících pásy v současnosti na vyšší úrovni. Dále je nutné na řidiče automobilů dohlížet, aby dodržovali pravidla silničního provozu, se zvyšující se rychlostí vozidel je to však téměř nemožný úkol. Člověk je prvek dopravy, který se nedá spolehlivě uhlídat.

Největší proměnou prošel třetí pilíř – vozidlo, o němž tato práce pojednává. Řízení vozidla je mnohonásobně pohodlnější, přesnější. Za to vděčí aktivní bezpečnosti, která kromě vzniklých elektronických systémů jako ABS či ESP zvýšila úroveň kvality a spolehlivosti prakticky všech elementů, které se podílí na řízení vozu. Geometrie vozu, podvozek, tlumiče, brzdy, vše až po výhled z vozu prošlo dlouhým vývojem podobně jako zde popsané prvky pasivní bezpečnosti. Všechny výše vyjmenované skutečnosti zvýšily bezpečnost silniční dopravy. Na následujících stránkách bude prokázán vliv prvků pasivní bezpečnosti situaci na silnicích a na následcích dopravních nehod. Je tedy nutné brát všechny uvedené informace ve zřetel, jelikož všechny uvedené pilíře se na bezpečnostní situaci podílejí.

## 4.1. Statistický rozbor



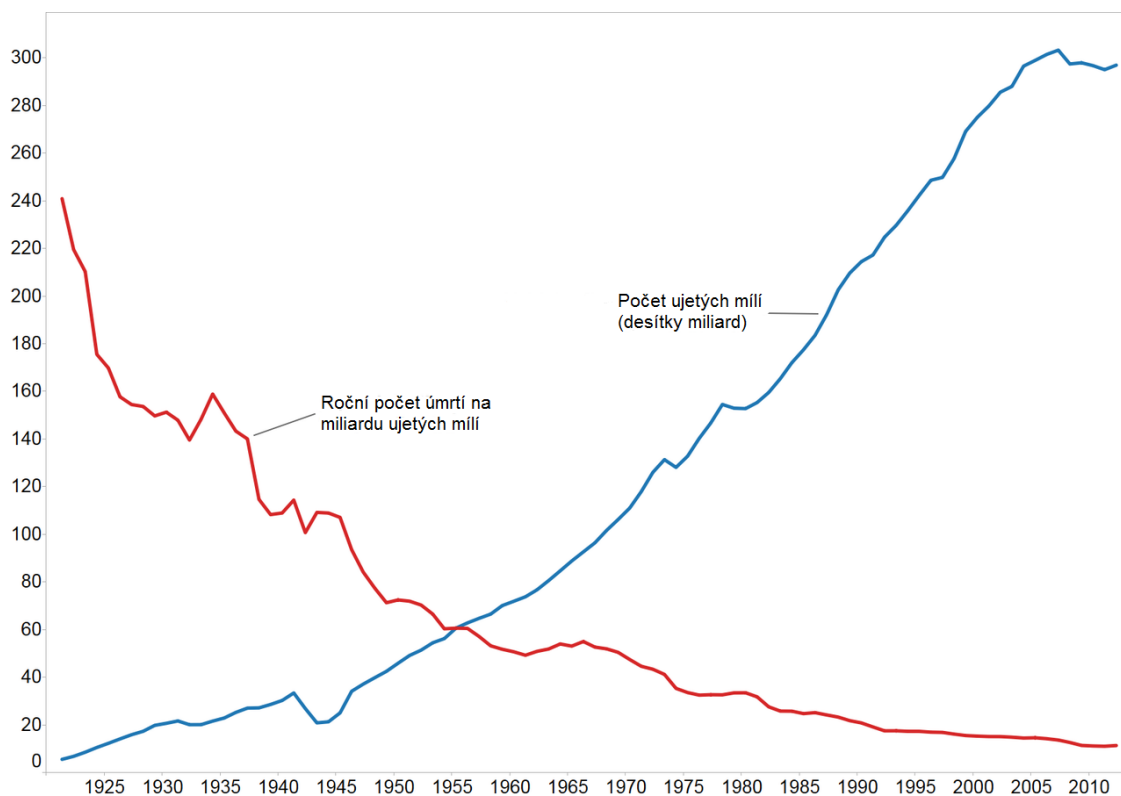
© Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015

Obr. 22 Počty usmrcených osob (v tisících) na německých silnicích mezi lety 1953 – 2014

*Poznámky ke grafu: V září 1957 byla zavedena nejvyšší povolená rychlost v obci na 50 km/h, v říjnu 1972 zavedena nejvyšší povolená rychlost mimo obec na 100 km/h. V červnu 1973 zavedení limitu 0,8 promile alkoholu v krvi. V květnu 1974 zaveden rychlostní limit 130 km/h na vybraných úsecích dálniční sítě. Nárůst mezi lety 1990 a 1991 způsobilo připojení Východního Německa a tím velkého počtu vozidel. V květnu 1998 snížena hranice alkoholu v krvi na 0,5 promile. [30]*

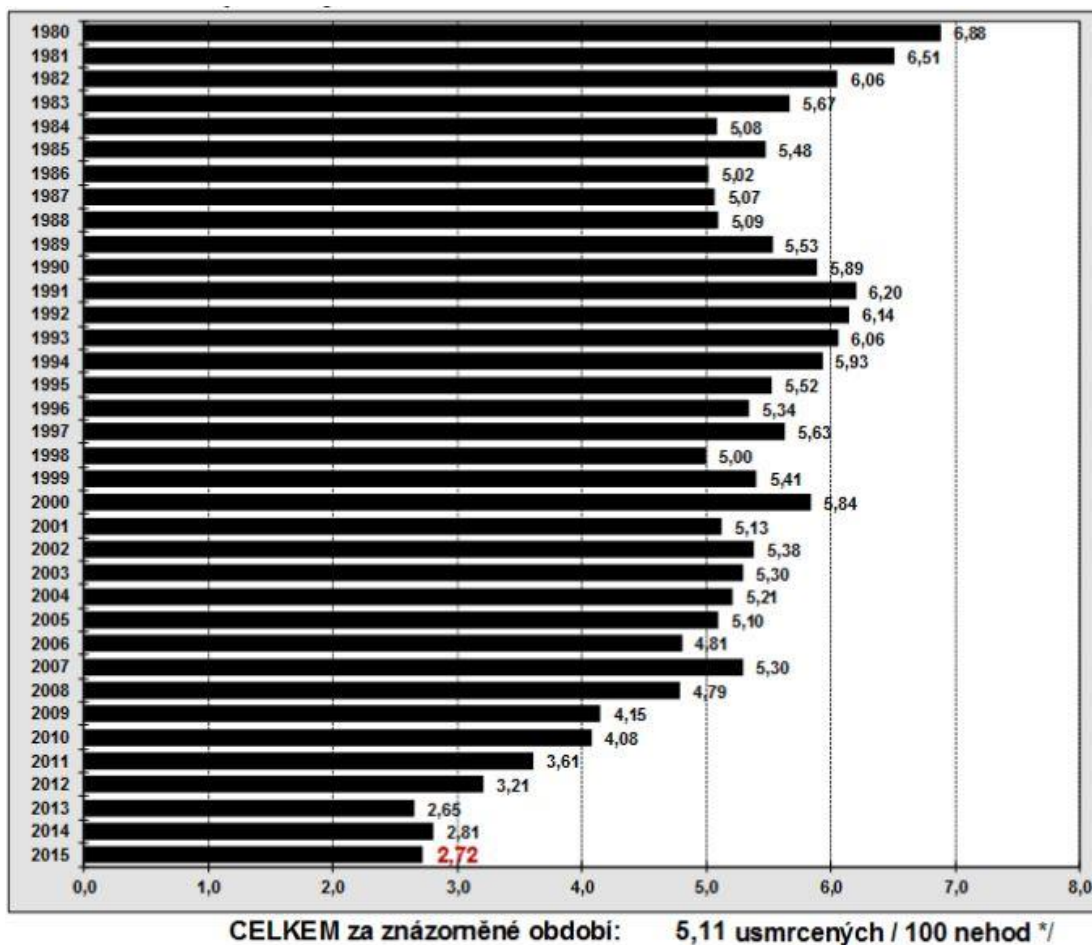
V Německu došlo za poslední desítky let oproti jiným státům zřejmě k nejvýraznějšímu poklesu úmrtí. Graf (Obr. 22) názorně ukazuje implementaci prvků pasivní bezpečnosti v průběhu šedesátých až osmdesátých let. V roce 1953 již bylo zaznamenáno 12 631 úmrtí, přestože se na silnicích pohybovalo méně než 5 milionů automobilů. Vrchol nastal v roce 1970 s 21 332 usmrcenými osobami, což bylo způsobeno velkým nárůstem dopravy v Německu, registrováno bylo téměř 17 milionů automobilů. Přestože byl tento rok do počtu úmrtí nejčernější, bezpečnost se stále zvyšovala. Velkou roli však hrál počet vozidel a nehod. Od této doby začal postupný pokles. V roce 1990 (již připojené Východní Německo) zemřelo 11 300 osob při počtu 35 milionů vozidel. V minulém roce 2015 to již bylo pouhých 3 475 osob s téměř 54 miliony zaregistrovaných vozidel. Za posledních 25 let tedy klesl

počet úmrtí více než 3x (30,75% úmrtí oproti roku 1990). Od roku 1990 je také policií vedena statistika celkového počtu nehod, která za těchto 25 let s výkyvy narostla z 2,2 na 2,5 milionů dopravních nehod. Za poslední desítky let výrazně vzrostl počet automobilů a dopravních nehod, avšak zároveň výrazně klesl počet usmrcených osob. To potvrzuje zvyšující se bezpečnost automobilů. [30][31]



Obr. 23 Počty usmrcených osob na miliardu ujetých milí (červeně) a celkové ujeté míle (modře)

Další možností jak vyjádřit dopravní výkon je tzv. vozokilometr, který udává, kolik kilometrů celkově vozidla ujedou. V tomto případě (Obr. 23) se jedná o statistiku ze Spojených států amerických, kde se používá imperiálních jednotek (1 míle = 1609,3 m). Modrá křivka znázorňuje obrovský nárůst ujetých kilometrů na území Spojených států. Stejně jako v Německu za to může rostoucí počet automobilů a vyšší aktivita populace (dojíždění za prací). V roce 1960 bylo v USA registrováno 74,4 milionů vozidel, kdyžto v roce 2014 jich bylo již 260 milionů. Červená křivka využívá údajů o počtu naježděných milí a dává je do poměru s počty úmrtí. Graf začíná rokem 1922, kdy zemřelo 13 253 osob, což je vysoké číslo, jelikož bylo najeto pouhých 55 miliard milí. Nejtragičtějším byl rok 1974 s 54 052 úmrtími, najeto však bylo 1 280,5 miliard milí. Počet usmrcených osob poté kolísavě klesal, v devadesátých letech se pohyboval mezi 40 až 43 tisíci osobami. V minulém desetiletí došlo ke zlepšení a v současnosti (2014) je stav 32 675 úmrtí na 3 026 miliard milí. Opět je vidět trend zvyšující se bezpečnosti. [32][33]



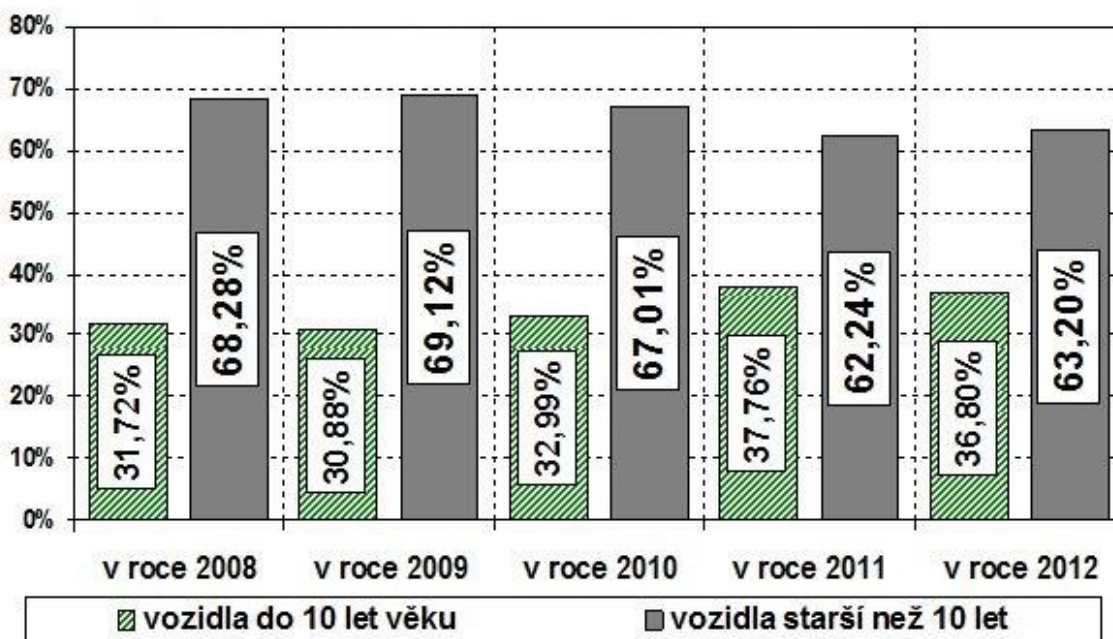
Obr. 24 Počty usmrcených osob na 100 nehod, při kterých došlo k usmrcení nebo zranění osob (Sdružení automobilového průmyslu)

Poznámky ke grafu: Od roku 2001 zvýšena hranice pro povinné nahlášení nehody na 20 000 Kč, od 1. 7. 2006 na 50 000 Kč a od roku 2009 na 100 000 Kč. [34]

V České republice (do 1993 Československu) se situace také zlepšila. Graf (Obr. 24) ukazuje hodnoty říkající, kolik osob zemřelo v poměru na 100 nehod, u kterých došlo alespoň k lehkému zranění. Počítají se tedy jen vážnější nehody, což informaci o bezpečnosti vozidel zpřesňuje. Graf uvedenými hodnotami naznačuje, jak bezpečná byla vozidla v provozu. Počet úmrtí se pohyboval mezi 5 a 6 na 100 nehod, po pádu komunismu hodnota narostla a dále se držela v intervalu 5 až 6,5. V devadesátých letech byl totiž vozový park stále zaplaven starými vozy. Postupně se začal vozový park obnovovat, což se promítá na postupném poklesu od přelomu tisíciletí. Poslední roky je hodnota pod pouhými 3 usmrcenými osobami na 100 nehod. Vozový park je však stále starý, průměr je téměř 15 let, avšak vozidla vyrobená na přelomu tisíciletí již byla z hlediska pasivní bezpečnosti na relativně dobré úrovni. Vozidla, která mají z dnešního pohledu v implementaci prvků pasivní bezpečnosti velké mezery, tedy starší než 25 let, jsou již poměrně vzácná. [34]



Ze statistiky poskytnutých Ředitelstvím služby Dopravní policie ČR za rok 2012 lze vyčíst dosti zajímavých informací. Při nehodách osobních automobilů zemřelo 465 osob, z nichž cestovalo ve vozidle starším než 10 let 282 osob (60,65 % všech obětí). Přitom se tato starší vozidla podílela jen na 44,45 % nehod. Na největším počtu nehod (30 %) se podílela vozidla ve věku do 5 let, avšak usmrčených bylo pouze 17 %. Tento poměr se s přibývajícím věkem vozidel obrací. Nejstarší kategorie, vozidla starší než 15 let, se totiž podílí pouze na 20 % nehod, ale usmrčených v nich bylo více než 30 %. Vozidla starší než 10 let jsou v České Republice stále ve většině. Když vezmeme v úvahu fakt, že v průměru najezdí ročně méně kilometrů a tím pádem jsou účastníky méně nehod a použijeme tyto údaje v poměru s počty úmrtí, vyjde nám následující graf (Obr. 25). Šance na přežití při vážné nehodě ve voze starším než 10 let je 2x nižší než ve vozidle novém. Novější automobily musí splňovat přísnější bezpečnostní předpisy, jsou vybaveny lepšími materiály schopnými pohltit více energie, samonavíjecími pásy s předepnutím, větším množstvím airbagů, popřípadě prvky aktivní bezpečnosti jako ABS, ESP či brzdící asistent, které nehodě dokonce zabrání. [35]



Obr. 25 Podíly na počtu usmrčených osob v osobních automobilech po přepočtu na roční ujeté kilometry (Sdružení automobilového průmyslu)

#### 4.2. Demonstrace 50 let vývoje

Velmi zajímavou nárazovou zkoušku provedla v roce 2009 organizace IIHS (Insurance Institute for Highway Safety). Čelní náraz v rychlosti 64 km/h a s přesahem 40 % podstoupil nový Chevrolet Malibu (ročník 2009) a Chevrolet Bel Air (ročník 1959). Vozy názorně

představují 50 let vývoje pasivní bezpečnosti a výsledky zkoušky tomu nasvědčují (Obr. 26). Masivní Chevrolet Bel Air byl těžce zdeformován až po B – sloupek, sedadlo řidiče se vytrhlo z ukotvení a vrhlo řidiče proti volantů. Řidiče nechrání žádné airbagy ani bezpečnostní pásy. Dochází dokonce ke vniknutí pevných součástí z motorového prostoru do interiéru. Zatímco od pohledu drobnější Chevrolet Malibu většinu nárazu pohltit přední deformační zónou a prostor pro posádku zůstal nedotčený. [36]



*Obr. 26 Čelní náraz s 40 % přesahem dvou Chevroletů s rozdílem padesáti let*

## 5. Závěr

Počty nehod, které skončily ztrátou na životech cestujících za poslední desetiletí, ubývají a to přes fakt, že neustále narůstá počet vozidel a tím pádem objem dopravy. Kdyby byl poměr úmrtí na množství naježděných milí v USA stejný jako v první polovině 20. století, umíralo by ve Spojených státech každoročně více než půl milionu osob, společenská ztráta by byla enormní. Díky zlepšení dopravní infrastruktury, osvěty řidičů a zejména bezpečnosti vozidel je tento počet okolo 32 tisíc. Vděčí za to vozům, které jsou konstruovány podle předpisů, jsou řádně odzkoušeny a vybaveny systémy pasivní bezpečnosti a díky svým vlastnostem dokáží odpouštět některé řidičovi chyby. Stále však nesmí vyvolat pocit nezranitelnosti, ani velké vozy SUV nejsou neporazitelné.

Budoucí vývoj pasivní bezpečnosti bude stále zřejmě soubojem mezi rychlostí a bezpečností automobilů. Trendem tedy zůstane represe rychlostí na silnicích, jelikož při kolizích v rychlostech vyšších než 100 km/h ztrácejí prvky pasivní bezpečnosti většinu účinku. Proto by vyšší rychlost měla být povolena pouze na dálnicích, které jsou díky směrovému oddělení, širce jízdních pruhů a svodidlům, nejbezpečnější pozemní komunikací. Potenciál ke zlepšení pasivní bezpečnosti tkví ve zdokonalování stávajících prvků, zejména v konstrukci vozidel a jejich deformačních zón. Možnosti využití nových materiálů s vhodnějšími vlastnostmi dávají prostor k posunu. Pomáhají v tom i moderní počítačové programy, které mohou nasimulovat různé situace a chování materiálu bez drahého provádění zkoušek. Dále se nabízí možnost rozšíření již existujících prvků integrované bezpečnosti pro ochranu chodců jako aktivní kapota anebo projektu eCall, který by účastníkům dopravní nehody zajišťoval okamžité tísňové volání.

Tato bakalářská práce popisující prvky pasivní bezpečnosti, její vývoj a vliv slouží jako souhrn evoluce automobilové bezpečnosti. Proto je vhodná jako podklad ke stanovení prognóz a předurčení budoucího vývoje.

Věřím, že informace a zkušenosti, které jsem při tvorbě této práce získal, využiji při tvorbě další práce, případně i v budoucím zaměstnání.

## 6. Použité zdroje

- [1] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. Brno, 2003. 499s. ISBN 80-238-8757-2
- [2] VLK, František. *Karosérie motorových vozidel*. Brno, 2000. 243s. ISBN 80-238-5277-9
- [3] Bezpečnostní pásy [online]. BESIP, 2012 [cit. 2016-07-03]. Dostupné z: <<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/zasady-bezpecne-jizdy/bezpecnostni-pasy>>
- [4] Nepoužité autosedačky pro dítě [online]. 12bodů.cz, 2011 [cit. 2016-07-03]. Dostupné z: <<http://www.12bodou.cz/bodovany-prestupek-125c-1k-35.html>>
- [5] Dětské autosedačky [online]. BESIP, 2012 [cit. 2016-07-02]. Dostupné z: <<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/pasivni-bezpecnost-prvky-pasivni-bezpecnosti/detske-autosedacky>>
- [6] Dětské zádržné systémy [online]. Dáma.cz, 2000 [cit. 2016-07-02]. Dostupné z: <<http://rodina.dama.cz/clanek.php?d=564>>
- [7] Opěrkový syndrom je skrytá hrozba [online]. IDNES.cz, 2016 [cit. 2016-07-05]. Dostupné z: <[http://auto.idnes.cz/boli-vas-po-nehode-hlava-nebo-zada-operkovy-syndrom-je-skryta-hrozba-1gp-/automoto.aspx?c=A160616\\_011223\\_automoto\\_taj](http://auto.idnes.cz/boli-vas-po-nehode-hlava-nebo-zada-operkovy-syndrom-je-skryta-hrozba-1gp-/automoto.aspx?c=A160616_011223_automoto_taj)>
- [8] Tvrzené sklo [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-05]. Dostupné z: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/Tvrzen%C3%A9\\_sklo](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tvrzen%C3%A9_sklo)>
- [9] Volvo V50 – bezpečnostní sloupek řízení [online]. IDNES.cz, 2003 [cit. 2016-07-03]. Dostupné z: <[http://auto.idnes.cz/volvo-v50-nastupce-modelu-v40-odhalen-d66-/ak\\_aktual.aspx?c=A031204\\_130045\\_ak\\_aktual\\_fdv](http://auto.idnes.cz/volvo-v50-nastupce-modelu-v40-odhalen-d66-/ak_aktual.aspx?c=A031204_130045_ak_aktual_fdv)>
- [10] FIRST, Jiří a kol., *Zkoušení automobilů a motocyklů*. Praha, 2008.348s. ISBN 978-80-254-1805-5
- [11] Automobil – historie [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Automobil#Historie>>
- [12] Henry Ford [online]. Osobnosti.cz, [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <<http://www.financnici.cz/henry-ford>>
- [13] The increasing number of cars [online]. Carhistory4u, [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <<http://www.carhistory4u.com/the-last-100-years/car-production/the-increasing-number-of-cars>>
- [14] Pasivní bezpečnost – biomechanika [online]. Mjauto.cz, [cit. 2016-07-23]. Dostupné z: <<http://www.mjauto.cz/pasivni-bezpecnost>>

- [15] John Stapp [online]. WIKIPEDIA, [cit. 2016-07-23]. Dostupné z:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Stapp](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Stapp)>
- [16] Crash test dummies – evolution [online]. WIKIPEDIA, [cit. 2016-07-25]. Dostupné z:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/Crash\\_test\\_dummy#Dummy\\_evolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Crash_test_dummy#Dummy_evolution)>
- [17] Testovací figuríny [online]. Dtest.cz, [cit. 2016-07-25]. Dostupné z:  
<<https://www.dtest.cz/clanek-62/seznamte-se-s-ridici>>
- [18] KOVANDA, Jan; Šatochin, Vladimír. *Pasivní bezpečnost vozidel*. Praha, 2000. 69 s.  
ISBN 80-01-02235-8
- [19] magazín *Epocha*, 4/1905
- [20] magazín *Motor Revue*, 19/1936
- [21] History of car safety [online]. Crashtest.org, [cit. 2016-07-27]. Dostupné z:  
<<http://www.crashtest.org/history-car-safety/>>
- [22] About Euro NCAP [online]. Theaa.com, [cit. 2016-07-27]. Dostupné z:  
<[http://www.theaa.com/motoring\\_advice/euroncap/about\\_euroncap.html](http://www.theaa.com/motoring_advice/euroncap/about_euroncap.html)>
- [23] Seatbelt – history [online]. WIKIPEDIA, [cit. 2016-07-28]. Dostupné z:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/Seat\\_belt#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Seat_belt#History)>
- [24] Bezpečnostní pás [online]. Idnes.cz, [cit. 2016-07-28]. Dostupné z:  
<[http://auto.idnes.cz/zachranil-vic-nej-milion-lidi-pripoutal-je-fjn-automoto.aspx?c=A090130\\_135736\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/zachranil-vic-nej-milion-lidi-pripoutal-je-fjn-automoto.aspx?c=A090130_135736_automoto_fdv)>
- [25] Airbag – history [online]. WIKIPEDIA, [cit. 2016-07-29]. Dostupné z:  
<<https://en.wikipedia.org/wiki/Airbag#History>>
- [26] Pasivní bezpečnost – airbagy [online]. Automobilrevue.cz, [cit. 2016-07-29]. Dostupné z:  
<[http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/vyvoj-airbagu-vynalez-k-nezaplacenim\\_40088.html](http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/vyvoj-airbagu-vynalez-k-nezaplacenim_40088.html)>
- [27] Mercedes innovation – Barenji [online]. Motor1.com, [cit. 2016-07-30]. Dostupné z:  
<<http://www.motor1.com/news/16391/mercedes-innovation-the-crumple-zone-in-1952/>>
- [28] Safety glass [online]. Ideafinder.com, [cit. 2016-07-30]. Dostupné z:  
<<http://www.ideafinder.com/history/inventions/safglass.htm>>
- [29] magazín *Automobil*, 1976

- [30] Verkehrstod [online]. WIKIPEDIA, [cit. 2016-08-01]. Dostupné z: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Verkehrstod>>
- [31] Unfallentwicklung auf Deuschen Strassen 2015 [PDF, 42s]. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2016, [cit. 2016-08-01]. Dostupné z: <[https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/PK\\_Unfallentwicklung.html](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/PK_Unfallentwicklung.html)>
- [32] List of motor vehicle deaths in U.S. by year [online]. WIKIPEDIA, [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_motor\\_vehicle\\_deaths\\_in\\_U.S.\\_by\\_year](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_motor_vehicle_deaths_in_U.S._by_year)>
- [33] Number of vehicles [online]. United States Department of Transportation – Bureau of Transportation Statistics, [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: <[http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/national\\_transportation\\_statistics/html/table\\_01\\_11.html](http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/publications/national_transportation_statistics/html/table_01_11.html)>
- [34] Vývoj nehodovosti na českých silnicích [online]. Autosap.cz, [cit. 2016-08-03]. Dostupné z: <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>>
- [35] Tisková informace č. 10/2013 [PDF, 4s]. Sdružení automobilového průmyslu, Praha 2013, [cit. 2016-08-03]. Dostupné z: <<http://www.autosap.cz/tiskove-informace/>>
- [36] Bezpečnost před 50 lety a dnes [online]. Auto.cz, [cit. 2016-08-08]. Dostupné z: <<http://www.auto.cz/chevrolet-malibu-vs-bel-air-3679>>

## 7. Seznam obrázků

Obr. 1 *Struktura karoserie vozu Subaru Levorg*

Zdroj: <<http://www.subaru.cz/levorg-2016-bezpecnost.html>>

Obr. 2 *Druhy bezpečnostních pásů*

Zdroj: VLK František. *Stavba motorových vozidel*, Brno, 2003. 499s. ISBN 80-238-8757-2

Obr. 3 *Tříbodový bezpečnostní pás s mechanickým napínačem*

Zdroj: VLK František. *Stavba motorových vozidel*, Brno, 2003. 499s. ISBN 80-238-8757-2

Obr. 4 *Nafouklé čelní, kolenní, boční a okenní airbagy vozu Toyota Avensis*

Zdroj: <<http://www.idg.bg/lifestyle/49837/toyota-vrashta-870-hilyadi-avtomobila-v-servizite-zaradi-spontanno-izbuhvashti-vazdushni-vazglavnitsi>>

Obr. 5 *Části čelního airbagu řidiče*

Zdroj: VLK František. *Stavba motorových vozidel*, Brno, 2003. 499s. ISBN 80-238-8757-2

Obr. 6 *Vrstvené sklo po nárazu*

Zdroj: <<http://tr.depositphotos.com/53690209/stock-photo-broken-windshield-of-car-by.html>>

Obr. 7 *Řešení sloupku volantu vozidla Volvo V50*

Zdroj: <[http://auto.idnes.cz/volvo-v50-nastupce-modelu-v40-odhalen-d66-/ak\\_aktual.aspx?c=A031204\\_130045\\_ak\\_aktual\\_fdv](http://auto.idnes.cz/volvo-v50-nastupce-modelu-v40-odhalen-d66-/ak_aktual.aspx?c=A031204_130045_ak_aktual_fdv)>

Obr. 8 *Posun aktivní opěrky zkracující pohyb hlavy*

Zdroj: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/aktivni-operka-hlavy/>>

Obr. 9 *Výroba vozidel na území Československa (České Republiky) podle Sdružení automobilového průmyslu*

Zdroj: <<http://www.autosap.cz/trochu-z-historie/>>

Obr. 10 *Nárůst běžně dosahované a povolené rychlosti v Československu / ČR*

*Zdroj: vlastní tvorba, údaje získány z webu*

*<[https://cs.wikipedia.org/wiki/Omezen%C3%AD\\_rychlosti\\_na\\_pozemn%C3%ADch\\_komunikac%C3%ADch\\_v\\_%C4%8Cesku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Omezen%C3%AD_rychlosti_na_pozemn%C3%ADch_komunikac%C3%ADch_v_%C4%8Cesku)>*

*Obr. 11 Humorně vykreslená kolize souprav nosičů*

*Zdroj: magazín Mot-technik 19/1988*

*Obr. 12 Fotografie nehody z roku 1924*

*Zdroj: publikace The Guinness Book of Car facts and feats, 1971*

*Obr. 13 Zkouška decelerace na člověku a figuríně*

*Zdroj: magazín The Motor, 1975*

*Obr. 14 Umístění figuríny Hybrid III před provedením čelního nárazu*

*Zdroj: <<http://www.motortrend.com/news/volvo-xc60-iihs-small-overlap-crash-test>>*

*Obr. 15 Ochranné zařízení na přední tramvaje*

*Zdroj: magazín Epocha, 4/1905*

*Obr. 16 Bezpečnostní nárazník podle Sira Alfreda Herberta*

*Zdroj: magazín Motor Revue, 1936*

*Obr. 17 Impaktory dospělé a dětské hlavy, stehen/pánve, spodní části nohou*

*Zdroj: <[http://www.bast.de/EN/Automotive\\_Engineering/Subjects/e-Fussgaengerschutz/e-fussgaengerschutz.htm](http://www.bast.de/EN/Automotive_Engineering/Subjects/e-Fussgaengerschutz/e-fussgaengerschutz.htm)>*

*Obr. 18 Aktivní kapota vozidla Volvo V40*

*Zdroj: <<http://www.carsguide.com.au/car-news/if-you-jay-walk-get-hit-by-the-volvo-v40-21454>>*

*Obr. 19 Dámy jedoucí na vozidle v Paříži, 1899*

*Zdroj: archiv Ing. J. Firsta*

*Obr. 20 Čtyřbodový pás převzatý z letadel*

*Zdroj: magazín Quattroruote, 1959*

*Obr. 21 Koncept ochrany posádky podle Tamáse Zalezsáka*

*Zdroj: magazín Automobil, 1976*



Obr. 22 *Počty usmrcených osob (v tisících) na německých silnicích mezi lety 1953 – 2014*

Zdroj: <[https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/07/PD15\\_252\\_46241.html](https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/07/PD15_252_46241.html)>

Obr. 23 *Počty usmrcených osob na miliardu ujetých milí (červeně) a celkové ujeté míle (modře)*

Zdroj: <[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_motor\\_vehicle\\_deaths\\_in\\_U.S.\\_by\\_year](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_motor_vehicle_deaths_in_U.S._by_year)>

Obr. 24 *Počty usmrcených osob na 100 nehod, při kterých došlo k usmrcení nebo zranění osob (Sdružení automobilového průmyslu)*

Zdroj: <<http://www.autosap.cz/dalsi-informace/nehodovost-na-ceskych-silnicich>>

Obr. 25 *Podíly na počtu usmrcených osob v osobních automobilech po přepočtu na roční ujeté kilometry (Sdružení automobilového průmyslu)*

Zdroj: *Tisková informace č. 10/2013, dostupná na* <<http://www.autosap.cz/tiskove-informace/>>

Obr. 26 *Čelní náraz s 40 % přesahem dvou Chevroletů s rozdílem padesáti let*

Zdroj: <<http://www.auto.cz/chevrolet-malibu-vs-bel-air-3679>>