

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

VLIV MODERNÍCH PRVKŮ PASIVNÍ BEZPEČNOSTI NA OCHRANU POSÁDKY VOZIDLA

THE INFLUENCE OF MODERN PASSIVE SAFETY FEATURES IN THE PROTECTION OF A
VEHICLE'S OCCUPANTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN VOSTREJŽ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Bc. MAREK SEMELA, Ph. D.

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jan Vostrejž

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vliv moderních prvků pasivní bezpečnosti na ochranu posádky vozidla

v anglickém jazyce:

The Influence of Modern Passive Safety Features in the Protection of a Vehicle's Occupants

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je vytvořit přehled prvků pasivní bezpečnosti vozidel, které mají vliv na bezpečnost posádky vozidla, popsat způsoby testování vozidel z hlediska nárazových zkoušek, popsat biomechanická kritéria zranění a význam a účel konzultace soudních inženýrů se soudními lékaři, popsat typická poranění posádky vozidla v případě dopravní nehody, na praktických příkladech ukázat vliv a význam užití prvků pasivní bezpečnosti při analýze nehod a pokusit se vyhodnotit vliv konkrétních prvků z hlediska jejich důležitosti k minimalizaci následků silničních nehod.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je popsat jednotlivé prvky pasivní bezpečnosti vozidel, aspekty testování vozidel z hlediska bezpečnosti, popsat vliv prvků v souvislosti s možným poraněním posádky vozidla a případně na praktických příkladech dopravních nehod ukázat důležitost těchto prvků.

Seznam odborné literatury:

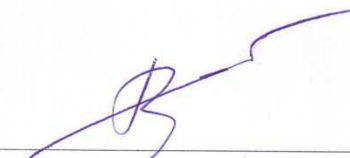
- [1] BRADÁČ, Albert a kol. Soudní inženýrství. Brno : CERM Akademické nakladatelství, s.r.o.. 1999. 725 s. ISBN 80-7204-133-9 .
- [2] BURG, MOSER. Handbuch Verkehrsunfall-rekonstruktion. Weisbaden : Triedr. Vieweg & Sohn Verlag. 2007. 985 s. ISBN 978-3-8348-0172-2.
- [3] KASANICKÝ, Gustáv. Teória pohybu a rázu při analýze a simulácii nehodového deja. Žilina : EDIS - vydavateľstvo ŽU. 2001. 350 s. ISBN 80-7100-597-5.
- [4] PROCHOVSKI, Leon., UNARSKI, Jan., WACH, Wojciech., WICHER, Jerzy. Pojazdy samochodowe - Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. Warszawa : Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2008. ISBN 978-83-206-1688-0.
- [5] Kolektiv autorů. Wypadki drogowe – Vademecum biegłego sądowego. Krakov : wydawatelství Instytutu Ekspertys sądowych, 2010. str. 1094. ISBN 83-87425-32-X.
- [6] RÁBEK, Vlastimil. Interakce lidského těla s interiérem vozidla. Žilina : vydavatelství Žilinské univerzity EDIS, 2009. str. 256. VPRA-SCP-2009-06-01.
- [7] DiMaio, Dominick, DiMaio Vincent. Forensic pathology
CRC Press. str. 592. ISBN 0-8493-0072-X

Vedoucí diplomové práce: Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12

V Brně, dne 1.11.2011





prof. Ing. Albert Bradáč, DrSc.
ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Diplomová práce z oblasti problematiky pasivní bezpečnosti, dopravní nehodovosti a zdravotních následků účastníků silničních dopravních nehod je zaměřena mj. na vytvoření přehledu moderních prvků pasivní bezpečnosti především osobních automobilů. Zabývá se jednotlivými prvky systému pasivní bezpečnosti a jejich vlivem na posádku vozidla. Popisuje princip činnosti, zejména airbagů, předpínačů bezpečnostních pásů, zahrnuje řešení omezovače napínací síly v bezpečnostním páse a dalších prvků, které mají za úkol snížit následky při dopravní nehodě.

Použití moderních prvků pasivní bezpečnosti poskytuje zvýšenou ochranu pro posádku a eliminuje vznik poranění posádky. Uvedená technická problematika proto úzce souvisí se zdravotnictvím a zejména odvětvím Soudního lékařství z oblasti poranění osob ve vztahu k typům a charakterům nehod, případně užitím bezpečnostních prvků. Dále jsou zde ukázány skutečné dopravní nehody, při kterých došlo k usmrcení či poranění posádky s analýzou mechanismu vzniku zranění osob při užití či neužití bezpečnostních prvků.

Abstract

Thesis in the field of passive safety problems, traffic accidents and health outcomes of participants in road traffic accidents is aimed, inter alia, to create an overview of modern passive safety elements especially cars. The work deals with elements of the passive safety system and the impact on the crew vehicle. It describes the principle of operation, especially airbags, safety belts, belt pretensioner and it includes solution of limiters tensioning force in the safety belt and other elements that have the task of reducing the consequences of a traffic accident.

The use of modern elements of passive safety provides increased protection for the crew and eliminates the formation injuries crew. The technical issue is therefore closely related to the healthcare industry and in particular the Court of medicine in the field of personal injury in relation to the types and characters of incidents, or by applying of the safety elements. There are also shown the actual road accidents in which were killed or injured members of crew with an analysis of the mechanism of injury with the use or non-use of safety elements.

Klíčová slova

pasivní bezpečnost, airbag, pásy, nehoda, vozidlo, opěrky hlavy, zranění, biomechanika

Keywords

passive safety, airbag, belt, accident, vehicle, headrest, injury, biomechanics

Bibliografické citace

VOSTREJŽ, J. *Vliv moderních prvků pasivní bezpečnosti na ochranu posádky vozidla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2012. 95 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bc. Marek Semela, Ph. D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....
podpis diplomanta

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucím diplomové práce Ing. Bc. Marku Semelovi, Ph. D. a Ing. Petru Šanderovi za účinnou podporu, obětavou pomoc, důležité a cenné rady a připomínky při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a prarodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

Úvod	11
1 Bezpečnost vozidel	13
1.1 Aktivní bezpečnost	14
1.2 Pasivní bezpečnost.....	15
2 Prvky pasivní bezpečnosti	17
2.1 Deformační zóny	17
2.1.1 Nové technologie deformačních zón	19
2.2 Zadržné systémy	20
2.2.1 Bezpečnostní pásy	22
Kyvadlový mechanismus.....	22
Odstředivý regulátor nebo setrvačnickové kolo	23
Kyvadlo	24
2.2.2 Mechanismy zvyšující účinnost bezpečnostních pásů.....	25
Předpínače bezpečnostních pásů	25
Mechanický předpínací mechanismus.....	25
Pyrotechnický předpínací mechanismus	26
Hydraulický předpínací mechanismus.....	29
2.2.3 Omezovače síly v bezpečnostním pásu	29
Omezovače síly s plastickou deformací	29
Omezovač síly s využitím tření	30
Omezovač síly s destrukcí pásu.....	31
2.2.4 Dětské autosedačky	31
Uchytení standardním bezpečnostním pásem.....	32
Uchytení pomocí systému ISOFIX.....	32
Srovnání systému ISOFIX a systému využívající bezpečnostní pásy	33
Vliv nárazu na dětské tělo	34
Testování dětských autosedaček.....	35
2.2.5 Airbagy	35
2.2.6 Čelní airbagy	37
Čelní airbag řidiče	37
Airbag spolujezdce	38
2.2.7 Boční airbagy.....	39
2.2.8 Hlavové airbagy.....	40
2.2.9 Kolenní airbag	40
2.2.10 Další používané airbagy	41
Interseat Protection – mezipasažérový airbag	41
Airbagy v bezpečnostním páse	41
Hlavový airbag pro cestující vzadu při nárazu zezadu	42
Stehenní airbag	43
2.3 Opěrky hlavy	43
2.3.1 Aktivní opěrky hlavy	43

2.4	Bezpečnostní uchycení některých prvků v interiéru vozidla	45
2.4.1	Bezpečnostní uchycení sloupku řízení	45
2.4.2	Bezpečnostní uchycení pedálového ústrojí	46
3	Testování pasivní bezpečnosti vozidel.....	49
3.1	Euro NCAP	49
3.1.1	Tematické kategorie	51
	Kategorie 1 – Ochrana dospělých cestujících (max. 36 bodů)	51
	Kategorie 2 - Ochrana dětí (max. 49 bodů)	51
	Kategorie 3 – Ochrana chodců (max. 36 bodů)	51
	Kategorie 4 – Asistenční systémy (max. 7 bodů)	51
3.1.2	Testy prováděné Euro NCAP.....	53
	Čelní náraz	53
	Boční náraz	54
	Náraz na sloupek.....	55
	Ochrana chodců.....	55
	Test ochrany krční páteře (Whiplash test)	56
	Dynamický test	56
	Statický test	56
4	Výňatek ze statistik nehodovosti.....	57
4.1	Statistika dopravních nehod, těžce a lehce zraněných a usmrcených	57
4.2	Statistiky nepoužívání bezpečnostních pásů v roce 2002, 2003 a 2007 - 2009	62
5	Biomechanika, soudní lékařství a zranění posádky vozidla	63
5.1	Biomechanika.....	63
5.1.1	Biomechanická kritéria a limity	63
5.2	Soudní lékařství.....	69
5.2.1	Nejčastější typy zranění posádky uvnitř vozidla.....	70
	Řidič a spolujezdec na předním sedadle	70
	Cestující na zadních sedadlech	74
	Poranění od zádržných systémů	75
6	Praktické příklady	77
6.1	Dopravní nehoda 1	77
6.2	Dopravní nehoda 2	81
6.3	Dopravní nehoda 3	85
7	Závěr	89
8	Seznam použitých zdrojů	91
9	Seznam vlastních prací.....	95

ÚVOD

Vzhledem k stále narůstajícímu počtu vozidel na pozemních komunikacích vzrůstá i počet dopravních nehod. Důsledkem této skutečnosti je to, že výrobci vozidel jsou nuceni stále více se zabývat otázkou bezpečnosti. „*Bezpečností obecně rozumíme stav (soubor opatření), kdy jsou odstraněny nebo minimalizovány rizika a z nich plynoucí možné ohrožení zdraví, ztráty života či majetku.*“ [1] Dříve vozidla sloužila pouze pro usnadnění přemístění osob nebo nákladu a na jejich bezpečnost se nebral ohled. Postupem času se do vozidel začaly přidávat i komfortní prvky a začalo se přemýšlet i o bezpečnosti. Jako první významný bezpečnostní prvek byl použit „*v roce 1948 tříbodový bezpečnostní pás v USA ve voze Tucker Sedan.*“ [2] Současná vozidla musí být konstruována již od samotného počátku tak, aby splňovala celou řadu předpisů a směrnic, které řeší jejich bezpečnost. V Evropě to jsou především předpisy Evropské hospodářské komise a směrnice Evropského společenství.

Vozidla jsou vybavena velkým množstvím bezpečnostních prvků, které můžeme rozdělit na dvě kategorie a to na aktivní a pasivní prvky. Aktivní prvky mají předcházet možnosti vzniku dopravní nehody. Sem patří např. ABS, ESP, ale třeba i přesnost řízení, kvalita odpružení a podobně. Naopak prvky pasivní bezpečnosti mají za úkol následky havárie snížit. Mezi prvky pasivní bezpečnosti patří např. deformační zóny, airbagy, bezpečnostní pásy a další.

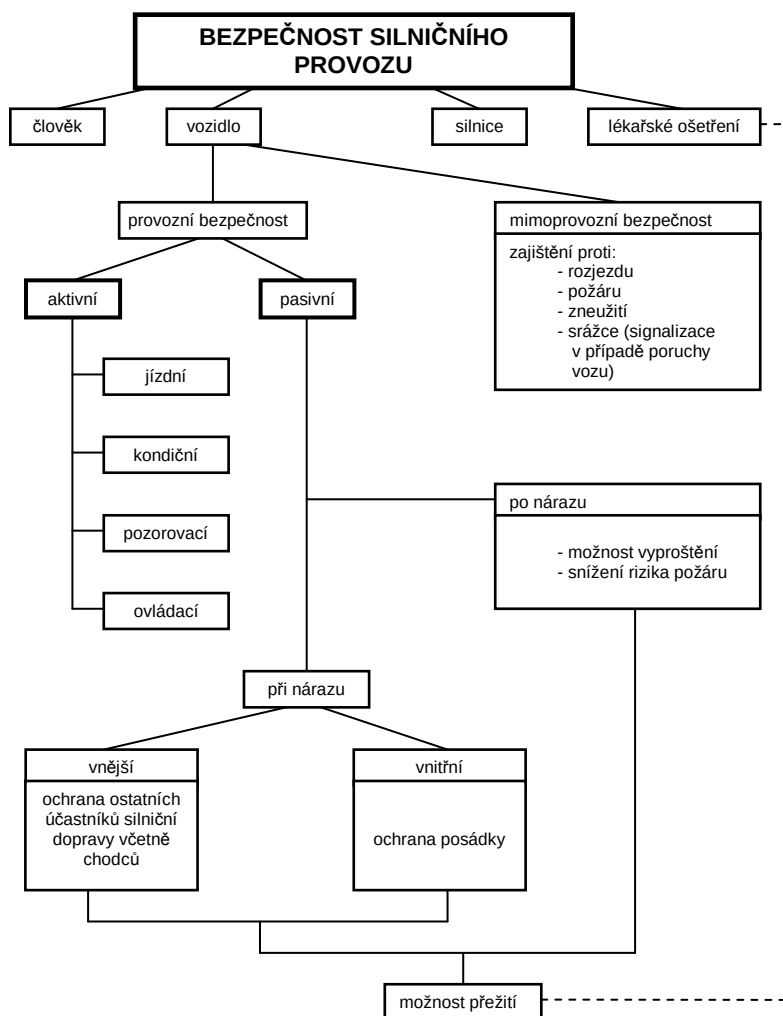
Funkce prvků pasivní bezpečnosti se prověřuje nárazovými zkouškami (tzv. crashtesty). Nárazové zkoušky provádějí buď samotní výrobci, nebo nezávislá mezinárodní organizace např. Euro NCAP. Při zkouškách se sleduje velikost zpomalení působící na posádku vozidla při nárazu, stabilita karoserie, velikost síly, která je potřebná k otevření dveří po nárazu atd. Výsledky těchto nezávislých organizací (Euro NCAP, v USA NHTSA, v Austrálii ANCAP) značně ovlivňují prodejnost vozidel. Proto výrobci neustále zdokonalují bezpečnost svých vozidel.

Cílem této diplomové práce je mj. vytvořit přehled moderních prvků pasivní bezpečnosti a zhodnotit vliv těchto prvků na ochranu posádky při daných nehodových situacích. Jsou zde uvedeny biomechanické limity, které určují mezní hodnoty pro jednotlivé části lidského těla a používají se např. při testech prvků pasivní bezpečnosti. V kapitole o soudním lékařství jsou mj. zmíněny úkoly soudního lékaře při spolupráci na šetření dopravní nehody. Zároveň jsou zde ukázány druhy nejčastějších zranění, které jsou způsobeny při havárii, kontaktem posádky s částmi interiéru nebo od zadržných systémů.

Poslední kapitola je zaměřena na praktické příklady. Jsou zde tři ukázky z reálných dopravních nehod, při kterých došlo ke zranění nebo usmrcení některého z členů posádky vozidla. V této kapitole je řešena především problematika používání bezpečnostních pásů a jejich důležitost při dopravní nehodě. Všechny tyto dopravní nehody byly rekonstruovány pomocí simulačního programu. Analýza dopravních nehod byla zaměřena na zjištění mechanismu vzniku zranění. Poté byly případy konzultovány se znalci z oboru soudního lékařství, aby byly potvrzeny závěry vyvozené z fotografií, simulací a dalších poznatků při analýze těchto dopravních nehod.

1 BEZPEČNOST VOZIDEL

Bezpečnost vozidel není založena pouze na samotné konstrukci a vybavení, ale je závislá také na samotném řidiči a různých faktorech v jeho okolí. Bezpečnost vozidla je jen jednou z mnoha složek, které patří do skupiny bezpečnosti silničního provozu. Na obr. 1 je znázorněno jednoduché rozdělení bezpečnosti silničního provozu.



Obr. č. 1 – Bezpečnost silničního provozu [3]

Na tomto schématu jsou znázorněny vlivy související s funkčními požadavky při návrhu jednotlivých částí automobilu.

Vozidlo musí ještě před připuštěním do silničního provozu projít řadou zkoušek - homologací tj. ověření vlastností z hlediska přípustnosti jeho použití. Proces homologace se řídí homologačními předpisy dle Evropské hospodářské komise (EHK) Organizace spojených národů (OSN), směrnice Evropského hospodářského společenství (EHS), v neposlední řadě předpisy USA (FMVSS) a samozřejmě předpisy jednotlivých států. Homologací prochází

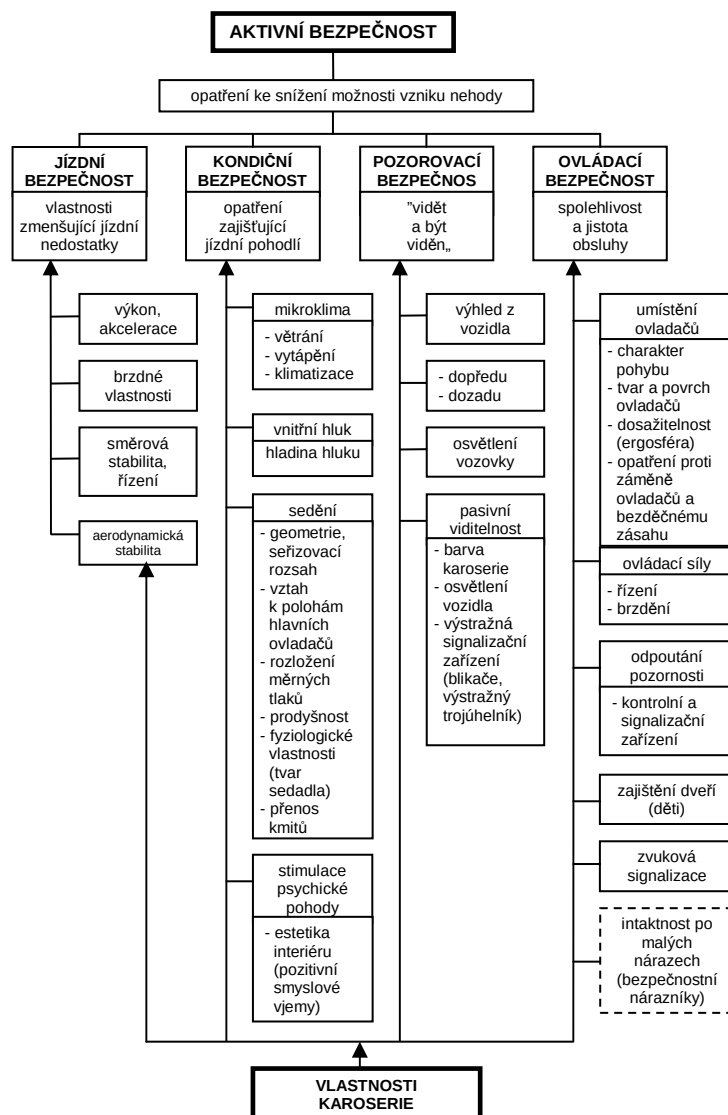
vozidlo jako celek, ale kontrolují se i homologace jednotlivých částí (např. světlomety pneumatiky, bezpečnostní pásy atd.). Splní-li vozidlo podmínky určené homologačními předpisy, je označeno tzv. homologační značkou umístěnou na homologačním štítku. Pokud tyto podmínky nesplní, nesmí být toto vozidlo používáno v silničním provozu.

V ČR je tato problematika upravena mj. vyhláškou č. 341/2002 Sb. v platném znění, která vychází z mezinárodních homologačních předpisů EHK OSN a EHS.

Provozní bezpečnost vozidla můžeme dále dělit na aktivní a pasivní bezpečnost.

1.1 AKTIVNÍ BEZPEČNOST

„Aktivní bezpečnost u automobilu zahrnuje veškeré prvky a systémy, které mají za úkol předejít nebo zabránit dopravní nehodě.“[3] Prvky aktivní bezpečnosti jsou rozděleny na obr. č. 2.



Obr. č. 2 – Přehled prvků aktivní bezpečnosti karoserie a celého vozidla [3]

Mezi nejznámější prvky aktivní bezpečnosti patří zejména prvky, které patří do skupin brzdných vlastností a směrové stability vozidla. Do brzdných vlastností patří např. protiblokovací systém (ABS), nouzový brzdný asistent (EBA) nebo elektronické rozdělení brzdných sil (EBD). Systém regulace prokluzu (ASR) nebo elektronický stabilizační program (ESP) jsou zástupci skupiny směrové stability a řízení. Téma této diplomové práce je zaměřeno zejména na vliv prvků pasivní bezpečnosti, tyto budou proto podrobněji rozebrány dále v textu.

1.2 PASIVNÍ BEZPEČNOST

„Prvky pasivní bezpečnosti mají za úkol co nejvíce zmírnit následky dopravní nehody, které již nebylo možné zabránit prvky aktivní bezpečnosti. Pasivní bezpečnost je tvořena řadou konstrukčních řešení a zádržných systémů.“ [4]

Konstrukčním řešením je myšlena stavba a tvar karoserie, která je složena z různých tvarových profilů a materiálů o rozličných pevnostech. Uložení motoru je konstruováno tak, aby při čelním nárazu nevníkl do prostoru pro posádku, ale pod tento prostor. Konstrukce sloupku řízení omezuje posun volantu do interiéru vozidla.

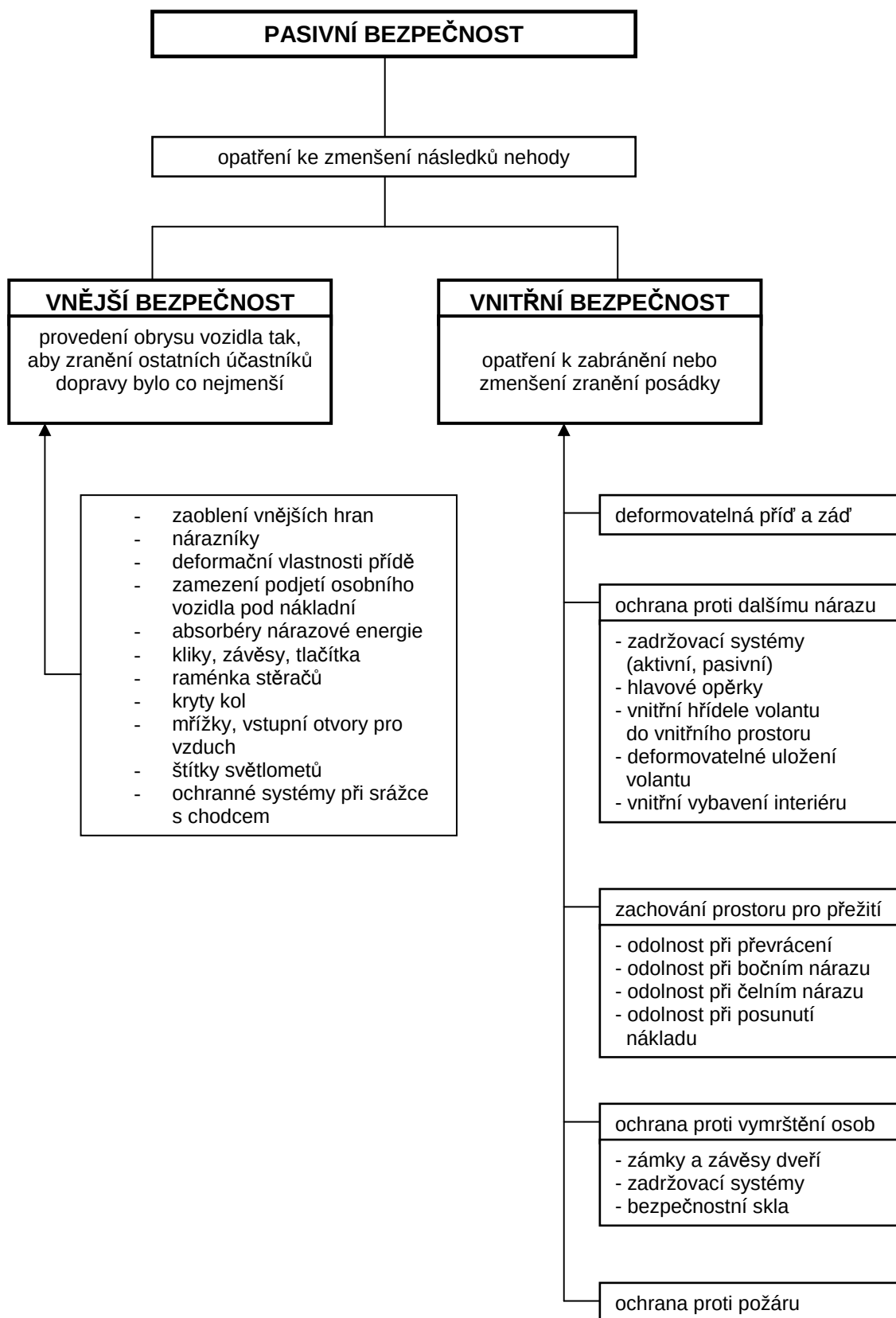
Zádržné systémy jako jsou bezpečnostní pásy, přitahovače a omezovače síly, airbagy nebo dětské autosedačky, napomáhají k tomu, aby se bezprostředně po nárazu vozidla cestující pohybovali se stejným zpožděním jako vozidlo a aby zabránily kontaktu s tvrdými prvky interiéru.

Základním prvkem pasivní bezpečnosti je řídicí jednotka, která vyhodnocuje údaje z čidel polohy a snímačů zrychlení. V případě náhlé změny zrychlení do 5 ms se aktivuje pyrotechnické zařízení airbagů a současně se blokuje, případně přitahuje samonavíjecí bezpečnostní pásy na všech sedadlech, která jsou tímto systémem vybavena. Aby nedošlo k požáru, vypíná řídicí jednotka palivové čerpadlo a odpojuje akumulátor.

„Aby byl člověk ve vozidle účinně chráněn, musí být bezpečnostní zařízení plně funkční do 50 ms od aktivace.“ [5]

Na obr. č. 3 jsou jednotlivé druhy prvků pasivní bezpečnosti rozděleny z různých hledisek ochrany.

V následujících kapitolách budou jednotlivé prvky pasivní bezpečnosti podrobněji rozebrány.



Obr. č. 3 – Pasivní bezpečnost z hlediska konstrukce karoserie [3]

2 PRVKY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

2.1 DEFORMAČNÍ ZÓNY

Deformační zóny patří mezi základní prvky pasivní bezpečnosti. Karoserie vozidla musí být zkonstruována tak, aby byla schopna pohltit největší část deformační energie, která vzniká při nárazu. Používá se tzv. programovatelná struktura karoserie. „V praxi to znamená, že na jednotlivé části karosérie jsou použity plechy různé tloušťky a v kritických místech karosérie jsou použity tuhé a pevné podélné a příčné nosníky, profily a vyztuženy jsou i sloupky. Při nárazu se tak karosérie deformuje a pohlcuje velkou část deformační energie s cílem uchovat prostor pro cestující bez výrazných změn.“[6]

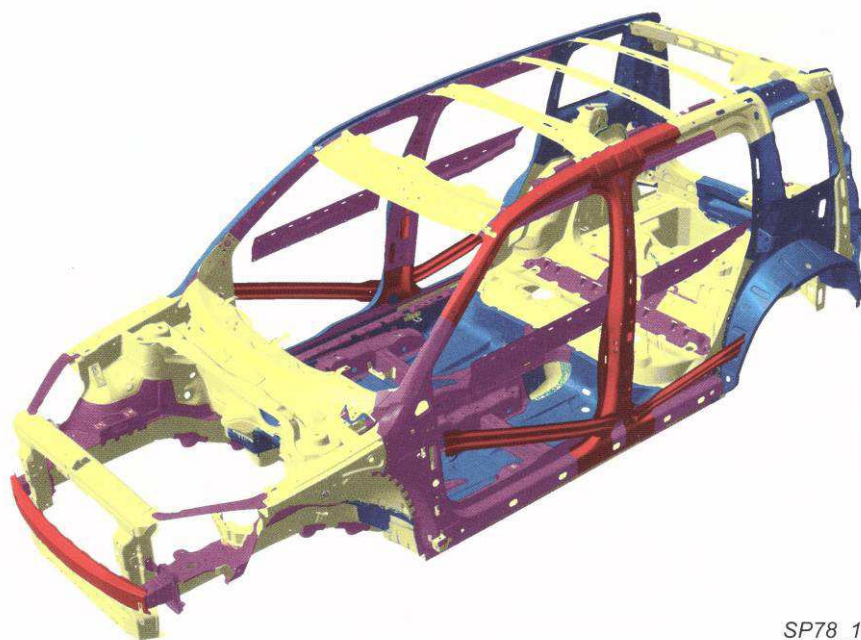
Použité profily karoserie u vozu Škoda Yeti jsou zobrazeny na obr. č. 4.



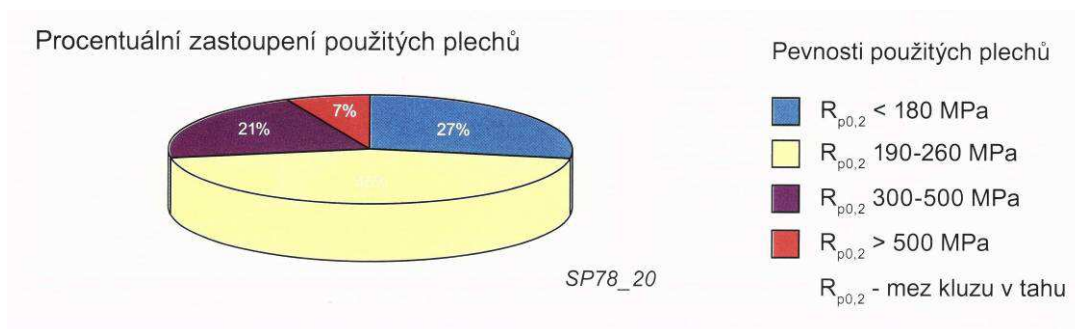
SP78_18

Obr. č. 4 – Průřezy nosnými prvky karoserie vozu Škoda Yeti [7]

Materiály, které tvoří karoserii automobilu, mají různé pevnosti. Největší podíl vysokopevnostní oceli je použit v oblasti prostoru pro posádku, z důvodu zabezpečení prostoru pro přežití. Celková skladba karoserie vozu Škoda Yeti je zobrazena na obr. č. 5, zároveň je zde procentuálně vyjádřen podíl jednotlivých druhů plechů, pro stavbu tohoto vozu.



SP78_19



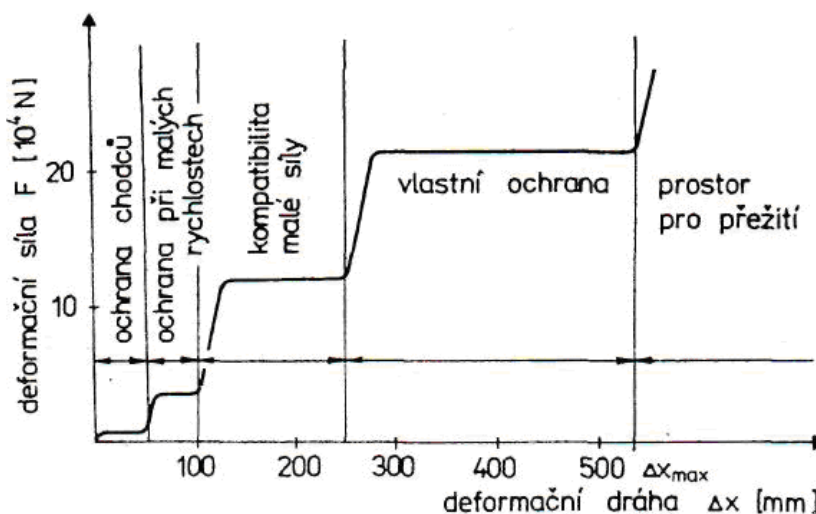
Obr. č. 5 – Pevnost karoserie vozu Škoda Yeti [7]

„Pevný prostor pro cestující musí být bezpečný. Má tři zóny k zachycení sil vznikajících při nehodě. V případě čelního nárazu slouží jako hlavní deformační zóna přední rám. V horní části je zatížení přenášeno k přednímu sloupku výztuhami blatníků, které sahají až ke světlometům.“[3]

„Deformační charakteristika přední části vozidla by měla mít stupňovitý progresivní průběh složený z pěti stupňů“[3]:

- ochrana chodců
- ochrana při nízkých rychlostech (parkovací manévr)
- kompatibilita (ochrana spoluúčastníka nehody)
- vlastní ochrana (musí se dodržet biomechanická kritéria)
- prostor pro přežití

Ideální charakteristika deformace přidě znázorňuje obr. č. 6, kde jsou zaznamenány všechny stupně.



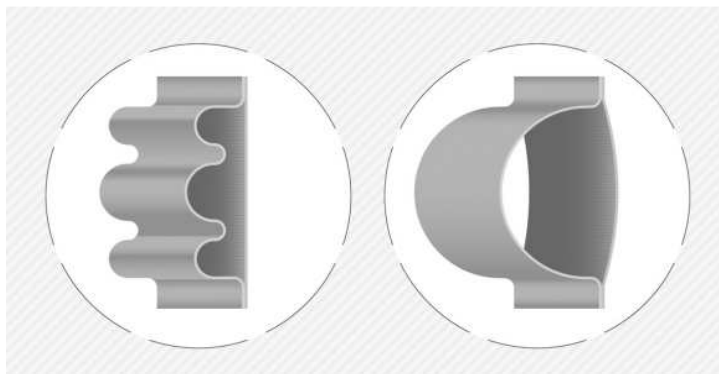
Obr. č. 6 – Ideální progresivní stupňovitá deformační charakteristika přidě [3]

Oproti přední či zadní části vozidla, kde je dostatečná délka pro vytvoření deformačních zón, mají boční části vozu minimální prostor pro absorpci deformační energie. Proto je zde použito největší množství vysokopevnostních materiálů, které jsou schopny pohltit značné množství energie při bočním nárazu.

2.1.1 Nové technologie deformačních zón

K nově používaným bezpečnostním prvkům v oblasti deformačních zón patří tzv. „Pre-Safe Structure.“[8] Jde vlastně o speciální kovové profily, které jsou uloženy ve výztuhách karoserie. V případě, kdy je senzory zaznamenán náraz a řídicí jednotka vyhodnotí tuto skutečnost jako kritický stav, je aktivován generátor plynu a výztuhy se nafouknou. Jejich nafouknutí trvá několik milisekund. Tlak v těchto výztuhách dosahuje 1 – 2 MPa. Výztuhy dokáží udržet 100 kg zátěž. Jejich funkce se dá přirovnat k funkci airbagu s tím

rozdílem, že jsou z kovového materiálu a výztuhy se nevyfukují. Ukázka těchto výztuh je na obr. č. 7 a 8.



Obr. č. 7 – výztuha Pre-Safe Structure základním a nafouknutém tvaru [8]



Obr. č. 8 - Umístění aktivních prvků systému Pre-Safe Structure [8]

Deformační zóny jsou nejdůležitějším prvkem pasivní bezpečnosti celého vozidla. Jejich vývoj jde neustále vpřed. Když porovnáme havárie dvou vozidel stejné kategorie, kdy jedno bude téměř nové a druhé bude např. o deset let starší, s největší pravděpodobností bude nové auto poskytovat daleko větší ochranu posádky vlivem daleko propracovanější stavby deformačních zón a použitých materiálů. Zranění posádky bude v novém vozidle daleko menší než ve starším vozidle.

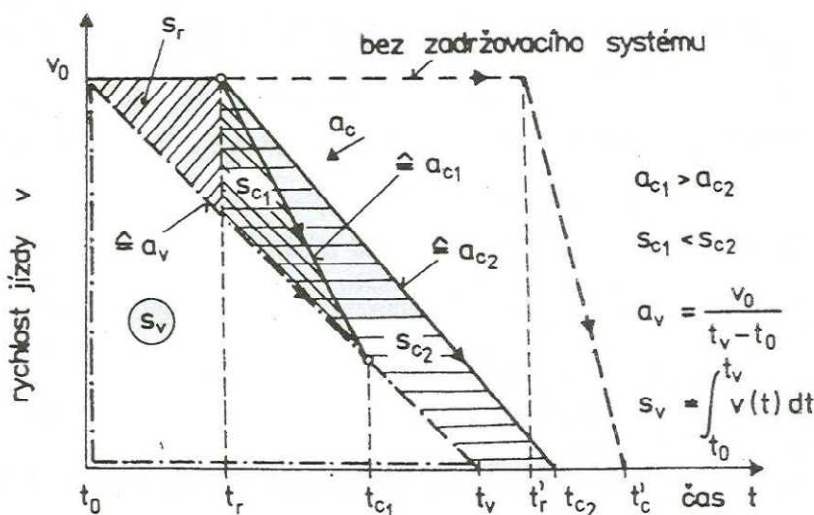
2.2 ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY

Tyto systémy mají za úkol zabránit kontaktu jakýchkoli částí těla posádky vozidla s vnitřním vybavením v důsledku prudkého zpomalení, které vzniká při nárazu, kdy se tělo pohybuje setrvačnou rychlostí. Zádržné systémy tuto rychlost omezují, ale jen v takovém rozsahu, aby nedošlo k překročení biomechanických limitů těla.

Mezi nejznámější zadržné systémy patří bezpečnostní pásy na všech sedadlech, které jsou v současných vozidlech tříbodové, samonavíjecí, opatřené předpínačem a omezovačem napínací síly. Další nepostradatelný prvek zadržného systému je vzduchový vak – airbag. V poslední době jsou automobily vybaveny velkým množstvím airbagů např. modely automobilky Škoda, mohou mít až 9 airbagů. Nesmíme zapomínat na ochranu dětí, které jsou často ve vozidle. K tomu slouží dětské sedačky, ty se používají proto, že klasické bezpečnostní pásy nejsou konstruovány na malé dětské tělo. Tyto sedačky musejí být přichyceny tak, aby tvořily s karoserií vozu pevné spojení. Toto spojení bývá nejčastěji řešeno úchyty ISOFIX, umístěnými na zadních sedadlech, někdy i na sedadle spolujezdce, nebo pomocí bezpečnostního pásu.

Všechny tyto systémy musejí pracovat jako celek, aby bylo dosaženo co největší účinnosti při ochraně posádky. To znamená, že při jízdě musí být všichni cestující připoutáni bezpečnostním pásem, aby došlo ke správnému nasměrování a načasování těla proti airbagu. Jestliže bezpečnostní pás není použit, stává se z airbagu velice nebezpečný prvek, který může nepřipoutaného člena posádky vážně zranit nebo i usmrtit. V případě umístění dětské sedačky na předním sedadle spolujezdce musí být airbag v této oblasti deaktivován.

„Pro názorné objasnění požadavků na zadržovací systém vysvětlíme kinetiku čelního nárazu vozidla na pevnou bariéru zjednodušeným znázorněním závislosti rychlost – čas pro vozidlo a pro cestujícího“ [3] obr. č. 9.



Obr. č. 9 - Průběhy rychlosti vozidla a cestujícího při čelním nárazu na pevnou stěnu v závislosti na čase [3]
 t_c – zpoždění cestujícího; t'_c – zpoždění cestujícího bez použití zadržného systému; t_0 – okamžik nárazu;
 t'_r – okamžik nárazu cestujícího na pevnou překážku bez použití zadržného systému; t_v – zastavení vozidla;
 a_c – zpoždění cestujícího; a_{c1} – maximální přípustné zpoždění cestujícího; a_v – zpoždění vozidla;
 s_c – dráha přemístění cestujícího; s_r – dráha cestujícího; s_v – deformační dráha vozidla (plně plastický ráz);
 v_0 – rychlost před nárazem

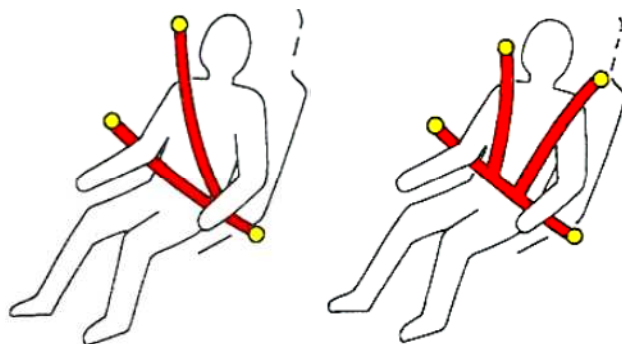
2.2.1 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy zachytávají tělo při nárazu, aby se nepohybovalo dále setrvačnou rychlostí. Povinnost vybavovat vozidla bezpečnostními pásy na předních sedadlech vznikla koncem 60. let 20. století a od roku „1986“ [9] musí být vybaveny bezpečnostními pásy i zadní sedačky. Automobily vyráběné v současné době jsou vybaveny tříbodovými samonavíjecími bezpečnostními pásy na všech sedadlech a jejich používání při jízdě je předepsáno legislativou, konkrétně zákonem 361/2000 Sb. v platném znění.

Velkým nedostatkem je to, že při nárazech šikmo zepředu klesá ochranný vliv bezpečnostních pásů a při bočních nárazech není ochranný účinek téměř žádný.

Speciální mechanismus napínání pásu funguje na principu navíjení popruhu působením spirálové pružiny.

V závodních a sportovních vozidlech se používají čtyřbodové pevné bezpečnostní pásy. Příklady tříbodového a čtyřbodového bezpečnostního pásu jsou schematicky znázorněny na obr. č. 10.



Obr. č. 10 - Bezpečnostní pás tříbodový a čtyřbodový typu šle [3]

Samonavíjecí mechanismus bezpečnostního pásu je vybaven blokovacím systémem, který v případě náhlého zpomalení, brání odvíjení bezpečnostního pásu. Zpravidla obsahuje z bezpečnostních důvodů tři mechanismy:

- kyvadlový mechanismus
- odstředivý regulátor nebo odstředivé kolo
- kyvadlo

Kyvadlový mechanismus

Tento mechanismus reaguje v případě, kdy vozidlo brzdí. Vykloní se směrem dopředu a zablokuje rohatku navíjecího bubínku. Mechanismus se vrátí do původní polohy, když

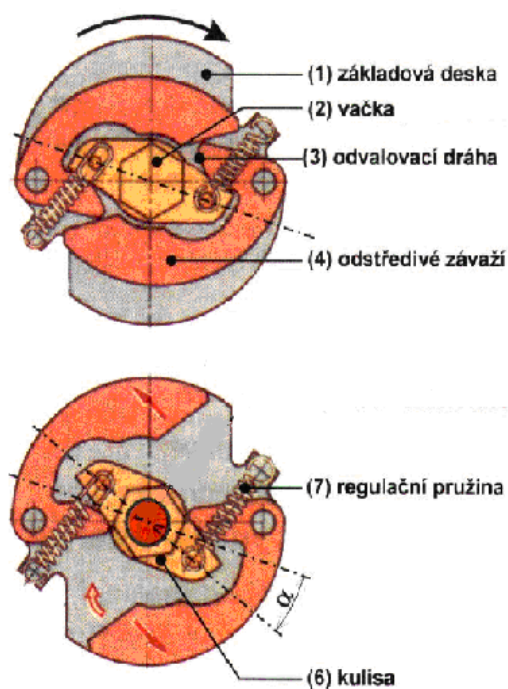
vozidlo přestane brzdít. Dle předpisů EHK musí tento mechanismus reagovat při zpomalení vozidla 0,4 g. Obr. 11.



Obr. č. 11 – Kyvadlový mechanismus - foto [zdroj: autor]

Odstředivý regulátor nebo setrvačnickové kolo

Tento mechanismus reaguje na rychlost odvíjení bezpečnostního pásu. V případě, kdy je překročena určitá rychlost odvíjení, aktivuje se regulátor a zablokuje navíjecí bubínek. Dle předpisů EHK musí tento mechanismus reagovat při zrychlení odvíjení pásu 0,6 g. Příklad klasického odstředivého regulátoru je zobrazen na obr. č. 12.

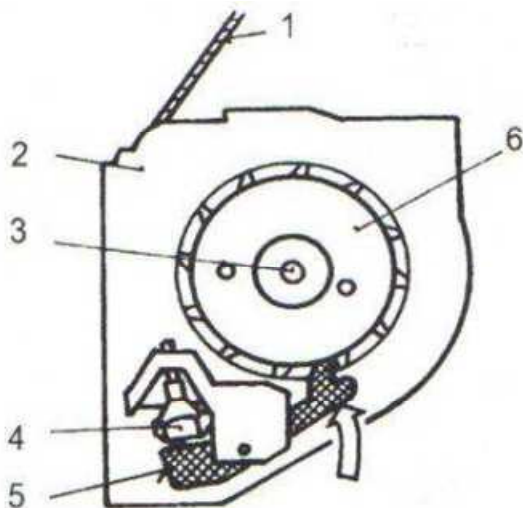


Obr. č. 12 – Odstředivý regulátor [10]

Kyvadlo

Tento mechanismus reaguje na náklon nebo na odstředivé boční síly vozidla. Při překročení určitého náklonu mechanismus zablokuje odvíjení pásu. Obvykle je jako jeden celek s kyvadlovým mechanismem.

Ukázka principu blokování samonavíjecího zařízení je znázorněna na obr. č. 13 a 14.



Obr. č. 13 - Mechanismus odvíjecího zařízení s kyvadlem [3]

1 – bezpečnostní pás; 2 – skříň; 3 – navíjecí hřídel; 4 – kyvadlo ve vychýlené poloze;

5 – blokovací západka v blokovací poloze; 6 – rohatka



Obr. č. 14 – Foto kyvadlového mechanismu s rohatkou [zdroj: autor]

2.2.2 Mechanismy zvyšující účinnost bezpečnostních pásů

Předpínače bezpečnostních pásů

Předpínače pásů zvyšují bezpečnost připoutaných osob a snižují tak riziko jejich poranění tím, že napínají bezpečnostní pás, ten pak těsněji dolehne na tělo a udrží trup opřený o opěru sedačky. Vzdálenost mezi tělem a bezpečnostním pásem je tak snížena na minimum a je omezen pohyb těla směrem dopředu. Snižuje se tak možnost poranění o pás vlivem prudkého zpomalení a je optimalizována vzdálenost od čelního airbagu.

Jsou umístěny na navíjecím mechanismu bezpečnostních pásů předních nebo i zadních sedadel.

Pokud dojde k silnému čelnímu nárazu určité intenzity, předpínače se automaticky aktivují. Na navíjecích mechanismech je odpálena pyropatróna, která otáčí navíječ proti směru vysouvání a pás se napíná. Předpínače se aktivují i u nepřipnutého pásu. Pokud dojde k lehkému čelnímu, bočnímu, popř. zadnímu nárazu, k převrácení či k nehodě, při které zepředu nepůsobí příliš velké síly, k aktivaci předpínačů nedojde.

Předpínače bezpečnostních pásů se aktivují cca 10 ms po nárazu. K úplnému zablokování a předepnutí dojde cca do 20 ms po nárazu. Napínací síla dosahuje až 5 kN. Pás je zkrácen až o 120 mm.

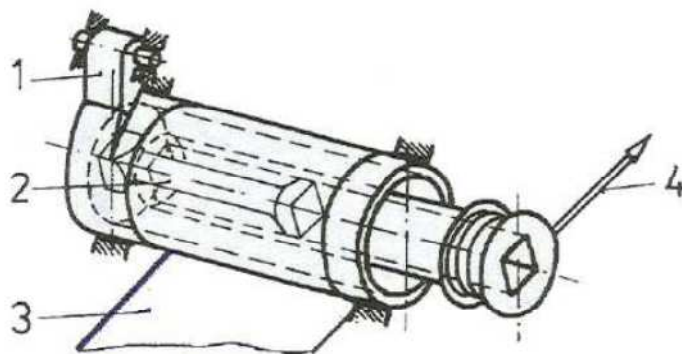
Druhy předpínacích mechanismů:

- mechanické
- pyrotechnické
- hydraulické

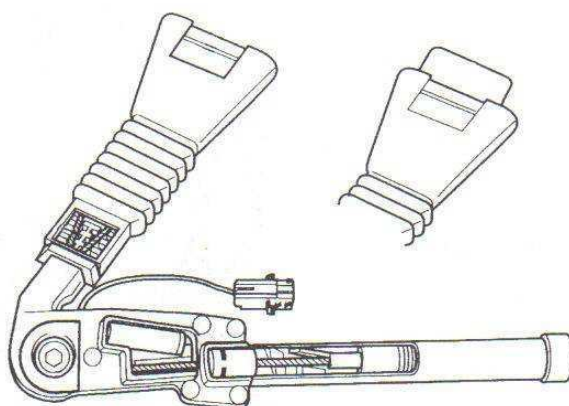
Mechanický předpínací mechanismus

Jako zdroj navíjecí energie je použita předepjatá pružina. V případě aktivace dojde k uvolnění předepjaté pružiny a přes ocelové lanko je pás následně přitažen. Opětovnému povolení pásu brání zpětná západka. Velikost zpětného navinutí je několik centimetrů. Tento typ předpínacího mechanismu se používal u starších vozidel.

Popis mechanického předpínače pásu je vyobrazen na obr. č. 15 a 16.



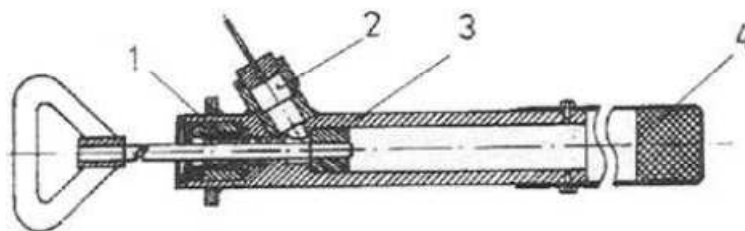
Obr. č. 15 - Mechanické předpínání pásu [3]
1 - zpětné blokování; 2 – torzní tyč; 3 - pás; 4 - napínací lanko



Obr. č. 16 - Řez mechanickým předpínacím zařízením [3]

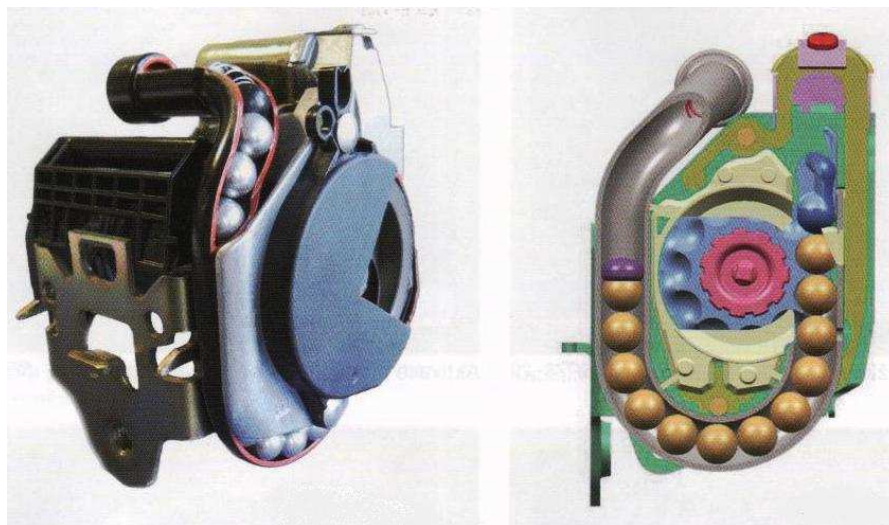
Pyrotechnický předpínací mechanismus

Při nárazu vyhodnotí řídicí jednotka airbagů signály ze snímačů zpomalení. V případě překročení určité velikosti zpomalení a jeho délky trvání odpálí pyrotechnické náložky. Vzniklý tlak plynu uvede do pohybu mechanismus (kuličkový, rotační píst, atd.) otáčející buben, na který se navíjí bezpečnostní pás. Schematické znázornění na obr. č. 17.

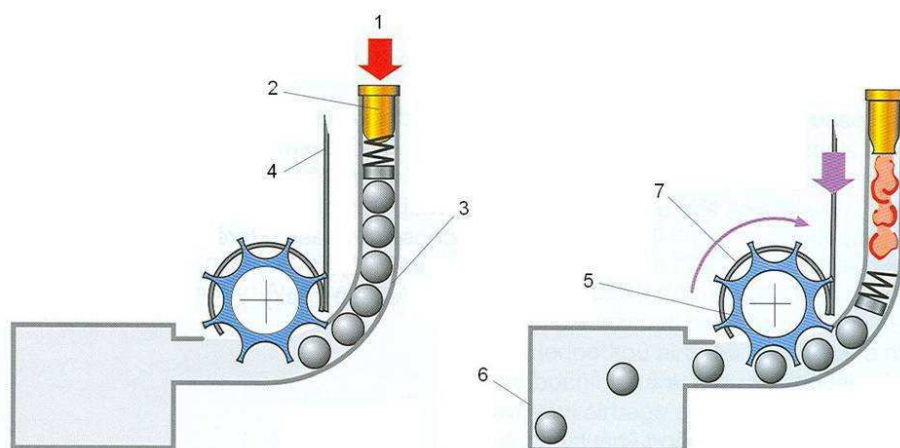


Obr. č. 17 - Pyrotechnické předpínání pásu [3]
1 - zpětné blokování (kuželová vložka); 2 - nábojnice; 3 - píst; 4 - blok brzdění pístu

Tento typ předpínačů je v současnosti používán téměř u všech značek vozidel. Příklady nejčastěji používaných systémů koncernů Volkswagen a PSA jsou uvedeny na obr. č. 18 až 21.

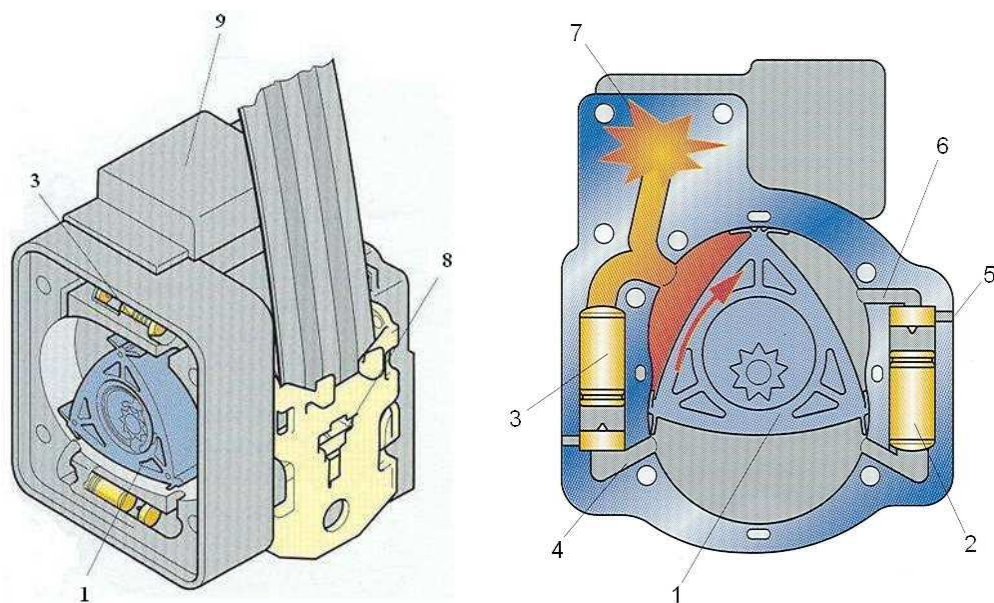


Obr. č. 18 – Předpínací kuličkové zařízení – Škoda Superb, Yeti, nové vozy koncernu PSA [7]



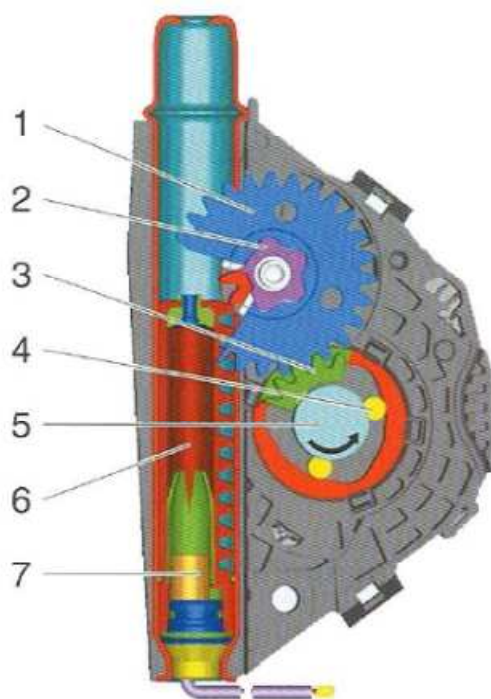
Obr. č. 19 - Princip činnosti kuličkového předpínače [11]

1 - mechanický spouštěč; 2 - pyrotechnická nálož; 3 - trubička s kuličkami; 4 - bezpečnostní pás; 5 - ozubené kolo; 6 - zásobník na zachytávání kuliček; 7 - navíjecí buben



Obr. č. 20 – Předpínací zařízení s rotačním pístem – Škoda Octavia [12]

1 - rotační píst; 2 - sekundární plynový generátor; 3 - terciální plynový generátor; 4 - přepouštěcí kanál 2;
5 - vypouštěcí kanál; 6 - přepouštěcí kanál 1; 7 - zapálení primárního plynového generátoru;
8 - navíjecí mechanismus; 9 - mechanický spouštěč

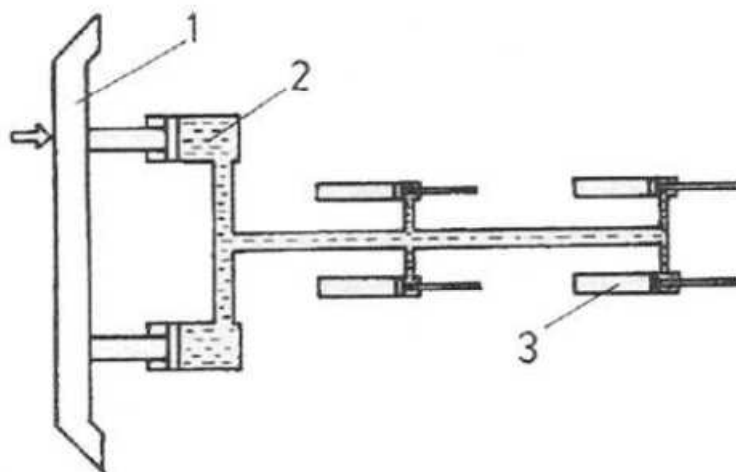


Obr. č. 21 – Pístový předpínací zařízení – Škoda Roomster [13]

1 - ozubené kolo 1; 2 - ozubené kolo 2; 3 - ozubené kolo 3; 4 - váleček; 5 - hřídel; 6 - píst;
7 - pyrotechnická nálož

Hydraulický předpínací mechanismus

„U hydraulického předpínacího systému se k předeprnutí pásu využívá energie kapaliny (nárazník stlačí píst v potrubí, kapalina je vedena pod písty předpínacích zařízení pásů, které se tím napnou).“ [3] Obr. č. 22.



Obr. č. 22 – Hydraulické předpínání pásů [3]
1 - nárazník; 2 – hydraulický absorbér energie; 3 – lineární válec pro napnutí pásu

2.2.3 Omezovače síly v bezpečnostním pásu

Omezovače síly slouží k omezení zádržné síly, která působí na hrudník tak, aby tlak způsobený bezpečnostním pásem při nárazu nepřesáhl biomechanické limity lidského těla.

Zádržnou sílu působící na hrudník a pánevní oblast je možné nejčastěji omezit:

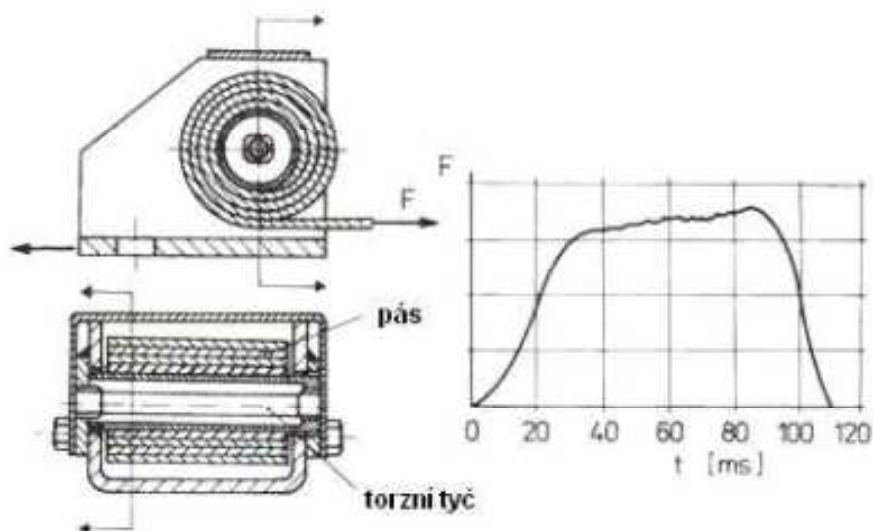
- plastickou deformací
- suchým třením
- destrukcí pásu

K aktivaci omezovačů síly dochází cca 80 – 110 ms po nárazu.

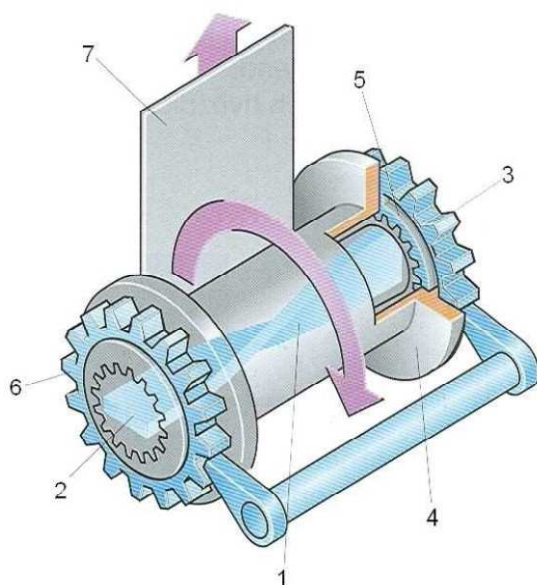
Omezovače síly s plastickou deformací

Síla, kterou působí pás na hrudník a pánevní oblast při nárazu, je omezována deformací torzní tyče na navíjecím bubnu pásu.

Průběh síly, která působí přes pás na posádku vozidla, je z dalších používaných omezovačů nejplynulejší. Schéma a průběh síly působící na posádku vozidla je zakreslen na obr. č. 23. Na obr. č. 24 je znázorněn omezovač síly používaný u současných vozů Škoda.



Obr. č. 23 – Omezovač síly v pásu s torzní tyčkou a graf síly v závislosti na čase [3]



Obr. č. 24 - Omezovač síly v pásu u vozů Škoda [11]

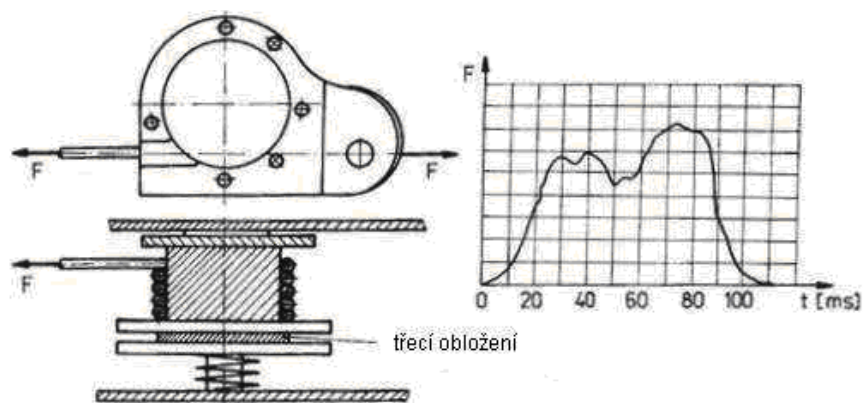
- 1 - torzní hřídelka prochází celým navijákem; 2 - na této straně je torzní hřídelka spojena s navijákem;
 3 - na této straně je torzní hřídelka spojena s ozubeným kolem; 4 - naviják;
 5 - drážka, omezuje dráhu, o kterou může naviják povolit; 6 - v tomto ozubeném kole se naviják volně otáčí;
 7 - bezpečnostní pás

Omezovač síly s využitím tření

Síla působící na hrudník a pánevní oblast při nárazu je omezena třením ploch třecího obložení na bubnu navíjecího mechanismu.

Průběh síly na bezpečnostním pásu je oproti omezovači s torzní tyčí výrazně skokový.

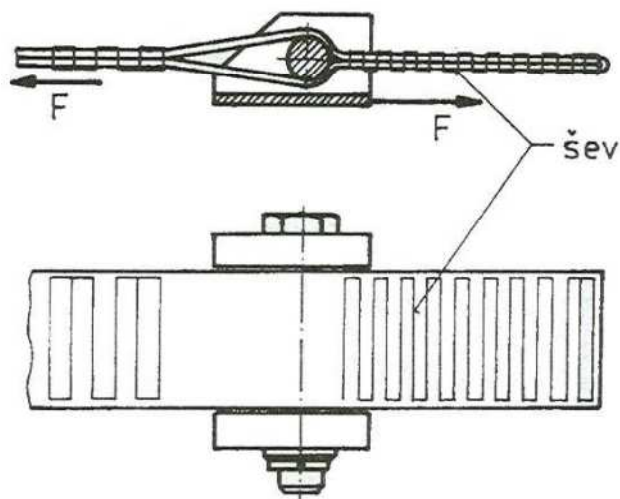
Schéma omezovače s třecím obložением a grafické znázornění průběhu síly je zobrazeno na obr. č. 25.



Obr. č. 25 – Omezovač síly v pásu využívající tření a graf síly v závislosti na čase [3]

Omezovač síly s destrukcí pásu

Omezení síly působící na hrudník a pánevní oblast je provedeno pomocí několika trhacích švů na bezpečnostním pásu. Při destrukci jednotlivých švů se bezpečnostní pás prodlužuje. Obr. č. 26 znázorňuje omezovač síly v pásu s destrukčními švy.



Obr. č. 26 – Omezovač síly v pásu destrukcí pásu [3]

2.2.4 Dětské autosedačky

Protože standardní bezpečnostní pásy v automobilu nejsou konstrukčně přizpůsobeny malému tělu dítěte, musí se použít dětská autosedačka. V České republice je použití autosedaček nařízeno zákonem č. 361/2000 Sb. v platném znění.

Dětské sedačky můžeme dělit podle dvou kritérií:

- dle mechanismu uchycení
- dle hmotnosti přepravovaného dítěte

Dětské autosedačky musí být ve vozidle uchyceny tak, aby bylo zajištěno pevné spojení s karoserií. Uchycení dětských sedaček může být obvykle provedeno dvěma způsoby:

- bezpečnostním pásem
- systémem ISOFIX

Uchycení standardním bezpečnostním pásem

Dětská sedačka je vybavena speciálními vodítky, kterými se protahuje bezpečnostní pás. Po protažení a zapnutí bezpečnostního pásu se musí tento pás napnout tak, aby nedocházelo ke kývání. Příklad uchycení bezpečnostním pásem je na obr. č. 27.

„Kojenci musí být přepravováni v sedačce (skořepině), která umožňuje transport v pololeže. Upevňují se vždy v poloze proti směru jízdy. Rozhodující předností je, že dítě je v případě kolize celým tělem v sedací skořepině přitlačeno a podepřeno.“[14] Pokud je takováto sedačka umístěna na předním sedadle, musí být na tomto místě deaktivován airbag. V případě, že airbag deaktivovat nelze, nesmí se na toto sedadlo dětská sedačka umisťovat. Příklad uchycení takovéto dětské autosedačky je znázorněn na obr. č. 28.



Obr. č. 27 – Uchycení sedačky bezpečnostním pásem [15] Obr. č. 28 – Uchycení sedačky proti směru jízdy [15]

Uchycení pomocí systému ISOFIX

Tento systém zabraňuje především chybné montáži, při které často dochází při použití klasických bezpečnostních pásů. ISOFIX vytváří bezpečné a pevné spojení mezi dětskou sedačkou a vozidlem. Systém uchycení je normován a musí jím být, podle nařízení Evropské unie, vybaveno každé vozidlo vyrobené od roku „2006“[15]. Skládá se ze dvou pevných kotevních úchytů na vozidle a ze dvou odpovídajících úchytů na dětské autosedačce, které zapadají do příslušných kotevních úchytů vozidla.

Popis jednotlivých dílů systému uchycení ISOFIX je zobrazen na obr. č. 29.



Obr. č. 29 – Uchycení ISOFIX [16]

Standardní systém ISOFIX je opatřen pevným ramenem západky. Někteří výrobci autosedaček tento díl opatřují otočným spojem, který má za úkol rozdělit a odklonit síly, které působí na dítě v sedačce. Srovnání uchycení s pevným ramenem západky a uchycení s otočným spojem je znázorněno na obr. č. 30.



Obr. č. 30 – Srovnání standardního systému ISOFIX a ISOFIX s otočným spojem [17]

Šipky 1 a 2 na obr. č. 30 naznačují směr pohybu dětské sedačky při nárazu a oboustranná šipka znázorňuje velikost síly, kterou je namáhána hlavička dítěte. Je vidět, že systém s otočným spojem je při nárazu k dětskému tělu šetrnější.

Srovnání systému ISOFIX a systému využívající bezpečnostní pásy

„Při nehodě se dětská autosedačka zpomalí stejně rychle jako vůz samotný díky pevnému propojení dětské autosedačky s trupem vozu. To vše snižuje zátěž na páteř i riziko zranění hlavy. Dalším důležitým účinkem spojení pomocí systému ISOFIX je skutečnost, že pohyb dětské autosedačky do stran se omezí a pohyb převrácení směrem dopředu zbrzdí podpůrná noha nebo horní popruh.“ [18]

„Pokud je dětská autosedačka upevněna tříbodovým bezpečnostním pásem, dochází ke zpomalení až tehdy, když se pás napne, tedy o něco později. To zvyšuje sílu vyvíjenou na dítě.“[18]

Srovnání systému ISOFIX a systému s použitím bezpečnostních pásů vozidla je zobrazeno na obr. č. 31 a 32.



Obr. č. 31 – Sedačka se systémem ISOFIX [19]



Obr. č. 32 – Sedačka připevněná pomocí bezpečnostních pásů [19]

Vliv nárazu na dětské tělo

Citováno dle zdroje [20] iBESIP:

- například u desetikilového dítěte při nárazu v rychlosti 50 km/h je tato síla velká, jakoby dítě vážilo 300 kg! (vždy 30 krát více).
- náraz při rychlosti 50 km/h bez dětské sedačky odpovídá pádu z výšky 10 m (3. poschodí budovy) je to stejný hazard, jako ho nechat na parapetu otevřeného okna ve třetím patře.
- náraz v rychlosti 15 km/h bez dětské sedačky může být pro dítě již smrtelný
- připoutané malé dítě (menší 150 cm) standardním bezpečnostním pásem – pás jde přes krk – dítě se při nárazu uškrtí.
- dítě držené v náruči v autě – při nárazu ho nikdy neudržíte (i při nízké rychlosti 50 km/h a při váze dítěte 10 kg by maminka musela být schopna udržet 300 kg), naopak ho rozmačkáte tíhou svého těla
- pokud připoutáte sebe a dítě jedním bezpečnostním pásem - při nárazu dítě rozdrtíte svoji tíhou

Testování dětských autosedaček

Všechny dětské autosedačky musí projít procesem homologace a schváleny dle zkušební normy dle požadavků Evropské unie. Schvalovací norma pro rok 2012 je označena ECE R 44/04. Norma ECE 44/04 stanovuje požadavky na dynamickou zkoušku simulováním čelního nárazu při rychlosti „50 km/hod.“ [21] Test bočního nárazu není předepsán. Všechny dětské autosedačky musí být opatřeny jasně viditelným štítkem schválení dle ECE R 44/04, aby bylo možné rozeznat běžné požadavky na bezpečnost.

Mimo zkoušek dříve popsaného procesu schvalování mohou být autosedačky podrobeny zkouškám některých organizací zabývajících se touto problematikou. Každá z těchto organizací má svoji vlastní normu podle, která vyhodnocuje bezpečnost dětských autosedaček. Ve většině případů jsou normy organizací přísnější než schvalovací norma ECE 44/04. Organizace, které se zabývají mj. testováním dětských autosedaček, jsou např. Euro NCAP, Stiftung Warentest (StiWa), ADAC, DEKRA nebo TÜV.

Bezpečnostní pásy a dětské autosedačky jsou druhou nejdůležitější složkou pasivní bezpečnosti. Pomáhají zachytit tělo cestujícího a ochránit ho před kontaktem s interiérem vozidla při dopravní nehodě. Cestující řádně připoutaný bezpečnostním pásem utrpí méně závažná nebo žádná zranění oproti cestujícímu, který tyto bezpečnostní pásy nepoužil. I při poměrně malých rychlostech může dojít k vážným zraněním při kontaktu s interiérem vozidla nebo i k vypadení z vozidla a dojít k vážnému zranění nebo usmrcení, kdy by při použití bezpečnostního pásu jinak nehrozilo téměř žádné zranění.

2.2.5 Airbagy

Airbag slouží jako doplněk bezpečnostních pásů. Snižuje nebo zabraňuje kontaktu částí těla s interiérem vozidla. Jde vlastně o vak z polyamidových vláken, ukrytý ve vnitřním prostoru vozidla, naplněný zdravím neškodným plynem. Plyn vzniká chemickou reakcí. Airbagy se aktivují při nárazu vozidla v řádu několika milisekund. *„Podmínky aktivace systému airbag nelze obecně určit, protože okolnosti při nehodách jsou značně odlišné. Důležitou roli zde hraje povaha předmětu, do kterého vozidlo naráží, resp. předmět narážející do vozidla (tvrdý, měkký), úhel nárazu, relativní rychlost nehodového děje atd. Pro aktivaci systému airbag je za každé situace rozhodující průběh zpomalení.“* [22]

Samotný airbag není schopen zadržet cestujícího, slouží pouze ke zpomalení pohybu hlavy a hrudníku. Žádaný ochranný efekt airbagů nastává pouze za předpokladu, že jsou současně použity bezpečnostní pásy. V opačném případě dojde k nesprávnému načasování

kontaktu hlavy s airbagem nebo k situaci, že hlava i hrudník vůbec na airbag nesměruje. V tomto případě může airbag způsobit velmi vážná poranění, ale i smrt.

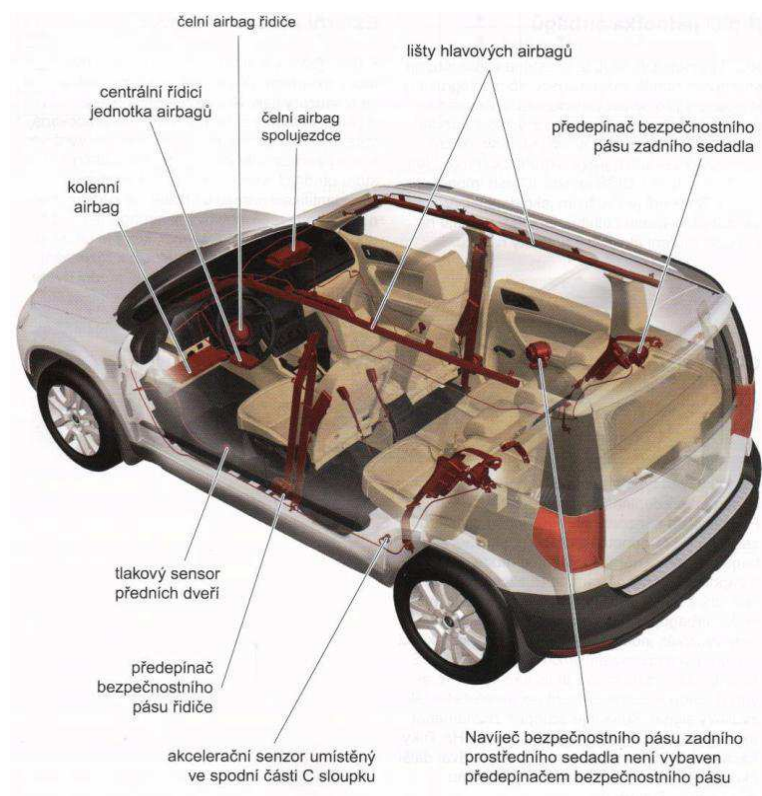
Airbag se skládá ze dvou základních částí, a to z polyamidového vaku a generátoru plynu.

Systém airbagů je řízen řídicí jednotkou, která neustále přijímá signály z různých externích senzorů (zrychlení, tlakové, ultrazvukové atd.) a porovnává je se svými daty, které má definovány. Data kontroluje i pomocí svých vlastních senzorů, které má v sobě zabudovány. V případě, že jsou informace z čidel vyhodnoceny jako náraz, aktivuje řídicí jednotka příslušnou skupinu airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů. Řídicí jednotka airbagů je současně propojena s předpínacím systémem bezpečnostních pásů, aby došlo ke správné synchronizaci těchto prvků.

Systém airbagů tvoří:

- airbagy
- nárazové senzory
- centrální řídicí jednotka
- elektrická instalace
- vypínač čelního airbagu spolujezdce
- přepínače pásů

Systém airbagů vozu Škoda Yeti je zobrazen a popsán na obr. č. 33.



Obr. č. 33 – Systém airbagů vozu Škoda Yeti [7]

Čelní, někdy i boční airbagy jsou opatřeny tzv. ventilačními otvory, aby nedošlo při kontaktu hlavy a airbagu k odražení, ale k pružnému zadržení. Umístění, tvar a velikost těchto otvorů je velmi složitá záležitost při návrhu airbagu.

Nové tzv. adaptivní typy airbagů jsou schopny díky vlastním senzorům rozpoznat tělesné proporce jednotlivých členů posádky, podle kterých určí množství plynu, jakým má být airbag naplněn.

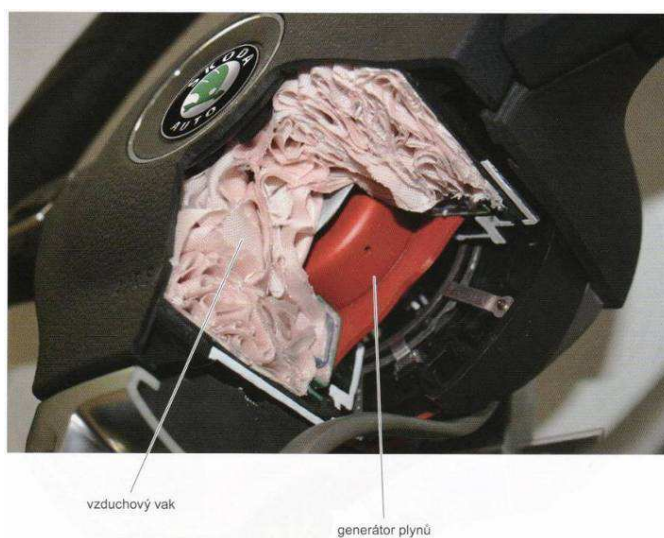
U některých automobilů se při dopravní nehodě pootevřou o cca 5 cm boční okna, aby se zabránilo poškození sluchu při explozi airbagů a aby se tlaková vlna šířila směrem ven z vozu. Údajně se při pootevřených oknech airbagy nafukují rychleji.

2.2.6 Čelní airbagy

Statistiky nehod udávají, že počet nehod, při kterých dochází k čelnímu nárazu, tvoří 60%. Z tohoto důvodu jsou vozy vybaveny airbagy řidiče a spolujezdce. K aktivaci čelních airbagů dochází při nárazu, který je totožný s podélnou osou vozidla nebo svírá s podélnou osou vozidla úhel menší než 30° při současném splnění faktoru zpomalení a rychlosti.

Čelní airbag řidiče

Jeho úkolem je zabránit nárazu hlavy a hrudníku na volant nebo na čelní sklo vozidla. Airbag je umístěn ve středové části volantu. Objem airbagu řidiče bývá cca 60 l a čas, za který se nafoukne do plného objemu, je cca 50 ms. Airbagy jsou plněny generátorem plynu s pyrotechnickou zápalkou. Airbag řidiče se stal v Evropě povinnou výbavou vozidla v „roce 1993“[23]. Ukázka složeného airbagu řidiče je znázorněna na obr. č. 34.



Obr. č. 34 – Řez čelním airbagem řidiče [7]

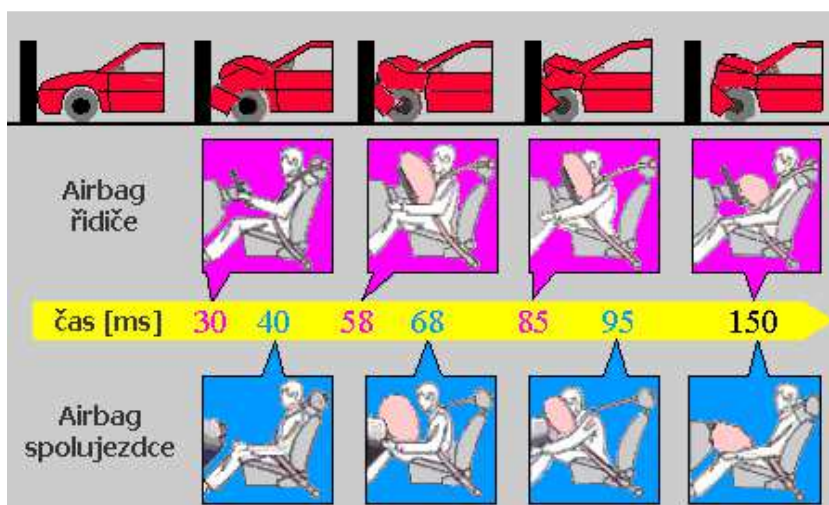
Airbag spolujezdce

Opět má za úkol ochránit cestujícího před kontaktem s tvrdými částmi palubní desky nebo čelním sklem. Airbag je zabudován v horní části palubní desky na straně spolujezdce. Jeho objem je cca 120 l, aby vyplnil celý prostor před spolujezdcem. Airbag je plněn hybridním generátorem plynu, který obsahuje pyrotechnickou zápalku i stlačený plyn. Obr. č. 35 ukazuje „vystřelený“ airbag spolujezdce.



Obr. č. 35 – Airbag spolujezdce [24]

Při srovnání aktivace airbagu řidiče a spolujezdce zjistíme, že airbag spolujezdce je aktivován později. Je to z toho důvodu, že spolujezdec má před sebou více místa a aby došlo ke správnému načasování kontaktu s horní částí těla. Na obr. č. 36 je zobrazen časový rozdíl mezi aktivací airbagu řidiče a spolujezdce, časy jsou pouze orientační.



Obr. č. 36 – Časy aktivace airbagů [25]

2.2.7 Boční airbagy

Vaky podle typu chrání hlavu, hrudník a bederní oblast posádky při bočním nárazu a při převrácení vozidla. Boční airbagy jsou nejčastěji ukryty v bočnici sedadla, konstrukci dveří, nebo v případě zadních sedadel v bočním polštáři navazující na C sloupek. Zhruba 40% zranění bývá způsobeno bočním nárazem. A poměrně často se jedná o vážné poranění hlavy. Četnost bočních nárazů při autonehodě je přibližně 25%. Z důvodu velmi krátkých deformačních zón a malé vzdálenosti cestujícího od boku vozidla, musí být reakční doba a doba nafouknutí zkrácena na minimum. Airbag musí zůstat co nejdéle nafouknutý, aby v případě převrácení vozidla bránil vypadnutí končetin rozbitými okny ven z prostoru vozidla. V případě nárazu kolmému na podélnou osu vozidla nebo nárazu svírajícího s podélnou osou vozidla úhel 30° , při současném splnění faktoru zpomalení a rychlosti, jsou airbagy aktivovány cca do 3 ms na příslušné straně nárazu. Samotné nafouknutí trvá asi 10 ms. Jejich objem bývá okolo 10 – 20 l. Akcelerační senzory bočních airbagů jsou umístěny ve spodní části dveří nebo pod sedadly vozidla. Boční airbagy jsou plněny generátorem plynu s pyrotechnickou zápalkou. Příklad bočního airbagu je zobrazen na obr. č. 37 a 38.



Obr. č. 37 – Boční airbag [7]



Obr. č. 38 – umístění bočního airbagu [26]

2.2.8 Hlavové airbagy

Jejich úkolem je chránit především hlavu a trup cestujícího před kontaktem se sloupky a skly vozidla při bočním nárazu nebo při převrácení. Jsou většinou společné pro přední i zadní cestující. Na rozdíl od čelních a bočních vaků se hlavové nevyfukují. Z toho důvodu je vnitřní strana potažena silikonovou vrstvou. Hlavové airbagy jsou umístěny ve stropním obložení nad bočními sloupky. V případě nárazu je hlavový airbag aktivován současně s bočními airbagy na příslušné straně nárazu. Jejich objem bývá přibližně 35 l. Hlavový airbag je plněn na rozdíl od čelních a bočních plynovým generátorem, který obsahuje pouze stlačený plyn (helium + argon). Příklad bočního airbagu je uvedena na obr. č. 39.



Obr. č. 39 – Hlavový airbag [27]

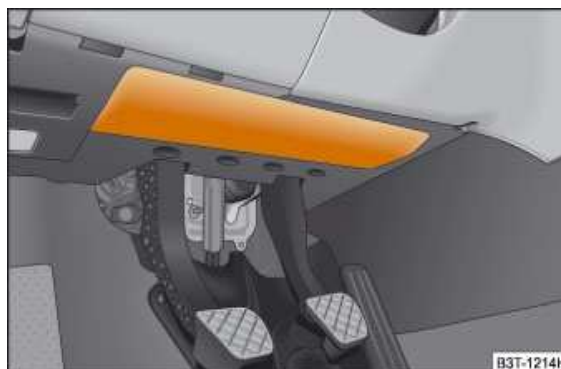
2.2.9 Kolenní airbag

V případě nárazu zabraňuje kontaktu dolních končetin s díly přístrojové desky a tvrdými strukturami pod přístrojovou deskou, případně klíčkem zapalování, sloupkem volantu, atd. Zabraňuje podklouznutí těla směrem pod přístrojovou desku. Tím zajišťuje lepší funkci ostatních zádržných systémů. Kolenní airbag je umístěn pod přístrojovou deskou.

Styčná plocha kolen s vakem je minimální a tloušťka airbagu, který se rozbaluje směrem vzhůru podél přístrojové desky, nemůže být velká. Tyto airbagy se stejně jako hlavové airbagy nevyfukují a jsou výrazně tvrdší. Příklad kolenního airbagu Škody Superb II je vyobrazen na obr. 40 a 41.



Obr. č. 40 – Kolenní airbag Škody Superb II [28]



Obr. č. 41 – Kolenní airbag Škody Superb II [29]

2.2.10 Další používané airbagy

Interseat Protection – mezipasažerový airbag

„*Interseat Protection*“ [30] zabraňuje střetu hlav vedle sebe sedících osob na předních i zadních sedadlech při bočním nárazu. Fungují podobně jako boční airbagy. Jsou umístěny v prostoru mezi sedadly, případně v bočnici sedadel na druhé straně než je boční airbag. Ukázka tohoto airbagu je na obr. č. 42.



Obr. č. 42 - *Interseat Protection – mezipasažerový airbag* [30]

Airbagy v bezpečnostním páse

Bezpečnostní pásy vybavené airbagem mají za úkol rozložit sílu, která působí při nárazu na hrudník do větší plochy. Snižují riziko poranění hrudníku a nekontrolovatelného pohybu hlavy a krku. Tyto pásy se používají na zadních sedačkách, které nejsou opatřeny klasickými airbagy.

„*Airbagy v bezpečnostních pásech mají válcový tvar a nafukují se stlačeným chladným plynem, který do nich proudí skrz speciálně konstruovanou sponu z nádržky uložené pod sedadlem.*“ [31]

Stlačený plyn je použit, protože u generátoru s chemickou reakcí vzniká určité množství tepla. Jelikož je pás v bezprostředním kontaktu s tělem, nemusí být rychlost nafukování tak velká a airbag se může okolo trupu cestujícího rozvinout pomaleji. V nafouknutém stavu zůstávají ještě několik sekund po nárazu, poté se přes póry vaku vypustí.

Tyto pásy s airbagy je možno používat i pro připoutání dětské sedačky nebo děti připoutané na podsedáku. Jako příklad je uveden bezpečnostní pás s airbagem od výrobce Ford na obr. č. 43.



Obr. č. 43 – Nafukovací bezpečnostní pás [31]

Hlavový airbag pro cestující vzadu při nárazu zezadu

Airbag tvoří ochrannou bariéru podobně jak hlavový airbag popsáný v kapitole 2.2.8 Hlavové airbagy. Minimalizuje možnost úrazu hlavy a snižuje závažnost poranění při nárazu zezadu. Je ukryt pod čalouněním nad zadním oknem. Tento typ airbagu vyvinula společnost Toyota a využívá je u svých „mini“ vozidel IQ. Na obr. č. 44 je ukázka tohoto typu airbagu.



Obr. č. 44 – Hlavový airbag chránící při nárazu zezadu [32]

Stehenní airbag

„Protiposuvný airbag (obr. č. 45 a 46) je umístěn pod přední hranou sedačkového polštářku a slouží ke snížení nebezpečí podklouznutí pod bezpečnostními pásy při nárazu. Systém udržuje kolena a nohy v bezpečné vzdálenosti od přístrojové desky a zlepšuje ochranu poskytovanou bezpečnostními pásy, snižující riziko poranění břicha. To také vylepšuje ochranu poskytovanou čelními airbagy udržením cestujících v napřímené poloze.“[33]



Obr. č. 45 – Bez protiposuvného airbagu [33]



Obr. č. 46- S protiposuvným airbagem [33]

Airbagy jsou další důležitou složkou prvků pasivní bezpečnosti. V pomyslném žebříčku hodnocení prvků pasivní bezpečnosti zaujímají třetí místo z hlediska důležitosti. Airbagy jsou doplňkem právě bezpečnostních pásů a činnost těchto prvků musí být při nehodě synchronizována. Všechny typy airbagů mají jeden společný úkol a to zabránit kontaktu těla s částmi interiéru vozidla. Vliv airbagů na ochranu posádky vozidla je nezpochybnitelný. Výrazně snižují velikost poranění osob ve vozidle při dopravní nehodě.

2.3 OPĚRKY HLAVY

Hlavové opěrky mají za úkol zabránit prudkému pohybu hlavy směrem dozadu především při nárazu zezadu. Opěrky hlavy lze rozdělit na dvě základní skupiny:

- pasivní opěrky hlavy
- aktivní opěrky hlavy

2.3.1 Aktivní opěrky hlavy

Princip aktivní opěrky hlavy spočívá ve zmenšení vzdálenosti mezi hlavou cestujícího a opěrkou hlavy při nárazu, čímž se snižuje riziko poranění krční páteře (hyperextenzi krku).

K aktivaci systému dojde díky setrvačné síle působící na tělo pasažéra při nárazu zezadu. Přenos váhy pasažéra, která působí na sedadlo při setrvačné síle, vyvolává tlak zad na bederní opěru. V bederní opěrce je zabudován pákový mechanismus, který je spojen s hlavovou opěrkou. Tlak, vyvolaný zády pasažéra stlačí bederní opěru a ta přes pákový mechanismus začne pohybovat hlavovou opěrkou směrem nahoru a dopředu, čímž se snižuje vzdálenost mezi hlavou cestujícího a opěrkou hlavy. Po skončení nárazu se systém vrátí zpět do původní polohy.

Druhy aktivních opěrek:

- **RHR (Reactive Head Restraint)** - Opěrka hlavy, která se automaticky posunuje vpřed a vzhůru během nehody. Pohyb je vyvolován hmotností cestujícího, který se opře do opěradla. Obr. č. 47.



Obr. č. 47 – Aktivní opěrka typu RHR [34]

- **PAHR (Pro Active Head Restraint)** - Opěrka hlavy, která se automaticky posunuje vpřed a vzhůru na počátku nárazu. Pohyb je odstartován signálem ze senzorů na nárazníku nebo uvnitř automobilu. Obr. č. 48.



Obr. č. 48 - Aktivní opěrka typu PAHR [34]

Základem bezpečné ochrany krční páteře je správné nastavení hlavové opěrky. Při nárazu se připoutaná osoba vrací do sedadla po vyšší trajektorii, než se pohyboval vpřed vlivem prodloužení bezpečnostního pásu. Správně nastavená hlavová opěrka by měla být ve výšce cca 7 cm nad výškou očí.

Z hlediska důležitosti zaujímají opěrky hlavy pomyslné čtvrté místo. Bez opěrek hlavy, ať už aktivních, nebo pasivních je velmi značné riziko poranění krční páteře. Vlivem těchto prvků pasivní bezpečnosti prakticky zmizely případy, kdy došlo ke zlomení prvních dvou obratlů („zlomený vaz“) při nárazu. K takovému zranění docházelo i při nízkých rychlostech při nárazu zezadu u vozidel, které nebyly vybaveny opěrkami hlavy.

2.4 BEZPEČNOSTNÍ UCHYCENÍ NĚKTERÝCH PRVKŮ V INTERIÉRU VOZIDLA

Bezpečnostní uchycení některých prvků v interiéru vozidla slouží především při čelním nárazu k pohlcení pohybové energie těla a zmírnění tlaku na části těla, které jsou vystaveny následkům nehody, nebo omezují možnost vniku některých prvků do prostoru pro posádku.

Mezi prvky opatřené bezpečnostním uchycením patří zejména sloupek řízení a pedálového ústrojí.

2.4.1 Bezpečnostní uchycení sloupku řízení

Při čelním nárazu může vzniknout situace, kdy při deformaci přídě vniká řídicí tyč do vnitřního prostoru. V tomto případě by mohlo dojít k velmi vážnému poranění řidiče. U moderních automobilů je mechanismus řízení navržen tak, aby se při kolizi řízeně deformoval.

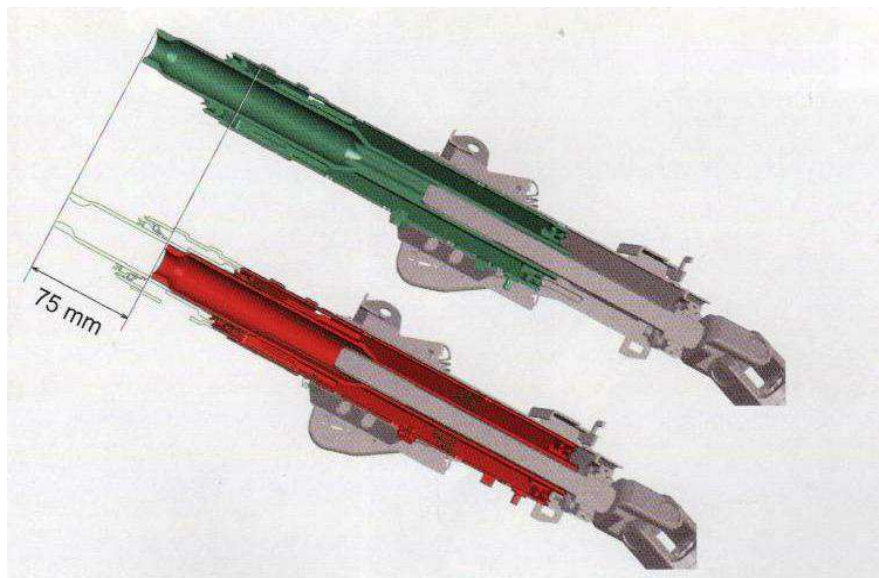
Deformační členy řídicího mechanismu mohou být konstruovány jako:

- kloubové hřídele
- svislý válec s perforovaného plechu
- posuvný mechanismus

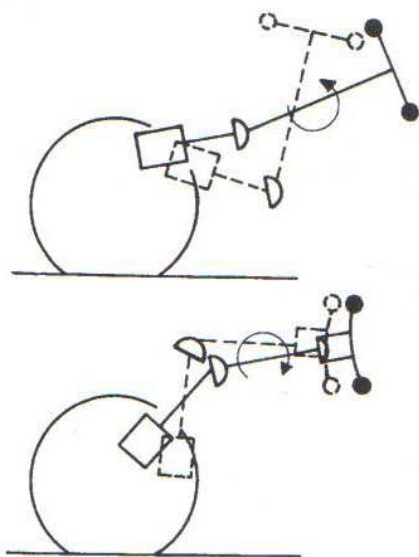
Všechny tyto typy konstrukce musí vyhovovat předpisům EHK.

Při čelním nárazu, kdy dojde k aktivaci airbagu a nárazu těla řidiče, přes airbag na volant se sloupek řízení uvolní, zasune se (u posuvného mechanismu cca o 75 mm) a zmenší možnost poranění o volant. Zasunutím sloupku řízení vznikne větší prostor pro řidiče a

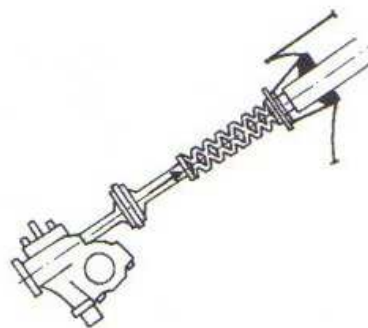
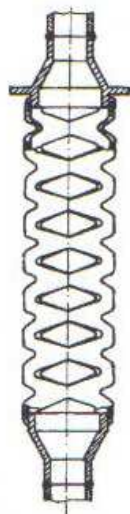
umožní zádržným systémům brzdit tělo řidiče na delší dráze. Ukázka posuvného mechanismu, mechanismu s kloubovým hřídelem a svislý válec s perforovaného plech je za obr. č. 49, 50 a 51.



Obr. č. 49 – posuvný mechanismus sloupku řízení [7]



Obr. č. 50 – kloubová hřídel [3]

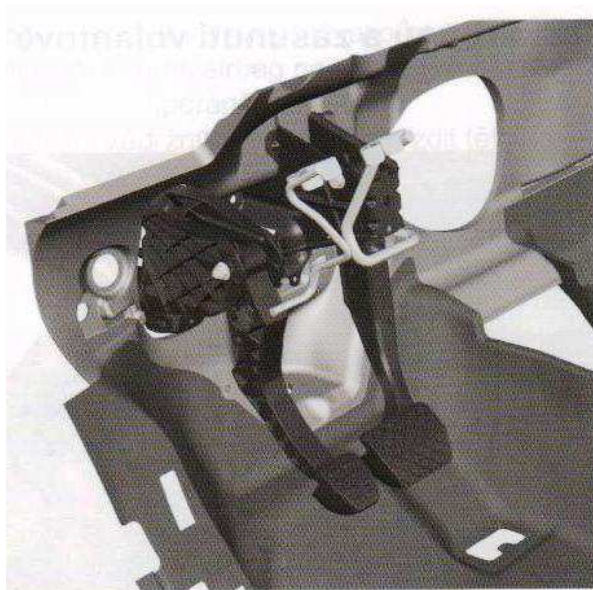


Obr. č. 51 - Svislý válec s perforovaného plechu [3]

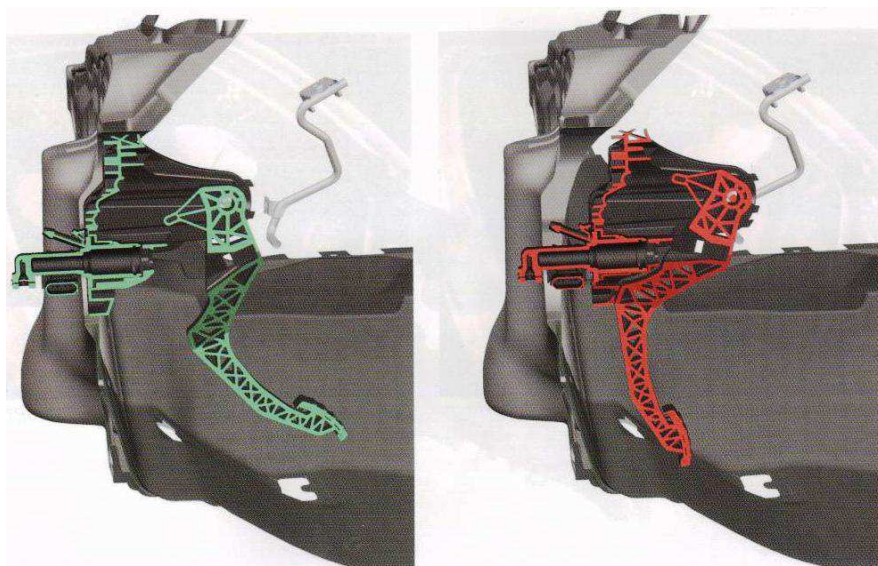
2.4.2 Bezpečnostní uchycení pedálového ústrojí

Toto uchycení pedálového ústrojí slouží především ke zmenšení rizika zranění chodidel a holení. Koncern VW tento systém řeší pomocí drátových výztuh upevněných na modulový nosič, který se po nárazu nedeformuje. V případě kdy dojde k posunu uchycení

pedálů směrem do interiéru, drátové výztuhy posunou pedály do krajní polohy (plné sešlápnutí). Obr. 52 a 53.



Obr. č. 52 – Systém uchycení pedálového ústrojí VW [7]



Obr. č. 53 – Detail uchycení pedálového ústrojí VW – před nehodou (vlevo), po nehodě (vpravo) [7]

„Firma Opel používá tzv. Pedal Release Systém (PRS). Jeho základem je dvojitá plechová konzola kosoúhelníkového tvaru. Uvnitř mezi oběma díly je zachycena osa pedálů. V případě velké síly při havárii se konzola deformuje předem definovaným způsobem a hřídel pedálů i s pedály spadne na podlahu. Tím se zabrání nežádoucímu průniku pedálů k nohám řidiče.“[3]

Bezpečnostní uchycení některých prvků v interiéru, které se řízeně deformuje, zvyšuje účinky jak deformačních zón, tak airbagů. Tyto prvky mají vliv na snižování vážnosti zranění např. hlavy, hrudníku nebo dolních končetin při čelním nárazu.

3 TESTOVÁNÍ PASIVNÍ BEZPEČNOSTI VOZIDEL

Vozidla, jak už bylo zmíněno v kapitole 1 Bezpečnost vozidel, procházejí homologačními testy, které jsou povinné. Výsledkem homologačních testů je, že vozidlo může, nebo nesmí být provozováno v silničním provozu. Kromě těchto testů mohou vozidla absolvovat další dobrovolné testy u některé z nezávislých organizací, které se touto problematikou zabývají. Každá organizace má svoji přesně definovanou metodiku testování. Výsledkem testování je získání určitého počtu hvězdiček, bodů atd. Poté je možno porovnávat jednotlivá vozidla v daných kategoriích mezi sebou z hlediska bezpečnosti.

Mezi nejznámější organizace v Evropě testující bezpečnost vozidel patří Euro NCAP, v USA je obdobou organizace NHTSA (National highway traffic safety administration) ap. Tyto organizace provádějí hodnocení bezpečnosti pomocí série nárazových zkoušek tzv. cash testů.

Základní testy, které provádí organizace NHTSA jsou:

- čelní náraz do zdi s překrytím 100% při rychlosti 56 km/h
- boční náraz do vozu rychlostí 62 km/h
- náraz na sloup při rychlosti 32 km/h
- test na převrácení vozidla

Vzhledem k tomu, že se Česká republika nachází v Evropě, bude testování organizací Euro NCAP popsáno podrobněji v následující kapitole.

3.1 EURO NCAP

„Organizace Euro NCAP byla založena v roce 1997, dnes sídlí v Bruselu a sdružuje představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, pojišťoven a zákaznických organizací. Název Euro NCAP vychází z anglického European New Car Assessment Programme neboli Evropský program hodnocení nových vozů. Cílem konsorcia Euro NCAP je nezávislé hodnocení pasivní bezpečnosti automobilů všech značek. Výsledky jsou vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Počet hvězdiček se pohybuje od 0(nevyhovující) po 5(bezpečné). Výsledky testů jsou volně dostupné a spotřebitel si tak může jednoduše zjistit na jaké úrovni bezpečnosti je jeho vůz.“[35]

Vozidla jsou pro testy vybírány zcela náhodně a anonymně, aby se zajistila seriovitost provedení vozidla a zabránilo případnému ovlivňování ze strany výrobce vozidla.

Od roku 2009 byly přijaty změny v systému provádění nárazových testů. Došlo ke zvýšení procentuálního bodového hodnocení pro získání hvězdiček u stávajících kategorií a byl rozšířen počet kategorií na čtyři:

1. bezpečnost dospělých cestujících
2. bezpečnost dětských cestujících
3. bezpečnost chodců
4. bezpečnostní systémy

Jednotlivým kategoriím se již nepřidělují hvězdičky zvlášť, ale vozidlo dostává pouze jedinou výslednou známku v podobě jedné sady hvězdiček.

„Každý ze čtyř boxů - kategorií - má pevně stanovený maximální počet bodů. Celková známka je pak váženým průměrem z uvedených 4 kategorií. Váha kategorie zohledňuje relativně důležitost této oblasti pro bezpečnost automobilu. Celková známka (body) se převádí na počet hvězd dle stanoveného klíče. Pokud některá známka určité kategorie nedosahuje určité minimální úrovně pro daný počet hvězd (celkového hodnocení), může být celková známka snížena. To by mělo zabránit získu vyšších známek celkového hodnocení v těch případech, kdy automobil prokazuje mimořádně vysoké výsledky např. ve třech kategoriích, ale ve čtvrté je výrazně horší.“[36]

Mezi hlavní zkoušky, které provádí nezávislá organizace Euro NCAP patří:

- čelní náraz – 64 km/h
- boční náraz – 50 km/h
- boční náraz na sloupek – 29 km/h
- střet s chodcem – 40 km/h
- test ochrany dětí
- test ochrany krční páteře
- test bezpečnostních systémů

Jednotlivé zkoušky jsou rozděleny do již dříve zmíněných čtyř kategorií. V následujících podkapitolách budou podrobněji rozebrány a popsán postup vyhodnocování těchto zkoušek.

3.1.1 Tematické kategorie

Kategorie 1 – Ochrana dospělých cestujících (max. 36 bodů)

V této kategorii se provádí čelní nárazový test, při kterém je možno dosáhnout maximálně 16 bodů. Dále se provádí boční náraz, kde lze dosáhnout maximálně 8 bodů. Náraz na kůl se provádí pouze za předpokladu, že je vozidlo vybaveno bočním a hlavovým airbagem. Náraz na kůl je ohodnocen maximálně 8 body. Poslední zkouškou v této kategorii je hodnocení rizika poranění krční páteře (tzv. whiplash neck injury), maximální počet bodů, kterých lze dosáhnout jsou 4.

Kategorie 2 - Ochrana dětí (max. 49 bodů)

„V této kategorii jsou vyhodnocovány dynamické testy s figurínami dětí ve věku 1,5 roku a 3 roky v zádržných systémech při čelním a bočním nárazu (12 bodů/zádržný systém), vyhodnocení samotných zádržných systémů v podobě označení (4 body) a upevnění ve vozidle (2 body). Třetí částí pak je vyhodnocení vozidla z hlediska vyznačení vypnutí airbagu, přítomnosti tříbodových pásů, vhodnosti pro univerzální sedačky, přítomnosti úchyty ISOFIX, apod. Celkem je možno získat 13 bodů.“[37]

Kategorie 3 – Ochrana chodců (max. 36 bodů)

„Provádí se testy nárazu hlavy dítěte (impaktor o hmotnosti 2,5 kg) a dospělého (impaktor o hmotnosti 4,8 kg) - celkem až 24 bodů, testy rizika poranění dolních končetin o nárazník (6 bodů) a rizika poranění o hrany na kapotě a nárazníku (6 bodů).“[37]

Kategorie 4 – Asistenční systémy (max. 7 bodů)

„Nová kategorie (od roku 2009) obsahuje disciplíny týkající se elektronických asistenčních systémů, které ovlivňují bezpečnost vozidla.“[37]

V této kategorii se posuzuje:

- signalizace nezapnutých bezpečnostních pásů – 3 body
- přítomnost stabilizačního systému – 3 body
- přítomnost zařízení omezujícího jízdu nastavenou rychlostí (varující řidiče nebo přímo aktivně zasahující) – 1 bod

„Aby mohl automobil získat body za přítomnost asistenčních zařízení, musí být tato zařízení součástí výbavy 85% vozů prodaných na trhu v Evropě (pro rok 2009). Tento

požadavek se bude stupňovat a v roce 2012 bude vyžadována 100% přítomnost daného prvku ve vozech prodaných v Evropě.“[37]

Celkové hodnocení se skládá z výsledků dosažených ve čtyřech oblastech hodnocení, také označované jako "boxy": ochrana dospělých cestujících, ochrana dětí ve vozidle, ochrana chodců a asistenční systémy. Každé kategorii uděluje metodika váhu podle relativní důležitosti. V následující tabulce (tab. č. 1) jsou uvedeny procentuální váhy jednotlivých kategorií.

Tab. č. 1 – Tabulka váhových faktorů pro rok 2009 – 2012 [38]

Rok	2009	2010	2011	2012
Box 1: Ochrana dospělých cestujících	50%	50%	50%	50%
Box 2: Ochrana dětí ve vozidle	20%	20%	20%	20%
Box 3: Ochrana chodců	20%	20%	20%	20%
Box 4: Asistenční systémy	10%	10%	10%	10%

V tabulce č. 2 jsou uvedeny procenta maximálního bodového hodnocení v jednotlivých kategoriích pro rok 2012, kterých musí model automobilu dosáhnout, aby mohl být oceněn určitým počtem hvězd.

Tab. č. 2 – Procenta maximálních bodových hodnocení potřebná pro získání hvězd pro rok 2012 [38]

Rok 2012	Celkem váž. průměr	Box 1: Ochrana dospělých cestujících	Box 2: Ochrana dětí ve vozidle	Box 3: Ochrana chodců	Box 4: Asistenční systémy
Pro 5 hvězd nejméně	80%	80%	75%	60%	60%
Pro 4 hvězdy nejméně	70%	70%	60%	50%	40%
Pro 3 hvězdy nejméně	60%	40%	30%	25%	25%
Pro 2 hvězdy nejméně	55%	30%	25%	15%	15%
Pro 1 hvězdu nejméně	45%	20%	15%	10%	5%

3.1.2 Testy prováděné Euro NCAP

„Euro NCAP provádí testy v několika kategoriích. Je to kvůli tomu, že nelze srovnávat pasivní bezpečnost luxusní limuzíny s malým vozidlem určeným do města, proto je bezpečnost testovaných vozidel vždy porovnávána v rámci příslušné kategorie.“[39]

Přehled jednotlivých kategorií vozidel a jejich zástupců je uveden v Tab. 3.

Tab. č. 3 – Kategorie automobilů dle Euro NCAP [40]

Kategorie	Příklady vozidel
Supermini	Audi A1, Chevrolet Aveo, Citroen C3, Škoda Citigo, VW Polo
Malé rodinné vozy	BMW řady 3, Ford Focus, Hyundai i30, Peugeot 308, VW Golf
Velké rodinné vozy	Citroen C5, Hyundai i40, Opel Insignia, Škoda Superb
Luxusní vozy	Audi A6, BMW řady 5, Jaguar XF, Mercedes – Benz třídy E
Malá MPV	Chevrolet Orlando, Ford C – Max, Hyundai ix 20, Peugeot 5008
Velká MPV	Ford Galaxy, Renault Espace, Seat Alhambra, VW Sharan
Sportovní roadstery	Audi TT, BMW Z4, Mazda MX5, Honda S2000
Malé Off – Road 4x4	Audi Q5, BMW X3, Hyundai ix35, Volvo XC60, VW Tiguan
Velké Off – Roady 4x4	BMW X5, Jeep Grand Cherokee, Mercedes – Benz třídy M
Pick Up	Ford Ranger, Nissan Navara, VW Amarok

Čelní náraz

Vozidlo naráží na bariéru na straně řidiče.

Parametry zkoušky:

- rychlost – 64 km/h (cca 40 mph)
- přesazení 40% šířky vozidla na straně řidiče
- deformovatelná bariéra o rozměrech 1000x540 mm
- figuríny:
 - o řidič
 - o spolujezdec
 - o dítě 1,5 roku v autosedačce na zadním sedadle za spolujezdcem nebo uprostřed
 - o dítě 3 roky v autosedačce na zadním sedadle za řidičem nebo uprostřed

Grafické znázornění testu je na obr. č. 54.



Obr. č. 54 – Čelní náraz [41]

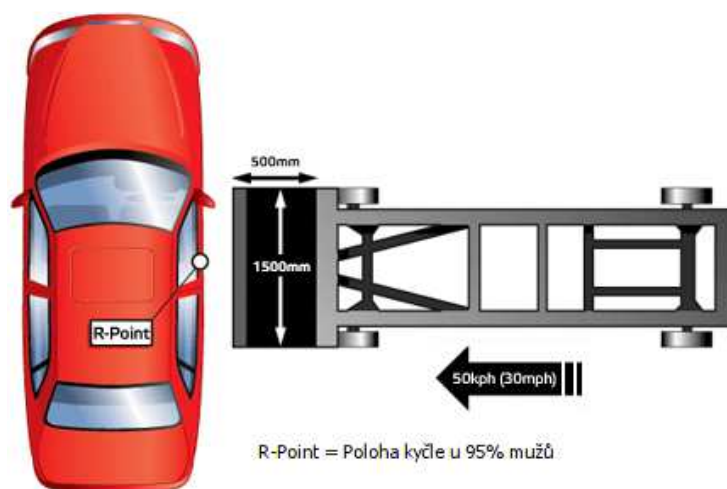
Boční náraz

Vozík s bariérou naráží do boku stojícího vozidla na stranu řidiče.

Parametry zkoušky:

- rychlost – 50 km/h (cca 30 mph)
- deformovatelná bariéra o rozměrech 1500x500 mm
- hmotnost bariéry 950 ± 20 kg
- figuríny:
 - o řidič
 - o dítě 1,5 roku v autosedačce na zadním sedadle za řidičem nebo uprostřed
 - o dítě 3 roku v autosedačce na zadním sedadle za spolujezdcem nebo uprostřed

Grafické znázornění testu je na obr. č. 55.



Obr. č. 55 – Boční náraz [42]

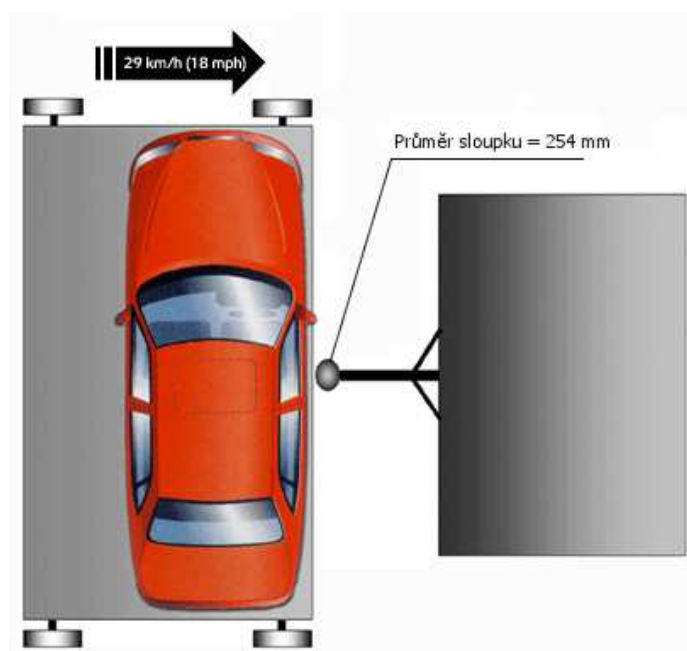
Náraz na sloupek

Vozidlo je na pojízdné plošině, náraz je směřován do boku vozidla na hlavu řidiče. Tato zkouška se provádí pouze u vozidel, která jsou vybavena hlavovým airbagem.

Parametry zkoušky:

- rychlost – 29 km/h (cca 18 mph)
- průměr sloupku – 254 mm
- figuríny:
 - o řidič

Grafické znázornění testu je na obr. č. 56.



Obr. č. 56 – Náraz na sloupek [43]

Ochrana chodců

Simuluje se střet s chodcem (dospělý, dítě) při rychlosti 40 km/h. Místo figurín se používají modely jednotlivých částí těla, kterými se specifickým způsobem naráží do částí vozidla (přední nárazník, hrana kapoty, horní část kapoty, čelní sklo).

Parametry zkoušky:

- rychlost - 40 km/h (cca 25 mph)

Test ochrany krční páteře (Whiplash test)

Tento test simuluje náraz zezadu. Vymontované sedadlo i včetně veškerého příslušenství je upevněno na zkušební plošině. K testování na ochranu krční páteře se používá speciální figurína, která umožňuje měření zatížení právě této oblasti. Musí se brát ohled na pozici sedadla ve vozidle. Jediný parametr, který se může lišit od umístění ve vozidle je vzdálenost sedáku od podlahy. Figurína je připoutaná bezpečnostním pásem.

Nastavení sedadla:

- nejvzdálenější poloha od volantu
- nejnižší poloha
- opěradlo co největší svislý sklon
- sedák co nejvíce vodorovně
- bederní opěrka co nejvíce dozadu (pokud je vozidlo vybaveno)
- další seřiditelné části (bočnice, délka sedáku, atd.) ve výchozí pozici
- opěrka hlavy co nejbližší středové poloze

„Pro vyhodnocení se měří především prodleva mezi nárazem a kontaktem hlavy s opěrkou, zatížení různých částí krční páteře a rychlost odrazu hlavy od opěrky. Naměřené hodnoty se pak porovnávají se stanovenými limity.“[44]

Dynamický test

„Zkouška probíhá ve třech intenzitách, které byly určeny na základě údajů pojišťoven. Při nízké intenzitě dosahuje přetížení 5 g v časovém intervalu 0,02-0,09. Střední intenzita znamená krátkodobé přetížení s vrcholem 10 g v čase 0,03 s a vysoká intenzita přetížení 7-8 g v časovém intervalu 0,01-0,95 s. Přesný průběh přetížení a možné odchylky jsou stanoveny v metodice Euro NCAP.“[44]

Za každou dynamickou zkoušku lze udělit maximálně 3 body.

Statický test

„Statické vyhodnocení se skládá z geometrie opěrky, která je hodnocena v rozsahu -1 až +1 bod a ze snadnosti nastavení opěrky (až 1 bod). Celkový bodový výsledek může být snížen, pokud se během testů vyskytnou situace jako nevhodné přetížení jiné části těla (až minus 2 body) nebo nežádoucí prohnutí opěradla (až minus 1 bod).“[44]

Celkový výsledek bodového hodnocení z obou testů může dosáhnout maxima 11 bodů (3 x 3 body za dynamické testy, 1 bod za snadnost seřízení a 1 bod za geometrii).

4 VÝŇATEK ZE STATISTIK NEHODOVOSTI

4.1 STATISTIKA DOPRAVNÍCH NEHOD, TĚŽCE A LEHCE ZRANĚNÝCH A USMRCENÝCH

V této kapitole jsou uvedeny statistiky, které se týkají počtu dopravních nehod, těžce a lehce zraněných a usmrcených. Pojem „Těžké zranění“ není v trestním zákoně definován. V lékařské zprávě tomuto odpovídá pojem „Těžká újma na zdraví“, který je definován § 122 odst. 2 tr. zák. [45] jako: *Vážná porucha zdraví nebo vážné onemocnění spočívající v některé z následujících eventualit:*

- *zmrzačení*
- *ztráta nebo podstatné snížení pracovní způsobilosti*
- *ochromení údu*
- *ztráta nebo podstatné oslabení funkce smyslového ústrojí*
- *poškození důležitého orgánu*
- *zohydření*
- *vyvolání potratu nebo usmrcení plodu*
- *mučivé útrapy*
- *delší dobu trvající porucha zdraví*

Statistický přehled je uveden od roku 2001 do roku 2011. Údaje uvedené v těchto statistikách byly čerpány ze statistik Policie ČR na stránkách AUTOSAP.cz.

Do statistik se započítává usmrcený při nehodě jako ten, kdo skoná na místě, nebo ten, kdo zemře do 24 hodin po nehodě.

V tab. č. 4 jsou uvedeny celkové počty dopravních nehod, počet usmrcených, těžce a lehce zraněných zaznamenaných Policií ČR. Hodnoty jednotlivých kategorií byly následně vyjádřeny graficky kvůli znázornění vývoje v průběhu těchto deseti let.

Tab. č. 4 – Počet nehod, usmrcených, těžce a lehce zraněných při dopravních nehodách od roku 2001 do roku 2011 [46]

ROK	POČET NEHOD	USMRCENO	TĚŽCE ZRANĚNO	LEHCE ZRANĚNO
2001	185 664	1 219	5 493	28 297
2002	190 718	1 314	5 492	29 013
2003	195 851	1 319	5 253	30 312
2004	196 484	1 215	4 878	29 543
2005	199 262	1 127	4 396	27 974
2006	187 965	956	3 990	24 231
2007	182 736	1 123	3 960	25 382
2008	160 376	992	3 809	24 776
2009	74 815	832	3 536	23 777
2010	75 522	753	2 823	21 610
2011	75 137	707	3 092	22 519

Graf č. 1 znázorňuje počet dopravních nehod a jejich průběh v letech 2001 – 2011. Jak je vidět z grafu od roku 2001 počet dopravních nehod mírně stoupá až do roku 2005. V tomto roce bylo zaznamenáno nejvíce dopravních nehod (199 262). Rokem 2006 startuje trend ubývání počtu dopravních nehod, pravděpodobně způsobený spuštěním nového bodového hodnocení dopravních přestupků.

V roce 2009 vstoupila v platnost novela Silničního zákona 361/2000 Sb., která byla vytvářena ve spolupráci s Českou asociací pojišťoven a Ministerstvem vnitra. Důležitá změna, která ovlivňuje statistiky Policie ČR je § 47 odst. 4 a 5. Ve znění [47]:

„§47 (4) Dojde-li při dopravní nehodě k usmrcení nebo zranění osoby nebo k hmotné škodě převyšující zřejmě na některém ze zúčastněných vozidel včetně přepravovaných věcí částku 100 000 Kč, jsou účastníci dopravní nehody povinni:

- a) neprodleně ohlásit dopravní nehodu policistovi,*
- b) zdržet se jednání, které by bylo na újmu řádného vyšetření dopravní nehody, zejména přemístění vozidel; musí-li se však situace vzniklá dopravní nehodou změnit, zejména je-li to nutné k vyproštění nebo ošetření zraněné osoby nebo k obnovení provozu na pozemních komunikacích, především provozu vozidel hromadné dopravy osob, vyznačit situaci a stopy,*

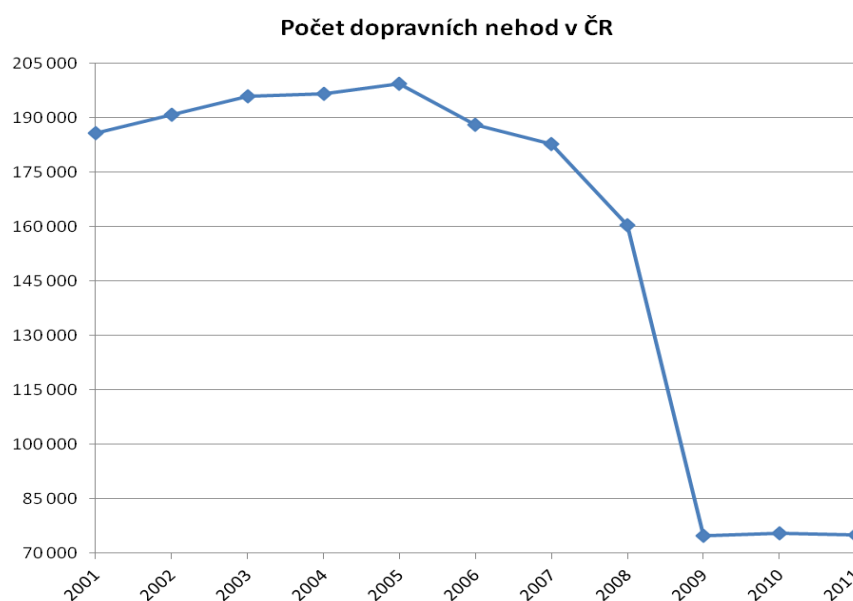
c) setrvat na místě dopravní nehody až do příchodu policisty nebo se na toto místo neprodleně vrátit po poskytnutí nebo přivolání pomoci nebo ohlášení dopravní nehody.“

„§47 (5) Povinnost podle odstavce 4 platí i v případě, kdy při dopravní nehodě:

- a) dojde ke hmotné škodě na majetku třetí osoby, s výjimkou škody na vozidle, jehož řidič má účast na dopravní nehodě nebo škody na věci přepravované v tomto vozidle,
- b) dojde k poškození nebo zničení součásti nebo příslušenství pozemní komunikace podle zákona o pozemních komunikacích [20a], nebo
- c) účastníci dopravní nehody nemohou sami bez vynaložení nepřiměřeného úsilí zabezpečit obnovení plynulosti provozu na pozemních komunikacích.“

Tato změna má velmi výrazný vliv na počet dopravních nehod v těchto statistikách a proto byla v roce 2009 zaznamenán dosud nejnižší počet dopravních nehod na území ČR (74 815).

Graf č. 1 – Počet dopravních nehod, ke kterým byla přivolána Policie ČR



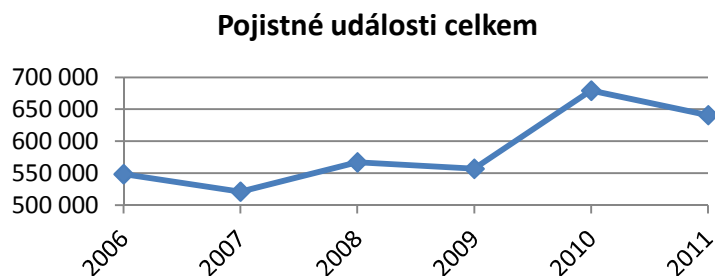
Pro srovnání jsou zde uvedeny statistiky České asociace pojišťoven od roku 2006 do roku 2011 o počtu pojistných událostí týkajících se dopravních nehod. Ty jsou součtem počtu pojistných událostí z povinného ručení a počtu pojistných událostí z havarijního pojištění. Počty pojistných událostí celkem jsou uvedeny v tab. č. 5.

Tab. č. 5 – Počet pojistných událostí za rok 2006 – 2011 [48]

Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Pojistné události celkem	548 411	521 223	566 928	556 909	679 209	640 883

Graf č. 2 názorně ukazuje vývoj pojistných událostí a vychází z tab. č. 5.

Graf č. 2 – Pojistné události za rok 2006 – 2011

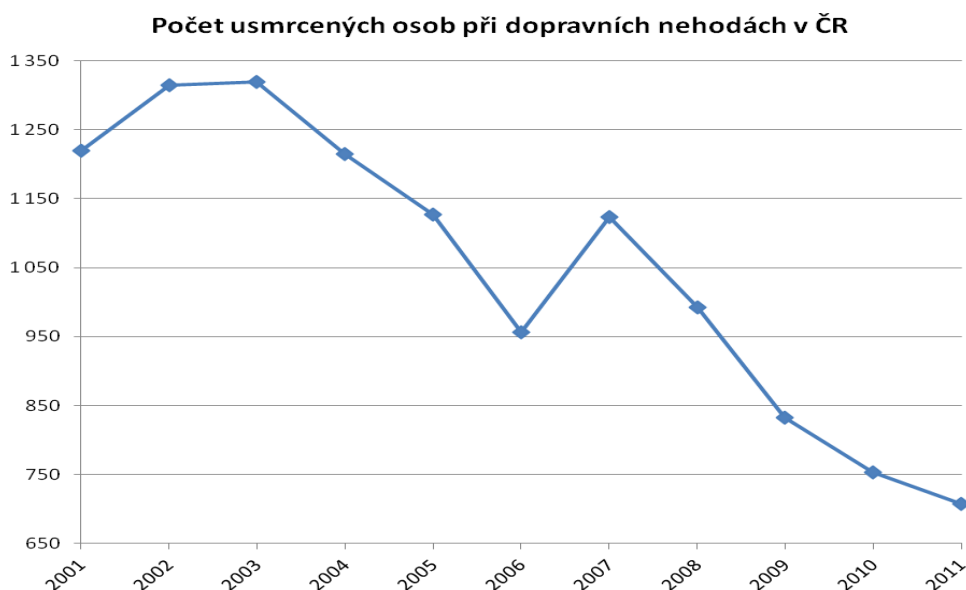


Procentuální podíl pojistného vypláceného z havarijního pojištění se pozvolna navyšuje. V roce 2006 činil podíl cca 40%, ale v roce 2011 to již bylo cca 54%. Průměrný podíl vypláceného pojistného z havarijního pojištění za uvedené období činí cca 46%.

Jak je vidět na grafu č. 2, počet nehod (pojistných událostí), na rozdíl od statistik Policie, se od roku 2006 do roku 2009 pohyboval zhruba kolem hodnoty 550 000. V roce 2010 však nastává prudký nárůst dopravních nehod zaznamenaných pojišťovnami a to na hodnotu téměř 680 000 nehod.

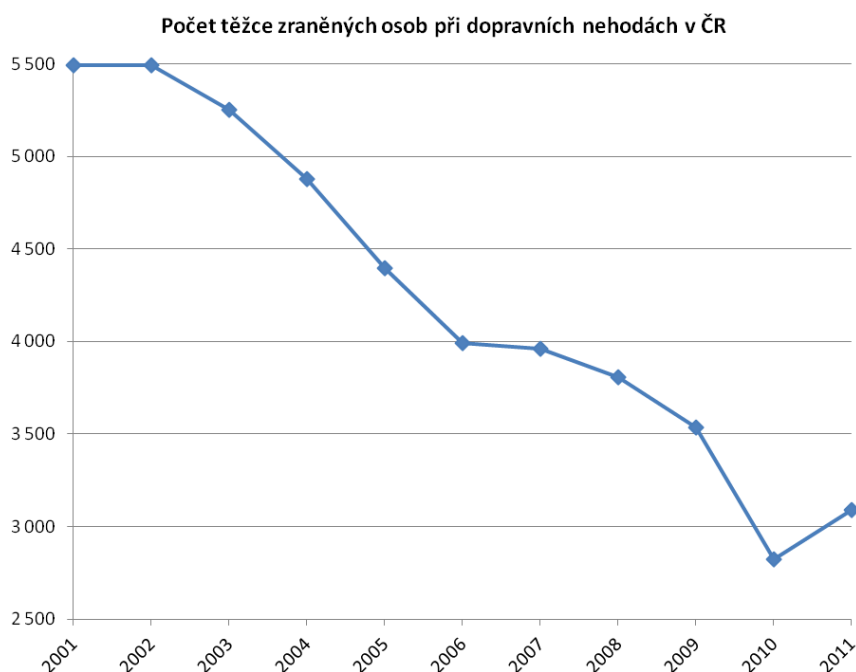
Počet usmrcených osob při dopravních nehodách je znázorněn v grafu č. 3. V letech 2001 – 2003 počty usmrcených osob stoupaly až na počet 1 319. Od roku 2004 sledujeme pokles až na hodnotu 956 v roce 2006, sestupnou tendenci narušuje pouze rok 2007, kdy se počet usmrcených navýšil cca o 120. V následujících letech počty usmrcených klesají a v roce 2011 dosahují počtu 707 usmrcených.

Graf č. 3 – Počet usmrcených osob při dopravních nehodách

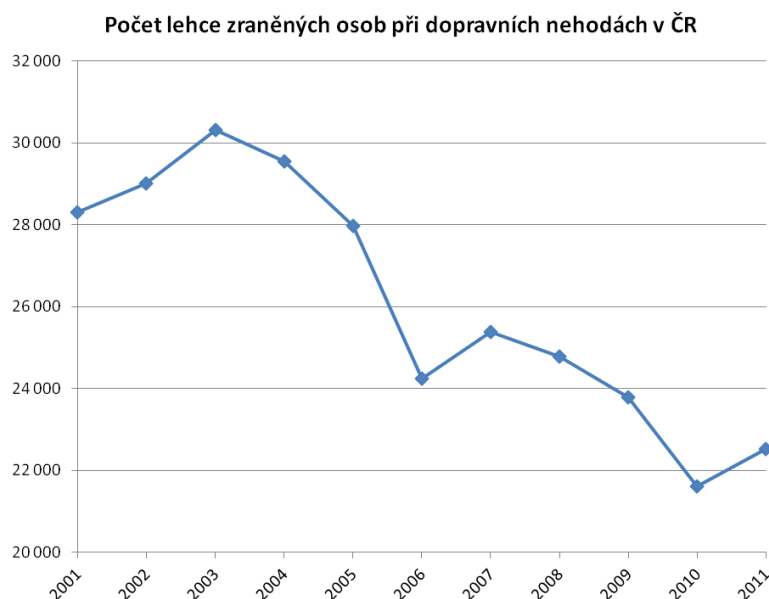


Vývoj počtu těžce zraněných osob při dopravních nehodách je znázorněn v grafu č. 4. Počet těžce zraněných již od počátku sledovaného období klesá. Počáteční hodnota těžce zraněných odpovídá 5 493 v roce 2001. V roce 2010 počet těžce zraněných klesl téměř o 2 700 osob. Klesající tendenci narušuje rok 2011, kdy došlo k nárůstu na počet 3 092 těžce zraněných osob.

Graf č. 4 – Počet těžce zraněných osob při dopravních nehodách



Graf č. 5 – Počet lehce zraněných osob při dopravních nehodách



Graf č. 5 znázorňuje počty lehce zraněných v letech 2001 – 2011. Nejvyšší počet lehce zraněných byl zaznamenán v roce 2003 a to 30 312 lehce zraněných osob. Naopak dosud nejnižší počet lehce zraněných byl zaznamenán v roce 2010, kdy došlo ke 21 610 lehkým poraněním. Mezi lety 2003 a 2006 počet lehkých zranění klesá víc jak o 6000 případů. V následujícím roce počet lehkých poranění mírně narůstá, poté dochází k dalšímu poklesu až na nejnižší počet lehce zraněných v roce 2010. V roce 2011 byl zaznamenán, v porovnání s rokem 2010, nárůst o cca 900 případů, kdy došlo k lehkým poraněním.

4.2 STATISTIKY NEPOUŽÍVÁNÍ BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ V ROCE 2002, 2003 A 2007 - 2009

Tato kapitola uvádí počty usmrcených osob, které nepoužili ve vozidle bezpečnostní pás. Data pro tuto kapitolu jsou čerpána převážně ze stránek iBESIP.cz.

Počty usmrcených a zraněných jsou uvedeny v tab. č. 4 kapitole 4.1. V tab. č. 6 jsou uvedeny počty usmrcených a zraněných, kteří nepoužili bezpečnostní pás. V tab. č. 7 je rozdělena kategorie usmrcených na jednotlivé členy posádky. [49] a [50]

Tab. č. 6 – Počet usmrcených a zraněných, kteří nepoužili bezpečnostní pás

	usmrcených	těžce zraněných	lehce zraněných
2002	344	859	3 676
2007	329	795	6 284
2008	248	1 017	6 766
2009	168	335	1 319

Tab. č. 7 – Počty usmrcených rozdělený dle jednotlivých členů posádky

	řidiči	spolucestující na předních sedadlech	spolucestující na zadních sedadlech
2003	200	132	
2007	172	40	40
2008	144	68	36
2009	116	24	28

5 BIOMECHANIKA, SOUDNÍ LÉKAŘSTVÍ A ZRANĚNÍ POSÁDKY VOZIDLA

Objasňování příčin následků posádky vozidla při dopravní nehodě je mezioborovou disciplínou. Je využíváno několika vědních oborů, mezi které patří zejména biomechanika (forenzní), soudní lékařství. Tyto obory slouží ke komplexnějšímu pochopení dějů při analýze dopravních nehod.

5.1 BIOMECHANIKA

„Biomechanika je transdisciplinární vědní obor, který se zabývá mechanickou strukturou, mechanickým chováním a mechanickými vlastnostmi živých organismů a jejich částí (v našem případě lidského těla) a mechanickými interakcemi mezi nimi a vnějším okolím. Její transdisciplinárnost spočívá jak v integraci metodických a poznatkových prostředků z klasických oborů (morfologie, fyziologie, matematika, fyzika, a biofyzika, kybernetika, technická mechanika, nauka o materiálech, atd.), tak v šíři aplikačních směrů (klinické lékařské obory, technické obory, společenské obory, přírodní vědy, zemědělské obory, ekologie, atd.).“[51]

Biomechanické poznatky se využívají při analýze dopravních nehod a to především při hodnocení mechanického působení na účastníky dopravní nehody uvnitř vozidla nebo mechanické působení na sražené osoby. Znaleckým zkoumáním se lze vyjádřit k pozici osob uvnitř vozidla v průběhu dopravní nehody, stanovit kritickou nárazovou rychlost a ke vzniku zranění osob a jejich případnému upnutí bezpečnostními pásy.

„Biomechanika krom jiného i kvalifikuje hodnoty působení sil ve vztahu ke vzniku poranění. Tato vazba umožňuje navrhování účinných prvků zejména pasivní bezpečnosti.“[52]

5.1.1 Biomechanická kritéria a limity

Na základě zátěžových hranic organismu z reálných dopravních nehod, laboratorních pokusů nebo ze zkušebních figurín byly stanoveny biomechanická kritéria a limity, které určují mezní hodnoty pro jednotlivé části lidského těla. Biomechanické limity se používají při testech prvků pasivní bezpečnosti, mj. jsou použity při hodnocení bezpečnosti vozidel Euro NCAP.

Nejpoužívanější kritéria a limity budou popsány v následujícím textu.

AIS (Abbreviated Injury Scale)

Jde o mezinárodní zkrácenou sedmistupňovou stupnici hodnocení poranění. Hodnotí stupeň poranění na sedmi částech těla:

- hlava
- krk
- hrudní koš
- břicho a vnitřní část zad
- pánev
- páteř
- kostnatá část zad a povrch těla

Stupnice hodnocení AIS vypadá následovně [52]:

- AIS 0 (0 bodů) ⇒ nezraněná osoba
- AIS 1-2 (1-2 body) ⇒ lehké zranění
- AIS 3-4 (3-4 body) ⇒ těžké zranění
- AIS 5 (5 bodů) ⇒ velmi těžká zranění
- AIS 6 (6 bodů) ⇒ smrtelné zranění

Tab. č. 8 uvádí příklady poranění dle hodnocení AIS.

Tab. č. 8 – Příklady hodnocení poranění z manuálu AIS [53]

AIS	Hlava	Hrud'	Břicho	Páteř	Končetiny	Ostatní
0 – bez zranění						
1 – malá zranění	bolest bez ztráty vědomí	zlomená žebra	povrchová zranění	natažení	zlomeniny prstů	odřenin, otlačeniny, popáleniny 1. st – 70% popáleniny 2. st. – 10%
2 – střední zranění	lin. zlomenina bezvědomí do 1h	2-3 zl. žebra zlom Sternum	kontuze jater, ledvin	zlomeniny bez vlivu na kanál	jednotlivé zlomeniny zlomeniny pánve	velkoplošné odřenin porušení slabin popáleniny 2. st. – 20%
3 – závažná zranění	vpáčená zlomenina bezvědomí 1- 6h	více než 4 zl. žebra pneumotorax nebo hemotorax	rozsáhlá poranění sleziny a ledvin	prasklý disk s poškozením nervu	vykloubení kolena zlomenina stehenní kosti	otevřené rány poškození nervů, cév popáleniny 2. st. – 30%
4 – velmi vážná poranění	otevřená zlomenina bezvědomí 6 – 24h	kolaps hrudníku	velké zranění orgánů *odtržení*	částečné poškození míchy	amputace končetin rozdrcení pánve	nebezpečné krvácení poškození mozku popáleniny 3. st. -10%
5 – kritická zranění	velký hematom bezvědomí přes 24h	roztržení aorty	roztržení orgánů	Quadruplegia	otevřené rozdrcení pánve	popáleniny 3. st. -50%
6 – nelze přežít						

Quadruplegia – těžké poranění páteře, přerušení míchy

Pneumotorax - přítomnost vzduchu v pleurální dutině, s následným smrštěním a kolapsem plic

Hemotorax - přítomnost krve v pohrudniční pleurální dutině

ISS (Injury Severity Score)

Tento parametr se používá při vícečetných poraněních. Je to bodový součet druhých mocnin tří nejzávažnějších poranění. Např. v případě tří zranění s hodnocením AIS 5 odpovídá hodnotě ISS 75 ($3 \times 5^2 = 75$).

PODS (Probability of Death Score)

„Tento parametr hodnotí možnost úmrtí. Vypočítává se z pomoci dvou nejvyšších hodnot AIS, věku zraněného a koeficientu C (pro vozidla $C = -0,764$).“ [54] Výpočet se provádí pomocí vzorce (1). [54]

$$PODSa = 2,7 \times AIS_{max} + AIS_{2.max} + 0,06 \times (v) - 15,4 \quad (1)$$

HIC (Head Injury Criterion)

„HIC“ [54] je kritérium užívané pro hodnocení možnosti poranění hlavy. V daném časovém intervalu je sledováno celkové zrychlení hlavy ve všech osách a doba působení nejvyššího zrychlení na hlavu v násobcích tíhového zrychlení. Rozlišují se dva časové intervaly HIC, pro tvrdý náraz je používán $HIC_{15} = 15$ ms, pro ostatní je používán $HIC_{36} = 36$ ms. Při delším intervalu zatížení již nedochází k větším zraněním. Hodnota HIC je počítána dle vzorce (2) a (3). [54]

$$HIC = \left[\left(\frac{1}{t_2 - t_1} \times \int_{t_1}^{t_2} a(dt) \right)^{2,5} \times (t_2 - t_1) \right]_{max} \quad (2)$$

kde a [g] je zrychlení hlavy ve všech třech směrech

$$a = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)} \quad (3)$$

t_1, t_2 [s] jsou doby, mezi kterými leží maximum HIC

HIC_{36} má obecně respektovanou horní hranici ve výši 1000 = cca AIS 3, při překročení této hranice lze jednoznačně předpokládat vážné poranění hlavy. Pro HIC_{15} jsou měřítkem hodnoty 390 – 900.

HPC (Head Protection Criterion)

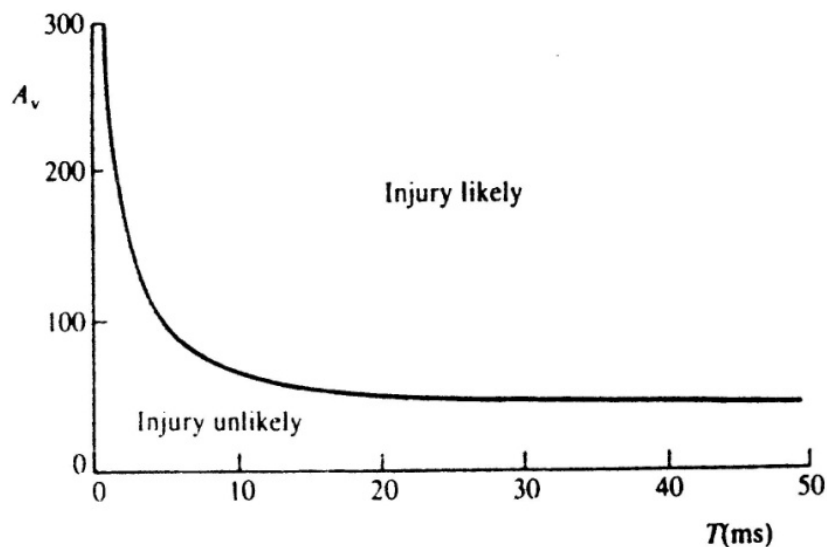
Kritérium používané ke kvantifikaci nárazu hlavy z čelní a boční strany. Definice je totožná s kritériem HIC. Používá stejný interval 36 ms a tomu odpovídající limit HPC 1000.

GAMBIT (Generalized Acceleration Model for Brain Injury Threshold)

Kritérium poškození mozku „GAMBIT“[55] počítá jak s translačním (250 g) tak i s rotačním zrychlením (25 rad/s^2) působící na mozek.

WSTC křivka (Wayne State Tolerance Curve)

Tato křivka „WSTC“[55] znázorňuje závislost mezi dobou kolize (T [ms]) a maximálním působícím zrychlením (A_v [g]). Má hyperbolický tvar. Oblast pod touto křivkou je oblast života, oblast nad křivkou je oblast smrti. Křivka WSTC je zobrazena na obr. č. 57.

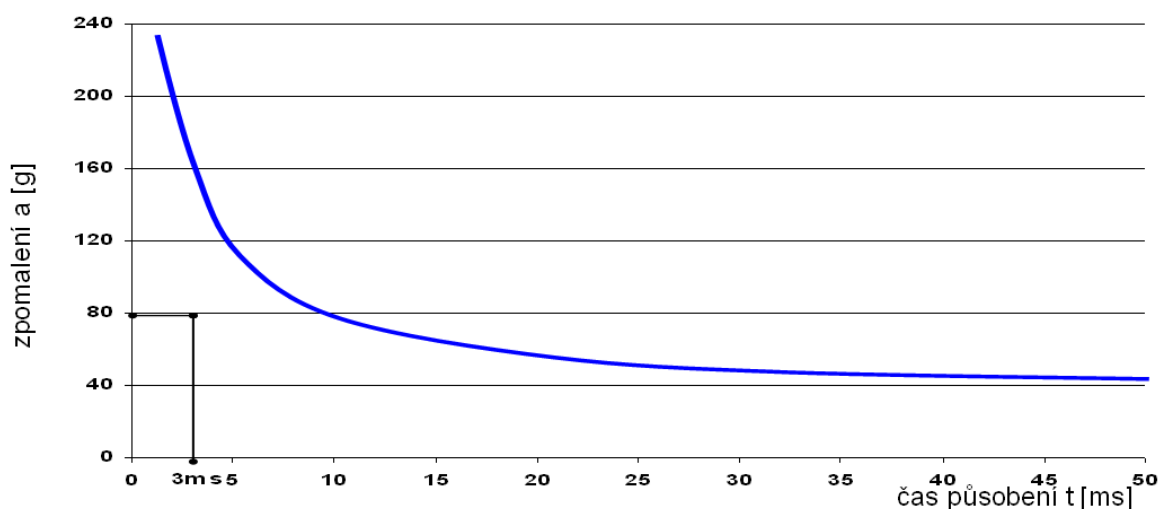


Obr. č. 57 – Křivka WSTC [56]

WSU křivka (Wayne State University)

Tato křivka je velmi podobná křivce WSTC. „WSU“[53] stanovuje limity pro špičkové zatížení hlavy při hraničním zpomalení v závislosti na době trvání účinku.

Křivka WSU je znázorněna na obr. č. 58.



Obr. č. 58 – Křivka WSU [53]

„Tato křivka je stanovena experimentálně při testech nárazu hlav lidských mrtvol na tvrdou podložku. Tato křivka platí pouze pro úzce specifikovaný druh zatížení, je hranice 80 g pro zpomalení hlavy (ve všech směrech) po dobu trvání 3 ms začleněna do zkušebních předpisů EHK.“[57]

SI (Severity index)

Toto kritérium vychází křivky WSU. „Vychází z časového integrálu zrychlení změřeného tříosým snímačem umístěným ve středu hlavy testovací figuríny, umocněného na 2,5. Index mocniny 2,5 pochází ze zjištěné mezní křivky pro poškození mozku a poranění lebky na úrovni AIS 3 a vyšší. Limitní bezrozměrná hodnota pro přežití je 1000.“[57]

Způsob výpočtu tohoto kritéria udává vzorec (4) a (5) [57].

$$SI = \int_0^T a_r^{2,5}(t) \times dt \leq 1000 \quad (4)$$

$$\text{kde } a_r \text{ [g] je výsledné zpomalení - } a_r = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)} \quad (5)$$

WAD (Whiplash Associated Disorders)

Kritérium poranění krční páteře „WAD“[52]. Toto poranění je způsobeno při nárazu zezadu do vozidla v případě, že je rozdíl rychlostí cca od 11 km/h a střední zrychlení naraženého vozidla dosahovalo minimálně 3 g. Poranění se projevuje bolestmi v oblasti krční páteře nejpozději do 48 hodin po nehodě. Následky mohou trvat 3-14 dní.

NIC (Neck Injury Criterion)

Kritérium „NIC“[52] hodnotící relativní zrychlení hlavy u prvního krčního obratle vůči prvnímu hrudnímu obratli a z toho integrovanou relativní rychlost s mezní hodnotou NIC 15 m²/s². Výpočet se provádí pomocí vzorce (6).

$$NIC = a_{rel} \times 0,2 + v_{rel}^2 \quad (6)$$

TTI (Thorax Trauma Index)

Kritérium poranění hrudníku „TTI“[57] se používá při bočním nárazu. Způsob výpočtu udává vzorec (7) [57].

$$TTI = 1,4 \times AGE + 0,5 \times (RIBY + T12Y) \times \frac{MASS}{m_{st}} \quad (7)$$

kde AGE je věk, RIBY je maximální zrychlení na 4. až 8. žebra na nárazové straně v [g], T12Y je maximální zrychlení na 12. hrudním obratli v [g], MASS je hmotnost testované osoby, hodnota m_{st} je průměrná hmotnost cestujícího ($m_{st} = 75 \text{ kg}$), TTI [g].

VC (Viscous Criterion)

Kritérium měkké tkáně hrudníku „VC“ [39]. Užívá se pro posouzení možnosti poranění hrudníku. Výpočet se provádí pomocí vzorce (8), do kterého se dosazují hodnoty okamžité deformace hrudníku.

$$VC = \frac{d[D(t)]}{dt} \times \frac{D(t)}{D} \quad [m/s] \quad (8)$$

kde $D(t)$ je deformace hrudníku v čase

D je dohodnutý rozměr, např. polovina šířky hrudníku

Kritérium 3 ms

„Jedná se o časové kritérium působení zatížení na osobu. Tzn., že např. při zrychlení o velikosti 80 g by toto zatížení nemělo trvat déle než 3 ms.“ [52]

Další limity pro jednotlivé orgány používané v biomechanice

Dále se používají kritéria např. **ThCC** – maximální stlačení hrudníku čelně (50 mm), **RDC** – kritérium deformace žebér při bočním nárazu (max. 42 mm), **APF** – maximální zatížení břicha, **FPC** – kritérium stehenní kosti, **TCFC** – stlačení holenní kosti, nebo **PSPF** – maximální zatížení stydkých kostí (pánve)

Např. při hodnotách mezního zrychlení [52]:

- 30g dochází ke zlomení nosní kosti
- 40 g dochází ke zlomenině dolní čelisti
- 30 – 40 g dochází ke ztrátě vědomí
- 50 – 80 g dochází k poranění zad
- 130 g dochází k poranění pánve
- 60 g trvajících déle než 50 ms dochází k otřesu mozku
- 80 g působící déle než 3 ms dochází ke zhmoždění lebky
- 100 – 300 g způsobuje kompresi lebky

Dále je možno uvést některé hodnoty působící síly ve vztahu ke zlomeninám. „Např. velikost síly 3,92 kN způsobuje zlomeninu stehenní kosti u mužů a 2,58 kN u žen.“ [52]

5.2 SOUDNÍ LÉKAŘSTVÍ

Spolupráce soudního lékaře s analytikem silničních nehod probíhá v případě, že při dopravní nehodě dojde k zranění ať už nesmrtelného nebo smrtelného charakteru. Úkolem soudního znalce je zejména medicínské posouzení:

- rozsahu charakteru poranění
- závažnosti poranění
- mechanismu vzniku poranění
- trvalosti potíží poškozeného
- posouzení příčin smrti
- souvislost dopravní nehody se vznikem jednotlivých poranění
- hodnocení, která poranění vznikla až po dopravní nehodě

Konzultace nebo přizvání soudního lékaře k analyzování dopravní nehody mj. bývá nejčastěji v případech, kdy je potřeba:

- vysvětlit souvislosti vzniku jednotlivých poranění s komplikovanými nehodovými ději
- posouzení možnosti vzniku poranění ve vztahu k vypočteným rychlostem
- zodpovědět otázky o příslušnosti osoby řidiče (tzn. kdo řídil, kde se nacházeli jednotlivé osoby ve vozidle, apod.)
- zodpovědět otázky související s použitím zádržných systémů a jejich možných účinků

Spoluprací soudního lékaře a znalce z oboru silničních nehod je vytvořen komplexní pohled na průběh dopravní nehody a to jak z pohledu příčiny tak i následků dopravní nehody.

V mnoha případech nejsou zranění ani svědci schopni vyjádřit se objektivně k úrazovému ději. Lékař (znalec z oboru soudního lékařství) často společně se znalcem z oboru silniční dopravy posuzují, jestli úrazový děj, který popsali svědci nebo zranění, odpovídá utrpěným zraněním.

Znalci z oboru soudního lékařství také zajišťují biologické stopy nebo jiné materiály z vozidla (např. vlasy, krev, částičky tkání, textilií, atd.). Vyšetření stop může být zvláště významné při sporné účasti vozidla na nehodě. *„Důležité je dále zajištění oděvu včetně obuvi zraněných nebo usmrčených. Při usmrcení je třeba získat přehled o nehodové situaci a původní poloze usmrčeného. U všech smrtelných dopravních nehod musí být provedena pitva.“*[58]

5.2.1 Nejčastější typy zranění posádky uvnitř vozidla

„V závislosti na mechanismu nehody, druhu a typu vozidla a způsobu připoutání bezpečnostními pásy vznikají nejrozličnější zranění. Častěji a závažněji bývají zraněny osoby sedící na předních sedadlech. Při nárazu je větší část působící energie spotřebována deformací částí vozidla. Ke zranění však může dojít i v případných dalších fázích nehody jako např. při otočení, převrácení vozidla apod.“[58]

Při dopravních nehodách vznikají různé druhy zranění. Nejčastější typ zranění má charakter zranění od tupého předmětu, od lehkých oděrek a krevních podlitin až po nejtěžší (tržně-zhmožděné rány, poranění vnitřních orgánů, atd.).

V případě závažných smrtelných nehod je většinou příčinou smrti tzv. polytrauma (současné poranění více životně důležitých orgánů).

Poranění od ostrých předmětů se vyskytuje v menší míře. Jde zejména o řezná zranění od skla nebo plechů karoserie.

Řidič a spolujezdec na předním sedadle

Hlava

- poranění obličeje a hlavy od čelního skla, rámu čelního skla, volantu, nebo palubní desky
 - o řezné ranky od skla
 - o tržně-zhmožděné rány
 - o zlomeniny obličejových a lebních kostí
 - o zhmoždění mozku, nitrolební krvácení
 - o vykloubení / zlomení krční páteře nebo odtržení lební spodiny od páteře

Poranění hlavy nejčastěji ukazuje na skutečnost, že cestující nebyl připoután bezpečnostním pásem. Většina těchto zranění vzniká při kontaktu hlavy a čelního skla, rámu čelního skla, volantu nebo palubní deskou. Při bočním nárazu může dojít ke kontaktu hlavy a skla, rámem dveří nebo B sloupkem (sloupek mezi předními a zadními dveřmi). *„Tržně-zhmožděné rány brady a zlomeniny dolní čelisti vznikají při nárazu na přístrojovou desku nebo deformovanou kapotu.“[58]*

Na obr. č. 59 je zobrazeno typické poranění nepřipoutaného řidiče osobního automobilu při čelním nárazu. Na obr. č. 60 je ukázáno poranění způsobené roztříštěným sklem vozidla.



Obr. č. 59 – Typické poranění obličeje řidiče [59]



Obr. č. 60 – Poranění od skla [60]

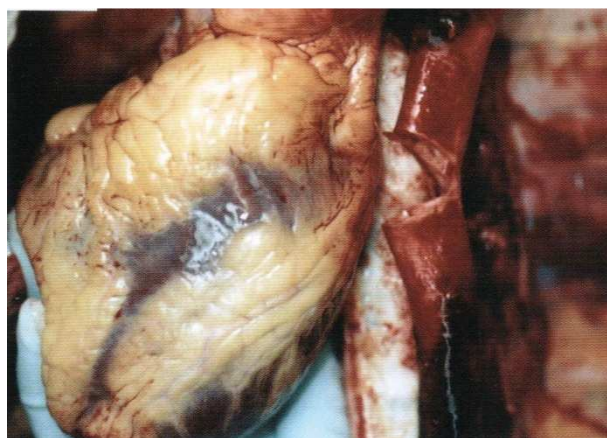
Hrudník

- otiskové oděrky od volantu
- zlomeniny žeber (obr. č. 61)
- zlomeniny hrudní kosti
- roztržení srdce, aorty (obr. č. 62)
- pohmoždění nebo roztržení plic (obr. č. 63)
- komprese hrudníku
- poranění bránice

Poranění hrudníku je způsobeno nejčastěji kontaktem s volantem nebo s palubní deskou a následným prudkým stlačením hrudníku. Zranění může být způsobeno i bezpečnostním pásem nebo airbagem. Poranění hrudníku od bezpečnostního pásu je ukázáno na obr. č. 64.



Obr. č. 61 – Zlomeniny žeber [60]



Obr. č. 62 – Roztržení aorty [60]



Obr. č. 63 – Následek krváčení do plic [60]

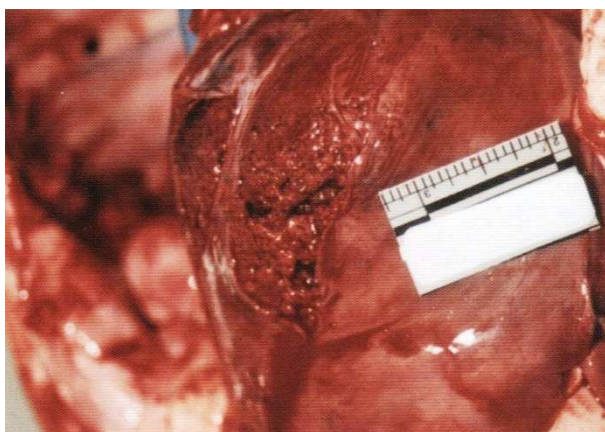


Obr. č. 64 – Otisk bezpečnostního pásu [60]

Krajina břišní

- poranění nitrobřišních orgánů
 - o slezina
 - o játra (obr. č. 65)
 - o ledviny
 - o močový měchýř
 - o velké cévy

Zranění v krajině břišní jsou většinou způsobena břišním popruhem bezpečnostního pásu (obr. č. 66). Tyto poranění jsou většinou důsledkem nárazu ve vysoké rychlosti.



Obr. č. 65 – Tržná rána na játrech [60]



Obr. č. 66 – Otisk bezpečnostního pásu [60]

Horní končetiny

- zlomeniny pažních kostí
- zlomeniny předloktí
- zlomeniny klíční kosti

Ke zlomeninám horních končetin dochází při zapření cestujících o prvky interiéru (např. o volant, o palubní desku) před nárazem. Při nárazu horní končetiny nejsou schopny unést hmotnost těla, které je při nárazu vlivem přetížení mnohonásobně těžší. Ke zlomenině klíční kosti může dojít při zachycení bezpečnostním pásem při nehodě.

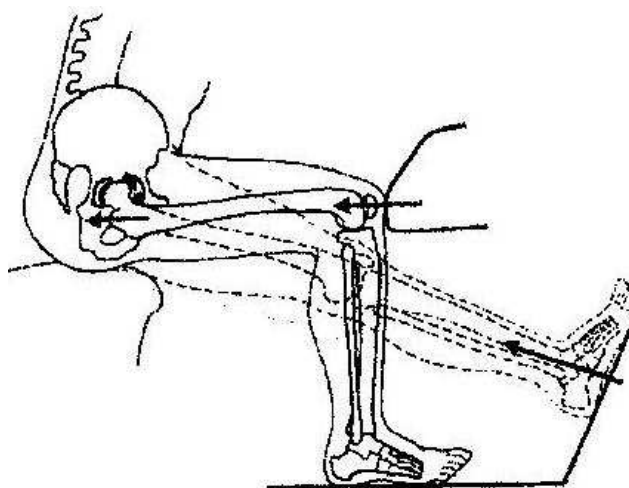
Dolní končetiny

- oděrky od nárazu na palubní desku, sloupku řízení nebo na klíč ve spínací skříňce
- krevní podlitiny
- tržně-zhmožděné rány
- poranění kolene
 - o zlomeniny česky
 - o tržně-zhmožděné rány
- zlomeniny stehenní kosti, pánve
- vykloubeniny hlavice stehenní kosti
- zlomeniny kostí holení a lýtkové
- zlomeniny kotníku

Zranění dolních končetin vzniká vlivem zapření se před nárazem nebo při velké deformaci karoserie, která narušuje prostor pro nohy, nebo v případě řidiče zranění o pedálovou soustavu.

Poranění kolene může být následkem kontaktu s palubní deskou, sloupkem řízení nebo klíčkem ve spínací skříňce.

Mechanismus poranění dolních končetin je zobrazen na obr. č. 67. Šipky na obrázku znázorňují působící síly, které vznikají při kontaktu nohou s interiérem vozidla.



Obr. č. 67 – Mechanismus vzniku poranění kostí dolních končetin a pánve při čelním nárazu [59]

Cestující na zadních sedadlech

Rozsah zranění, při čelním nárazu, je zpravidla menší než u řidiče a spolujezdce na předním sedadle.

Mezi nejčastější zranění cestujících na zadních sedadlech patří zranění:

- obličeje
- hrudníku
- břicha
- pánve
- kolen
- stehenní kosti
- nártu
 - o oděrky
 - o krevní podlitiny
 - o zlomeniny

Při čelním nárazu cestující na zadních sedadlech narážejí do relativně měkkých opěradel předních sedadel. V případě, že cestující na zadním sedadle není připoután bezpečnostním pásem, může hlavou narazit do opěrky hlavy a tím poranit nebo i usmrtit cestujícího před sebou, sám si způsobí těžké poranění obličeje nebo hlavy.

Při bočním nárazu může dojít ke kontaktu hlavy a hrudníku se sklem nebo částmi zadních dveří. V případě šikmého nárazu může dojít ke kontaktu hlavy s B sloupkem.

Poranění nártů vzniká vlivem podsunutí chodidel pod předními sedadly. A při čelním nárazu dochází ke zvednutí zádě vozidla a cestující jsou vymrštěni směrem vpřed a vzhůru, tím dochází ke kontaktu nártů a spodní konstrukcí sedáku předního sedadla.

Cestující na prostředním sedadle, při čelním nárazu, který není připoután bezpečnostním pásem, je většinou vymrštěn do přední části vozidla. Zranění tohoto cestujícího bývají srovnatelná se zraněním řidiče nebo cestujícího na předním sedadle.

Poranění od zádržných systémů

I když jsou zádržné systémy určeny k ochraně cestujících při nehodě, v některých případech mohou způsobit velmi vážná poranění. Např. při vysoké rychlosti může bezpečnostní pás způsobit vážná poranění hrudníku a břicha.

Zranění od bezpečnostních pásů

- otisky a oděrky bezpečnostního pásu na hrudníku a v oblasti břicha (obr. č. 68)
- při vysoké rychlosti:
 - o tupé poranění hrudníku a břicha
 - o zlomeniny žeber
 - o zlomeniny hrudní kosti
 - o poranění vnitřních orgánů hrudníku a břicha



Obr. č. 68 – Otisk bezpečnostního pásu [59]

Zranění od airbagu

- oděrky na obličeji a hrudníku
- otřes mozku
- poranění hrudníku
- zlomeniny žeber
- poranění vnitřních orgánů
 - o srdce
 - o plic
 - o aorty
- pneumotorax (přítomnost vzduchu v pleurální dutině, s následným smrštěním a kolapsem plíce)
- hemotorax (přítomnost krve v pohrudniční pleurální dutině)
- popáleniny
- protržení ušních bubínků
- eroze rohovky
- poranění horních končetin

Poranění od airbagu může vzniknout i při relativně malých rychlostech a to především při špatném použití bezpečnostního pásu, nebo nepoužití tohoto pásu vůbec. „*Je-li pasažér, z jakékoliv příčiny, mimo optimální oblast pro použití vaku a dojde-li k inicializaci systému, je jeho tělo rozvíjejícím se airbagem odhozeno zpět, jeho hlava se dostává do rotace, která negativně zatíží mozek a krční páteř.*“[57] Náchylnější k poranění od airbagu jsou řidiči s menší postavou, kteří musí mít sedačku blízko, aby dosáhli na pedálovou skupinu. Airbag má tedy menší prostor k rozvinutí a dochází ke špatnému načasování kontaktu s airbagem.

Zranění viz obrázky uvedené v této kapitole.

6 PRAKTICKÉ PŘÍKLADY

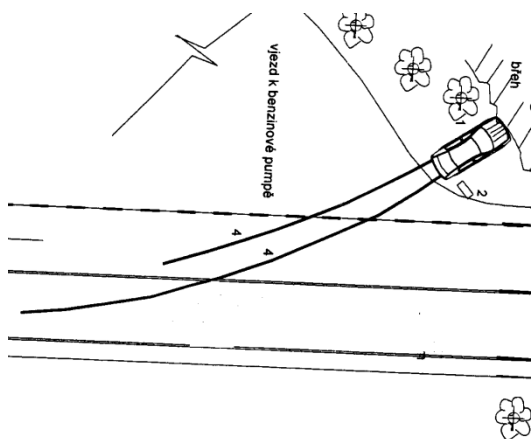
V této kapitole jsou ukázány skutečné dopravní nehody, zaměřené především na použití bezpečnostních pásů. K těmto nehodám je zde uveden stručný popis nehodové události, fotky poškození vozidla a plánek místa nehody.

6.1 DOPRAVNÍ NEHODA 1

Tato dopravní nehoda se odehrála v časných ranních hodinách, když se osoby jedoucí ve vozidle po noci strávené v restauraci a pod vlivem alkoholu rozhodly, že si vyrazí na výlet.

Vozidlo s dvěma pasažéry (řidič + cestující na předním sedadle vedle řidiče) vyjelo vlevo mimo vozovku a čelně narazilo do svahu s předchozím uražením levého předního kola. Po nehodě byla na místo nehody přivolána střízlivá osoba, která tvrdila, že řídila a vyhýbala se srně.

Plánek místa nehody a foto svahu, do kterého vozidlo narazilo je zobrazen na bor. č. 69 a 70.



Obr. č. 69 – Plánek místa nehody [61]



Obr. č. 70 – Foto svahu, do kterého vozidlo narazilo [61]

Poškození exteriéru vozidla je zobrazeno na obr. č. 71. Na obr. č. 72 je foto utrženého levého předního kola pro dokumentaci stavu pneumatiky.

Jeden z pasažérů (skutečný řidič a majitel vozidla) uvedl, že: „seděl pásem neupoutaný na zadním sedadle mezi předními sedadly a při nehodě se pohyboval v dopředném pohybu a dostal se do oblasti palubní desky a rádia (uprostřed)“.



Obr. č. 71 – Poškození exteriéru vozidla [61]



Obr. č. 72 – Levé přední kolo [61]

Při ohledání vozidla bylo zjištěno, že:

- bezpečnostní pás řidiče NEBYL aktivován
- bezpečnostní pás předního spolujezdce BYL aktivován
- oba čelní airbagy BYLY aktivovány
- byla poškozena výplně dveří řidiče (obr. č. 73)



Obr. č. 73 – Poškození dveří řidiče [61]

Zranění pasažérů:

- skutečný řidič
 - o zranění levého lokte
- cestující vedle řidiče
 - o žádné zranění

Jako důkaz toho, že neřídila přivolaná osoba, posloužily odebrané biologické stopy ze dveří řidiče a porovnány se vzorky odebranými od osob, které měly být ve vozidle.

Vzhledem ke zjištěným zraněním a poškození interiéru vozidla bylo dosaženo závěru, že ve vozidle byly pouze dvě osoby.

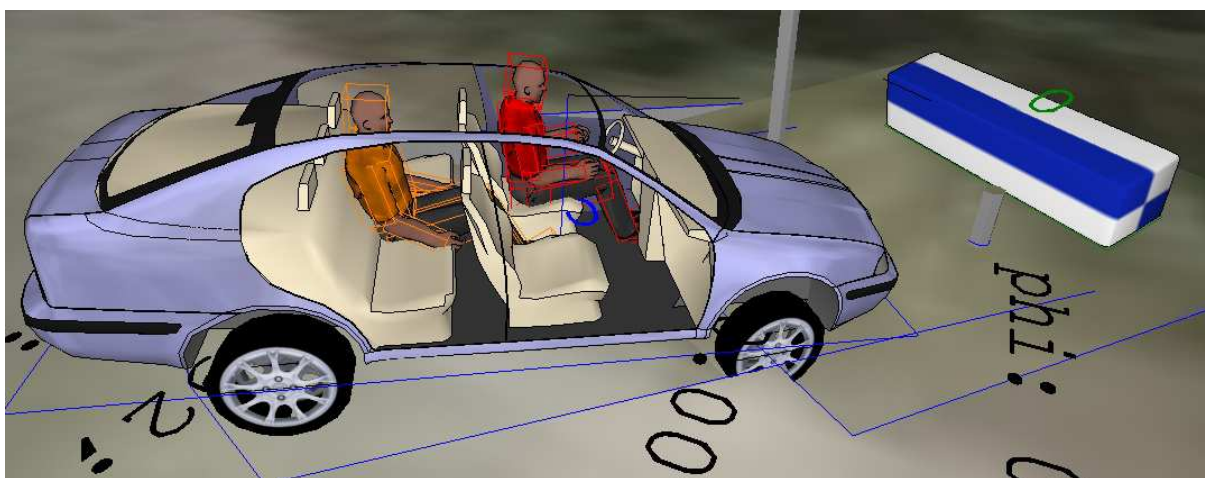
Byla provedena analýza nehodového děje. Bylo zjištěno, že výchozí rychlost vozidla na počátku smykových stop byla nejméně 72 km/h, viz sekvence pohybu vozidla před střetem, parametry pohybu jsou uvedeny v tab. č. 9. Průběh nehody je znázorněn na obr. č. 74.



Obr. č. 74 – Simulace průběhu nehody [zdroj: autor]

Dalším krokem v analýze nehodového děje bylo nutno provést analýzu pohybu osob ve vozidle k pomocnému potvrzení zjištění, že řídil majitel vozidla. A tím tak vyvrátit jeho tvrzení, že seděl na zadním sedadle a vlivem nárazu se dostal k palubní desce.

K tomuto účelu byl s podporou simulačního programu modelován interiér vozidla s demontáží střechy a dveří, pro usnadnění náhledu do vozidla. Obr. č. 75.



Obr. č. 75 – Model interiéru vozidla [zdroj: autor]

Tab. č. 9 – Sekvence pohybu vozidla [zdroj: autor]

vozidlo/překážka: 1 - ; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 72.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.829	7.000	0.000	22.197	22.197	14.154	14.154
0.955 17.975 63.017	0.955	(17.975)	brzdění	0.000	0.000	7.233	-4.000	0.000	148.671	148.671	68.371	68.371
1.685 29.366 49.479	0.730	(11.391)	brzdění	0.000	0.000	3.907	-10.153	0.000	47.420	47.420	30.239	30.239
6.000 39.717 0.125	-	-	-	-	-	3.907	-10.153	0.000	47.420	47.420	30.239	30.239

Z analýzy pohybu posádky bylo mj. zjištěno, že by se při nárazové rychlosti cca 40 km/h (viz tab. č. 10), pasažér sedící uprostřed na zadním sedadle, jen velmi obtížně dostal mezerou mezi sedadly natož do míst pod rádio vozidla. Dále bylo zjištěno, že pohyb osoby řidiče odpovídá pohybu směrem na výplň levých předních dveří.

Tab. č. 10 – Rychlost vozidla [zdroj: autor]

vozidlo/překážka: 1 - ; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	40.318			0.539		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	-1.604	6.408	127.671	-0.261	1.036	124.876
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	128.619	-7.209		-22.868	-12.761	
úhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	-0.324	0.624	-0.538	0.056	-0.233	0.017
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	27.694	18.639	0.344	27.234	19.175	0.314

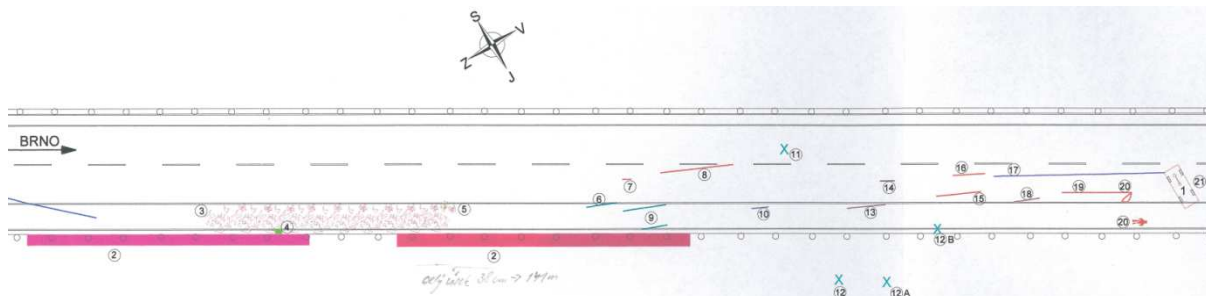
Případ byl navíc konzultován se znalci z oboru zdravotnictví, kteří potvrdili tyto závěry v souvislosti s poraněním skutečného řidiče.

Pomocí těchto analýz a konzultací se znalcem z oboru lékařství bylo dosaženo závěru, že skutečně řídil majitel vozidla (zranění odpovídá poškození dveřní výplně řidiče). Tomuto závěru napomohl i fakt, že spolujezdec vedle řidiče použil bezpečnostní pás a nebyl zraněn.

Tato ukázka názorně ukazuje význam konzultace dopravní nehody se znalcem z oboru lékařství. Díky jeho analýze zranění a poznatkům znalce z oboru silniční dopravy byl určen skutečný řidič vozidla a tím pádem i viník dopravní nehody.

6.2 DOPRAVNÍ NEHODA 2

K nehodě došlo na dálnici v nočních hodinách. Vozidlo vyjelo vpravo na svodidla, po té bylo vozidlo odraženo od svodidel (na plánu vlevo dole – růžové pruhy) vlevo. Vozidlo dostalo levotočivý smyk a začalo se převracet kolem podélné osy. Po nehodě zůstalo vozidlo opět na kolech cca 130 m (na plánu úplně vpravo) od počátku smykových stop. Při nehodě došlo k usmrcení cestujícího, který seděl na pravém zadním sedadle. Jeho konečná poloha je na plánu nehody označena číslem 20. Plánek nehody je uveden na obr. č. 75.



Obr. č. 75 – Plánek místa nehody [61]

Poškození exteriéru je ukázáno na obr. č. 76 a 77. Došlo k poškození pravé strany vozidla od svodidel a celkovému poškození skeletu vozidla od převrácení.

Při této nehodě došlo k vypadení usmrceného cestujícího rozbitým oknem pravých zadních dveří. S ohledem na tuto skutečnost a na nároky pojišťovny na vyplacení pojistného plnění bylo nutno zjistit, zda byl tento cestující připoután bezpečnostním pásem či nikoli. V případě, že nikoliv, tak zda by k uvedenému rozsahu poranění (případně smrti) došlo i za podmínky připoutání.



Obr. č. 76 – Poškození pravé části vozidla [61]



Obr. č. 77 – Poškození levé části vozidla [61]

Při ohledání vozidla bylo zjištěno, že:

- zámek bezpečnostního pásu pravého zadního sedadla byl skryt za sedadlem
- bezpečnostní pás byl volně ložen na pravém okraji pravého zadního sedadla (obr. č. 78)
- po celém skeletu vozidla jsou krevní stopy – stříkance (obr. č. 79)



Obr. č. 78 – Foto bezpečnostního pásu na pravém zadním sedadle [61]



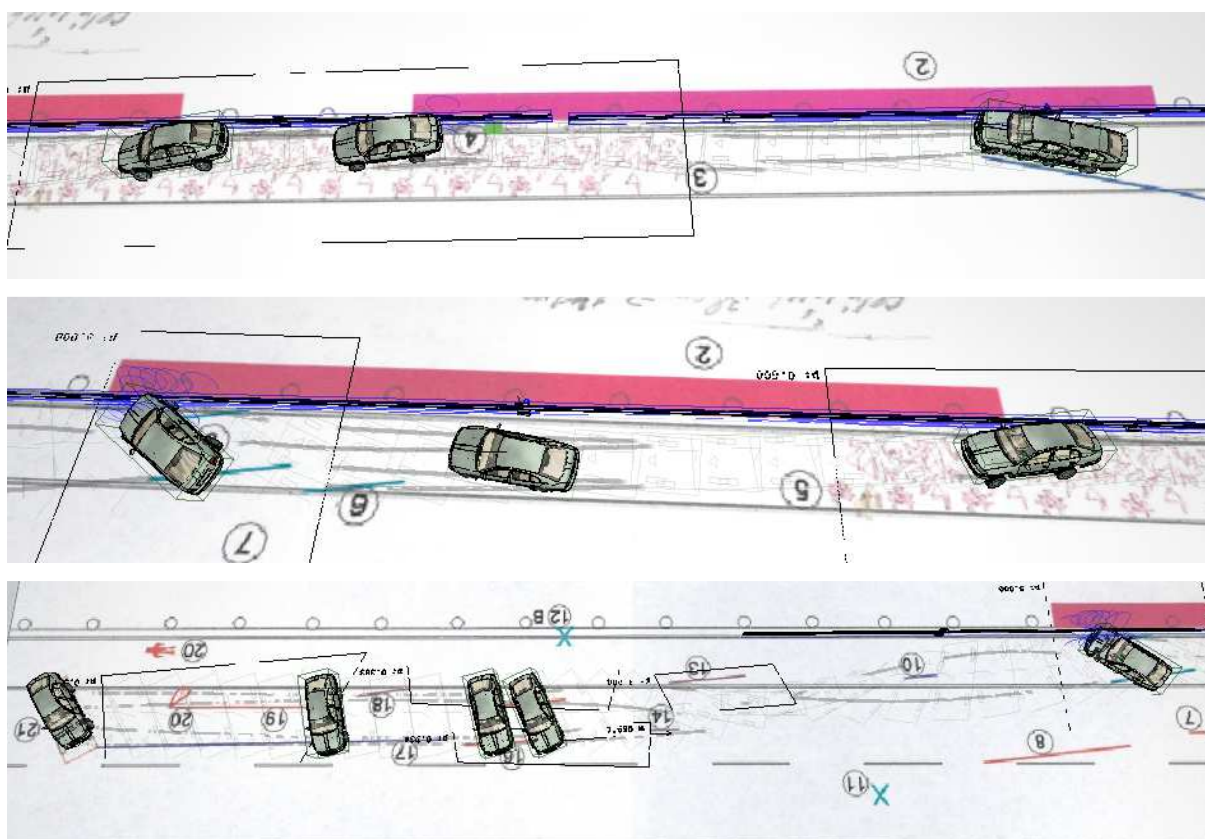
Obr. č. 79 – Krevní stopy na karoserii vozidla (střecha) [61]

Krevní stopy na obr. č. 79 vznikly při převrácení vozidla.

Při analýze nehodového děje byla odvozena počáteční rychlost a stanovena v rozmezí 146 až 160 km/h viz tab. č. 11. Simulace nehodového děje je zobrazena na obr. č. 80.

Tab. č. 11 – Rychlost vozidla [zdroj: autor]

vozidlo/překážka: 1 - Škoda / Octavia 1.9 TDI; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	153.000			0.000		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-12.521	0.000	-0.351	125.591
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-12.522	0.000		-142.384	-2.189	
úhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	-30.478	3.539	0.560	95.399	7.070	0.529



Obr. č. 80 – Simulace průběhu nehody [zdroj: autor]

Parametry pohybu vozidla před střetem jsou uvedeny v tab. č. 12.

Z ohledání vozidla bylo zjištěno, že pasažér na pravém zadním sedadle nemohl být a také nebyl připoután bezpečnostním pásem. Proto došlo k vypadení z vozidla a následnému velmi těžkému (devastujícímu) poranění hlavy. K tomuto poranění došlo krátce po změně směru po nárazu do svodidel, když se vozidlo začalo převracet.

Tab. č. 12 – Sekvence pohybu vozidla [zdroj: autor]

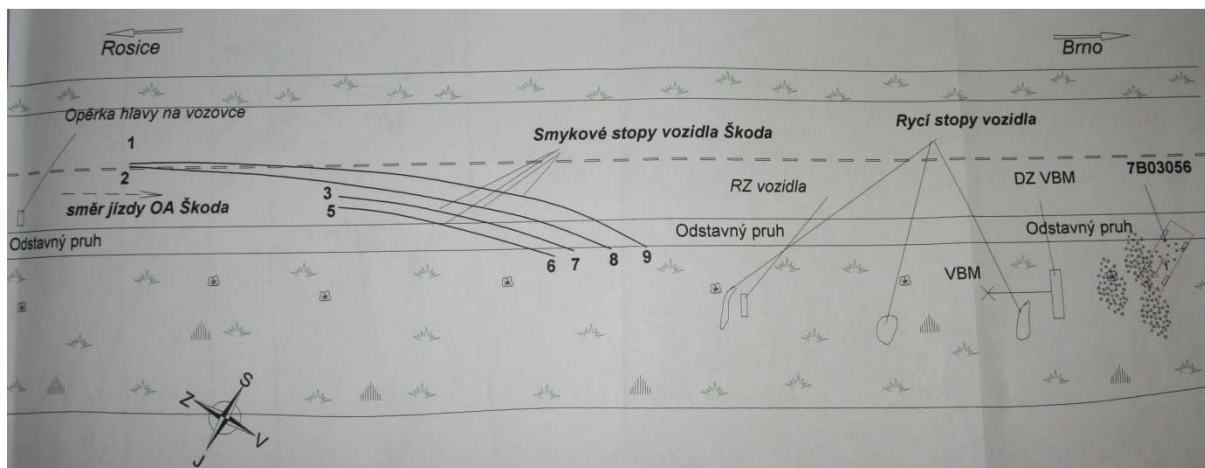
vozidlo/překážka: 1 - Škoda / Octavia 1.9 TDI; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 153.000	-	-	-	0.200	0.000	0.000	12.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.035 1.487 152.926	0.035	(1.487)	-	0.200	0.000	0.000	7.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.175 37.068 109.856	1.140	(35.581)	-	0.200	0.000	0.000	-6.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.185 67.115 81.942	1.010	(30.047)	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.925 100.079 60.626	1.740	(32.964)	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.085 102.633 53.825	0.160	(2.554)	brzdění	0.000	0.000	4.323	0.000	0.000	44.083	44.083	44.083	44.083
4.775 111.662 39.610	0.690	(9.029)	brzdění	0.000	0.000	3.325	-1.000	0.000	33.910	33.910	33.910	33.910
13.000 126.348 0.000	-	-	-	-	-	3.325	-1.000	0.000	33.910	33.910	33.910	33.910

Případ byl konzultován se znalci z oboru zdravotnictví, kteří tento závěr plně podpořili. Pitvou byl potvrzen i mechanismus vzniku poranění. K závěru znalců, že by v případě připoutání nedošlo k těžkému poranění, přispěl i fakt, že interiér v místě, kde by se pasažér nacházel, nebyl téměř vůbec deformován.

Ukázka 2 vypovídá o důležitosti používání bezpečnostních pásů. V případě, že by pasažér při této dopravní nehodě bezpečnostní pásy použil, téměř jistě by nevypadl z vozidla a následně by neutrpěl smrtelná zranění.

6.3 DOPRAVNÍ NEHODA 3

K této dopravní nehodě došlo při vyhýbacím manévru při spatření velkého předmětu ležícího napříč v jízdním pruhu. Řidič provedl úhybný manévry směrem doleva a při návratu zpět do pravého jízdního pruhu došlo ke vzniku směrové nestability vozidla a tím ke vzniku pravotočivého smyku napříč pravým jízdním pruhem. Následně vozidlo sjelo do silničního příkopu, kde došlo k převrácení vozidla kolem podélné osy. Poté vozidlo opět dopadlo na kola a zastavilo se na okraji vozovky. Plánek nehody je zobrazen na obr. č. 81.



Obr. č. 81 – Plánek místa nehody [61]

Při této nehodě došlo ke smrtelnému zranění cestujícího, který seděl na pravém předním sedadle.

Poškození vozidla je zaznamenáno na obr. č. 82, kde je zřetelně vidět značná deformace pravé části vozidla, střechy a A sloupku.



Obr. č. 82 – Poškození vozidla [61]

Při ohledání vozidla bylo zjištěno, že:

- bezpečnostní pás předního spolujezdce BYL použit
- na pravé straně čalounění střechy se nachází krvavá stopa od kontaktu hlavy spolujezdce (obr. č. 83)



Obr. č. 83 – Krvavá stopa na čalounění střechy (pravé přední dveře) [61]

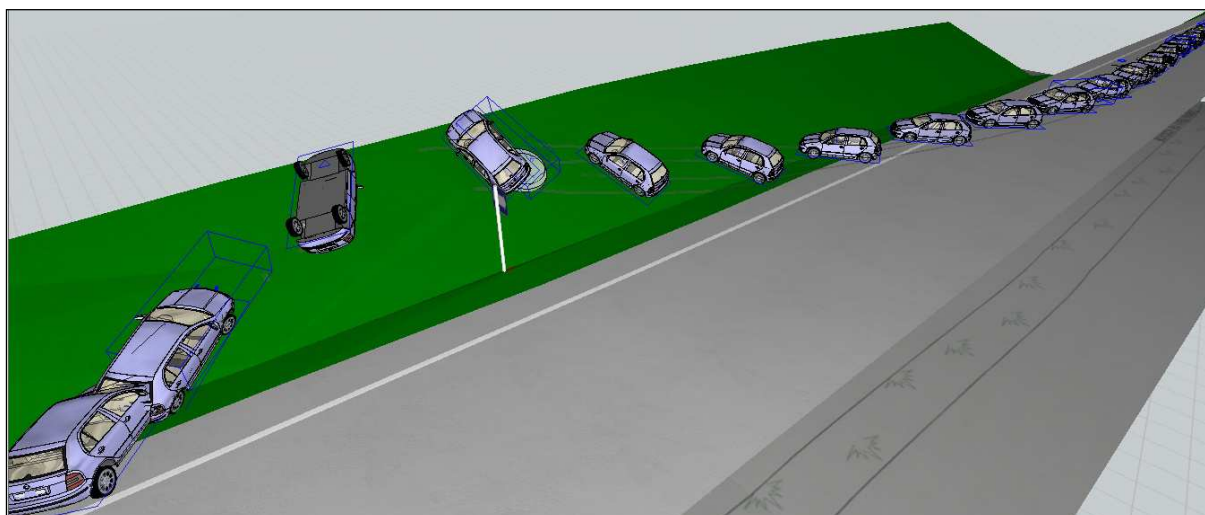
Z poznatků získaných z ohledání vozidla a zranění, které utrpěl cestující vpravo vpředu, bylo dosaženo závěru, že smrtelné zranění hlavy vzniklo kontaktem hlavy s deformovanou částí střechy a A sloupku.

Pro potvrzení tohoto závěru byla při analýze nehodového děje vytvořena simulace této dopravní nehody. Při analýze byla stanovena počáteční rychlost při vyjetí ve smyku mimo komunikaci na 80 až 90 km/h. Rychlost na počátku převrácení byla stanovena na 50 až 60 km/h a rychlost při dopadu na střechu na cca 30 až 35 km/h.

Sekvence pohybu vozidla je uvedena na obr. č. 84, která začíná v místě počátku smyku, parametry pohybu vozidla jsou uvedeny v tab. č. 13 a 14.

Tab. č. 13 – Rychlost vozidla [zdroj: autor]

vozidlo/překážka: 1 - Škoda Fabia ; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	101.000			0.362		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	1.317	-1.065	82.795	-2.403	6.007	-32.469
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	82.795	1.065		-98.553	-0.945	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.141	0.061	0.000
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	-8.696	-43.937	1.322	11.711	75.634	3.342

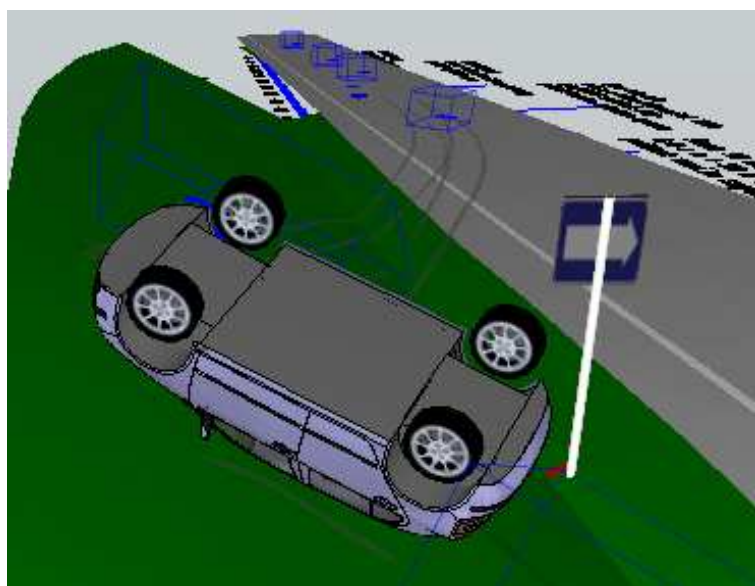


Obr. č. 84 – Simulace průběhu nehody [zdroj: autor]

Tab. č. 14 – Sekvence pohybu vozidla [zdroj: autor]

vozidlo/překážka: 1 - Škoda Fabia; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s ²]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 101.000	-	-	-	0.000	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000 27.967 100.360	1.000	(27.967)	-	0.000	0.600	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.550 43.268 99.888	0.550	(15.301)	-	0.000	0.300	0.000	-8.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.550 70.662 95.526	1.000	(27.394)	-	0.000	0.800	0.000	10.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.455 109.407 31.343	1.905	(38.746)	-	0.000	0.800	0.000	-10.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7.075 121.431 16.572	2.620	(12.023)	brzdění	0.000	0.800	2.800	-10.000	0.000	33.761	33.761	20.686	20.686
9.000 125.204 0.362	-	-	-	-	-	2.800	-10.000	0.000	33.761	33.761	20.686	20.686

Na obr. č. 85 je zobrazen detail dopadu vozidla na střechu v místě spolujezdce. Právě v tomto okamžiku došlo k stlačení střechy a následnému nárazu hlavy spolujezdce do této střechy, což způsobilo smrt této osoby.



Obr. č. 85 – Detail dopadu vozidla na střechu [zdroj: autor]

Tato dopravní nehoda ukazuje, že smrtelným zraněním při deformaci interiéru nemusí zabránit ani to, že cestující byl řádně připoután bezpečnostním pásem.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo sestavit přehled moderních prvků pasivní bezpečnosti vozidel, sestavit přehled biomechanických kritérií a limitů, zmínit úkoly soudního lékaře při analyzování dopravních nehod a vytvořit přehled nejčastějších typů zranění posádky uvnitř vozidla. Dále jsou zde uvedeny praktické ukázky dopravních nehod se zraněním, kdy hrálo velkou roli použití bezpečnostního pásu.

Za nejdůležitější prvek pasivní bezpečnosti jsou považovány deformační zóny, které mají velký vliv na výsledné účinky na cestující uvnitř vozidla. Deformační zóny jsou prvním ochranným prvkem, který je „aktivován“ při dopravní nehodě. Obecně lze říct, že čím novější vozidlo je, tím lepší je účinnost deformačních zón. Deformační zóny mají velký vliv především při čelních nárazech a nárazech zezadu, protože v přední a zadní části vozidla je výrazně víc prostoru na deformaci než na bocích vozidla a tím větší možnost na pohlcení energie nárazu. Existují však situace, kdy ani sebelepší konstrukce deformačních zón nedokáže pohltit energii nárazu. Jde např. o střet s nákladním vozidlem nebo vlakem. I v případě, kdy vozidlo již bylo bouráno a opraveno použitím nekvalitních dílů nebo byla třeba použita nevhodná technologie svařování, může dojít k situaci, že se tyto části vozidla deformují jinak a mohou vážně ohrozit posádku vozidla.

V případě bezpečnostních pásů (druhý prvek z hlediska důležitosti) je největší účinnost při čelním nárazu a při převrácení vozidla. S rostoucím úhlem od podélné osy vozidla nebo se zvyšující se rychlostí klesá účinnost bezpečnostních pásů. To samé platí i v případě dětských autosedaček, s tím rozdílem, že dítě v sedačce je více chráněno při bočním nárazu. Používáním bezpečnostních pásů a dětských autosedaček bylo dosaženo poklesu počtu těžce zraněných a usmrcených. Příklad, kdy ani bezpečnostní pásy nepomohou zabránit těžkým zraněním, je uveden v kapitole 6.3 Dopravní nehoda 3. V tomto případě došlo ke značné deformaci kabiny v místech předního spolujezdce a zraněním, která utrpěl v oblasti hlavy, nezabránil ani použitý bezpečnostní pás, ani by nepomohl případný airbag.

Airbagy jsou další důležitou složkou prvků pasivní bezpečnosti. V pomyslném žebříčku hodnocení prvků pasivní bezpečnosti zauímají třetí místo z hlediska důležitosti. Všechny typy airbagů mají jeden společný úkol a to zabránit kontaktu těla s částmi interiéru vozidla. Důležitý ochranný prvek je boční a hlavový airbag, který pomáhá krátkým bočním deformačním zónám zmírnit následky bočního nárazu. Hlavový airbag rovněž pomáhá při bočních a šikmých nárazech, kdy bezpečnostní pásy nemají takový účinek. Např. jsou

schopny zabránit kontaktu hlavy cestujícího na zadním sedadle s B sloupkem nebo konstrukcí dveří.

Při nárazu zezadu, nebo při dopadu zpět do sedačky při čelním nárazu, zabraňují poranění krční páteře opěrky hlavy. V neposlední řadě je potřeba zmínit i bezpečnostní uchycení některých prvků interiéru např. deformovatelné uchycení sloupku řízení a bezpečnostní uchycení pedálového ústrojí. Tyto prvky slouží ke snížení rizika poranění hlavy, hrudníku a dolních končetin při čelním nárazu.

Bezpečnostní prvky musí při dopravní nehodě především fungovat jako celek, aby byla zajištěna maximální možná ochrana cestujících ve vozidle. Typickým příkladem, kdy nepomůžou, ani všechny možné bezpečnostní prvky vozidla je podjetí pod přívěsem zemědělského stroje ve vysoké rychlosti. V tomto případě většinou náraz mine deformační zóny a posádka není téměř ničím chráněna. Pro řidiče a spolujezdce vpředu to mívá katastrofické následky.

Bezpečnostní prvky jsou neustále zdokonalovány, pomáhají zmírnit následky dopravní nehody, ale také se dopravní nehodě snaží předejít. Prioritou vývojářů by měla být především snaha vymyslet systém s prvky, které by byly schopny komunikovat s jednotlivými automobily v okolí a které by byly schopny zasáhnout do jízdního režimu navzdory požadavkům řidiče. Tím by se tak předešlo dopravním nehodám.

Jsou zde uvedeny úlohy znalců z oboru soudního lékařství při objasňování příčin vzniku poranění při dopravní nehodě, nebo kdy je např. potřeba zjistit, kdo řídil vozidlo. Následně jsou zde uvedeny nejčastější typy zranění posádky vozidla, které vznikly při dopravní nehodě.

Praktické ukázky dopravních nehod demonstrují důležitost použití bezpečnostních pásů ale i to, že bezpečnostní pás nedokáže zabránit smrtelnému zranění při velkých deformacích karoserie vozidla.

Tato diplomová práce je zaměřena na bezpečnost posádky vozidla. Byla zde snaha popsat jak technické prvky nebo zkoušky bezpečnosti tak i následky dopravní nehody, kterým již tyto prvky nedokázaly zabránit.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Ochrana osob a majetku. In: *Slezská univerzita v Opavě* [online]. 2011 [cit. 2012-08-24]. Dostupné z: http://www.slu.cz/math/cz/knihovna/ucebni-texty/Ochrana-osob-a-majetku/Bezpecnost-a-bezpecnostni-prostredi_-bezpecnostni-rizika-a-ohrozeni.pdf
- [2] Bezpečnostní pás. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-08-24]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpečnostní_pás
- [3] VLK, František. *Karoserie motorových vozidel*. Brno : VLK, 2000. 243 s. ISBN 80-238-5277-9.
- [4] Škoda Auto a.s. Bezpečnostní prvky Škoda Yeti. *Prospekt k vozu Škoda Yeti*. 2009, 1, s. 55-61.
- [5] ŠŤASTNÝ, J.; REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*. Praha : T. Malina, Juarézova 5, 2000. 280 s. ISBN 80-86293-01-7.
- [6] *Auto.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-21]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bezpecnost-vozidel-prvni-dil-703>.
- [7] Škoda Auto a.s. *Dílenská učební pomůcka č. 78 : Pasivní bezpečnost*. [s.l.] : [s.n.], 2010. 35 s.
- [8] *Autolexicon.net* [online]. 2009 [cit. 2011-05-21]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/pre-safe-structure>.
- [9] Pasivní bezpečnost. In: *Mjauto.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-08-28]. Dostupné z: <http://www.mjauto.cz/jiricech/jiricech.php?clanek=12>
- [10] *Intranet.ssinte-karvina.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-05-21]. Dostupné z: intranet.ssinte-karvina.cz.
- [11] Škoda Auto a.s. *Dílenská učební pomůcka č. 47 : Škoda Superb: představení vozidla, část II*. [s.l.] : [s.n.], 2001. 40 s.
- [12] Škoda Auto a.s. *Dílenská učební pomůcka č. 15 : Škoda Octavia: Technické informace*. [s.l.] : [s.n.], 1996. 38 s.
- [13] Škoda Auto a.s. *Dílenská učební pomůcka č. 63 : Škoda Roomster: Představení vozidla, část II*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 32 s.
- [14] Nejmenší děti. In: *IBesip.cz* [online]. 2008 [cit. 2012-08-27]. Dostupné z: http://www.ibesip.cz/119_Nejmensi-deti

- [15] STRIEGLER, Radim; ŠEDÁ, Eva. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. 2005 [cit. 2011-05-21]. Dětské autosedačky. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/index.php?id=197>.
- [16] Römer Duo Plus Isofix. In: *Detskydum.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-08-28]. Dostupné z: <http://www.detskydum.cz/detail/rmer-duo-plus-isofix-22701/>
- [17] *Autosedacky-romer.eu* [online]. 2009 [cit. 2011-05-21]. Bezpečnostní systém Isofix. Dostupné z: <http://www.autosedacky-romer.eu/bezpecnostni-system-isofix>.
- [18] Často kladené otázky. In: *Britax-roemer.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-09-17]. Dostupné z: http://www.britax-roemer.cz/bezpecnostni-centrum/ochrany-360/isofix_faq
- [19] Škoda hrou. In: *Skodahrou.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-09-19]. Dostupné z: <http://www.skodahrou.cz/>
- [20] *IBesip.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-05-21]. Besip. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/Detske-autosedacky/Duvody-pro-pouzivani>.
- [21] Jsou naše autosedačky nebezpečné?. In: *Gumotex.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-09-17]. Dostupné z: <http://www.gumotex.cz/jsou-nase-detske-autosedacky-nebezpecne>
- [22] Kdy dojde k aktivaci airbagů?. In: *Skoda OM* [online]. 2009 [cit. 2012-08-28]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/cze/documents/manuals/a5/root/t4-m0344.htm>
- [23] Vývoj Airbagů: Vynález k nezaplacení. In: *Lanciaclub.net* [online]. 2012 [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://www.lanciaclub.net/clanek/vyvoj-airbagu-vynalez-k-nezaplacen-136>
- [24] *Mondeo.fordclubs.org* [online]. 2005 [cit. 2011-05-21]. Elektronika - airbagy. Dostupné z: <http://mondeo.fordclubs.org/elektronika/e-airbagy.htm>.
- [25] Airbag. In: *Autolexicon.net* [online]. 2012 [cit. 2012-08-28]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/airbag/>
- [26] *Skoda OM* [online]. 2009 [cit. 2011-05-21]. Popis bočních airbagů. Dostupné z: http://www.skoda-auto.cz/cze/documents/manuals/a_suv/root/t4_m0328.htm.
- [27] *Forum.skodahome.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-21]. Octavia II - Facelift Už se blíží. Dostupné z: http://forum.skodahome.cz/topic/26128-octavia-ii-facelift/page_st_428.
- [28] *Autolexicon.net* [online]. 2011 [cit. 2011-05-21]. Kolenní airbag. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/kolenni-airbag>.
- [29] *Skoda OM* [online]. 2009 [cit. 2011-05-21]. Popis kolenního airbagu řidiče. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/cze/documents/manuals/b6/t4-m0348.htm>.

- [30] *Autolexicon.net* [online]. 2011 [cit. 2011-05-21]. Interseat Protection. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/interseat-protection>.
- [31] *Auto.idnes.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-21]. Airbagy budoucnosti pomáhají brzdit a nafouknou bezpečnostní pás. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/airbagy-budoucnosti-pomahaji-brzdit-a-nafouknou-bezpecnostni-pas-1cm-/automoto.asp?c=A090414_173431_auto_ojetiny_fdv.
- [32] *Auto.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-05-21]. Toyota iQ má nový airbag pro náraz zezadu. Dostupné z: <http://www.auto.cz/toyota-airbag-iq-ma-novy-naraz-zezadu-6484>.
- [33] SEDLÁK, Robert. *Pasivní bezpečnost*. [s.l.], 2006. 7 s. Semestrální práce. USI VUT v Brně.
- [34] *Gizmag.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-21]. Rozšířená osobní ochrana: aktivní opěrky hlavy a anti-rampa podklouznutí. Dostupné z: <http://www.gizmag.com/go/4621/picture/15187/>.
- [35] SAJDL, Jan. Euro NCAP. In: *Autolexicon.net* [online]. 2012 [cit. 2012-07-17]. Dostupné z WWW: < <http://cs.autolexicon.net/articles/euro-ncap/> >
- [36] Euro NCAP: Nová metoda hodnocení vozidel. In: *Svedsketanky.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-07-17]. Dostupné z WWW: <<http://svedsketanky.cz/index.php/clanky/4-clanek/52-euro-ncap-nova-metodika-hodnoceni-bezpenosti-vozidel>>
- [37] Euro NCAP: Nová metodika hodnocení bezpečnosti vozidel. In: *Auto.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-07-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.auto.cz/euroncap-metodika-2009-5404>>
- [38] ASSESSMENT PROTOCOL – OVERALL RATING. *Euroncap.com* [online]. 2009 [cit. 2012-07-31]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/files/Euro-NCAP-Assessment-Protocol---Overall-Rating---v5.1---0-54bc8adf-7af5-467a-8caa-1096ef86cc02.pdf>
- [39] KRKOŠKA, K. *Počítačové simulace v oblasti bezpečnosti vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 50 s.
- [40] Euro NCAP online Documentation. *Euroncap.com* [online]. 2007, [cit. 2012-07-18]. Dostupné z WWW: <http://www.euroncap.com>
- [41] Frontal Impact. *Euroncap.com* [online]. 2012 [cit. 2012-07-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.euroncap.com/tests/frontimpact.aspx>>

- [42] Car to Car side impact. *Euroncap.com* [online]. 2012 [cit. 2012-07-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.euroncap.com/Content-Web-Page/106f41f7-d486-46bf-bfbf-80fb4c79f679/car-to-car-side-impact.aspx>>
- [43] Pole Side Impact. In: *Euroncap.com* [online]. 2012 [cit. 2012-09-23]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/Content-Web-Page/90769bbc-bb74-4129-a046-e586550c3ece/pole-side-impact.aspx>
- [44] Euro NCAP Whiplash: 80 % testovaných sedadel potřebuje vylepšení. In: *Auto.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-08-06]. Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/ncap-euro-whiplash-testy-ochrany-krci-patere-evropske-metodiky-5451>
- [45] Trestní zákoník. In: *zákon č. 40/2009 Sb.* 2009. Dostupné z: <http://zakony-online.cz/?s10&q10=all>
- [46] Vývoj nehodovosti na českých silnicích. *Autosap.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-09-04]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-95.htm#titl>
- [47] Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In: *361/2000 sb.* 2000. Dostupné z: <http://www.zakonycr.cz/seznamy/361-2000-sb-zakon-o-provozu-na-pozemnich-komunikacich-a-o-zmenach-nekterych-zakonu.html>
- [48] Statistiky: Ostatní. In: *Česká asociace pojišťoven* [online]. 2012 [cit. 2012-09-20]. Dostupné z: <http://www.cap.cz/statistics.aspx?t=1>
- [49] AMBRŮŽEK, A., M. ŠESTÁK a M. ČAPKOVÁ. Význam používání bezpečnostních pásů v prevenci těžkých a smrtelných úrazů při dopravních nehodách osobních automobilů. In: *PREVENCE ÚRAZŮ, OTRAV A NÁSILÍ* [online]. 2003 [cit. 2012-09-04]. Dostupné z: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/prevence-urazu-otrav-a-nasili/administrace/clankyfile/20120429211353334062.pdf>
- [50] Bezpečnostní pásy. In: *IBESIP.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-09-04]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/Bezpecnostni-pasy>
- [51] Definice oboru. In: *Biomech.ftvs.cuni.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-09-05]. Dostupné z: http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpbk/kompendum/biomechanika/zaklady_definice.php
- [52] *Biomechanika a zranění osob, pohyb posádky, konzultace se soudním lékařem.* 2010.
- [53] Kovanda, J., Šatochin, V.: *Pasivní bezpečnost vozidel*, Skripta ČVUT-FD, Praha, 2000.
- [54] HUGEMANN, W. *Unfall-rekonstruktion*. Erzhausen : Schönbach-Druck, 2007. ISBN 3-00-019419-3.

- [55] PROCHOVSKI, L., UNARSKI, J., WACH, W., WICHER, J. Pojazdy samochodowe - Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2008. ISBN 978-83-206-1688-0.
- [56] Dynamic Compression Tests of a Polyurethane Flexible Foam as a Step in Modelling Impact of the Head to the Vehicle Seat Head Restraint. In: KOTEŁKO, Maria. *Mas.bg.ac.rs* [online]. 2010 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: http://www.mas.bg.ac.rs/istrazivanje/biblioteka/publikacije/Transactions_FME/Volume_38/3/03_MJankowski.pdf
- [57] MIČUNEK, Tomáš. *Možnosti snížení následků dopravních nehod technickými opatřeními a opatřeními po nehodě*. Praha, 2010. Disertační práce. ČVUT - FD. Vedoucí práce doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc. Dostupné z: http://k622.fd.cvut.cz/downloads/Micunek_PHD_2010.pdf.
- [58] ŠTEFAN J a MACH J. *Soudně lékařská a medicínsko-právní problematika v praxi*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0931-7.
- [59] KOLEKTIV AUTORŮ. *Soudní lékařství*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-728-1.
- [60] DOLINAK, David, Evan MATSHES a Emma LEW. *Forensic Pathology: Principles and Practice*. Oxford, UK: Elsevier Academic Press, 2005, s. 259-288. ISBN 978-0-12-219951-6.
- [61] Databáze znalce Ing. Bc. Marek Semela, Ph. D.

9 SEZNAM VLASTNÍCH PRACÍ

- Obr. č. 11 – Kyvadlový mechanismus – foto
- Obr. č. 15 – Foto kyvadlového mechanismu s rohatkou
- Obr. č. 74 – Simulace průběhu nehody
- Obr. č. 74 – Model interiéru vozidla
- Obr. č. 80 – Simulace průběhu nehody
- Obr. č. 83 – Simulace průběhu nehody
- Obr. č. 84 – Detail dopadu vozidla na střechu
- Tab. č. 9 – Sekvence pohybu vozidla
- Tab. č. 10 – Rychlost vozidla
- Tab. č. 11 – Rychlost vozidla
- Tab. č. 12 – Sekvence pohybu vozidla
- Tab. č. 13 – Rychlost vozidla
- Tab. č. 14 – Sekvence pohybu vozidla