

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



## **Pasivní bezpečnost vozidel**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jan KOVANDA, CSc.**

Autor práce: **Tomáš MORAVA**

PRAHA 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Akademický rok 2009/2010

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Tomáš Morava**

obor Silniční a městská automobilová doprava

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Pasivní bezpečnost vozidel**

## **Osnova bakalářské práce:**

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Prvky pasivní bezpečnosti
4. Zkoušení prvků pasivní bezpečnosti
5. Závěr
6. Seznam literatury
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

Kovanda, Riva: Human - vehicle interaction. Ed. Spiegel, Milano 1999

First: Zkoušení automobilů a motocyklů. SnT Praha 2008

Kovanda: Pasivní bezpečnost. Skriptum CVUT, 2000

Studie k disertacním pracím FD CVUT

Diplomové práce FD CVUT, TF CZU

Výzkumné zprávy projektů MPO

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jan Kovanda, CSc.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

  
.....  
Vedoucí katedry



  
.....  
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma *Pasivní bezpečnost vozidel* vypracoval samostatně pod odborným vedením pana prof. Ing. Jana Kovandy, CSc. a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze, dne 27. března 2011

.....

Tomáš MORAVA

**Poděkování:**

Zde bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli při psaní této bakalářské práce. Zvláštní poděkování patří mému vedoucímu panu prof. Ing. Janu Kovandovi, CSc., za odborné konzultace a cenné připomínky k mé bakalářské práci. Dále bych chtěl také poděkovat společnosti Škoda – auto a.s. za poskytnutí doplňkových materiálů.

V Praze, dne 27. března 2011

.....

Tomáš MORAVA

## **Abstrakt:**

Tématem této bakalářské práce je poukázat na význam prvků v oblasti pasivní bezpečnosti vozidel a na jejich zkoušení. První část práce je zaměřena na legislativní předpisy, které musí prvky pasivní bezpečnosti splňovat. V následujících kapitolách této části jsou podrobně definovány hlavní prvky pasivní bezpečnosti, jako jsou karoserie vozidel, bezpečnostní pásy, airbagy, dětské zádržné systémy, mechanismus řízení a zasklení karoserie vozidel. Druhá polovina práce se zabývá problematikou zkoušení pasivní bezpečnosti vozidel. V této části práce je zvláštní pozornost věnována jednotlivým nárazovým zkouškám. Při těchto zkouškách se sledují druhy a závažnost případných poranění cestujících při nehodě. Na základě výsledků nárazových testů jsou vozidla hodnocena dle úrovně bezpečnosti organizací EuroNCAP, které je věnován závěr práce.

**Klíčová slova:** Pasivní bezpečnost, Předpis EHK, Deformace karoserie, Zádržné systémy, Biomechanika poranění, Figuríny, Nárazové zkoušky, EuroNCAP

# **Passive safety of vehicles**

## **Summary:**

The aim of this thesis is to point out the importance of elements in the area of passive vehicle safety and their testing. The first part of my thesis focuses on the legislative decree which has to fulfill the elements of passive safety. The main elements of passive safety such as car body, seat belts, airbags, child retaining systems, driving mechanisms or glazing of car window panes are described in detail in the following chapters of this section. The second part of this thesis focuses on the issue of testing the passive vehicle safety. Single crash testing is considered with more attention in this section. Different kinds and seriousness of possible injury are observed during such testing. On the basis of the crash testing results, vehicles are evaluated according to the level of safety by the organization EuroNCAP, which will be described at the end of the thesis.

**Key words:** Passive safety, Regulation ECE, Car body deformation, Retaining systems, Biomechanics of injury, Crash test dummies, Crash tests, EuroNCAP

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. CÍL PRÁCE A METODIKA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. PRVKY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1. LEGISLATIVA V OBLASTI PASIVNÍ BEZPEČNOSTI.....</b>	<b>4</b>
3.1.1. Předpis EHK/OSN č. 14.....	5
3.1.2. Předpis EHK/OSN č. 44.....	5
3.1.3. Předpis EHK/OSN č. 94.....	5
3.1.4. Předpis EHK/OSN č. 95.....	5
<b>3.2. KAROSERIE VOZIDEL.....</b>	<b>6</b>
3.2.1. Druhy karoserie .....	6
3.2.2. Konstrukce karoserie .....	6
3.2.3. Materiály karoserie.....	8
<b>3.3. BEZPEČNOSTNÍ PÁSY .....</b>	<b>9</b>
3.3.1. Navíjecí zařízení bezpečnostních pásů .....	9
3.3.2. Předpínací zařízení bezpečnostních pásů .....	11
3.3.3. Omezovač síly bezpečnostních pásů .....	12
<b>3.4. AIRBAGY.....</b>	<b>12</b>
3.4.1. Princip činnosti airbagu .....	13
3.4.2. Druhy airbagů.....	14
3.4.3. Časový průběh aktivace airbagů při nárazu.....	16
<b>3.5. DĚTSKÉ ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>17</b>
3.5.1. Konstrukce dětských zádržných systémů.....	17
3.5.2. Statistika dopravních nehod za účasti dětí .....	17
3.5.3. Rozdělení dětských zádržných systémů .....	19
<b>3.6. MECHANISMUS ŘÍZENÍ .....</b>	<b>21</b>
3.6.1. Předpis EHK/OSN č.12.....	21
3.6.2. Prvky mechanismu řízení.....	21
3.6.3. Druhy zkoušek mechanismu řízení.....	22

<b>3.7. ZASKLENÍ KAROSERIE.....</b>	<b>23</b>
3.7.1. Požadavky na zasklení karoserie vozidla.....	23
3.7.2. Konstrukce skel.....	24
<b>4. ZKOUŠENÍ PRVKŮ PASIVNÍ BEZPEČNOSTI .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. BIOMECHANIKA PORANĚNÍ.....</b>	<b>25</b>
4.1.1. Modely v biomechanice poranění.....	25
4.1.2. Nejdůležitější biomechanická poranění.....	26
4.1.3. Mechanismy poranění.....	27
<b>4.2. FIGURÍNY POUŽÍVANÉ PRO ZKOUŠKY .....</b>	<b>28</b>
4.2.1. Figurína Hybrid III.....	28
4.2.2. Figurína EuroSid 2.....	29
4.2.3. Dětské figuríny.....	29
<b>4.3. VOZIDLA A JEJICH PŘÍPRAVA PRO ZKOUŠKY .....</b>	<b>31</b>
4.3.1. Hmotnost vozidla .....	31
4.3.2. Uspořádání interiéru zkušebního vozidla.....	31
<b>4.4. NÁRAZOVÉ ZKOUŠKY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI .....</b>	<b>33</b>
4.4.1. Zkouška čelním nárazem.....	34
4.4.2. Zkouška čelním nárazem s přesahem.....	34
4.4.3. Zkouška bočním nárazem.....	35
4.4.4. Zkouška bočním nárazem na sloup.....	36
4.4.5. Zkouška nárazem zezadu .....	37
<b>4.5. TESTY EURONCAP.....</b>	<b>37</b>
4.5.1. Nárazové zkoušky EuroNCAP .....	38
4.5.2. Hodnocení testů EuroNCAP .....	38
4.5.3. Stupně ochrany posádky vozidla.....	40
<b>5. ZÁVĚR .....</b>	<b>41</b>
<b>6. SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>43</b>
<b>7. PŘÍLOHY.....</b>	<b>48</b>



# 1. ÚVOD

Bakalářská práce na téma pasivní bezpečnost vozidel je věnována problematice jednotlivých konstrukčních prvků a jejich zkoušení, které při nehodě napomáhají k ochraně posádky vozidla. V souvislosti se stále se zvyšující intenzitou silniční dopravy, zároveň stoupá riziko dopravních nehod. Dle statistik Evropského statistického úřadu se na evropských silnicích přihodí ročně přibližně 1 100 000 dopravních nehod, při nichž přijde o život 25 000 osob a více jak 1 400 000 účastníků je zraněno. Ze všech uskutečněných nehod, je více jak 85 % způsobeno vinou řidiče. Z těchto hrozivých čísel je zřejmé, že je nutné klást i nadále velký důraz na vývoj prvků v oblasti pasivní bezpečnosti.

Pasivní bezpečnost vozidel je v dnešní době chápána veřejností jako velice potřebná a důležitá pro automobilovou dopravu. Dojde-li na silnici ke krizové situaci, kterou může řidič svým chováním ovlivnit, napomáhají mu k tomu prvky aktivní bezpečnosti. Mezi nejdůležitější prvky aktivní bezpečnosti patří například systémy napomáhající ke zlepšení stability a jízdních vlastností vozidla nebo systém zaměřený na regulaci účinku brzd. V případě, že již nelze aktivními prvky kolizi zabránit a střet je nevyhnutelný, nastupují na řadu prvky bezpečnosti pasivní. Prvky pasivní bezpečnosti mají za úkol ochránit posádku vozidla v případě nehody a minimalizovat jejich možná poranění. Do skupiny pasivní bezpečnosti, kterou se velmi podrobně zabývá evropská legislativa, lze zařadit samotnou konstrukci karoserie, která přichází do kontaktu s překážkou na řadu jako první a je velmi důležitá pro cestující uvnitř vozidla. Do pasivních prvků se dále řadí například bezpečnostní pásy a airbagy, které zachraňují dle statistik nejvíce lidských životů, dále pak zádržné systémy určené pro děti, konstrukce mechanismu řízení, provedení zasklení karoserie či umístění sedadel a jejich opěrek hlavy.

I přes velké zdokonalení, ke kterému v oblasti bezpečnosti vozidel za poslední dobu došlo, nelze říci, že jsou pasivní prvky, umístěné ve vozidlech, stoprocentní. Není v silách výrobců automobilů vyrobit takový automobil, ve kterém by byla jeho posádka zcela ochráněna před případným zraněním. Proto se v oblasti vývoje, konstrukce a zkoušení samotných prvků pasivní bezpečnosti neustále pracuje.

## **2. CÍL PRÁCE A METODIKA**

### **Cíl práce**

Cílem této práce je poukázat na jednotlivé prvky pasivní bezpečnosti osobních vozidel a na jejich zkoušení. Prvky pasivní bezpečnosti dále podrobně charakterizovat v souladu s příslušnou legislativou Evropské hospodářské komise (EHK). Definovat tyto prvky z hlediska rozdělení, funkce, výhod a požadavků na jejich samotnou konstrukci a uspořádání ve vozidle.

Na základě dat, která jsou dostupná k problematice nehodovosti v silniční automobilové dopravě, je cílem u vybraných prvků pasivní bezpečnosti zhodnotit jejich vliv na úmrtnost při dopravních nehodách.

Další část práce je věnována zkouškám pasivní bezpečnosti vozidel. V této části práce je cílem objasnit postup a vyhodnocení zkoušky u daného typu nárazového testu, a s tím spojena především biomechanická kritéria poranění člověka.

### **Metodika**

Na základě studia sekundárních zdrojů dat v oblasti prvků pasivní bezpečnosti byly, v souladu s výše uvedeným cílem práce, tyto prvky definovány.

Kromě tištěných publikací byly použity i elektronické zdroje, které se danou problematikou zabývají. Pro objasnění některých pojmů bylo využito také informací z Evropského statistického úřadu, Ministerstva dopravy, Ministerstva vnitra a organizace pro bezpečnost silničního provozu BESIP.

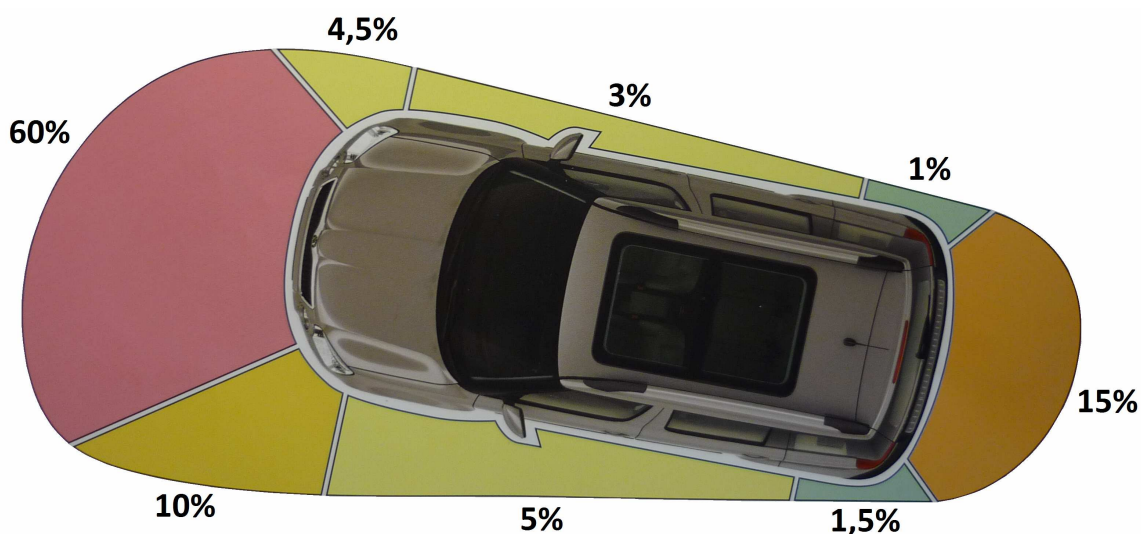
Pro lepší přehlednost a ilustraci bylo v práci využito také dat a nákrešů z dílenských příruček poskytnutých společností Škoda – auto a.s.

### 3. PRVKY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

Nastane-li situace, při které již nelze zabránit srážce vozidla s překážkou či jiným vozidlem, přicházejí na řadu prvky pasivní bezpečnosti vozidla. Hlavním úkolem prvků v oblasti pasivní bezpečnosti je ochránit posádku uvnitř vozidla a další účastníky silničního provozu a popřípadě minimalizovat jejich poranění. Prvků, sloužících pro účel zmírnění následků nehody, je celá řada a upravuje je legislativa. Mezi nejvýznamnější prvky pasivní bezpečnosti můžeme zařadit použití zádržných systémů jako jsou bezpečnostní pásy a airbagy, dětské zádržné systémy, bezpečnostní skla a v neposlední řadě samotnou konstrukci karoserie, která jako první minimalizuje následky střetu a zachovává prostor pro přežití posádky.

Procentuální vyjádření četnosti místa nárazu při nehodě je graficky znázorněno na níže uvedeném obr. 1. Z dlouhodobých statistik dopravních nehod v silničním provozu vyplývá, že 60 % všech dopravních nehod směřuje do přední části automobilu. Konstrukce vozidel jsou této statistice přizpůsobeny, ovšem nelze opomenout i jiný druh kolize. Dalších přibližně 15 % nárazů míří do zadní části karoserie vozidel, které bývají nejčastěji uskutečňovány v nižších nárazových rychlostech. Každý čtvrtý náraz vozidla směřuje do jeho bočních partií, které jsou vzhledem ke krátkým deformačním zónám pro posádku velmi nebezpečné.

*Obr. 1 – Procentuální vyjádření četnosti místa nárazu při nehodě*



Zdroj: [11]

### 3.1. LEGISLATIVA V OBLASTI PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

V Ženevě roku 1958 byla členskými státy Evropské hospodářské komise (EHK) uzavřena dohoda pod názvem „*Dohoda o přijetí jednotných podmínek pro homologaci a o vzájemném uznávání homologace výstroje a součástí motorových vozidel*“. Účelem dohody bylo a je sjednotit evropské zákony ohledně konstrukce a schvalování silničních vozidel. Dohoda nabyla právní platnosti v červnu roku 1959. Byla podepsána celkem dvaceti státy, včetně tehdejšího Československa, a do dnes se celkem pod tuto Dohodu podepsalo 33 států. O rok později, tedy v roce 1960, byla tato dohoda zařazena do Československého právního systému vyhláškou číslo 176/1960. V roce 1995 OSN revidovala Dohodu z roku 1958 pod zněním „*Dohoda o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací, udělených na základě těchto pravidel*“. V České republice jsou stanoveny povinnosti plnit předpisy, které jsou v souladu s vyhláškou Ministerstva dopravy „*O schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích*“ č. 341/2002 Sb., ve které jsou uvedeny všechny předpisy EHK/OSN a směrnice EHS/ES. Předpisy a směrnice k problematice v oblasti pasivní bezpečnosti vozidel jsou vypsány v níže uvedené tab. 1. [3, 4]

**Tab. 1 - Předpisy EHK/OSN pro pasivní bezpečnost vozidel**

Předpis EHK/OSN č.	Směrnice EHS/ES	Předmět
11	70/378	Zámky a závěsy dveří
12	74/297	Ochrana řidiče při nárazu na mechanismus řízení
14	76/115	Kotevní úchyty bezpečnostních pásů
16	77/541	Bezpečnostní pásy
17, 25	74/408, 78/932	Pevnost sedadel, úchytnů a opěrek hlavy
21	74/60	Vnitřní výčnělky ve vozidlech
26	74/483	Vnější výčnělky na vozidlech
32	-	Náraz na vozidlo zezadu
33	-	Náraz na vozidlo zepředu
43	92/22	Bezpečnostní skla a zasklívací materiály
44	-	Dětské zádržné systémy
94	96/79	Ochrana proti čelnímu nárazu
95	96/27	Ochrana proti bočnímu nárazu

Zdroj: [3]

### **3.1.1. Předpis EHK/OSN č. 14**

Celým názvem „*Jednotná stanovení pro homologaci vozidel z hlediska kotevních úchytných bezpečnostních pásů*“. Je upraven směrnicí EHS/ES 76/115. Tento předpis stanovuje podmínky pro zkoušení a schvalování bezpečnostních pásů. Zakotvení pásů musí dle předpisu odolávat tažné síle, která působí pod úhlem  $10^\circ \pm 5^\circ$  nejméně po dobu 0,2 s. Pásky se zatěžují prostřednictvím příslušných figurín, které jsou rovněž předepsány v tomto předpisu. Dvoubodové pásky se zatěžují silou o velikosti  $22,3 \pm 0,2$  kN. Třibodové pásky mají hodnotu stanovenou pro zkoušení  $22,5 \pm 0,2$  kN. [5]

### **3.1.2. Předpis EHK/OSN č. 44**

Předpis EHK/OSN č. 44 ve znění „*Jednotná ustanovení pro homologaci zařízení pro dětské cestující v motorových vozidlech*“ stanovuje montáž a požadavky na zkoušení a schvalování dětských zádržných systémů, které jsou určeny k instalaci pro motorová vozidla. Tento předpis není určen pro vozidla se sklopnými sedadly. Zařízení je zatěžováno pomocí dětských figurín ve věku od novorozence do 12 let. Dětským figurínám se podrobně věnuje kapitola 4.2.3. [22]

### **3.1.3. Předpis EHK/OSN č. 94**

Tento předpis je právně platný od roku 1996. Nařízení upravuje směrnice EHS/ES 96/79. Předpis č. 94 celým názvem „*Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska ochrany cestujících při čelním nárazu*“ stanovuje podrobnou metodiku k provádění zkoušky čelním nárazem na pevnou bariéru. Předpis dále určuje příslušný model ke zkoušce, nárazovou rychlost v době střetu s bariérou, charakteristiku a parametry bariéry. Součástí předpisu jsou kritéria vyhodnocení zkoušky. Předepsaná kritéria udávaná předpisem EHK/OSN č. 94 jsou podrobněji uvedena v kapitole 4.4.1. [5, 9]

### **3.1.4. Předpis EHK/OSN č. 95**

Předpis s názvem „*Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska ochrany cestujících při bočním nárazu*“ je dále upraven dle směrnice EHS/ES 96/27. V předpisu jsou stanoveny nároky na správné provedení zkoušky. Předpis určuje nárazovou rychlost mobilní bariéry, charakter a rozměry bariéry a příslušnou figurínu pro daný typ zkoušky. Konkrétní hodnoty předpisu EHK/OSN č. 95 jsou vysvětleny v kapitole 4.4.3. [10]

## 3.2. KAROSERIE VOZIDEL

Na karoserie vozidel jsou v dnešní době kladeny vysoké požadavky v oblasti vývoje, konstrukce, provozu a funkčnosti. Tato kapitola se zaměřuje především na samotnou konstrukci a použité materiály v karoserii.

### 3.2.1. Druhy karoserie

Druhy karoserie se dělí na tři základní typy. **Podvozková** karoserie se vyznačuje tím, že se upevňuje přímo na rám podvozku. Vnější namáhání od vozovky nebo vnitřní namáhání a momenty způsobené od hnacího ústrojí zachycuje podvozek s rámem, který nese hnací a řídicí část vozidla. Karoserie je k rámu pružně uložena, což umožňuje vzájemný pohyb mezi karoserií a rámem vozidla. V dnešní době se pro osobní automobily tento druh karoserie používá jen velmi málo. [5]

Druhým typem je **polonosná** karoserie. Tento typ je charakterizován tak, že rám neslouží pouze k uchycení podvozkových částí, ale vznikající namáhání zachycuje rám společně s karoserií. Karoserie je tedy v tomto případě pevně spojena s rámem a tento spojení není rozebíratelný. [5]

Poslední skupinu tvoří karoserie **samonosné**. Samonosná karoserie má tu vlastnost, že zde není samonosný rám a hnací ústrojí. Podvozkové části jsou upevněny přímo na karoserii vozidla. Druh této konstrukce se v dnešní době využívá pro stavbu osobních automobilů nejčastěji. [5]

### 3.2.2. Konstrukce karoserie

Základní prvky karoserie lze rozdělit na dvě skupiny. První skupinu tvoří nosné prvky. Už z jejich názvu je zřejmé, že tvoří základní strukturu karoserie a v případě kolize velmi záleží na jejich konstrukci a uspořádání ve vozidle. Mezi nosné prvky řadíme příčné a podélné nosníky vozu, prahy, sloupky a střešní rám. Druhou velmi důležitou skupinou jsou spojovací prvky. Tyto prvky jsou vázány na nosné prvky karoserie. Do této skupiny patří například střecha, boční díly karoserie, kapota a podlahové části. [4]

Struktura karoserie vozidel musí z hlediska pasivní bezpečnosti splňovat následující podmínky. Konstrukce karoserie musí být schopná pohltit kinetickou energii při střetu vozidla s překážkou či jiným vozidlem, která zajistí, že nebudou překročeny biomechanické hodnoty zatížení člověka. Biomechanická kritéria, podrobněji vysvětlena v kapitole 4.1., stanovují hodnoty možného přetížení jednotlivých částí lidského organismu v průběhu nehody. Deformace karoserie z tohoto důvodu nesmí být příliš malá, což by mělo za následek nerozložení nárazové síly v deformačních zónách. Oproti tomu, ale deformace karoserie nesmí být příliš velká, aby nebyl narušen vnitřní prostor pro přežití cestujících. Z těchto nároků je zřejmé, že vyrobit vhodnou karoserii není jednoduché. [4]

Zvlášť problematické jsou při deformacích tuhé části karoserie. Nejproblematictější částí při čelním nárazu je motor, u kterého se musí zajistit, aby nedošlo k jeho vniknutí do vnitřního prostoru posádky. Tato problematika se řeší pomocí speciálního zavěšení, které v případě nárazu usměrní motor pod podlahu vozidla. [5]

**Obr. 2 – Rozložení síly v karoserii při čelním nárazu vozidla**



*Zdroj: [29]*

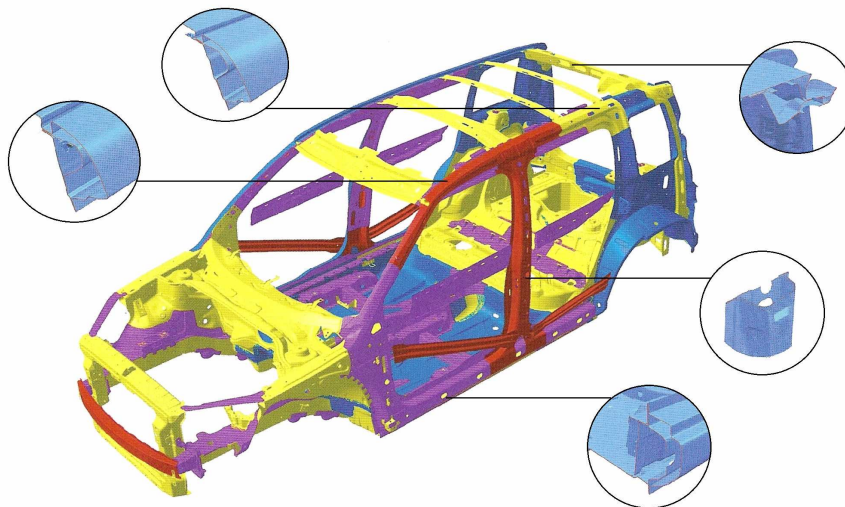
Velikost kinetické síly při nárazu závisí na intenzitě střetu a směru nárazu. Vzhledem k pohlcení nárazové síly jsou nejbezpečnější čelní a zadní směry kolize, z důvodu velkých deformačních zón. Rozložení nárazové síly do konstrukce karoserie při čelním střetu je znázorněno na obr. 2. Naopak velmi nebezpečný je pro posádku sedící uvnitř vozidla náraz boční, kde jsou deformační zóny v porovnání s čelním nárazem minimální. Z toho vyplývá, že boční stavba karoserie musí mít odlišné konstrukční provedení. Konstrukteři

proto volí pro stavbu automobilových karoserií různé profily, druhy a tloušťky materiálů, uvedené na obr. 3, které zaručí co nejlepší ochranu posádky ve vozidle.[4]

### 3.2.3. Materiály karoserie

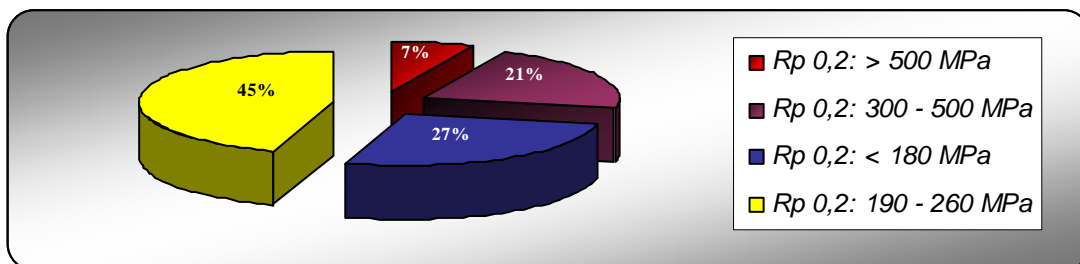
Pro výrobu karoserie se používají různé druhy materiálů. Pro ukázkou jsou na níže uvedeném obr. 3 barevně zobrazeny jednotlivé použité materiály pro model Škoda Yeti. V karoserii je zastoupena vysokopevnostní ocel, která je dle mezních hodnot v tahu ( $R_{p0,2}$ ) rozdělena procentuálně v níže uvedeném grafu 1. Z profilů a konstrukce karoserie modelu Škoda Yeti je zřejmé, že nejpevnější ocel je použita na boční strukturu karoserie, kde je v případě nehody zapotřebí, aby deformace vozidla vzhledem k prostoru uvnitř vozu byla co nejmenší. Vysokopevnostní ocel s hodnotou  $R_{p0,2}$  300 – 500 MPa, zobrazena fialovou barvou, zaručuje karoserii pomocí dvojice nosníků dobrou tuhost při čelním nárazu. Ocel s pevností do 180 MPa je použita na místech, které přímo nechrání posádku vozidla. Použité typy materiálů pro stavbu karoserií jsou dále znázorněny v příloze 1 a 2. [11]

**Obr. 3 – Průřezy nosnými prvky karoserie a použitých materiálů**



Zdroj:[11]

**Graf 1 – Procentuální zastoupení pevnosti použitých materiálů ve vozidel**



Zdroj: [11]

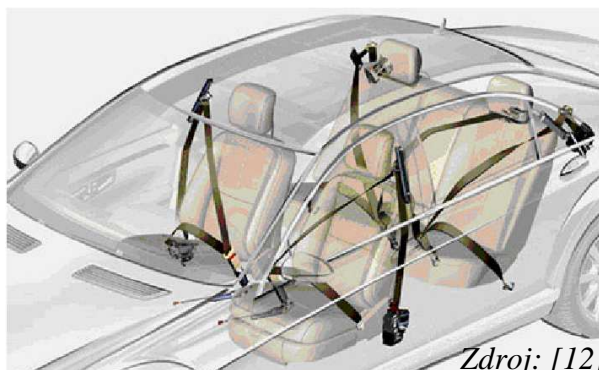


### 3.3. BEZPEČNOSTNÍ PÁSY

Do kategorie prvků pasivní bezpečnosti bezesporu patří bezpečnostní pásy. Tento mechanismus byl vynalezen v polovině 20. století a od roku 1959 je montován do osobních automobilů. Od jejich vývoje došlo k mnoha konstrukčním změnám a podle statistik bezpečnostní pásy snížily poranění posádky až o 50 %. Statistické ukazatele v oblasti používání bezpečnostních pásů za rok 2008 v ČR jsou vyhodnoceny v příloze 3. S ohledem na poranění posádky je účelem bezpečnostních pásů zachytit tělo cestujícího, které je při nárazu vrženo směrem vpřed, a zajistit, aby nedošlo k přímému kontaktu s vnitřními částmi vozidla. Všechny druhy bezpečnostních pásů jsou uvedeny v příloze 4. Mezi nejpoužívanější druh bezpečnostních pásů dnes patří pás tříbodový, který je vyobrazen na obr. 4. [4]

*Obr. 4 – Rozmístění tříbodových pásů ve vozidle*

Bezpečnostní pásy jsou upravovány legislativními předpisy EHK/OSN č. 12, 14, 16 a 114. Předpis EHK/OSN č. 16 s názvem „*Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska bezpečnostních pásů pro dospělé*“ je dále upraven směrnicí EHS/ES 77/541 a normou 208 popřípadě 209.



Tento předpis stanovuje homologační podmínky bezpečnostních pásů pro dospělé osoby. Kontrolují se všechny součásti bezpečnostního pásu, tj. uzavírací přezka, seřizovací zařízení, kotevní úchyty, popruhy a omezovače síly. Na bezpečnostní pásy jsou kladeny velké nároky, kontroluje se především jejich statická pevnost v tahu, spolehlivost a odolnost proti chladu či teplu. [5]

#### 3.3.1. Navíjecí zařízení bezpečnostních pásů

Nejčastějším používaným bezpečnostním pásem je pás tříbodový v kombinaci se samonavíjecím zařízením. Samonavíjecí mechanismus se automaticky přizpůsobuje tělesným parametrům cestujícího a během jízdy umožňuje volný pohyb a dostatečný komfort. Konstrukce bezpečnostního pásu je složena z popruhu, spony a odvíjecího zařízení. Blokování pásu může být konstruováno na různém principu.

### **Typy navíjecího zařízení:**

Následující rozdělení bezpečnostních pásů je uvedeno podle zdroje [7] – Předpisu EHK/OSN č. 16 s názvem „Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska bezpečnostních pásů pro dospělé“

#### **1) Navíječ bez blokování (typ 1)**

*“Navíječ, z něhož se popruh v celé své délce odvine působením malé vnější síly bez možnosti regulovat délku odvinutého popruhu”*

#### **2) Navíječ s ručním blokováním (typ 2)**

*“Navíječ, který musí uživatel ručně odblokovat, aby mohl odvinout požadovanou délku popruhu, a který se samočinně zablokuje, jakmile ustane uvedený úkon”*

#### **3) Navíječ s automatickým blokováním (typ 3)**

*“Navíječ dovolující odvinutí požadované délky popruhu a seřizující uživateli samočinně popruh po zapnutí spony. Bez úmyslného zásahu uživatele se popruh dále neodvívá”*

#### **4) Navíječ s nouzovým blokováním (typ 4)**

*“Navíječ, který za běžných jízdních podmínek neomezuje volnost pohybu uživatele bezpečnostního pásu. Takové zařízení má součásti k seřizování délky, které samočinně přizpůsobí popruh uživateli a blokovací mechanismus uváděný v případě nouze do činnosti, například snížením rychlosti vozidla, odvíjením popruhu”*

#### **5) Navíječ s nouzovým blokováním s vyšším prahem reakce (typ 4N)**

*“Navíječ typu 4 se zvláštními vlastnostmi s ohledem na použití ve vozidlech kategorie M2, M3, N1, N2 a N3”*

### **Aktivační podmínky pro navíjecí zařízení**

Podle předpisu EHK/OSN č. 16 a publikace s názvem „Stavba motorových vozidel“ má být blokovací zařízení uvedeno v činnost při zpoždění vozidla  $a_v = 0,4 - 0,45 g$  nebo při rychlém vytažení popruhu bezpečnostního pásu z blokovacího zařízení se zrychlením  $a_p = 0,6 - 0,8 g$ . [4, 7]

### 3.3.2. Předpínací zařízení bezpečnostních pásů

Bezpečnostní pásy se používají pro zamezení v rychlém pohybu těla člověka dopředu v průběhu nehody. Protože, navíjecí zařízení mají určitou vůli, a s tím spojenou časovou prodlevu především z důvodu komfortu, musí být bezpečnostní pásy opatřeny předpínacím mechanismem. Předpínací mechanismus, nebo také napínací zařízení, přitáhne v případě nehody bezpečnostní pás o několik centimetrů v krátkém časovém úseku. Pás tak v počátku nehody lépe obepne cestujícího a zamezí posunu vpřed. Na obr. 5 jsou uvedeny nejvyužívanější typy předpínacích zařízení pracujících na pyrotechnickém nebo mechanickém principu. [4]

*Obr. 5 – Pyrotechnický a mechanický předpínač bezpečnostních pásů*



Zdroj: [4]

Mechanický předpínač pracuje pomocí předepnuté pružiny. V případě aktivace bezpečnostního pásu zatáhne předepnutá pružina přes lanko a zpětnou západku zámek bezpečnostního pásu, který se přitáhne a tím zkrátí pás až o 80 mm.

Pyrotechnický předpínač funguje na principu odpálení pyrotechnické patrony. Tato patrona se odpálí elektronicky při aktivaci bezpečnostního pásu. Tlak působící od pyrotechnické patrony tlačí na píst, který pomocí lanka zatáhne zámek pásu. Pás se zkrátí o hodnotu 80 - 120 mm dle konstrukce výrobce. Nejlepšího účinku předpínačů bezpečnostních pásů se docílí odladěnou souhrou pyrotechnických elektricky odpalovaných patron. Předpínací zařízení lze uvést v činnost pouze jednou. Po odpálení pyrotechnické patrony se musí celý systém vyměnit za nový. Možnosti různých konstrukčních provedení předpínačů jsou uvedeny v přílohách 5, 6, 7 a 8. [4, 14]

### 3.3.3. Omezovač síly bezpečnostních pásů

Tento mechanismus slouží k tomu, aby při nehodě nedošlo k překročení biomechanických kritérií, která jsou dále objasněna v kapitole 4.1. Z tohoto důvodu musí být bezpečnostní zádržný systém vybaven omezovačem síly. V případě, že by pás nebyl vybaven tímto mechanismem, mohlo by dojít ke kritickému přetížení lidského organismu, které by vedlo k závažným poraněním cestujících. Omezovače se konstruují v souladu s délkou prostoru ve vozidle, který je zapotřebí pro zastavení posádky vržené při nárazu vpřed.

#### Druhy omezení zádržné síly:

**Plastickou deformací** – Omezení zádržné síly plastickou deformací je docíleno pomocí torzní tyče. Bezpečnostní pás působí na hrudník posádky a při překročení meze pevnosti se tyč deformuje a pás se tak povolí o několik milimetrů.

**Suchým třením** – Síla, kterou vykonává bezpečnostní pás na hrudník cestujících se při velkém přetížení sníží třením pomocí třecích ploch na obložení a na cívce pásu v odvíjecím mechanismu.

**Destrukci pásu** – K destrukci pásu dochází pomocí trhacího švu. Síla působící na tělo cestujícího od bezpečnostního pásu je snížena roztrhnutím trhacího švu bezpečnostního pásu. [4]

## 3.4. AIRBAGY

Airbag byl vynalezen v roce 1952 a o dvacet let později byl poprvé zařazen do sériové výroby automobilů. V počátcích byl airbag považován za náhradu bezpečnostních pásů. Od osmdesátých let 20. století se airbag začíná chápat ne jako náhrada za bezpečnostní pásy, ale jako nezbytný doplněk, který společně s bezpečnostními pásy vytváří, dle přílohy 9, bezpečnostní ochranu pro posádku sedící uvnitř vozidla. Bez použití bezpečnostních pásů může airbag velmi vážně poranit cestující či je dokonce usmrtit. Airbagy, někdy nazývané také bezpečnostní nafukovací vaky, mají za úkol ochránit posádku vozidla, sedící na různých sedadlech ve vozidle, v průběhu nehody před nárazem na vnitřní vybavení vozidla. Airbagy se dnes staly nezbytnou součástí standardní výbavy všech vozidel, která přichází na automobilový trh. [4, 11]

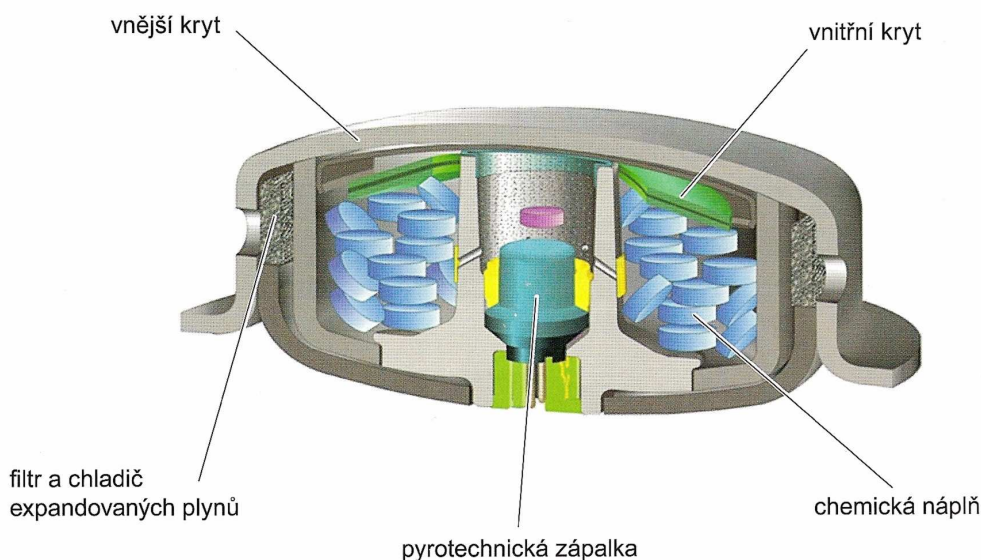
### 3.4.1. Princip činnosti airbagu

#### Systém airbagů tvoří:

- Airbagy
- Nárazové senzory
- Elektrická instalace
- Centrální řídicí jednotka
- Vypínač čelního airbagu spolujezdce
- Předpínač bezpečnostních pásů

Řídicí jednotka přijímá vstupní signály z tlakových senzorů a ze senzorů zrychlení a v případě, že jsou tyto informace vyhodnoceny jako náraz, výstupní signál, který vyše řídicí jednotka aktivuje příslušnou skupinu airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů. Systém airbagů je tedy pevně spojen s předpínači bezpečnostních pásů. Z přílohy 10 je zřejmé, jaké údaje musí řídicí jednotka vyhodnotit před samotnou aktivací skupiny airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů. V následující příloze 11, je znázorněno rozmístění požívaných snímačů a senzorů ve vozidle Škoda Yeti. [11]

#### ***Obr. 6 – Generátor plynu pro airbag s pyrotechnickou zápalkou***



*Zdroj: [11]*

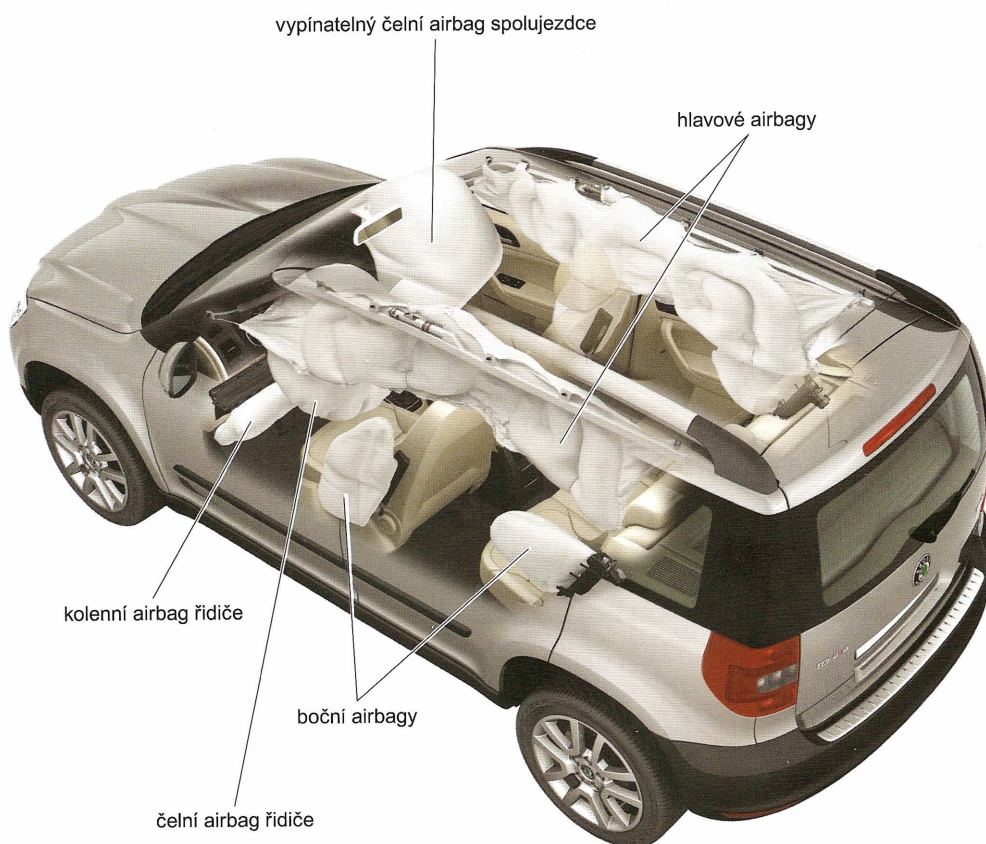
Na výše uvedeném obr. 6, je znázorněn generátor plynu pro čelní a boční airbagy. Po vyhodnocení informací, které obdrží řídicí jednotka v případě, že se jedná o náraz, vyše signál a tím dojde ke vznícení pyrotechnické zápalky. Zápalka má za úkol vyvinout menší množství plynu, které zdeformuje vnitřní kryt generátoru a pronikne přes otvory vzniklou

mezerou mezi vnitřní výplní a vnějším krytem do prostoru s chemickou náplní. Chemická náplň reaguje za zvýšeného tlaku a teploty a dochází k vývoji dalšího plynu. Plyn se pak přes chladič a filtr tvořený kovovými vlákny ochladí. Filtr slouží také k zachycení pevných částic, které vzniknou při reakci. Plyn, který projde filtrem, nafoukne airbag řidiče z polyamidu přibližně za 40 ms. Vyfukování vaku probíhá pomocí otvorů rozmístěných v různých částech vaku. Obdobná konstrukce s vnitřní chemickou náplní a tablety nitridu sodíku je uvedena v příloze 12. [11, 15]

### 3.4.2. Druhy airbagů

Zatímco před patnácti lety byl považován za standardní výbavu vozidla čelní airbag, v dnešní době výbavu moderních vozů tvoří nejen airbagy čelní na straně řidiče a spolujezdce, ale aby byla zaručena co nejvyšší úroveň bezpečnosti cestujících uvnitř vozidla, montují výrobci do automobilů také airbagy boční, hlavové a kolenní. Rozmístění jednotlivých druhů instalovaných airbagů ve vozidle je názorněji vidět na obr. 7.

**Obr. 7 – Rozmístění airbagů ve vozidle Škoda Yeti**



Zdroj: [11]

**Airbag řidiče** – Slouží k ochraně řidiče před nárazem na pevně strukturovaný volant a přístrojovou desku vozidla. Airbag pro řidiče je umístěn ve střední části volantu. Po aktivaci se nafoukne a protrhne zeslabené místo na volantu. Aby byla zaručena správná funkce, musí řidič narazit do již zcela nafouknutého airbagu, tzn., že airbag se musí nafouknout za cca 40 ms. Během této doby se nesmí řidičovo tělo posunout směrem vpřed o více jak 12,5 cm. Vyfouknutí probíhá pomocí otvorů umístěných v zadní části vzduchového vaku. Objem řidičova airbagu se pohybuje mezi 45 – 90 litry. [2, 4]

**Airbag spolujezdce** – Má za úkol ochránit spolujezdceovo tělo před nárazem na přístrojovou desku. Vzduchový vak je umístěn v palubní desce. Vzhledem k delší vzdálenosti k interiérovým prvkům, se airbag spolujezdce nafukuje o něco později než airbag řidiče. Zcela naplněn musí být v čase 55 ms. Objem vzduchového vaku na straně spolujezdce se pohybuje kolem hodnoty 80 – 120 litrů, dle konstrukce vozidla. [4]

**Boční airbag** – Chrání hrudní a boční části těla cestujících při bočním nárazu vozidla. Snímač bočního nárazu bývá umístěn pod předním sedadlem. Podle přílohy 13 je boční airbag umístěn ve vnějším boku opěráku předního sedadla. Vzhledem k velmi malým deformačním zónám při bočním nárazu, je důležité, aby byl boční vzduchový vak z polyamidu nafouknut během krátké doby. Tato doba by měla mít hodnotu okolo 13 ms a boční vzduchové vaky mají objem v rozmezí 12 – 25 litrů. [4]

**Hlavový airbag** – Hlavový airbag je zabudován ve stropním obložení. Chrání řidiče před nárazem na boční sloupek nebo nárazem do okna. Zároveň chrání cestující proti případným vnikajícím předmětům do vozidla. Při nárazu se hlavový, někdy nazývaný jako okenní airbag rozvine podél oken. Hlavový vzduchový vak je nafouknut během 25 ms a jeho objem má hodnotu přibližně 35 litrů. [11]

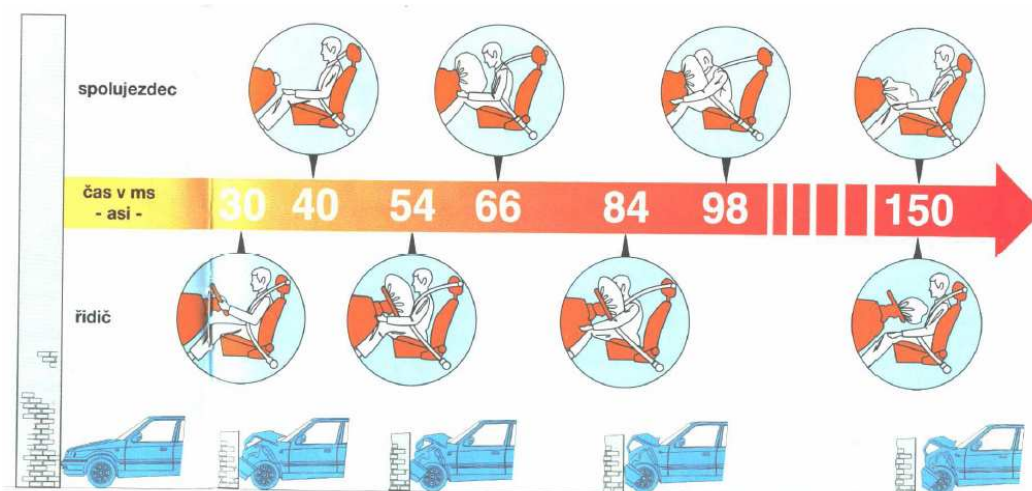
**Kolenní airbag** – Je umístěn ve spodní části přístrojové desky pod volantem. Má za úkol zabránit kontaktu dolních končetin řidiče s přístrojovou deskou a sloupkem řízení. Dále zamezuje posunutí řidičova těla směrem pod přístrojovou desku a tím dochází k zajištění lepší funkce zádržných systémů jako je bezpečnostní pás a airbag. Kolenní airbag, uveden na obrázku v příloze 14, se po nárazu nafoukne, ale jeho vnitřní stěna je vybavena silikonem a z tohoto důvodu vzduch neunikne. [11]



### 3.4.3. Časový průběh aktivace airbagů při nárazu

Na obr. 8 je znázorněn časový průběh aktivace bezpečnostních vaků společně s chováním cestujících (řidiče a spolujezdce) v automobilu Škoda Felicia. Nárazová rychlost byla 56 km/h a náraz byl uskutečněn do pevné překážky. Časové hodnoty se mohou u každého automobilu nepatrně lišit a lze předpokládat, že u nových vozidel je časový interval mírně zkrácen. [13]

**Obr. 8 – Průběh aktivace airbagu při čelním nárazu do pevné překážky**



Zdroj: [13]

- **00 ms** – Počátek nárazu
- **25 ms** – Elektronicky se aktivuje odpálení roznětky pro tvorbu plynu pro řidiče
- **30 ms** – Vak se začíná plnit a kryt řidičova modulu se trhá
- **35 ms** – Aktivuje se odpálení roznětky pro spolujezdce a vak se začíná plnit
- **40 ms** – Po otevření krytu modulu pro airbag spolujezdce se vak plní
- **45 ms** – Řidičův vak je naplněn
- **54 ms** – Řidič se začíná ponořovat do zcela nafouknutého vaku
- **55 ms** – Spolujezdcův vak je naplněn
- **66 ms** – Spolujezdec naráží do zcela nafouknutého vaku
- **84 ms** – Řidič je maximálně ponořen do vaku a začíná se pohybovat zpět
- **98 ms** – Spolujezdec je maximálně ponořen a začíná pohybovat zpět
- **150 ms** – Řidič a spolujezdec se pohybují zpět do sedaček, vaky se vyprazdňují a prostor před cestujícími je opět volný



### **3.5. DĚTSKÉ ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY**

Jednotné požadavky v oblasti dětských zádržných systémů byly stanoveny v roce 1981 předpisem EHK/OSN č. 44 s názvem „*Jednotná ustanovení pro homologaci zařízení pro dětské cestující v motorových vozidlech*“. V ČR platí tento předpis od 17.11.1982 a od jeho zavedení prodělal už několik změn. V současnosti platí předpis EHK/OSN č. 44/04, který byl uzákoněn 23.6.2005. Předpis řeší problematiku schvalování a zkoušení dětských zádržných systémů, které jsou určeny pro motorová vozidla se třemi a více koly a nejsou konstruována pro užívání se sklopnými sedadly nebo se sedadly směřujícími bočně ke směru jízdy. Předpis rozděluje zádržné systémy do skupin podle hmotnosti a stanovuje podmínky na rozsah, postup a požadavky při jednotlivých zkouškách. [22]

#### **3.5.1. Konstrukce dětských zádržných systémů**

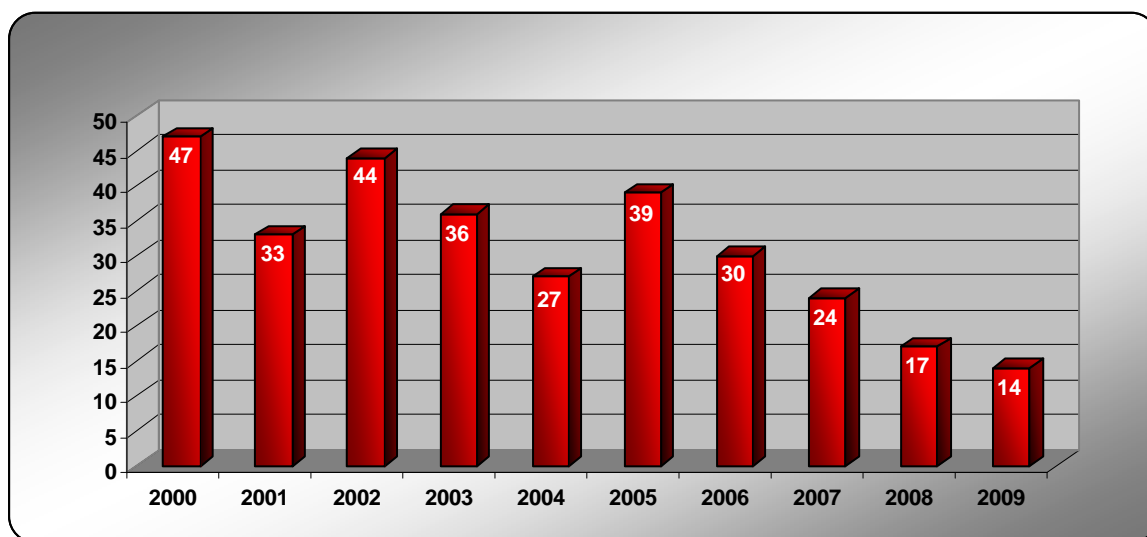
Hlavním úkolem dětských zádržných systémů je omezit pohyblivost a trvale přizpůsobit dítě poloze, která je při prudkém zpomalení optimální. Dětský zádržný systém je soubor konstrukčních řešení a uspořádání prvků, které mohou obsahovat soustavu popruhů nebo ohebných částí s pojistnou sponou, seřizovacím zařízením, připínacím kováním a v některých případech přídatným zařízením. Přídatným zařízením se rozumí takové zařízení, které lze bezpečně ukotvit do motorového vozidla. Patří mezi ně brašna na přenášení dítěte, přídatná sedačka, nárazníkový štít nebo dětský nosič. Nárazníkový štít je zařízení, které je upevněno před dítětem a napomáhá k rozložení zádržných sil, které působí při nárazu na tělo dítěte. Dětský nosič je zádržný systém, který slouží k umístění dítěte v pololežící poloze tváří proti směru jízdy. Velmi důležitou částí je ukotvení zádržného systému, což je část nosné konstrukce vozidla nebo sedadla ke kterým se připevňují kování dětských zádržných systémů. Dětské zádržné systémy musí být vždy navrženy tak, aby v případě kolize nebo prudkého zpomalení vozidla snižovaly možnost nebezpečného poranění dítěte. [8]

#### **3.5.2. Statistika dopravních nehod za účasti dětí**

Statistikou nehod při kterých dochází ke smrtelným zraněním dětí v dopravě se zabývá institut Ministerstva dopravy BESIP (Bezpečnost silničního provozu). Na následujícím grafu 2, je znázorněn počet dětských obětí dopravních nehod v letech 2000 – 2009. Z hodnot v jednotlivých letech je patrné, že zatímco na počátku sledovaného období bylo

obětí téměř padesát, v průběhu následujících let, zvláště pak od roku 2005, tento stav klesá a v roce 2009 byl počet dětských obětí “jen” 14. Vliv na tuto klesající tendenci má jistě i fakt, že je kladen stále větší důraz na pasivní bezpečnost těchto účastníků dopravních nehod.

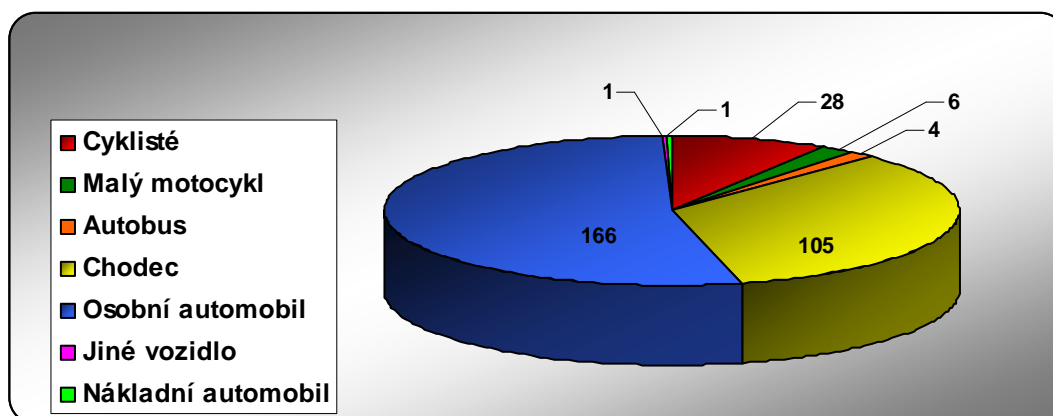
**Graf 2 – Smrtná zranění dětí za období 2000 - 2009**



Zdroj: [25]

Na níže uvedeném grafu 3, jsou znázorněny nejčastější situace, při kterých došlo ke smrtelnému zranění dítěte. Uvedené údaje se týkají souhrnně období 2000 – 2009. Je patrné, že nejčastěji docházelo k těmto nehodám za účasti osobního automobilu. Při těchto nehodách přišla o život více jak polovina všech dětských obětí dopravních nehod. Další velkou skupinu smrtelných zranění dětí tvořili chodci a cyklisté.

**Graf 3 – Smrtná zranění dětí podle účastníka za období 2000 - 2009**



Zdroj: [25]

### 3.5.3. Rozdělení dětských zádržných systémů

Výrobci uvádějí na trh tři charakteristické druhy dětských zádržných systémů. Rozdělují se podle hmotnosti dítěte, podle kategorií, které lze ve vozidlech použít a podle způsobu připevnění systému do vozidla. Tato kapitola se dále zaměřuje na nejrozšířenější skupinu, a tou je rozdělení podle hmotnosti, které se dále dělí do pěti skupin. Každá z níže uvedených skupin odpovídá určité maximální hmotnosti dítěte. Při pořizování dětských zádržných systémů je hlavním parametrem váha a následně výška postavy dítěte. Z důvodu vyšší cenové náročnosti na pořízení zádržných systémů, se vyrábí i dětské zádržné systémy, které sdružují více skupin dohromady. Zádržné systémy u nižších tříd, tedy pro nejmenší děti, bývají mnohdy doplněny vlastními čtyřbodovými nebo pětibodovými pásy. U některých modelů dětských zádržných systémů je systém uchycení k sedadlu řešen pomocí bezpečnostních pásů pro dospělé a dítě je následně uchyceno v samotných pásech zádržného mechanismu. Jedná se tedy o integraci zádržných systémů pro dospělé se zádržnými systémy pro děti. [16, 25]

#### Rozdělení zádržných systémů pro děti podle hmotnosti

##### ➤ Skupina 0.

Skupina 0 je určena pro děti do hmotnosti 10 kg. Je tvořena vylpastrovanou skořepinou, která je znázorněna na obr. 9. Tříbodové zádržné systémy jsou konstruovány do tvaru “Y”. Samotná dětská sedačka se připevňuje zádržnými systémy pro dospělého člověka na zadním sedadle. Umožňuje transport dítěte v ležící poloze. [6, 25]



Zdroj: [6]

##### ➤ Skupina 0+.

Na obr. 10 je znázorněna skupina 0+, která je určena pro děti do hmotnosti 13 kg. Naprostá většina systémů je vybavena zádržnými systémy ve tvaru “Y”. Sedačka umožňuje jízdu v pololežící poloze. Dětská sedačka se uchycuje na přední sedadlo za předpokladu, že na tomto sedadle není aktivní airbag. V případě, že nelze airbag vypojit z provozu, nikdy nelze sedačku umístit na přední sedadlo. [6, 25]



Zdroj: [6]

➤ **Skupina I.**

Je vyhrazena pro děti s hmotností od 9 kg do 18 kg a ve věku přibližně od 1 roku do 4,5 let. Takovéto děti by měly umět samy sedět, ale potřebují oporu do všech stran. Tuto skupinu tvoří dětské zádržné systémy s integrovanými bezpečnostními pásy. Samotná sedačka je připevněna bezpečnostními pásy pro dospělého. Existují dva způsoby uchycení dítěte v sedačce. První z nich je za pomoci pětibodových pásů, který je názorně vidět na obr. 11. Druhý systém je pomocí nárazového štítu, který je uchycen před dítětem viz. obr. 12. [6, 25]

Obr. 11



Zdroj: [6]

Obr. 12



Zdroj: [6]

➤ **Skupina II.**

Tento typ sedačky uveden na obr. 13, je vhodný pro děti od 15 kg do 25 kg a přibližně ve věku od 3,5 let do 7 let. Modely skupiny II. už nemají žádné vlastní bezpečnostní pásy a děti se poutají standardními pásy pro dospělé. [6, 16]

Obr. 13



Zdroj: [6]

➤ **Skupina III.**

Poslední skupina III. je vyhrazena pro děti o hmotnosti od 22 kg do 36 kg ve věku od 6ti let a do výšky 150 cm. V této skupině se používají standardní bezpečnostní pásy určené pro dospělé osoby, které jsou zobrazeny na obr. 14. Místo sedačky je zde pouze sedák, který zaručí dítěti dostatečnou výšku. Děti s výškou nad 150 cm sedák nepotřebují. [16, 25]

Obr. 14



Zdroj:[6]

## **3.6. MECHANISMUS ŘÍZENÍ**

Mechanismus řízení tvořený volantem a hřídelí způsobuje při dopravních nehodách velké procento poranění a je tak pro řidiče velmi nebezpečný. Zvláště pak při čelní nehodě, kdy je tělo řidiče setrvačnou silou vrženo přímo na tento mechanismus. Z hlediska pasivní bezpečnosti vozidel byly vyvinuty různé systémy řídicích prvků. Konstrukce a zkoušení mechanismu řízení jsou dány legislativním předpisem EHK/OSN č. 12. [4]

### **3.6.1. Předpis EHK/OSN č.12**

Předpis EHK/OSN č. 12, dále upraven podle směrnice EHS/ES 74/297, stanovuje požadavky na konstrukci mechanismu řízení pro osobní vozidla. Mechanismus řízení je vystaven dvěma typům sil. První druh vzniklých sil je při čelním nárazu, které způsobují pohyb řídicího ústrojí do vnitřního prostoru posádky. Druhý typ síly je způsoben setrvačností těla řidiče v okamžiku nárazu na mechanismus řízení. Tento předpis určuje tři druhy zkoušení mechanismu řízení a jejich vyhodnocení. [5]

### **3.6.2. Prvky mechanismu řízení**

Mechanismus řízení zahrnuje tři základní prvky. První z nich má za úkol zadržet náraz trupu řidiče a rozložit nárazovou sílu do velké plochy. Větec volantu proto musí být konstruován z měkkých materiálů na povrchu, což umožňuje řidiči v případě nárazu deformovat danou část. Účelem druhého prvku mechanismu řízení je pohltit kinetickou sílu řidiče vyvolanou při nárazu. Tato síla směřuje těsně pod střed volantu, který je navržen s vyšší tuhostí než větec. Třetím bezpečnostním prvkem, který musí mechanismus řízení splňovat je, zamezení možnosti vniknutí hřídele řídicího mechanismu do vnitřního prostoru řidiče. Hřídel může mít různé provedení, například sklopnou, kloubovou nebo zasouvací konstrukci. [4]

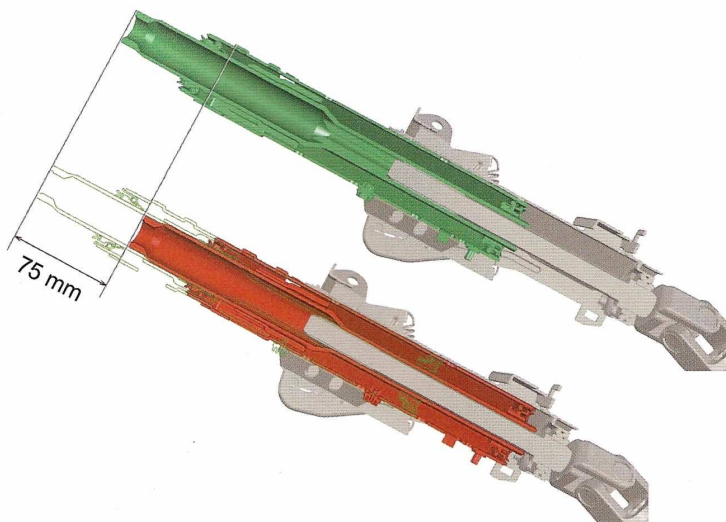
Hřídel se zasouvací konstrukcí můžeme nalézt například ve vozech Škoda Yeti. Princip mechanismu je znázorněn na obr. 15. Dojde-li při čelním střetu k aktivaci airbagu a nárazu těla řidiče přes airbag na volant, sloupek řízení se zasune, podle obrázku 16, o hodnotu 75 mm. Touto konstrukcí se výrazně zmenší možnost poranění řidiče o volant a zároveň dojde ke zvětšení prostoru pro zádržné systémy ve vozidle. [11]

*Obr. 15 – Posunutí mechanismu řízení při nárazu*



*Zdroj: [11]*

*Obr. 16 – Velikost posunutí mechanismu řízení při nárazu*



*Zdroj: [11]*

### **3.6.3. Druhy zkoušek mechanismu řízení**

Legislativa rozeznává tři druhy zkoušení mechanismu řízení. Při schvalování jsou absolvovány všechny tyto zkoušky.

- **Zkouška nárazem na bariéru**, má prokázat, že nedojde k posunutí mechanismu řízení do vnitřního prostoru k řidiči
- **Zkouška nárazem torza těla řidiče** na mechanismus řízení
- **Zkouška nárazem hlavicí**, simuluje náraz hlavy řidiče na mechanismus řízení [3]

### **3.7. ZASKLENÍ KAROSERIE**

Vývoj a výroba automobilových skel sahá na samý počátek rozvoje automobilového průmyslu. Je velmi náročné vyrobit taková automobilová skla, která splňují stále náročnější požadavky jak výrobců automobilů, tak i samotných uživatelů. Zprvu tato část vozidla sloužila zejména pro zvyšování pohodlí a k drobné ochraně cestujících. V průběhu vývoje se podařilo z automobilových skel vytvořit jednu z nejvýznamnějších částí karoserie. Nejen, že automobilová skla dodávají vozidlům potřebný design, došlo i ke zlepšení v oblasti komfortu, ale především pak ke zvýšení úrovně bezpečnosti posádky ve vozidle. Požadavky na zasklení jsou uvedeny ve vyhlášce Ministerstva dopravy a spojů a ve směrnících EU. Metody zkoušení zasklívacích materiálů pro motorová vozidla jsou popsány v předpisu EHK/OSN č. 43. [5]

Pro zasklení karoserií se používají bezpečnostní skla v souladu s mezinárodními předpisy. Bezpečnostní skla upravuje předpis EHK/OSN č. 43 dle směrnice EHS/ES 92/22 s názvem „*Bezpečnostní skla a zasklívací materiály*“. Tento předpis stanovuje podmínky pro zkoušení tříštivosti, mechanické pevnosti, odolnosti vůči prostředí, optické vlastnosti a odolnost vůči ohni pro vozidlová skla. Skla se označují druhem výrobce, časovou a homologační značkou. [3, 5]

#### **3.7.1. Požadavky na zasklení karoserie vozidla**

- Uzavření prostoru pro posádku
- Dobrá viditelnost na všechny strany
- Ochrana cestujících před vnikajícími částmi
- Při poškození skla nesmí vzniknout střepiny způsobující zranění
- Dobrá viditelnost po prasknutí čelního skla
- Co největší plastické vlastnosti při dostatečné pevnosti
- Ochrana před oslněním a tepelným zářením [5]

### 3.7.2. Konstrukce skel

Pro zasklení vozidel rozlišujeme dvě konstrukční provedení skel. Bezpečnostní skla vyrobená z vrstveného skla a skla tvrzená. Princip výroby vrstvených skel je založen na vložení mezivrstvy, která se skládá z polyvinylbutyralu (PVB) mezi dvojicí skel. Tato skla se využívají především jako skla čelní. Výhodou vrstvených skel je dostatečný výhled i při prasknutí a především malé riziko poranění posádky. Při rozbití skla zůstávají malé fragmenty přilepeny na mezivrstvě (fólii). Fólie je bezbarvá, průhledná, nepropouští UV záření a zaručuje vyšší tuhost čelního skla. Díky této fólii tak prasklé sklo drží pohromadě a nedostane se do přímého kontaktu s posádkou vozidla a neohrožuje její zdraví. Nevýhodou vrstvených skel je jejich dražší výroba a možnost zamlžení jejich okrajů. Druhým konstrukčním provedením jsou skla tvrzená. Z hlediska konstrukce mají jednu vrstvu a vyrábí se metodou kalení. Tato metoda zaručí vnitřní pnutí materiálu, což má za následek, že se při nárazu sklo rozpadne na malé částičky s tupými hranami, které nezpůsobí vážná poranění posádky. Výhodou těchto skel je jejich levná výroba a vysoká odolnost při nárazu. Naopak nevýhodou takto konstruovaných skel je, že při malém poškození zůstává okno v rámu a přes malé částičky se sklo stává neprůhledným. [5, 26]

## 4. ZKOUŠENÍ PRVKŮ PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

Nedílnou součástí vývoje a zkvalitnění jednotlivých prvků pasivní bezpečnosti v automobilovém průmyslu je jejich samotné zkoušení. Zkoušení se provádí podle předem stanovených norem Evropské hospodářské komise (EHK), které byly vysvětleny v kapitole o legislativě. K předpisům, které obsahují podrobnou metodiku příslušných zkoušek jsou přiřazeny doplňující příslušné směrnice. Při všech metodách nárazových zkoušek, které jsou podrobněji vysvětleny v kapitole 4.4., je příkládán největší důraz na případná poranění posádky vozidla. Z tohoto důvodu je nezbytné určit druh a závažnost zranění cestujících, což je úkolem vědního oboru biomechanika. K tomuto účelu je zejména pro dynamické zkoušky zvané crash testy velmi důležité, usadit do vozidla příslušný model pasažéra. Modely pro jednotlivé druhy zkoušek předepisují normy. Nejpoužívanějšími modely pro zkoušky pasivní bezpečnosti jsou tzv. figuríny, kterým je vyhrazena celá kapitola 4.2., ve které je podrobněji popsána jejich konstrukce a přesný účel.



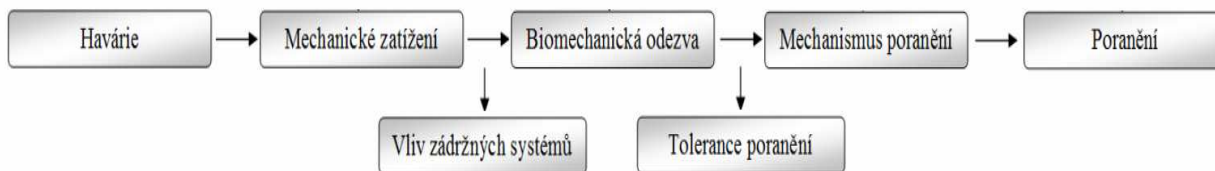
## 4.1. BIOMECHANIKA PORANĚNÍ

Biomechanika poranění je mezioborová vědní disciplína, která se zabývá studiem mechanických zákonitostí, vlastností biologických organismů a systémů. Cílem biomechaniky je popsat jaké síly a vlivy působí na posádku vozidla při dopravní nehodě. Z hlediska bezpečnosti jsou v dnešní době kladeny velké nároky na bezpečnost posádky. Výrobci automobilů musí dodržovat požadavky na bezpečnost osob ve vozidle, které jsou předepsány legislativou. Přestože automobilový průmysl se neustále vyvíjí dopředu, není v silách konstruktérů navrhnout a vyrobit takové vozidlo, ve kterém by byli cestující zcela ochráněni před možným zraněním. Výrobci se proto snaží uzpůsobit pasivní prvky bezpečnosti tak, aby v případě nehody uchránily co nejvíce posádku vozidla. Hranice mezi přípustnými a nepřípustnými hodnotami jsou tzv. kritéria poranění, ze kterých se následně odvozují kritéria ochrany. Kritéria ochrany představují mezní hodnoty mechanického zatížení. Mezní hodnoty zatížení jsou stanoveny v příslušné normě. Schéma vzniku poranění od okamžiku havárie je graficky zobrazeno na obr. 17. [1]

### Cíle biomechaniky poranění jsou:

- kvantifikování traumatologických nálezů
- hledání limitů pro poranění a vývoj výzkumných metod
- analýza mechanismů poranění kritických částí
- hodnocení poranění a účinnosti konstrukčních opatření a zádržných systémů [1]

*Obr. 17 – Schéma vzniku poranění od okamžiku havárie*



*Zdroj: [2]*

### 4.1.1. Modely v biomechanice poranění

Mechanické modely napomáhají hledat nové způsoby a trendy v oblasti poranění cestujících ve vozidle, omezit následky a eliminovat zranění při dopravní nehodě.

Pro tento účel se využívá celá řada mechanických modelů a substituentů skutečných obětí havárií.

#### **Nejčastěji se v praxi používají následující modely:**

- Dobrovolníci – Nejčastěji jsou dobrovolníky vojáci nebo lidé s dobrou fyzickou kondicí a svalovou reakcí. Tyto živé modely se používají především pro ladění matematických modelů. Lze u nich využít pouze malá zatížení na hranici bolesti. Velkou předností je, že dávají zpětnou vazbu s informacemi.
- Neživá těla – Post mortem human subjekt (PMHS). Při použití těchto modelů je nezbytné modely upravit tak, aby se co nejvíce podobaly funkcemi fyziologickému stavu. Nejsou zde ale k dispozici svalové reakce.
- Zvířata – Používají se ve stavu anestézie. Umožňují získávat výsledky pro fyziologické reakce.
- Mechanické modely – Crach test dummies – jsou mechanické modely, jejichž tělesné parametry se shodují s největší částí populace. Modely jsou konstruovány nejčastěji z ocelové kostry s plastovým povrchem a jsou vybaveny snímači. Podrobněji jsou mechanické modely uvedeny v kapitole 4.2.
- Matematické modely – Tyto modely se používají především pro simulační modelování. Jejich nedostatkem je dosažení pouze matematických dat a realističnost matematického modelu nemusí být shodná. [2]

#### **4.1.2. Nejdůležitější biomechanická poranění**

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| ➤ Poranění hlavy        | ➤ Poranění pánve     |
| ➤ Poranění krční páteře | ➤ Poranění končetin  |
| ➤ Poranění hrudníku     | ➤ Poranění kloubů    |
| ➤ Poranění břicha       | ➤ Poranění šlach [2] |

### 4.1.3. Mechanismy poranění

Mechanismy poranění se rozdělují na pronikající a nepronikající. Pronikající mechanismy poranění se ve vozidlech vyskytují velmi málo. U nepronikajícího poranění jde vždy o překročení meze pevnosti orgánů. Limity orgánů jsou přesahovány setrvačnými silami působícími na posádku nebo statickými silami při velkých kompresích a deformacích a zvláště pak při impulsním zatížení. Hodnocení rozsáhlosti poranění se hodnotí rozdílnými kritérii a stupnicemi. Nejvíce používanou je stupnice AIS - Abbreviated Injury Scale (Zjednodušená stupnice poranění), viz tab. 2. Princip spočívá na anatomicko-klinickém hodnocení zranění. [2]

#### Stupně škály AIS znamenají:

0 – bez zranění	4 – velmi závažné zranění
1 – malé zranění	5 – kritické zranění
2 – střední zranění	6 – maximální (nelze přežít)
3 – závažné zranění	9 - neznámé

Tab. 2 – Poranění jednotlivých částí lidského těla podle stupnice AIS

AIS	Hlava	Hrudník	Břicho	Páteř	Končetiny
1	Bolest Malátnost	Zlomenina jednoho žebra	Povrchové poranění	Natažení	Zlomenina prstu
2	Bezvědomí 1h Lin. Zlomenina	2-3 žebra zlom. Sternum	Poranění, kontuze jater, ledvin	Malá zlomenina bez vlivu na kanál	Jednotl. Zlomenina tibie pánve
3	Bezvědomí 1-6 h Vpáčená zlom.	≥ 4 žebra 2-3 žebra + pneum. nebo hemothorax	Slezina, ledviny - velké poranění	Prasklý disk s poškozením nervu	Vykloubení kolena, zlomenina stehenní kosti
4	Bezvědomí > 24 h, otevřená zlomenina	≥ 4 žebra s hemoth. nebo pneumoth. - kolaps hrudníku	Játra velké zranění, roztržení	Částečné poškození míchy	Amputace nad kolenem, rozdrčená pánev
5	Bezvědomí > 24 h, velký hematom (100cm <sup>3</sup> )	Roztržení aorty	Roztržení ledvin, jater	Quadraplegie	Otevřené rozdrčení pánve

Zdroj: [1]

## 4.2. FIGURÍNY POUŽÍVANÉ PRO ZKOUŠKY

Při navrhování a konstrukci každého vozidla je hlavní část zaměřena na vylepšení a zdokonalení bezpečnostních opatření, která chrání posádku vozidla v případě nehody. Žádné lidské tělo ale nelze vystavit riziku vývojového testování ochranných bezpečnostních systémů. Z tohoto důvodu zůstává mimo dobrovolníků, neživých těl nebo zvířat jediná alternativa splňující předpoklady pro nárazové zkoušky, a to použití figurín. Nejvyžívanějšími figurínami pro zkoušky jsou modely s označením Hybrid III., EuroSid 2 a dětské figuríny. Všechny tyto modely jsou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

### 4.2.1. Figurína Hybrid III.

Tato figurína se využívá především pro zkoušky čelním nárazem. Představuje dospělého muže 50 % velikosti a hmotnosti, které dosahuje populace. Její hmotnost je  $77,7 \pm 1,2$  kg. Měření přípustných hodnot se provádí snímači umístěnými na figuríně. Jejich rozmístění je názorněji vidět na obr. 18., kde jsou vyznačeny také zkratky pro níže uvedené oblasti poranění. Jednou z nejzranitelnějších částí lidského těla je krční páteř a hlava. V oblasti krční páteře se měří kritérium poranění krku *NIC*. Zároveň se sleduje kritérium poranění hlavy *HPC* (*Head performance criterion*). Hlava figuríny je vyrobena z hliníku potaženého gumou. V hlavě jsou upevněny měřiče, které zaznamenávají časový interval sledovaného děje nárazu a zrychlení v těžišti hlavy, při vržení hlavy vpřed i vzad. Hodnota kritéria *HPC* nesmí při zkoušce přesáhnout hodnotu 1000 [-]. Hrudník je vybaven snímači, které měří zejména kompresi hrudníku *ThCC* a deformaci žebere. Paže figurín nemají žádné měřiče a při nárazu se volně pohybují. Důležité snímače nalezneme na dolních končetinách, kde se snímá síla působící na stehenní kost *FFS* a ohnutí holenní kosti *TCFC*. Kotníky a chodidla jsou závislé na deformaci vozidla v pedálové oblasti. [3]

#### *Výpočet kritéria poranění hlavy HPC – Head performance criterion*

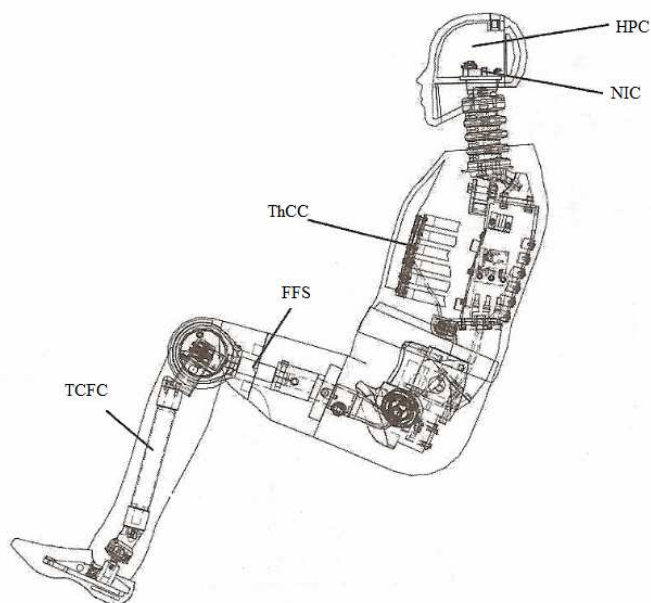
$$HPC = (t_2 - t_1) * \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} * \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} \leq 1000 [-]$$

$t_{1,2}$  = Čas pro počátek a  
konec sledovaného děje  
 $a$  = zrychlení

#### 4.2.2. Figurína EuroSid 2

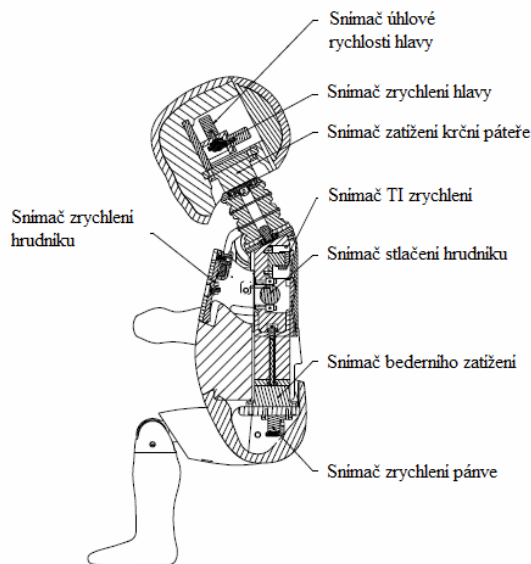
Figurína EuroSid 2 se používá pro zkoušku bočním nárazem. Reprezentuje dospělého muže 50 % velikosti a hmotnosti, které dosahuje populace. Hmotnost figuríny je  $72 \pm 1,2$  kg. Model Eurosid 2 má na sobě několik siloměrů a snímačů. Siloměry a snímače poskytují co nejpodrobnější informace o průběhu zatížení jednotlivých částí modelu při nehodě v dané časovém intervalu. Největší rozdíl oproti figuríně používané pro čelní náraz, kterou je Hybrid III., je v oblasti hrudní části. EuroSid je tvořen snímači, které snímají stlačení a zrychlení hrudníku i v jednotlivých žebrech. Konstrukce zkušební figuríny Eurosid 2 se senzory a snímači je uvedena v příloze 15. [3]

Obr. 18 – Figurína Hybrid III.



Zdroj: [3]

Obr. 19 – Dětská figurína Q 1,5



Zdroj: [23]

#### 4.2.3. Dětské figuríny

V poslední době je čím dál tím víc kladen důraz na ochranu dětí při dopravních nehodách. Z tohoto důvodu se provádí mnoho zkoušek s dětskými figurínami. Kategorie dětských figurín jsou rozděleny podle věku s příslušnou průměrnou velikostí a hmotností, která odpovídá skutečnosti. V současné době jsou pro zkoušky pasivní bezpečnosti k dispozici dvě modelové řady dětských figurín s označením P a Q. [1, 23]

### **Série P:**

Samotný vývoj dětských figurín začal v roce 1970. Tyto modely byly označeny písmenem P. V roce 1981 pokrývala série modelů P celou dětskou populaci do 12 let a od této doby následně prošla několika modernizacemi. Série P se využívají v testech zádržných systému podle předpisu EHK/OSN č. 44. Rozdělení s příslušným věkovým rozpětím je níže uvedeno. Figuríny jsou zhotoveny z kovové a polyesterové kostry. Jsou vybaveny několika snímači z nichž nejdůležitější je umístěn uvnitř hlavy, kde je uchyceno měřící zařízení pro podélné a příčné zrychlení. Dětské figuríny série P dnes zahrnují celkem šest modelů. [1]

### **Série Q:**

Vývoj nové generace začal v roce 1993 a dostala označení Q. V roce 2003 byla tato řada doplněna o poslední model s označením Q 1,5 a nyní v kategorii Q nalezneme 5 modelů. Jednotlivé modely jsou znázorněny v příloze 16. Tyto modely byly navrhovány tak, aby je bylo možné použít pro čelní i boční nárazy vozidel. Oproti modelům P se liší především lepší reprezentací dětských kostí, přesnějším rozložením hmotnosti a lépe umístěnými snímači. Všechny snímací prvky popisuje obr. 19 na modelu řady Q typu 1,5.

Hlavním cílem nové řady bylo získat více informací o chování dětského modelu v průběhu nehody. Velkou předností této modelové řady jsou také minimální náklady na její opravu po zkušebním testu. Série dětských modelů Q má více snímacích prvků, což zaručuje větší počet zjištěných dat a přesnější výsledky. Za pomoci těchto snímačů se měří především zrychlení hlavy, a to jak v podélné tak i příčné ose, ohybový moment, který působí na krk dítěte. Dalšími důležitými parametry jsou boční zrychlení ramene, zrychlení a deformace hrudní páteře, zrychlení hrudníku či síly a moment působící na pánev dítěte. Horní a dolní končetiny nejsou vybaveny snímači a při nárazu se volně pohybují. [23]

#### **Rozdělení figurín série P:**

- P 0 novorozeně
- P 3/4 stáří 9 měsíců
- P 1 ½ stáří 18 měsíců
- P 3 stáří 3 roky
- P 6 stáří 6 let
- P 9 stáří 9 let

#### **Rozdělení figurín série Q:**

- Q 0 novorozeně
- Q 1 stáří 12 měsíců
- Q1,5 stáří 18 měsíců
- Q3 stáří 3 roky
- Q6 stáří 6 let

### **4.3. VOZIDLA A JEJICH PŘÍPRAVA PRO ZKOUŠKY**

Pro zkoušky vozidel v oblasti pasivní bezpečnosti se používají standardní vozidla splňující technický stav, který se shoduje s běžným užíváním vozidla v silničním provozu. Vozidla bývají mnohdy upravena pro účely získání co nepřesnějších výsledků. Upravenost vozidel spočívá zejména v instalování snímačů, čidel a senzorů, které napomáhají monitorovat co nejpodrobněji průběh prováděné zkoušky. Některé komponenty, které nepřispívají k ochraně cestujících ve vozidle mohou být odebrány nebo nahrazeny pro účel zkoušky za předpokladu, že tento fakt neovlivní následující výsledek zkoušky. Nahrazení se provádí ekvivalentními hmotnostmi a vždy musí být uvedeno v konečném protokolu. [3]

#### **4.3.1. Hmotnost vozidla**

Vozidlo určené pro zkoušky je v pohotovostním stavu s připočtením hmotnosti příslušné figuríny. Pohotovostní hmotnost vozidla, je hmotnost kompletně vybaveného vozidla s předepsanou výbavou a nářadím, s plnou zásobou paliva a provozních hmot. Do pohotovostní hmotnosti se zahrnují i hmotnosti pomocných nebo pracovních zařízení k vozidlu trvale připojených. [17]

Zkušební vozidlo musí mít palivovou nádrž naplněnou vodou dle výrobce o hmotnosti 90 % objemu pohonných hmot. Ostatní kapaliny mohou být odstraněny a jejich hmotnost nahrazena ekvivalentem. Po kolizi se kontroluje únik příslušných kapalin, které můžou být pro účel zkoušky obarveny. [3]

Na základě dohody výrobce se zkušebnou, může být vozidlo testováno i při vyšší nebo nižší hmotnosti za podmínek, že tato skutečnost musí být zaznamenána do závěrečného protokolu o příslušné zkoušce. [17]

#### **4.3.2. Uspořádání interiéru zkušebního vozidla**

K dosažení co nejpresnějších výsledků prováděných zkoušek je velmi důležité uspořádat správně interiér. Správné uspořádání interiéru je zobrazeno v níže uvedené tabulce 3, které nám při zkouškách zaručí co nejjobsáhlejší výsledky o případných poranění posádky uvnitř vozidla.

**Tab. 3 – Uspořádání jednotlivých součástí v interiéru vozidla**

<b>Předmět</b>	<b>Umístění</b>
<b>Poloha volantu</b>	<i>Musí být umístěn v pozici uprostřed mezi krajními body dosahu</i>
<b>Ruční brzda</b>	<i>Musí být odbržděna</i>
<b>Řadící páka</b>	<i>Musí být umístěna v neutrální poloze</i>
<b>Sedadla</b>	<i>Přední sedadla musí být ve střední pozici, a to jak podélné tak i výškové, kterou uvádí výrobce. Zadní sedadla jsou v nejzadnější pozici. Opěradla předních sedadel jsou skloněna o úhel 25° směrem dozadu</i>
<b>Opěrky hlavy</b>	<i>Opěrky hlavy musí být v nejvyšší poloze dle výrobce</i>
<b>Opěrky rukou</b>	<i>Pokud jsou stavitelné je třeba je umístit do nejnižších poloh</i>
<b>Airbagy</b>	<i>Jsou ve stavu schopném aktivace</i>
<b>Bezpečnostní pás</b>	<i>Je-li nastavitelná kotevní poloha pásu, nastaví se bezpečnostní pás do střední polohy</i>
<b>Okna</b>	<i>Pohyblivá okna mohou být otevřená nebo uzavřená, a to v souladu s prováděnou zkouškou</i>
<b>Dveře</b>	<i>Musí být uzavřené, nikoliv uzamčené. V případě, že je vozidlo vybaveno speciálním zařízením, které odemkne dveře před nárazem, mohou být uzamčeny, aby se otestovala funkčnost tohoto zařízení</i>
<b>Pedály</b>	<i>Jsou v klidové poloze, pokud jsou nastavitelné, jsou ve střední poloze</i>
<b>Otevírací střecha</b>	<i>Musí být v poloze uzavřené</i>
<b>Sluneční clony</b>	<i>Musí být ve složené poloze</i>

*Zdroj: [3, 17]*



## 4.4. NÁRAZOVÉ ZKOUŠKY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

Při zkouškách pasivní bezpečnosti je nutné respektovat požadavky legislativy, které jsou uvedeny ve stanovených homologačních předpisech Evropské hospodářské komise – EHK/OSN, Evropského společenství – ECE a právně platnou legislativou v ČR. Zákonem předepsané zkoušky pro pasivní bezpečnost vozidel určují dvě metody zkoušení, a to metodu statickou nebo dynamickou.

Při statických zkouškách je vozidlo v klidu a tyto zkoušky slouží pro zkoušení jednotlivých konstrukčních a bezpečnostních prvků ve vozidle. Do této kategorie můžeme zařadit například zkoušení zámků a závěsů bočních dveří, geometrie a pevnosti sedadel a jejich opěrek hlavy.

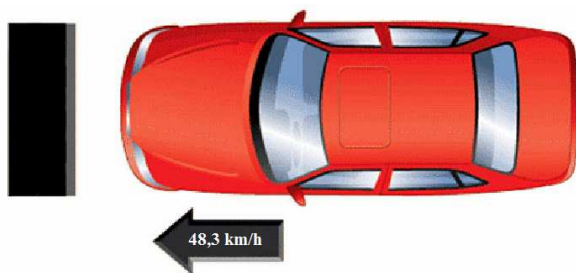
Významnějšími zkouškami z hlediska získání požadovaných parametrů jsou zkoušky dynamické tzv. crash testy. Zde je již vozidlo s příslušným mechanickým modelem v pohybu. Při těchto zkouškách je vozidlo vystaveno reálnému střetu s překážkou nebo jiným vozidlem. Zde jsou zkoumány jednotlivé části a mechanismy vozidla, ale také vozidlo jako souhrnný celek. Mezi dynamické zkoušky patří zkouška čelním nárazem, zkouška čelním nárazem s přesahem neboli zkouška offsetová, zkouška bočním nárazem, zkouška nárazem na sloup, zkouška nárazem zezadu nebo zkouška převrácením vozidla.

Před provedením nárazové zkoušky se mnohdy uskutečňují počítačové simulace kolizních situací, z nichž lze dále čerpat informace o chování karoserie a systémů v jednotlivých časových okamžicích. Výsledky a jejich vyhodnocování se provádí pomocí příslušných norem a slouží pro porovnání stupně ochrany posádky ve vozidle a pro vývoj a zlepšení prvků pasivní bezpečnosti. Velmi významnými testy jsou testy nezávislé mezinárodní organizace EuroNCAP, které hodnotí vozidla podle dosažené úrovně bezpečnosti cestujících. Tyto testy jsou podrobněji vysvětleny v následující kapitole 4.5. [3, 5]

#### 4.4.1. Zkouška čelním nárazem

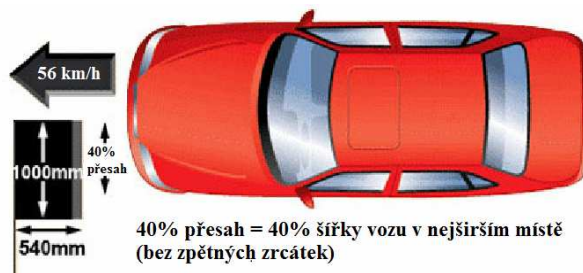
Zkouška čelním nárazem se provádí podle stanoveného předpisu EHK/OSN č. 94 dle směrnice 96/79. V tomto předpisu je popsána metodika k celému průběhu zkoušky. Vozidlo na obr. 20 naráží čelně do železobetonové bariéry v rychlosti 56 + 0 až 2 km/h. Automobil může být k nárazu urychlen, ne však vlastním pohonem, za předpokladu, že nejméně 5 metrů před kontaktem s bariérou na vozidlo nepůsobí žádná vnější síla. Norma dále udává konkrétní parametry železobetonového bloku do něhož je náraz uskutečněn. Hmotnost bariéry musí být nejméně 70 tun, čelní plocha pro kolizi je svislá a kolmá k ose dráhy, pokryta deskou z překližky o šířce 20 mm. Bariéra musí splňovat také rozměrové parametry, a to výšku nejméně 1,5 m a šířku 3 m. Předpis č. 94 stanovuje příslušný model figuríny s označením Hybrid III. a zkoumaná kritéria poranění. Hlavním kritériem je poranění hlavy (*HPC*), které bylo vysvětleno v kapitole 4.2., jehož hodnota nesmí překročit limitních 1000 [-] a výsledné zrychlení nesmí přesáhnout hodnotu přetížení 80 g po dobu delší než 3 ms. Stlačení hrudníku (*ThCC*) musí být menší než 50 mm. Síla na stehenní kost (*FFC*) nesmí překročit sílu 7,58 kN. Pokud vozidlo vyhoví kritériím biomechanického poranění i při vyšší nárazové rychlosti, je zkouška považována za úspěšnou. [3, 5, 9]

Obr. 20 – Zkouška čelním nárazem



Zdroj: [24]

Obr. 21 – Zkouška čelním nárazem s přesahem



Zdroj: [24]

#### 4.4.2. Zkouška čelním nárazem s přesahem

Zkouška čelním nárazem s přesahem, někdy nazývaná také jako zkouška offsetová, je pro posádku vozidla mnohem nebezpečnější v porovnání se zkouškou s klasickým čelním nárazem. Hlavní příčinou je skutečnost, že kinetická energie, kterou vozidlo v době nárazu má, se rozloží na menší plochu. To má za následek větší deformaci přední části

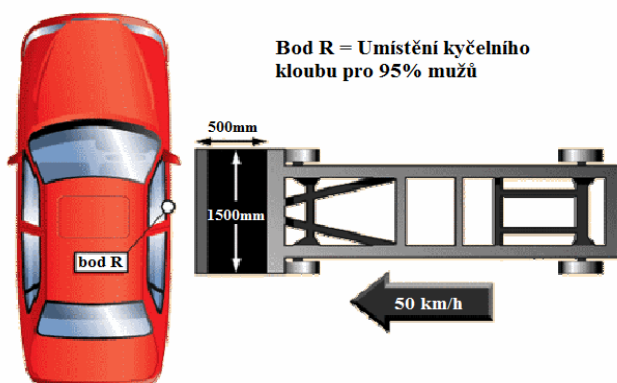
vozu. Kolize s přesahem jsou statisticky velmi časté. Překážka na straně řidiče tvoří 32 % ze všech dopravních nehod a na straně spolujezdce je tato hodnota necelých 16 %. Typ kolize čelního nárazu s přesahem je znázorněn na obr. 21. Rychlost v době kontaktu vozidla s bariérou je podle Evropské normy EHK/OSN č. 94, stanovena na 56 km/h. Vozidlo naráží na bariéru, kde je umístěn deformační blok tak, aby vozidlo překrývalo tento blok 40 % své čelní šířky  $\pm 20$  mm. Deformační blok se skládá ze dvou částí, a to hlavní voštinové části a nárazníkového bloku. Pro tento typ zkoušky stanovuje norma rovněž figurínu s označením Hybrid III. Při zkoušce čelním nárazem s přesahem se posuzují stejná kritéria poranění jako při klasickém testu čelním nárazem. [3, 5, 9]

#### **4.4.3. Zkouška bočním nárazem**

Statisticky má každá čtvrtá dopravní nehoda boční charakter nárazu. Tato kolize, která je níže uvedena na obr. 22, je pro posádku uvnitř vozidla velmi nebezpečná. Konstrukce karoserie má výrazně kratší deformační zónu oproti nárazu čelnímu nebo nárazu zezadu. Zkouška se provádí podle předpisu EHK/OSN č. 95 dle směrnice EHS/ES 96/27.

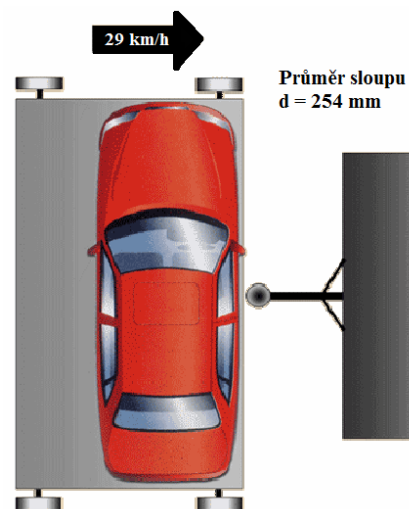
Princip zkoušky spočívá v nárazu mobilní bariéry na bok vozidla. Vozidlo při této zkoušce stojí a mobilní bariéra do něj naráží v nárazové rychlosti  $50 \pm 1$  km/h. Mobilní bariéra musí splňovat požadavky stanovené ve výše uvedené normě. Hlavním parametrem je hmotnost, která musí být v rozmezí  $950 \text{ kg} \pm 20 \text{ kg}$ , dále pak rozchod kol, který musí mít hodnotu  $1500 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  a rozvor kol o hodnotě  $3000 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ . Na konci mobilní bariéry je uchycen deformační blok, který je široký 1500 mm a hluboký 500 mm. Deformační blok má přibližně stejnou tuhost jako běžné karoserie. Bariéra může být k nárazu urychlena za předpokladu, že nejméně 0,5 m před nárazem byla její rychlost konstantní a nepůsobila na ní žádná vnější síla. Náraz provedený mobilní bariérou směřuje na bod označený písmenem R na obr 22. V této oblasti má přibližně 95 % mužů kyčelní kloub. Při tomto kolizním typu je na sedadle dle stanovené normy usazena figurína s označením Eurosid 2. Při zkoušce bočním nárazem je velmi zranitelný kyčelní kloub a pánev cestujícího. Kritérium poranění pánve nesmí přesáhnout sílu 6 kN. Kritérium poranění hlavy nesmí překročit limitní hodnotu 1000 [-], zatížení vnitřních břišních partií nesmí překročit sílu 2,5 kN a vnější síly na břišní část musí být do hodnoty 4,5 kN. [3, 10]

Obr. 22 – Zkouška bočním nárazem



Zdroj: [24]

Obr. 23 – Zkouška bočním nárazem na sloup



Zdroj: [24]

#### 4.4.4. Zkouška bočním nárazem na sloup

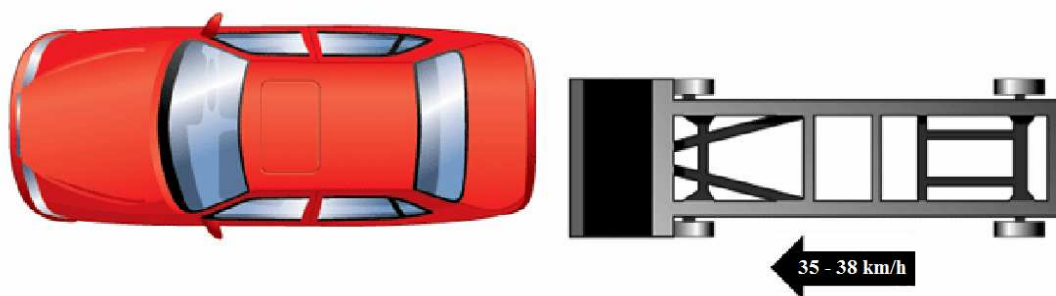
Druh této kolize byl zaveden v roce 2000 z důvodu zvýšení bezpečnosti vozidel. Z počátku nebyl povinný pro všechna vozidla a prováděl se většinou jen u takových, která byla vybavena hlavovými airbagy. Od roku 2009 je test povinný a musí ho absolvovat každé vozidlo, které přichází na automobilový trh. Už z výše uvedeného obr. 23 je zřejmé, že k těmto situacím dochází při nehodách velmi často. Tento typ střetu simuluje náraz do sloupu, stromu nebo na kůl.

Vozidlo umístěné na plošině, která má vlastní pojezd naráží na sloup v rychlosti 29 km/h. Sloup je konstruován o malém průměru a hodnotě 254 mm. Sloup s malým průměrem je velmi nebezpečný pro cestující uvnitř vozidla, protože při nárazu prostupuje hluboko do karoserie vozidla a mohl by narušit vnitřní prostor pro přežití posádky. Velmi zranitelná je při těchto typech nehod hlava cestujícího, která je vystavena až 5 krát nebezpečnějším podmínkám v porovnání s jinými nárazovými zkouškami. Kritérium poranění hlavy (*HPC*) v tomto případě dosahuje hodnoty 5000 [-]. Díky hlavovým airbagům se tato hodnota až 10 krát sníží, z toho vyplývá, že hlavové airbagy v těchto situacích výrazně přispívají k ochraně zdraví posádky. Při tomto testu se posuzují i ostatní kritické části lidského těla, jako jsou především poranění hrudníku, břicha a pánve. [17, 18]

#### 4.4.5. Zkouška nárazem zezadu

Na níže uvedeném obr. 24 je znázorněn bariérový náraz metodou zezadu. Nejčastěji je tento náraz způsoben jiným pohybujícím se vozidlem, které nestačí zastavit. I z tohoto důvodu nárazové rychlosti nebývají při těchto nehodách příliš vysoké. Zkouška nárazem zezadu se provádí dle evropské normy EHK/OSN č. 32. Při těchto kolizích dochází k vážným poraněním páteře a krku cestujících. Zkouška ověřuje, zda vozidlo splňuje požadavky týkající se nosné konstrukce karoserie. Průběh zkoušky spočívá v nárazu mobilní bariéry do stojícího vozidla. Bariéra o hmotnosti  $1100 \pm 20$  kg musí mít v místě střetu rychlost 35 km/h až 38 km/h. Při tomto testu se z hlediska automobilu zkoumá deformace karoserie, stabilita sedadel a funkčnost opěrek hlavy. Účinkem nárazu se nesmí žádné dveře otevřít a po uskutečnění nárazu je musí být cestující schopen otevřít, aby mohl opustit vozidlo. [5, 18]

*Obr. 24 – Zkouška nárazem zezadu*



*Zdroj: [24]*

#### 4.5. TESTY EURONCAP

Legislativní proces v Evropské unii bývá často velmi zdlouhavý. Tento postup je dán zejména z důvodu, že ke zněním nově vydaných zákonů a vyhlášek se musí vyjádřit všechny členské země Evropské unie. Všeobecně zákonem stanovená pravidla příliš nemotivují samotné výrobce automobilů k jejich dalšímu vývoji a zlepšení. Napříč tomuto faktu usiluje organizace EuroNCAP (European New Car Assessment Programme).

EuroNCAP je nezávislá nevládní mezinárodní organizace, která provádí nárazové zkoušky vozidel a objektivně odlišuje jejich různou úroveň bezpečnosti. Zároveň vozidla nezávisle ohodnocuje podle počtu získaných bodů v příslušných nárazových zkouškách. Testy sdružení EuroNCAP patří mezi nejžádanější a nejvýznamnější spotřebitelské testy v Evropě. Výsledky organizace EuroNCAP jsou velmi důležité pro trh s automobilovým průmyslem. Hlavní snaha organizace směřuje k neustálému rozvoji a zvýšení úrovně pasivní bezpečnosti v silničním provozu. [19, 24]

#### **4.5.1. Nárazové zkoušky EuroNCAP**

Uspěť při testech společnosti EuroNCAP je pro výrobce automobilů velmi složité. Vozidlo musí absolvovat dvě povinné zkoušky. Čelní náraz přesazený o 40 % šíře vozidla na straně řidiče, který se provádí ve zvýšené rychlosti oproti standardním testům, a to v rychlosti 64 km/h. Druhá zkouška je metodou bočního nárazu vozíkem kolmo na bok testovaného vozu v rychlosti 50 km/h. Pro vozidlo je velmi důležité, aby uspělo v obou stanovených zkouškách současně. Jakmile dosáhne vozidlo v jedné zkoušce velmi dobrý výsledek a v druhé naopak, ztrácí možnost na velmi kvalitní ohodnocení. Tímto systémem hodnocení společnost EuroNCAP zamezuje možnost, aby slabé stránky vozu byly kompenzovány jeho přednostmi. Tento způsob je k vidění například u osobních vozidel se zvýšenou světlou výškou, jako jsou například vozy SUV nebo Off-road vozy. Tyto automobily mají velmi dobré hodnocení z hlediska bočních nárazů. Hlavní příčinou lepších výsledků v této zkoušce je umístění sedadel ve vyšších místech oproti klasickým osobním automobilům. Jejich nevýhodou ale zůstává velká hmotnost a horší konstrukční provedení při čelním střetu. Velká pozornost při zkouškách organizace EuroNCAP je také zaměřena na bezpečnost a ochranu dětí a dalších účastníků silničního provozu, jako jsou například chodci. [21, 24]

#### **4.5.2. Hodnocení testů EuroNCAP**

Velmi důležitou součástí spotřebitelských testů EuroNCAP je jejich vyhodnocování. Je velmi důležité, aby hodnocení bylo zřejmé a přehledné pro každého, kdo se o něj bude zajímat. Výsledky jsou zveřejňovány v grafické podobě pomocí žlutého symbolu hvězdy. Vozidlo podrobené nárazům v jednotlivých zkouškách získá z každé příslušné zkoušky

určitý počet bodů podle tabulky 4. Následně jsou obdržené body ze zkoušek sečteny a převedeny pomocí níže uvedené tabulky 5 na grafické hodnocení hvězd.






Hvězdičky jsou udělovány v různém počtu na stupnici od jedné do pěti. Čím vozidlo dosahuje vyšší úroveň bezpečnosti pro cestující, tím více bodů ve zkoušce obdrží. Následně tedy i více hvězdiček. U vyhodnocování hvězdiček může být také uveden symbol přeškrtnuté poslední hvězdy. Tento symbol značí, že v některém z uskutečněných testů byla alespoň jedna z bodovaných figurín ohodnocena nula body. Tento výsledek je velmi špatný z hlediska bezpečnosti posádky uvnitř vozidla. [20, 21, 24]

**Tab. 4 – Bodové ohodnocení za jednotlivé zkoušky EuroNCAP**

Typ zkoušky	Bodové ohodnocení
Čelní náraz	16
Boční náraz	16
Náraz na kůl	2
SBR	3
Celkem	37

Zdroj: [24]

**Tab.5 – Tabulka pro převedení získaných bodů na úroveň bezpečnosti**

Dosažené hvězdy	Rozsah bodů	Min. počet bodů z čelního/bočního nárazu
	33 - 40	13
	25 - 32	9
	17 - 24	5
	9 - 16	2
	1 - 8	-

Zdroj: [24]

### 4.5.3. Stupně ochrany posádky vozidla

Ke každému testovanému vozidlu v daném testu přísluší grafický model figuríny. Na modelu figuríny, který je znázorněn na obr. 25, jsou zobrazeny jednotlivé části lidského těla, které se při nárazových zkouškách posuzují. Hodnocené části lidského těla jsou zbarveny do příslušných barev, podle kterých se rozlišuje stupeň ochrany posádky vozidla. Celkem se posuzuje pět stupňů ochrany a tedy i pět barev – zelená, žlutá, oranžová, hnědá a červená.

**Obr. 25 – Barevné hodnocení figurín**



Zdroj: [21]

**Obr. 26 – Intervalové hodnocení**

Intervalové hodnocení	Barva
4,00	Zelená
2,67 - 3,99	Žlutá
1,33 - 2,66	Oranžová
0,01 - 1,32	Hnědá
0,00	Červená

Zdroj: [21]

Ohodnocení stupně bezpečnosti posádky automobilu spočívá v intervalovém zatížení, jejíž jehož limitní hodnoty jsou uvedeny na obr. 26. Pokud biomechanická zátěž nepřesáhne dolní limit intervalu o hodnotě 4,00 je daná část figuríny bez poranění a označena zelenou barvou. Pokud je síla na danou část lidského organismu menší než horní hranice 0,00 je barva červená. V případě, že se zatížení pohybuje uvnitř intervalu od 3,99 – 0,01 je tato část vyznačena podle velikosti síly a příslušných mezí od žluté po hnědou. Hodnocení organizace EuroNCAP vyplývá z biomechanického zatížení příslušných figurín a z hodnocení konstrukce automobilů. [21, 24]



## 5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce přináší ucelený přehled v oblasti pasivní bezpečnosti vozidel. V práci jsou podrobně charakterizovány stěžejní prvky, které napomáhají k ochraně osob cestujících ve vozidlech. Každému z těchto prvků je věnována samostatná kapitola, ve které jsou definovány jak teoretická východiska, tak i praktická a grafická ukázka.

Za nejdůležitější prvky pasivní bezpečnosti se dají považovat bezpečnostní pásy, které byly prvním prvkem, který se v oblasti pasivní bezpečnosti začal využívat. Postupem času přinesl vývoj další prvky pasivní bezpečnosti, z nichž velmi významným byl nafukovací vak neboli airbag. Tento prvek měl zpočátku za cíl nahradit funkci bezpečnostních pásů, což se neosvědčilo, neboť prudký náraz nepřipoutaného člověka na vystřelený airbag byl mnohdy smrtící. V 80. letech minulého století se začal airbag chápat jako důležitá součást zádržného systému, který společně s bezpečnostními pásy vytvořil základ pro bezpečnost posádky uvnitř vozidel při nehodě. Neopomenutelnou úlohu v otázce bezpečnosti cestujících v případě střetu, zastává samotná karoserie vozidla, která musí jako první absorbovat sílu kinetické energie vzniklé při nárazu. V bakalářské práci jsou také podrobně popsány i další prvky pasivní bezpečnosti, které napomáhají zachraňovat lidské životy, jako jsou dětské zádržné systémy, mechanismus řízení a konstrukce zasklení karoserie.

Nedílnou součástí jednotlivých konstrukčních řešení prvků pasivní bezpečnosti je jejich zkoušení. Tyto testy probíhají nejčastěji ve specializovaných a certifikovaných zkušebnách. Za velmi důležité se považují dynamické zkoušky, neboli crash testy. Tyto zkoušky testují vozidla pro případ různých druhů nárazů, jako například čelní náraz do pevné bariéry, boční náraz jedoucí bariérou či náraz na sloup a další. Při těchto testech se využívají modely příslušných figurín, které jsou legislativně předepsány. Figuríny slouží k získání co nejpodrobnějších informací o případných biomechanických poraněních cestujících. Výsledky zkoušek jsou hodnoceny nezávislou mezinárodní organizací EuroNCAP, která se zabývá bezpečností vozidel.

Po celém světě zachrání prvky pasivní bezpečnosti ročně řádově desítky tisíc lidských životů. I přes toto obrovské číslo jsou ovšem statisticky, krom lékařských zařízení, silnice místem, kde dochází k nejvyššímu počtu usmrcení osob. Vzhledem k této smutné situaci je zřejmé, že prvky pasivní bezpečnosti dnes neodmyslitelně patří k automobilové dopravě, a bez těchto technických vymožeností by tato doprava byla několikanásobně nebezpečnější.

Vzhledem k budoucímu vývoji v automobilovém průmyslu lze předpokládat, že na prvky pasivní bezpečnosti bude i nadále kladen velký důraz, jak od výrobců automobilů, tak i od samotných uživatelů. Prvky v oblasti pasivní bezpečnosti vozidel se budou stále zdokonalovat a bude docházet k jejich propojení s prvky aktivními, čímž vytvoří systém integrované bezpečnosti, která pomůže ještě více ochránit všechny účastníky silniční dopravy.

V neposlední řadě je třeba si uvědomit, že jakékoli prvky a systémy umístěné ve vozidle nejsou schopny zcela uchránit účastníky silničního provozu. Je zejména na samotných řidičích, spolujezdcích, cyklistech či chodcích, aby si uvědomili, jak katastrofální a tragické mohou být následky dopravních nehod a měli tuto myšlenku vždy na paměti, až se budou účastnit silničního provozu.

## 6. SEZNAM LITERATURY

- [1] Kovanda, J., Šatochin, V.: *Pasivní bezpečnost vozidel*, Vydavatelství ČVUT, Praha 2000, 69 str. ISBN 80-01-02235-8
- [2] Kovanda, J.: *Konstrukce automobilů*, Vydavatelství ČVUT, Praha 1996, 50 str. ISBN 80-01-01459-2
- [3] First, J., a kol.: *Zkoušení automobilů a motocyklů*, Vydavatelství S&T CZ s.r.o., Praha 2008, 348 str. ISBN 978-80-254-1805-5
- [4] Vlk, F.: *Stavba motorových vozidel*, Nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno 2003, 499 str. ISBN 80-238-8757-2
- [5] Vlk, F.: *Karosérie motorových vozidel*, Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2000, 242 str. ISBN 80-238-5277-9
- [6] Hummel, T., Finkbeiner, F., Kühn, M.: *Misuse of Child Restraint Systéme 6th International Konference, Protection of children in cars*, December 4 - 5, 2008, Munich Germany
- [7] Předpis EHK/OSN 16: “*Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska bezpečnostních pásů pro dospělé* “
- [8] Předpis EHK/OSN 44: “*Jednotná ustanovení pro homologaci zařízení pro dětské cestující v motorových vozidlech* “
- [9] Předpis EHK/OSN 94: “*Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska ochrany cestujících při čelním nárazu vozidla*”
- [10] Předpis EHK/OSN 95: “*Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska ochrany cestujících při bočním nárazu vozidla*”

- [11] Firemní literatura: *Pasivní bezpečnost*, Dílenská učební pomůcka, Škoda – auto, 2009, S00.2002.78.15
- [12] Firemní literatura: Školící materiály Mercedes – Benz a Volvo
- [13] Firemní literatura: Školící materiály Škoda – auto, Dílenská příručka č. 6, 1995
- [14] Firemní literatura: Školící materiály Škoda – auto, Dílenská příručka, 2010
- [15] Firemní literatura: *Systémy pasivní bezpečnosti*. FIAT ČR spol. s.r.o., 2009
- [16] Erben, O.: *Pasivní bezpečnost dětí v dopravě*. DP ČZU Praha, 2009, 100 str.
- [17] Šandera, P.: *Studie vlivu parametrů modelu na simulaci pojišťovacího nárazu vozidla*. DP Vysoké učení technické v Brně, 2009, 31 str.
- [18] Převrátíl, J.: *Trendy pasivní a aktivní bezpečnosti v silniční dopravě*. DP ČZU, 2007, Praha, 63 str.
- [19] Pinkas, J.: *Hodnocení interiéru vozidla z hlediska pasivní bezpečnosti*. DP ČZU Praha, 2007, 94 str.
- [20] Liška, R.: *Metody nárazových zkoušek pasivní bezpečnosti a jejich srovnání*. DP ČVUT Praha, 2007, 114 str.
- [21] Ponocný M.: *Vliv konstrukce a struktury obkladových dílů na pasivní bezpečnost*. DP ČZU Praha, 2008, 71 str.

#### **Internetové zdroje:**

- [22] Soupis dostupných dokumentů dle TÜV SUD, *Anotace k předpisu EHK/OSN č. 44*. [On-line]. 2011 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z: [http://predpisy.tuv-sud.cz/bin/ehk/soupis\\_ehk.htm#44](http://predpisy.tuv-sud.cz/bin/ehk/soupis_ehk.htm#44)

- [23] Portál Evropského výboru pro zlepšení bezpečnosti – *Q – dummies Report: Advanced Child Dummies and Injury Criteria for Frontal Impact*. [On-line]. 2011 [cit. 2011-01-25]. Dostupné z: <http://www.eevc.org/publicdocs/publicdocs.htm>
- [24] Portál nezávislé organizace provádějící crash testy. [On-line]. 2011 [cit.2011-02-08]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/home.aspx>
- [25] Portál zabývající se bezpečností silničního provozu. [On-line]. 2011 [cit.2011-01-30]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/>
- [26] Výrobce automobilového zasklení. [On-line]. 2010 [cit.2010-12-16]. Dostupné z: <http://www.saint-gobain-sekurit.cz/cz/>
- [27] Internetová stránka zabývající se konstrukcí a bezpečností vozidel. [On-line]. 2011 [cit.2011-02-17]. Dostupné z: <http://boronextrication.com/list-of-vehicles-with-boron-and-uhss/>
- [28] Internetová stránka zabývající se automobilovým průmyslem. [On-line]. 2011 [cit.2011-01-26]. Dostupné z: <http://www.autokaleidoskop.cz/>
- [29] Internetová stránka o automobilových značkách a modelech. [On-line]. 2011 [cit.2011-02-11]. Dostupné z: <http://www.autospectator.com/>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b> – <i>Procentuální vyjádření četnosti místa nárazu při nehodě</i>	[11]
<b>Obrázek 2</b> – <i>Rozložení síly v karoserii při čelním nárazu vozidla</i>	[29]
<b>Obrázek 3</b> – <i>Průřezy nosnými prvky karoserie a použitých materiálů</i>	[11]
<b>Obrázek 4</b> – <i>Rozmístění tříbodových pásů ve vozidle</i>	[ 4 ]
<b>Obrázek 5</b> – <i>Pyrotechnický a mechanický předpínač bezpečnostních pásů</i>	[ 4 ]
<b>Obrázek 6</b> – <i>Generátor plynu pro airbag s pyrotechnickou zápalkou</i>	[11]
<b>Obrázek 7</b> – <i>Rozmístění airbagů ve vozidle Škoda Yeti</i>	[11]
<b>Obrázek 8</b> – <i>Průběh aktivace airbagu při čelním nárazu do pevné překážky</i>	[13]
<b>Obrázek 9</b> – <i>Dětský zádržný systém skupiny 0</i>	[ 6 ]
<b>Obrázek 10</b> – <i>Dětský zádržný systém skupiny 0+</i>	[ 6 ]
<b>Obrázek 11</b> – <i>Dětský zádržný systém skupiny I. s pětibodovými pásy</i>	[ 6 ]
<b>Obrázek 12</b> – <i>Dětský zádržný systém skupiny I. s nárazovým štítem</i>	[ 6 ]
<b>Obrázek 13</b> – <i>Dětský zádržný systém skupiny II.</i>	[ 6 ]
<b>Obrázek 14</b> – <i>Dětský zádržný systém skupiny III.</i>	[ 6 ]
<b>Obrázek 15</b> – <i>Posunutí mechanismu řízení při nárazu</i>	[11]
<b>Obrázek 16</b> – <i>Velikost posunutí mechanismu řízení při nárazu</i>	[11]
<b>Obrázek 17</b> – <i>Schéma vzniku poranění od okamžiku havárie</i>	[ 2 ]
<b>Obrázek 18</b> – <i>Figurína Hybrid III.</i>	[ 3 ]
<b>Obrázek 19</b> – <i>Dětská figurína Q 1,5</i>	[23]
<b>Obrázek 20</b> – <i>Zkouška čelním nárazem</i>	[24]
<b>Obrázek 21</b> – <i>Zkouška čelním nárazem s přesahem</i>	[24]
<b>Obrázek 22</b> – <i>Zkouška bočním nárazem</i>	[24]
<b>Obrázek 23</b> – <i>Zkouška bočním nárazem na sloup</i>	[24]
<b>Obrázek 24</b> – <i>Zkouška nárazem zezadu</i>	[24]
<b>Obrázek 25</b> – <i>Barevné hodnocení figurín</i>	[21]
<b>Obrázek 26</b> – <i>Intervalové hodnocení</i>	[21]

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b> – <i>Předpisy EHK/OSN pro pasivní bezpečnost vozidel</i>	[ 3 ]
<b>Tabulka 2</b> – <i>Poranění jednotlivých částí lidského těla podle stupnice AIS</i>	[ 2 ]
<b>Tabulka 3</b> – <i>Uspořádání jednotlivých součástí v interiéru vozidla</i>	[3, 17]
<b>Tabulka 4</b> – <i>Bodové ohodnocení za jednotlivé zkoušky EuroNCAP</i>	[24]
<b>Tabulka 5</b> – <i>Tabulka pro převedení získaných bodů na úroveň bezpečnosti</i>	[24]

## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf 1</b> – <i>Procentuální zastoupení pevnosti použitých materiálů ve vozidle</i>	[11]
<b>Graf 2</b> – <i>Smrtelná zranění dětí za období 2000 – 2009</i>	[25]
<b>Graf 3</b> – <i>Smrtelná zranění dětí podle účastníka za období 2000 – 2009</i>	[25]

## 7. PŘÍLOHY

<b>Příloha 1</b> – <i>Použité materiály na konstrukci karoserie značky Porsche 911 GT2</i>	[27]
<b>Příloha 2</b> – <i>Použité materiály na konstrukci karoserie značky Porsche Cayman</i>	[27]
<b>Příloha 3</b> – <i>Statistika bezpečnostních pásů za rok 2008 pro ČR</i>	[25]
<b>Příloha 4</b> – <i>Druhy bezpečnostních pásů</i>	[ 4 ]
<b>Příloha 5</b> – <i>Pyrotechnické úderníkové zařízení bezpečnostního pásu</i>	[13]
<b>Příloha 6</b> – <i>Cívka odvíjecího zařízení bezpečnostního pásu s předpínačem</i>	[13]
<b>Příloha 7</b> – <i>Předpínací zařízení s rotačním pístem</i>	[14]
<b>Příloha 8</b> – <i>Předpínací zařízení s ocelovými kuličkami</i>	[14]
<b>Příloha 9</b> – <i>Funkce airbagů a bezpečnostních pásů při nárazu</i>	[28]
<b>Příloha 10</b> – <i>Vyhodnocování signálů řídicí jednotky</i>	[ 4 ]
<b>Příloha 11</b> – <i>Soustava senzorů airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů</i>	[11]
<b>Příloha 12</b> – <i>Pyrotechnický generátor plynu airbagu s tablety nitridu sodíku</i>	[15]
<b>Příloha 13</b> – <i>Boční airbag</i>	[11]
<b>Příloha 14</b> – <i>Kolenní airbag</i>	[11]
<b>Příloha 15</b> – <i>Figurína Eurosid 2</i>	[ 3 ]
<b>Příloha 16</b> – <i>Dětské figuríny série Q</i>	[23]



**Příloha 1 – Použité materiály na konstrukci karoserie značky Porsche 911 GT2 [27]**



- Měkká ocel
- Pevné nosníky
- Vysokopevnostní ocel
- Ultra vysokopevnostní ocel
- Hliník

**Příloha 2 – Použité materiály na konstrukci karoserie značky Porsche Cayman [27]**



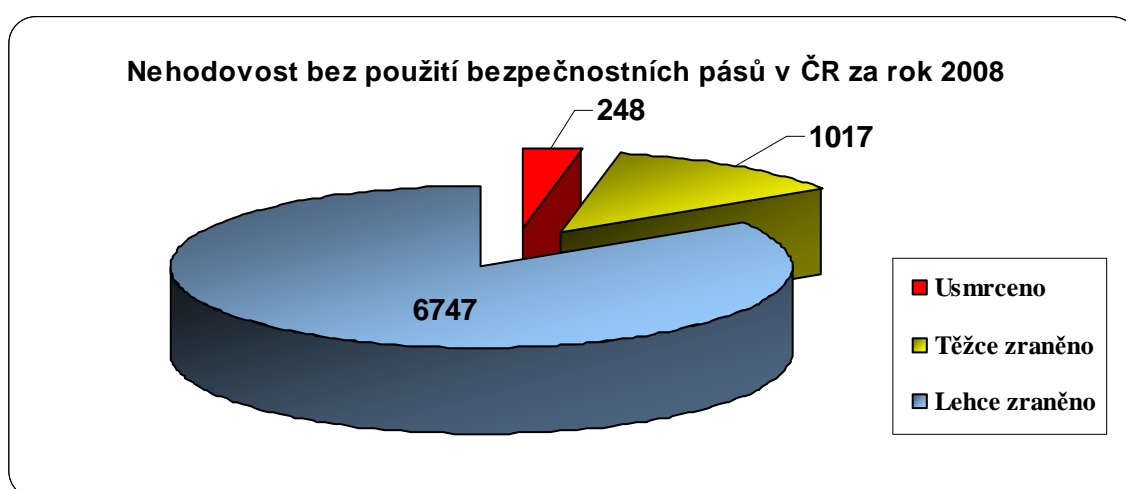
- Měkká ocel**
- Pevné nosníky**
- Vysokopevnostní ocel**
- Ultra vysokopevnostní ocel**
- Hliník**

**Příloha 3 – Statistika bezpečnostních pásů za rok 2008 pro ČR [25]**

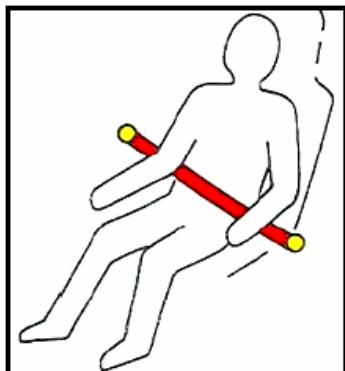
V níže uvedené tabulce je znázorněn počet usmrcených, těžce a lehce zraněných osob při dopravních nehodách ČR za rok 2008 bez použití bezpečnostních pásů ve vozidle. Hodnoty jsou uveeny i podle místa nehody.

Bez použití zádržného systému		Řidič	Spolujezdec na předním sedadle	Spolujezdec na zadním sedadle
Usmrceno	V obci	42	12	17
	Mimo obec	102	56	19
	<b>Celkem</b>	<b>144</b>	<b>68</b>	<b>36</b>
Těžce zraněno	V obci	52	30	24
	Mimo obec	111	738	62
	<b>Celkem</b>	<b>163</b>	<b>768</b>	<b>86</b>
Lehce zraněno	V obci	425	181	136
	Mimo obec	5443	340	222
	<b>Celkem</b>	<b>5868</b>	<b>521</b>	<b>358</b>

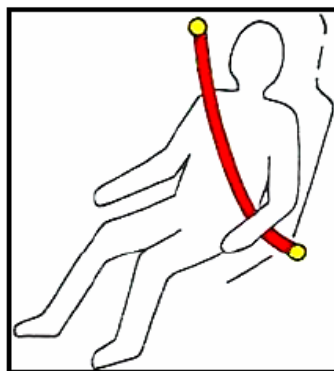
Na níže uvedeném grafu je zobrazen součet usmrcených, těžce a lehce zraněných osob sedících na kterémkoli sedadle při dopravních nehodách v ČR za rok 2008.



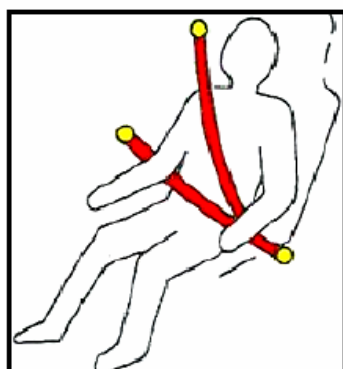
**Příloha 4 – Druhy bezpečnostních pásů [4]**



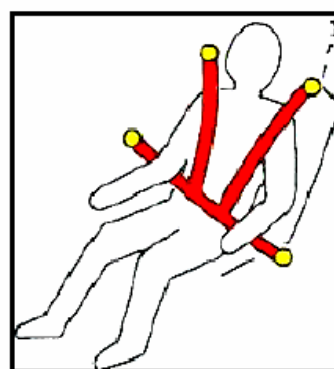
**Dvoubodový břišní pás**



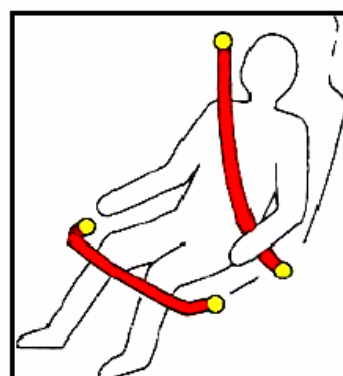
**Dvoubodový diagonální pás**



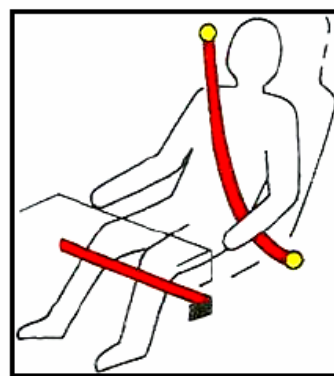
**Tříbodový pás**



**Čtyřbodový pás**

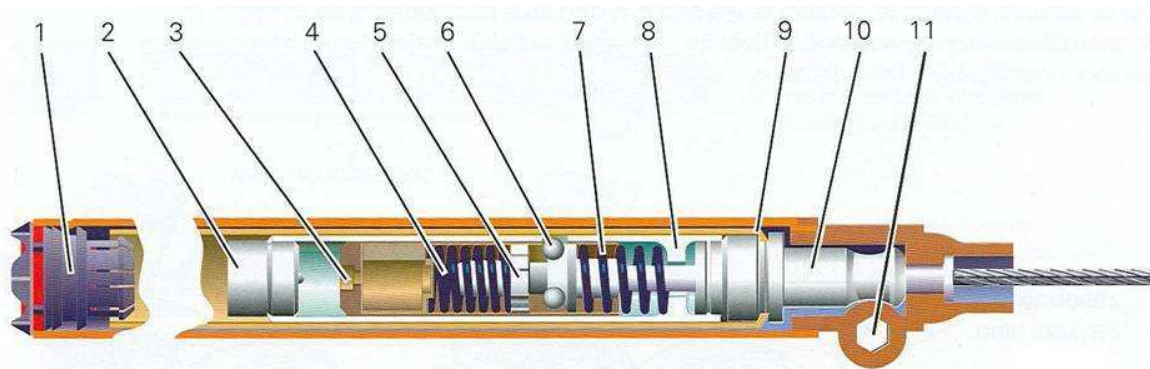


**Ramenní a kolenní pás**



**Diagonální s kolenní opěrkou**

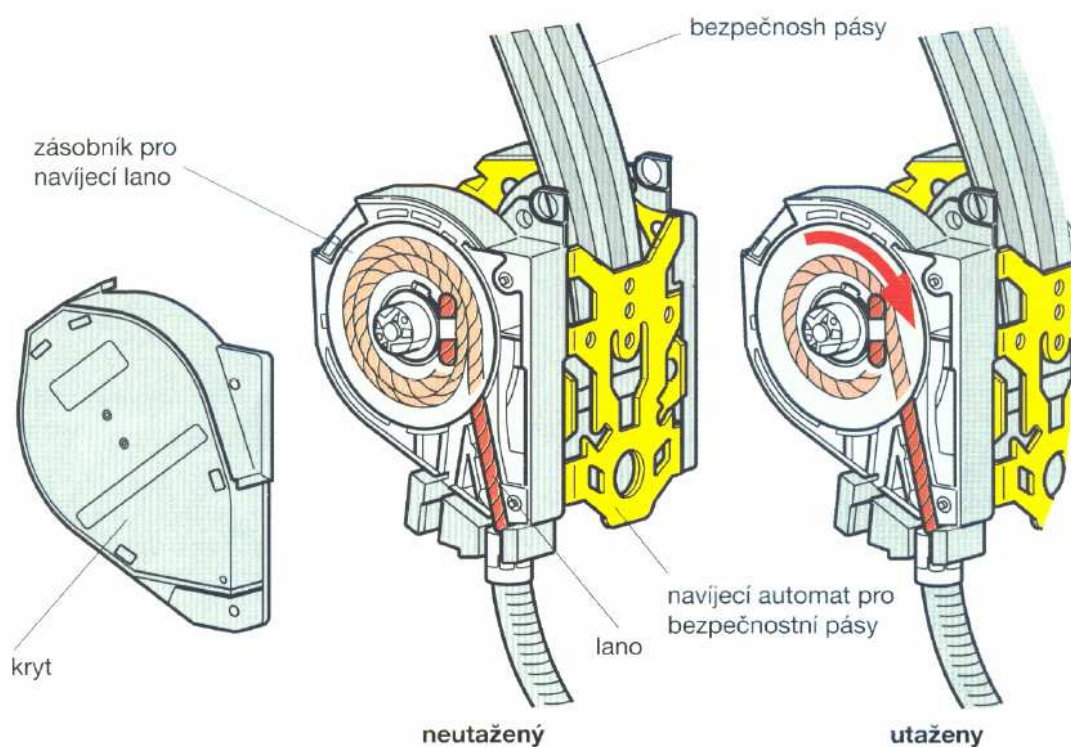
**Příloha 5 – Pyrotechnické úderníkové zařízení bezpečnostního pásu [13]**



**Popis:**

- 1 – Zátka
- 2 – Úderník
- 3 – Plynový generátor
- 4 – Pružina senzoru
- 5 – Ukončení lan
- 6 – Aretační kuličky
- 7 – Pružina senzoru
- 8 – Píst
- 9 – Tlakový válec
- 10 – Držák senzoru
- 11 – Transportní pojistka

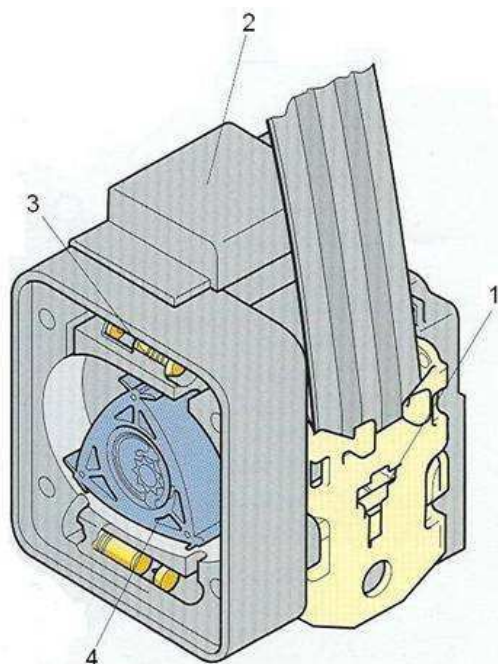
**Příloha 6 – Cívka odvíjecího zařízení bezpečnostního pásu s předpínačem [13]**



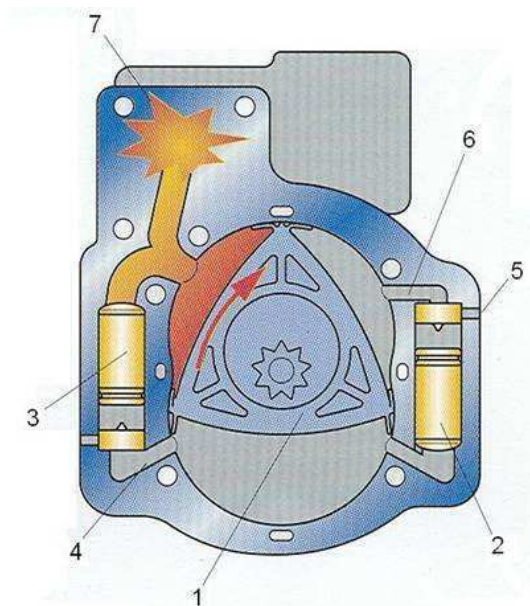
*Princip: Tlak způsobený výbuchem pyrotechnické patrony působí na píst, který zatáhne za ocelové lanko. Lanko otočí cívku navíjecího zařízení a tím dojde k předepnutí bezpečnostního pásu.*



## Příloha 7 - Předpínací zařízení s rotačním pístem[14]

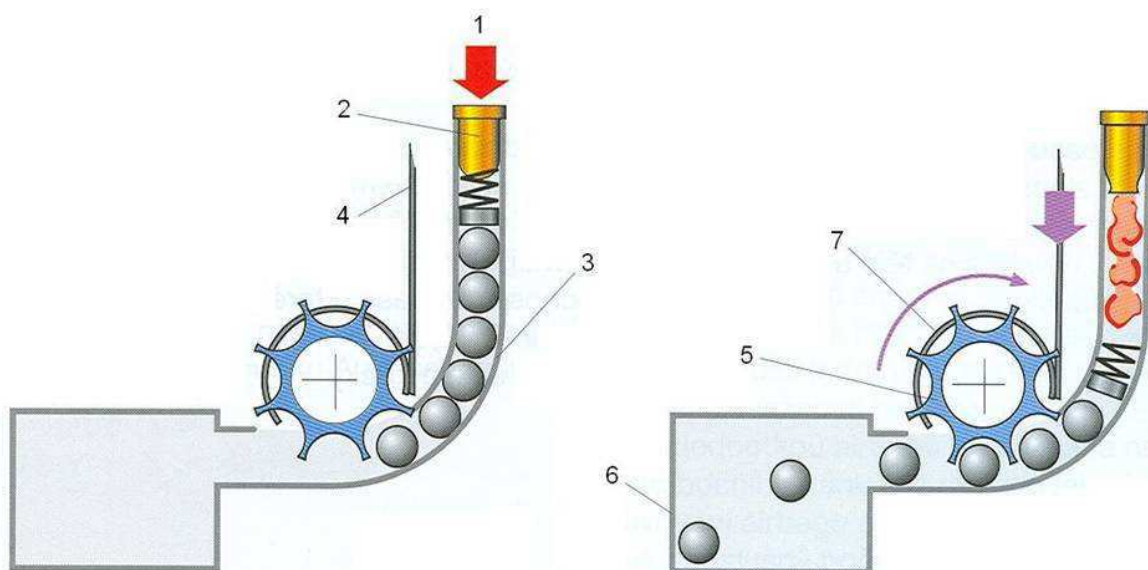
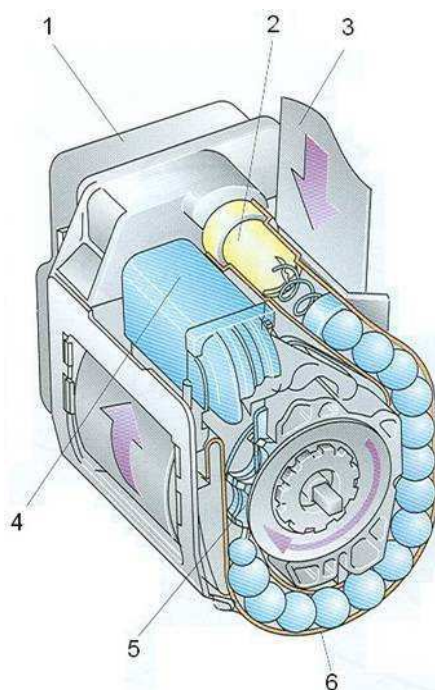


- Popis:**
- 1 – Navíjecí mechanismus
  - 2 – Mechanický spouštěč
  - 3 – Primární plynový generátor
  - 4 – Rotační píst



- Popis:**
- 1 – Rotační píst
  - 2 – Sekundární plynový generátor
  - 3 – Terciální generátor
  - 4 – Druhý přepouštěcí kanál
  - 5 – Vypouštěcí kanál
  - 6 – První přepouštěcí kanál
  - 7 – Zapalování primárního plynového generátoru

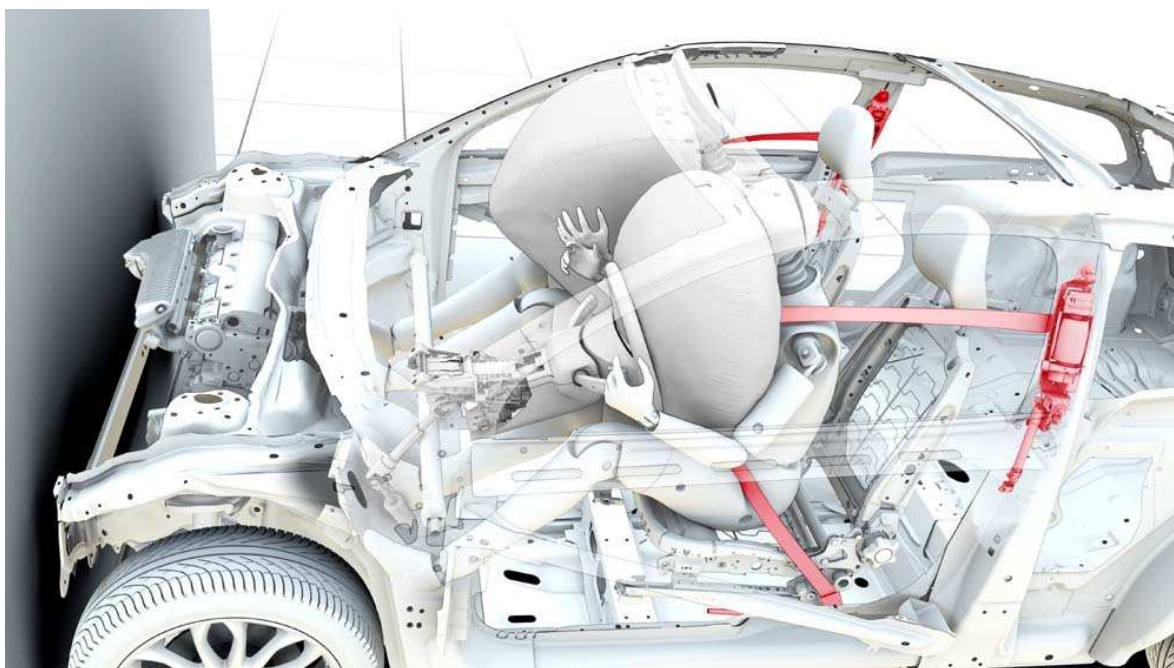
**Příloha 8 - Předpínací zařízení s ocelovými kuličkami [14]**



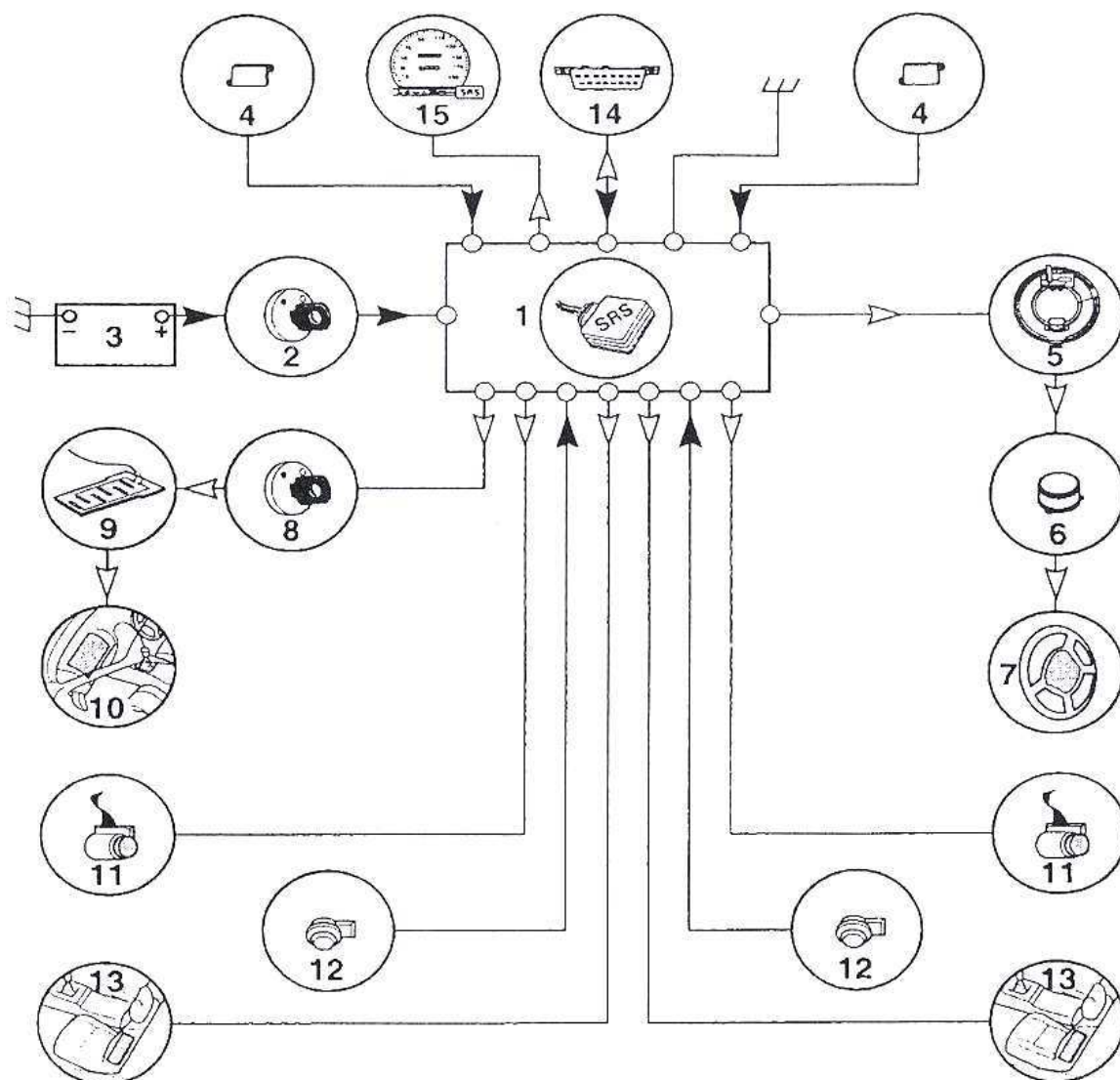
- Popis:**
- 1 – Vyvíječ
  - 2 – Plynový generátor s pyropatronou
  - 3 – Kuličky
  - 4 – Bezpečnostní pás
  - 5 – Ozubené kolo
  - 6 – Zásobník ocelových kuliček
  - 7 – Cívka bezpečnostního pásu



**Příloha 9 – Funkce airbagů a bezpečnostních pásů při nárazu [30]**



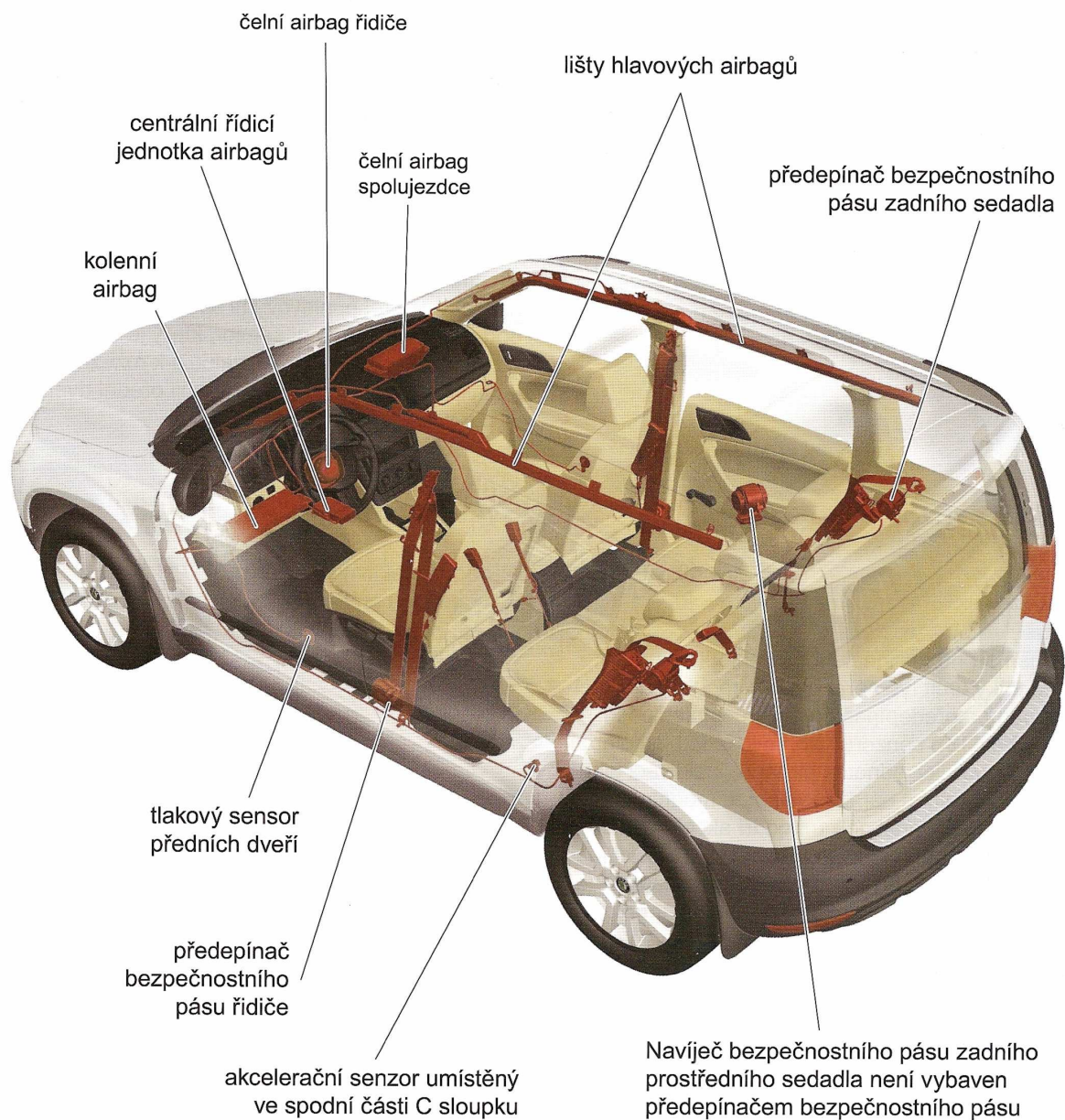
**Příloha 10 – Vyhodnocování signálů řídicí jednotky [4]**



**Popis:**

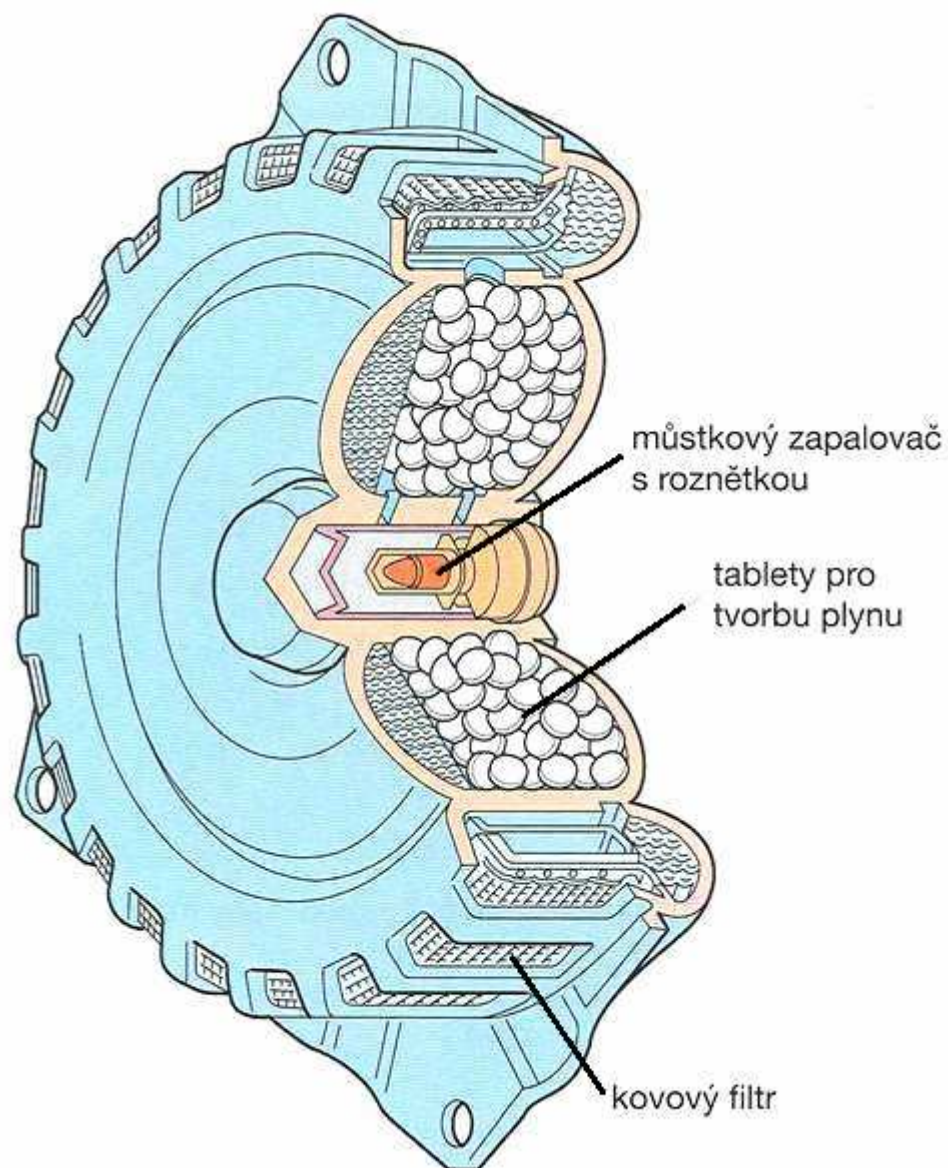
- 1 – Řídicí jednotka systému
- 2 – Spínač zapalování motoru
- 3 – Baterie
- 4 – Čelní čidla nárazu
- 5 – Kroužek se spirálovým kabelem
- 6 – Vyvíječ plynu
- 7 – Airbag řidiče
- 8 – Vypínač airbagu spolujezdce
- 9 – Snímač obsazení sedadla spolujezdce
- 10 – Airbag spolujezdce
- 11 – Napínače bezpečnostních pásů
- 12 – Boční čidla nárazu
- 13 – Boční airbagy
- 14 – Diagnostická přípojka
- 15 – Kontrolka systému airbagů

**Příloha 11 – Soustava senzorů airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů [11]**





**Příloha 12 – Pyrotechnický generátor plynu airbagu s tablety nitridu sodíku [15]**



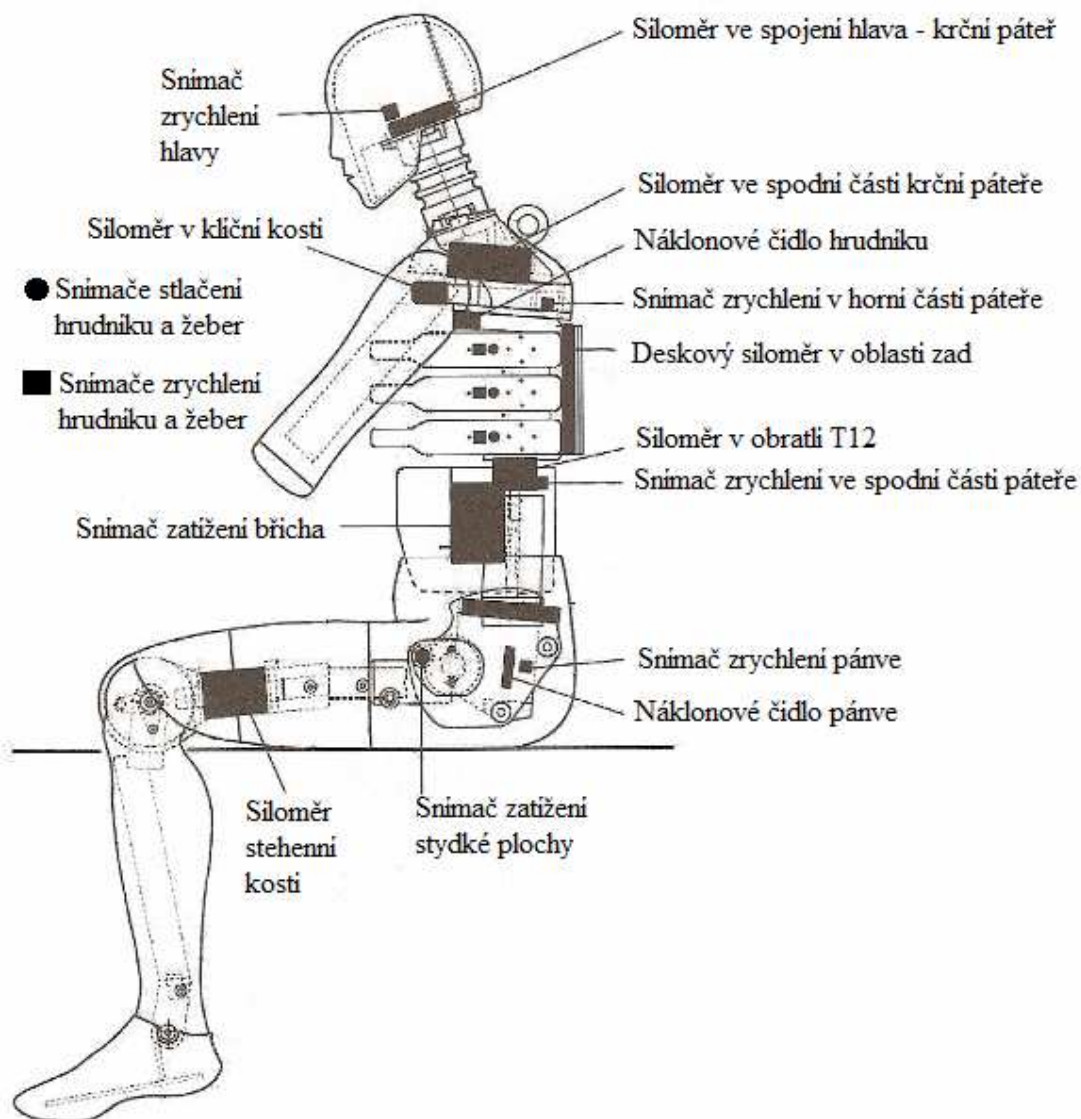
**Příloha 13 – Boční airbag [11]**



**Příloha 14 – Kolenní airbag [11]**



Příloha 15 – Figurína Eurosid 2 [3]



**Příloha 16 - Dětské figuríny série Q [23]**

