

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Matej Buľko

**SIMULÁTOR NÁRAZU – VÝPOČTOVÉ HODNOTY**

Bakalárska práca

**2015**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní  
děkan  
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

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

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Matej Bul'ko**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

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

Název tématu (česky): **Simulátor nárazu - výpočtové hodnoty**

Název tématu (anglicky): Crash simulator - calculated values

**Zásady pro vypracování**

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

- Uveďte teorie ochrany cestujících ve vozidle s ohledem na typ kolize.
- Uveďte kritéria poranění osob ve vozidle při kolizích
- Zhodnoťte možnost simulace dějů dopravních nehod
- Posuďte metody laboratorní simulace kolizních dějů a vypočtěte vlivy na bezpečnost účastníků.

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

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

Seznam odborné literatury: FIRST, Jiří a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů. Praha: S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5  
VLK, František: Karoserie motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9  
Kovanda, J., Šatochin, V.: Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02235-8

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří First**

Datum zadání bakalářské práce: **26. června 2013**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2015**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L. S.



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



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Matej Bul'ko  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 2. prosince 2014

## **Pod'akovanie**

Na tomto mieste by som chcel rád poďakovať vedúcim bakalárskej práce Ing. Jiřímu Firstovi a Ing. Josefu Míkovi za cenné rady a odborné vedenie, ktorými prispeli k vypracovaniu tejto práce.

## **Prehlásenie**

Predkladám týmto k posúdeniu a obhajobe bakalársku prácu, spracovanú na záver štúdia na ČVUT v Prahe Fakulte dopravnej.

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

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

V Prahe dňa 24. septembra 2015

.....  
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta dopravní

## SIMULÁTOR NÁRAZU –VÝPOČTOVÉ HODNOTY

bakalářská práce  
srpen 2015  
Matej Buľko

### **ABSTRAKT**

Predmetom bakalárskej práce „Simulátor nárazu – výpočtové hodnoty“ je posúdenie laboratórnych simulácií kolíznych dejov. V prvej časti sú popísané prvky vnútornej a vonkajšej pasívnej bezpečnosti. Druhá časť práce je venovaná biomechanickým limitom a kritériám. Nasledujúca časť zahŕňa legislatívne predpisy pre skúšanie prvkov pasívnej bezpečnosti. V závere tejto kapitoly sú popísané aj nárazové skúšky Euro NCAP. Záverečná časť práce posudzuje simulátor nárazu z hľadiska bezpečnosti.

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

Pasívna bezpečnosť

Skúšanie prvkov pasívnej bezpečnosti

Simulátor nárazu

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

CRASH SIMULATOR –CALCULATED VALUES

bachelor thesis

august 2015

Matej Buřko

### **ABSTRACT**

The aim of the thesis "Crashing simulator - analysis values" is to review laboratory simulations of collision actions. First part of the thesis describes internal and external passive safety elements, second is dedicated to biomechanical limitations and its criteria. Following section covers legislative regulations for passive safety element try-outs. Closure of this chapter outlines crashing tests Euro NCAP. Concluding part of this thesis assesses crashing simulator from safety point of view.

### **KEY WORDS**

Passive safety

Testing of passive safety

Crash simulator

## Obsah

Zoznam použitých skratiek .....	9
1. Úvod.....	10
2. Pasívna bezpečnosť .....	11
3. Vonkajšia pasívna bezpečnosť.....	11
3.1 Deformačné zóny vozidla .....	11
3.2 Nárazníky .....	12
3.3 Kapoty.....	14
3.4 Uchytenie svetlometov .....	14
3.5 Zasklenie karosérie .....	15
4 Vnútoraná pasívna bezpečnosť .....	16
4.1 Palubná doska .....	16
4.2 Stĺpik riadenia .....	16
4.3 Zádržné systémy .....	17
4.3.1 Bezpečnostné pásy .....	17
4.3.1.1 Blokovacie mechanizmy bezpečnostných pásov .....	18
4.3.1.2 Predpínače bezpečnostných pásov .....	18
4.3.1.3 Obmedzovače síl v bezpečnostnom páse .....	20
4.3.2 Airbagy .....	22
4.3.2.1 Modul airbagu .....	23
4.3.2.2 Riadiaca jednotka .....	23
4.3.2.3 Snímače zrýchlenia.....	23
4.3.2.4 Princíp činnosti airbagu .....	23
4.3.3 Opierky hlavy .....	24
4.3.3.1 RHR (ReactiveHeadRestraint) .....	25
4.3.3.2 PAHR (Pro ActiveHeadRestraint).....	25
5 Biomechanika .....	26
5.1 Biomechanické limity a kritéria .....	26
5.2 AIS (AbbreviatedInjuryScale).....	26
5.3 HIC (HeadInjuryCriterion) .....	27
5.4 WSU krivka (Wayne State University) .....	28
5.5 SI (Severity Index) .....	28
5.6 NIC (NeckInjuryCriterion) .....	29
5.7 TTI (Thorax Trauma Index) .....	30
5.8 VC (ViscousCriterion).....	30

5.9 ThCC (ThoraxCompressionCriterion) .....	30
5.10 RDC (RibDeflectionCriterion) .....	30
5.11 Kritérium 3 ms.....	30
6 Legislatíva .....	31
6.1 Národná legislatíva.....	31
6.2 Medzinárodná legislatíva .....	31
6.3 Figuríny pre skúšky pasívnej bezpečnosti .....	32
6.3.1 Hybrid III.....	32
6.3.2 Figurína Eurosid 2.....	33
6.3.3 Detské figuríny .....	34
6.4 Predpis EHK/OSN 94 Ochrana pri čelnom náraze .....	35
6.5 Predpis EHK/OSN 95 Ochrana proti bočnému nárazu .....	36
6.6 Predpis EHK/OSN 17 Pevnosť sedadiel, úchytov a opierok hlavy .....	37
6.7 Predpis EHK/OSN 16 Bezpečnostné pásy.....	39
6.8 Predpis EHK/OSN 12 Ochrana vodiča pri náraze na mechanizmus riadenia .....	40
6.9 Nárazové skúšky vykonávané Euro NCAP .....	41
6.9.1 Čelný náraz.....	42
6.9.2 Bočný náraz.....	42
6.9.3 Bočný náraz na stĺp .....	43
6.9.4 Whiplash test .....	43
6.9.5 Ochrana chodcov .....	44
7 Metódy laboratórnych simulácií kolíznych dejov.....	45
8 Simulátor nárazu na FD .....	45
8.1 Limitné hodnoty nárazového simulátora:.....	45
8.1.1 Dráha.....	45
8.1.2 Hmotnosti .....	45
8.1.2.1 Dráha.....	45
8.1.2.2 Bariéra.....	46
8.1.3 Kinetická energia.....	46
8.2 Reálne kolízie .....	47
8.2.1 Mechanizmus riadenia .....	47
8.2.2 Kotevné úchyty bezpečnostných pásov .....	48
8.2.3 Uchytenie sedadiel.....	48
8.2.4 Absorpcia energie operadla, sedadla a opierky hlavy .....	49
8.2.5 Nárazníky vozidiel .....	49
8.2.6 Bezpečnosť chodcov .....	50



8.2.7 Čelný náraz podľa EHK/OSN č. 94 .....	50
8.3 Pocity reálnej osoby pri kolízii.....	50
9 Záver .....	52
10 Použité zdroje .....	53
11 Zoznam obrázkov.....	56
12 Zoznam tabuliek .....	57

## Zoznam použitých skratiek

EHK	Európska hospodárska komisia
OSN	Organizácia spojených národov
ABS	Anti-lock brake system
ESP	Electronic stability program
tzv.	tak zvané
kg	kilogram
t	tona = 1000 kg
$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	meter za sekundu
$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	kilometer za hodinu
N	Newton
kN	kilo Newton = 1000 N
MPa	Mega Pascal = 1 000 000 Pa
Nm	Newton meter
kJ	kilo Joule = 1000 J
mm	milimeter = 0,001 m
ms	milisekunda = 0,001 s
g	gravitačné zrýchlenie = $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

## 1. Úvod

V dnešnej dobe sa u osobných automobiloch kladú veľké nároky na bezpečnosť posádky.

Automobily disponujú rôznymi systémami na zlepšenie ovládateľnosti či bezpečnostnými prvkami, ktorých úlohou je eliminácia ťažkých a smrteľných zranení pri nehode vozidla.

Bezpečnosť automobilov delíme na aktívnu a pasívnu.

Aktívna bezpečnosť má za úlohu predísť dopravnej nehode. Medzi prvky aktívnej bezpečnosti patria napr. ABS, ktorý zabráňuje zablokovanie kolies pri brzdení, ESP, ktorý slúži na stabilizáciu automobilu napr. pri rýchlom prejazde zákrutou.

Úlohou pasívnej bezpečnosti je zmierniť následky zranení pasažierov po nehode. Delíme ju na vonkajšiu a vnútornú. Medzi prvky vonkajšej pasívnej bezpečnosti patria deformačné zóny, nárazníky, kapoty vozidiel. Do vnútornej pasívnej bezpečnosti patrí palubná doska, bezpečnostné pásy, airbagy a opierky hlavy.

Vo svojej bakalárskej práci sa zaoberám pasívnou bezpečnosťou a skúšaním jej prvkov. V teoretickej časti sa venujem prvkom pasívnej bezpečnosti, ktoré sú bežnou súčasťou vozidla. Okrem nich sa zameriavam na biomechaniku poranení a biomechanické kritéria, ktoré sú dôležité pri skúšaní vozidiel. Záver teoretickej časti sa venuje legislatíve a testovaniu prvkov pasívnej bezpečnosti podľa predpisov Európskej hospodárskej komisie a podľa medzinárodnej organizácie Euro NCAP. V praktickej časti sa venujem metódam laboratórnych simulácií. Práve pomocou laboratórnych simulácií sa skúšajú prvky pasívnej bezpečnosti. Cieľom tejto práce je posúdenie metód laboratórnych simulácií kolíznych dejov.

## 2. Pasívna bezpečnosť

Do skupiny pasívnej bezpečnosti patria všetky prvky vozidla, ktoré sa podieľajú na zmiernení následkov dopravných nehôd všetkých zúčastnených osôb. Pasívna bezpečnosť sa delí na vnútornú a vonkajšiu pasívnu bezpečnosť.

Pri konštrukcii karosérie vozidla je potrebné dbať na dve základné podmienky. V prípade nehody je potrebné aby nosná konštrukcia, tzn. predná a zadná časť vozidla, bola schopná pohltiť čo najväčšiu časť deformačnej energie. Druhou podmienkou je zaistenie dostatočného vnútorného priestoru na prežitie pre cestujúcich po náraze.

## 3. Vonkajšia pasívna bezpečnosť

Medzi vonkajšiu pasívnu bezpečnosť patrí:

- Deformačné zóny vozidla
- Nárazníky
- Kapoty
- Uchytenie svetlometov
- Zasklenie karosérie

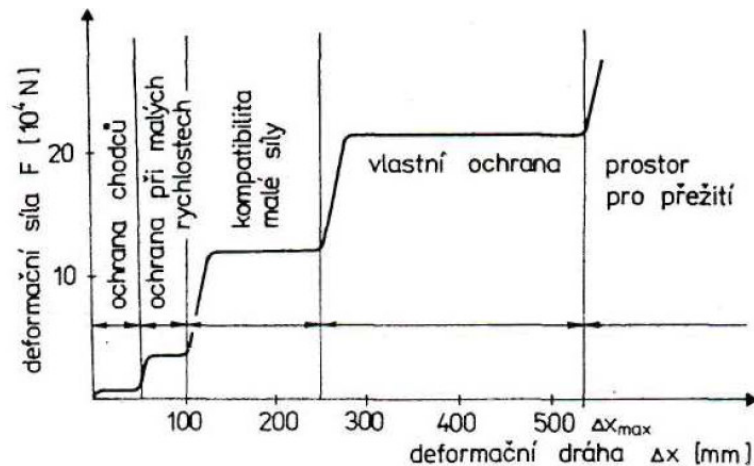
### 3.1 Deformačné zóny vozidla

Základom bezpečnosti cestujúcich pri všetkých druhoch nehôd je mimoriadne pevná karoséria vozidla. Vo vnútri vozidla musí dochádzať k minimálnej deformácii. K najväčšej absorpcii nárazovej energie sa využíva predná a zadná časť vozidla.

Z hľadiska ochrany cestujúcich, deformačná charakteristika prednej časti vozidla musí mať stupňovitý progresívny priebeh so štyrmi stupňami: [1]

- *„Ochrana při nízkých rychlostech*
- *Kompatibilita*
- *Vlastní ochrana*
- *Prostor pro přežití*
- *Ochrana chodců“*

Na obrázku 1 je zobrazená ideálna progresívna charakteristika prednej časti vozidla.



Obrázok 1: Deformačná charakteristika prednej časti vozidla [1]

Druhým najrozšírenejším nárazom je bočný náraz. Vďaka malej deformačnej zóne je bočná časť vozidla schopná pohltiť len malé množstvo energie. Preto je potrebné, aby časti, ktoré musia byť schopné pohltiť nárazovú energiu, boli vytvorené z vysoko pevnostných materiálov.

Na obrázku 2 môžete vidieť budúcnosť výstuh dverí karosérie, Pre-Safestructure. Jedná sa o špeciálne kovové profily, ktoré sú uložené vo výstuhách dverí karosérie. V prípade, že senzory zaznamenajú náraz a riadiaca jednotka náraz vyhodnotí ako kritický, aktivuje sa generátor plynu a výstuhy sa nafúknu. Výstuhy sa nafúknu za niekoľko milisekúnd tlakom 1 až 2 MPa a dokážu udržať záťaž o váhe až 100 kg. [2]

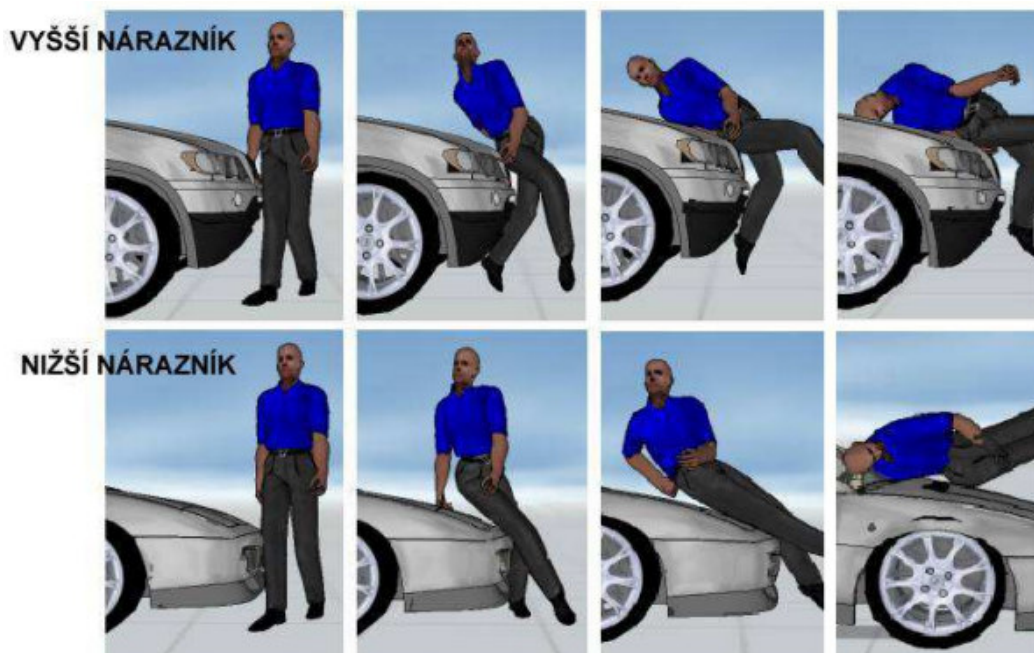


Obrázok2: Pre- Safestructure [3]

### 3.2 Nárazníky

Predný nárazník je prvá časť automobilu pri čelnej zrážke, kde dochádza k prvotnému kontaktu medzi vozidlom a telesom. Pri konštrukcii nárazníku musíme klásť dôraz na umiestnenie prvkov pohlcujúcich energiu vzniknutú pri náraze.

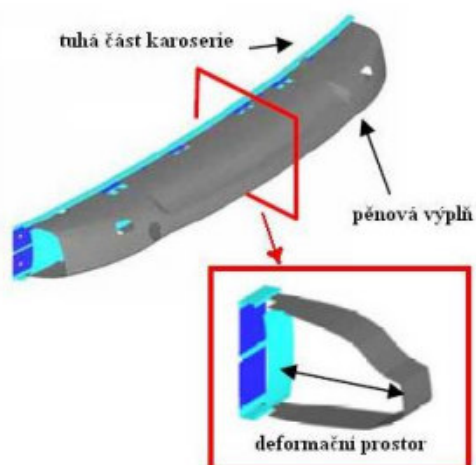
Za pomoci počítačových simulácií a vyšetrovania nehôd zranených osôb sa zistilo, že pri náraze s autom, ktorý ma nárazník nižšie ako je výška kolien, dochádza k menšej rotácii tela a zároveň k menším zraneniam. Na nasledujúcom obrázku 3 môžeme vidieť rozdiely výšok nárazníkov pri náraze s chodcom.[4]



Obrázok 3: Rozdielne výšky nárazníkov [5]

V nárazníku sa nachádzajú dva deformačné prvky. Jeden vo výške kolena a druhý v oblasti holennej kosti.

Prvok, na obrázku 4, ktorý je umiestnený v oblasti kolena, je prichytený na oceľový priečny nosník nárazníku. Tvorený je penovou výplňou, ktorá slúži na pohltienie energie.



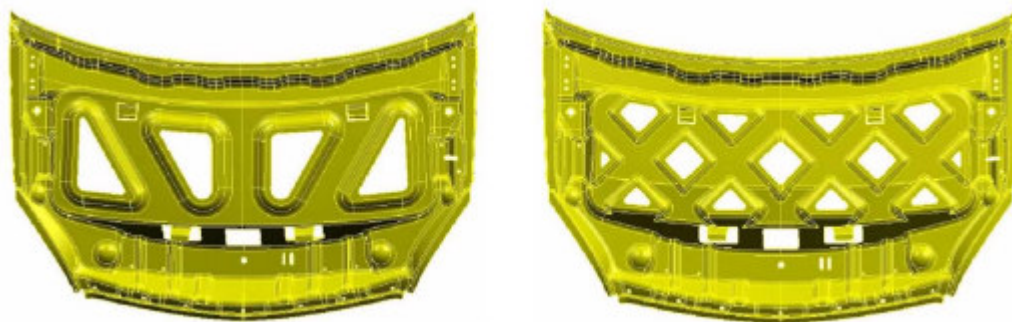
Obrázok 4: Deformačný prvok nárazníku [5]

Druhý konštrukčný prvok používaný v prednom nárazníku je plastová výstuha, umiestnená v spodnej časti nárazníku. Pomocou tejto výstuhy pri kolízii s chodcom, dochádza k spadnutiu chodca smerom na kapotu vozidla.

### 3.3 Kapoty

Pri konštrukcii kapôt automobilov musíme klásť dôraz na nárazy pri veľkých aj malých rýchlostiach. Kapota musí byť dostatočne tuhá pri náraze vo veľkej rýchlosti, ale aj poddajná pri stretoch s chodcami. Dĺžka kapoty by mala byť čo najdlhšia, aby zabránila nárazu hlavy chodca do časti rámu čelného skla. V prípade nárazu hlavy na kapotu je dôležité, aby pri kapote nedošlo k prehnutiu až na pevnú časť motora.

Veľký význam sa kladie na výstuhy karosérie zobrazených na obrázku 5. Vľavo je kapota z menšou súdržnosťou celkovej tuhosti kapoty. Vpravo je zobrazená kapota zo zvýšeným počtom rebier.

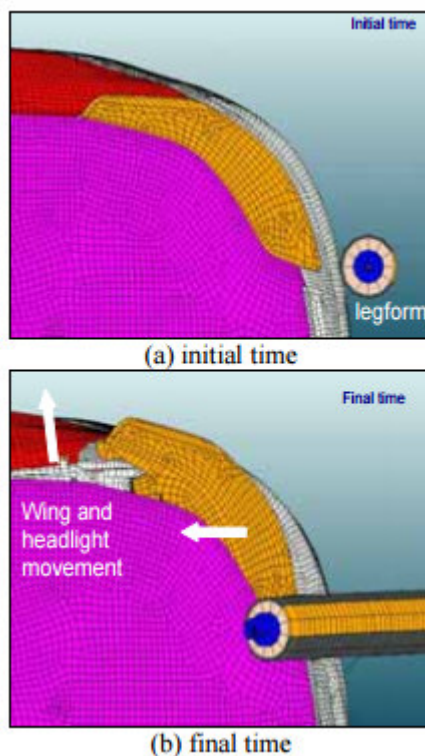


Obrázok 5: Rôzne typy výstuh kapôt[6]

### 3.4 Uchytenie svetlometov

Pri konštruovaní uchytenia svetlometov je dôležité brať ohľad na strety s chodcami. Tvar svetlometov je zaoblenejší a sú prispôsobené stretom s chodcami.

Automobilka Citroën v modely C4 predstavila uchytenie svetlometov, ktoré v prípade stretu s chodcom, dokážu pohltiť nárazovú energiu. Svetlomety sú umiestnené v špeciálnych zárezoch, v ktorých sa vedia pohybovať dozadu a do strany. Toto uchytenie je zobrazené na obrázku 6. [7]



Obrázok 6: Pohyb svetlometu pri náraze [7]

### 3.5 Zasklenie karosérie

Na zasklenie karosérie vozidla sa používajú bezpečnostné sklá, ktoré musia vyhovovať medzinárodným predpisom.

Tieto bezpečnostné sklá musia spĺňať nasledujúce požiadavky: [1]

- „Uzavření prostoru pro posádku
- Možnost vidění na všechny strany
- Ochrana cestujících před vnikajícími částmi
- Definované zpoždění hlavy
- Při prasknutí skla nesmí vzniknout střepiny způsobující zranění
- Dobrá viditelnost po prasknutí
- Co největší plastické vlastnosti při dostatečné pevnosti
- Ochrana před oslněním a tepelným zářením“

Vo vozidlách sa používajú bezpečnostné sklá, ktoré sú buď z tvrdeného skla, viacvrstvého skla alebo akrylického skla.

Viac vrstvé sklo sa skladá z dvoch alebo viacerých vrstiev, ktoré sú spojené jednou alebo viac medzivrstvami z plastu. Táto medzivrstva pri rozbití drží úlomky skla pohromade.



Viacvrstvové sklo znižuje riziko poranení pri náraze, aj pri prasknutí umožňuje dostatočný výhľad.

Tvrdené sklo pozostáva z jednej vrstvy, ktorý je tepelne spracovaný takým spôsobom, že pri náraze sa sklo rozpadne na malé časti s tupými hranami. Výhodou je lacná výroba, vysoká odolnosť pri náraze. Nevýhodou je ale nerozbitie skla pri menšom náraze. Sklo zostane nepriehľadné a nerozbité.[1]

## **4 Vnútoraná pasívna bezpečnosť**

Vnútoraný priestor pre cestujúcich musí byť dostatočne tuhý aby bol zachovaný dostatočne veľký priestor pre prežitie.

Do kategórie vnútoraná pasívna bezpečnosť patria:

- Palubná doska
- Stĺpik riadenia
- Pedálové ústrojenstvo
- Zádržné systémy

### **4.1 Palubná doska**

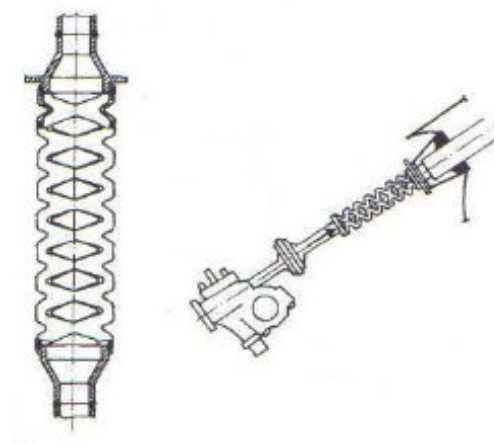
Vnútorané výčnelky na palubnej doske nemôžu obsahovať ostré hrany. Ostrou hranou sa podľa normy EHK/OSN č. 21 rozumie hrana tuhého materiálu s polomerom zaoblenia menším ako 2,5 mm. [8]

### **4.2 Stĺpik riadenia**

Pri čelnom náraze musí byť zabránené vniknutiu riadiaceho ústrojenstva do vnútorného priestoru. V súvislosti s týmito požiadavkami boli vytvorené rôzne systémy bezpečnostného riadiaceho ústrojenstva. Bezpečnostné riadenie zahŕňa tri prvky.

Prvý má zachytiť náraz trupu a pokiaľ možno tento náraz čo najviac rozložiť do najväčšej plochy. Veniec volantu by mal mať povrch z mäkkého materiálu a vedieť sa po náraze sklopit' tak, aby pôsobil z čo najväčšou plochou proti hrudníku vodiča.

Druhý prvok má postupne pohlcovať kinetickú energiu tela vodiča narazeného do volantu po náraze. Tento prvok bezprostredne nadväzuje na prvý, ale jeho tuhosť musí byť podstatne vyššia. Pre vytvorenie tohto bezpečnostného prvku sa používajú deformačné členy rôzneho tvaru (mriežkovaný valec), ktorý môžete vidieť na obrázku 7 alebo vhodným uložením hornej časti hriadeľa volantu.



**Obrázok 7: Bezpečnostná hriadeľ volantu s deformačným členom [1]**

Tretí prvok má zamedziť možnosť vniknutia tyče riadenia resp. hlavy volantu do vnútorného priestoru pri deštrukcie prednej časti vozidla po náraze. [1]

### **4.3 Zádržné systémy**

Pre zaistenie ochrany cestujúcich pri nehode sa okrem bezpečnej štruktúry karosérie a vnútorného vybavenia vozidla používajú aj zádržné systémy.

Sú to systémy, ktoré v prípade nárazu alebo prudkom brzdení majú za úlohu minimalizovať vážne zranenia pasažierov.

Zádržné systémy sa delia na aktívne a pasívne. Medzi aktívne prvky patria bezpečnostné pásy, ktorými sa musia cestujúci obslúžiť a medzi pasívne prvky patria airbagy, ktoré sú pripravené na použitie bez ohľadu na cestujúcich.

#### **4.3.1 Bezpečnostné pásy**

Predpis EHK/OSN č. 16 definuje bezpečnostné pásy ako:

*„Uspořádání popruhů s uzavírací sponou, seřizovacími zařízeními a připevňovacím kováním způsobilé k ukotvení v motorovém vozidle a konstruované tak, aby se v případě srážky nebo náhlého zpomalení vozidla zmenšilo nebezpečí poranění uživatele tím, že omezuje pohyblivost jeho těla. Takové uspořádání se obecně označuje názvem „souprava pásu“ a tento termín rovněž zahrnuje jakékoliv zařízení pro pohlcování energie nebo pro navíjení pásu.“ [9]*

K dodržaniu biomechanických limitov pri náraze vozidla je potrebný popruhovú zádržný systém, ktorý pri náraze drží pasažiera na mieste, aby sa bezprostredne po náraze pohyboval s rovnakým oneskorením ako vozidlo.

Bezpečnostné pásy sa podľa počtu záchytných bodov delia od dvojbodových až po osembodové. V dnešnej dobe sa dvojbodové bezpečnostné pásy používajú zriedkavo, z dôvodu zlej ochrany vrchnej časti tela pasažiera. Najpoužívanejšie sú trojbodové bezpečnostné pásy, ktoré zahŕňujú ochranu aj vrchnej časti tela. Štvorbodové až osembodové pásy sú používané hlavne v pretekárskych vozidlách.

#### **4.3.1.1 Blokovacie mechanizmy bezpečnostných pásov**

Samonavíjacie zariadenie bezpečnostného pásu funguje na princípe navíjania popruhu pôsobením špirálovej pružiny a je vybavené blokovacím mechanizmom, ktorý v prípade náhleho spomalenia je uvedený do prevádzky.

Tento blokovací mechanizmus je tvorený dvoma časťami: [1]

- Kyvadlový mechanizmus/ kyvadlo
- Odstredivé koleso

#### **Kyvadlový mechanizmus/ kyvadlo**

Tento mechanizmus reaguje na náhle spomalenie vozidla vyklonením kyvadla smerom dopredu a zablokuje rohatku navíjajúceho bubienka. Pri skončení pôsobenia spomalenia na vozidlo sa mechanizmus vracia do pôvodnej polohy. Podľa predpisu EHK/OSN číslo 16. musí byť tento mechanizmus uvedený do činnosti pri spomalení vozidla 0,4 g.

#### **Odstredivé koleso**

Tento mechanizmus reaguje na rýchlosť vytiahnutia bezpečnostného pásu. V prípade, že je rýchlosť odvíjania prekročená, aktivuje sa regulátor a zablokuje navíjací bubienok. Podľa predpisu EHK/OSN číslo 16. musí byť tento mechanizmus uvedený do činnosti pri vytiahnutí popruhu so zrýchlením 0,6 g.

#### **4.3.1.2 Predpínače bezpečnostných pásov**

Každý bezpečnostný pás je vybavený predpínačmi pásov, ktoré sú umiestnené na navíjacom mechanizme každého pásu. Toto vybavenie zvyšuje bezpečnosť pripútaných osôb a znižujú riziko ich poranení.

Pri náraze predpínače pritiahnu bezpečnostný pás, ktorý tesnejšie dopadne na telo a udrží trup opretý o sedadlo. Vzďialenosť medzi telom pasažiera a sedadlom je znížená na minimum a je obmedzený pohyb tela smerom dopredu.

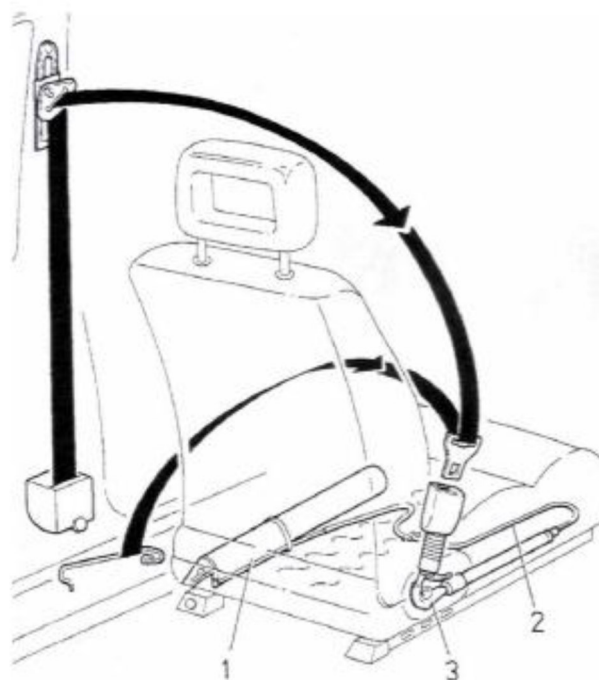
Predpínacie zariadenie je aktivované senzormi v dobe od 8 až do 12 ms po náraze, napínacou silou 3- 5 kN. Bezpečnostný pás je skrátенý až o 100 mm. [1]

Druhy predpínacích zariadení:[1]

- Mechanické
- Pyrotechnické
- Hydraulické

### **Mechanické predpínače**

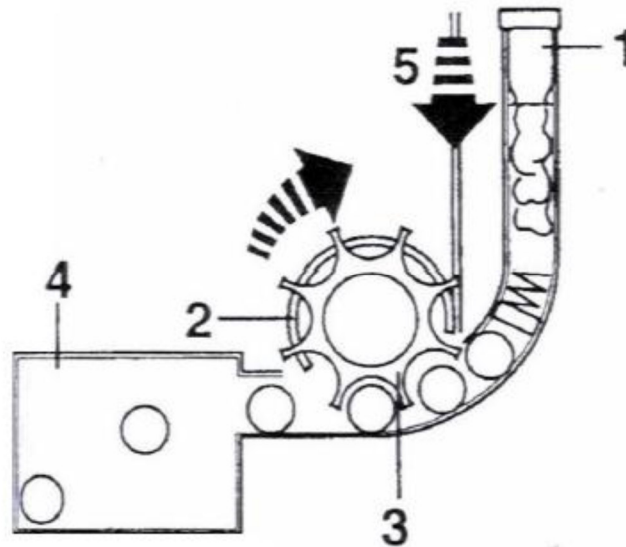
Tento typ bol využívaný v starších vozidlách. Pri náraze pružina (1) cez bovden(2) a spätnú západku (3) zatiahne zámok pásu až o 80 mm naspäť. Tento typ môžete vidieť na obrázku 8.



**Obrázok 8: Mechanický predpínač bezpečnostného pásu[1]**

### **Pyrotechnické predpínače**

V prípade nárazu vozidla a prekročenia určitého spomalenia sa odpáli pyrotechnická patróna. Vzniknutý tlak uvedie do pohybu mechanizmus otáčajúci bubon, na ktorý sa navíja bezpečnostný pás. Najrozšírenejší druh predpínacieho zariadenia v súčasnosti.



Obrázok 9: Schéma pyrotechnického predpínača [1]

1- plynový generátor s pyropatrónou, 2- navíjací bubon, 3- ozubené koleso, 4- zásobník oceľových guľičiek, 5- bezpečnostný pás

### Hydraulické predpínače

Pri tomto spôsobe dochádza k predpnutiu bezpečnostného pásu využitím energie kvapaliny. Nárazník stlačí piesty v potrubí, kvapalina je vedená pod piestami, ktoré sa tým napnú.

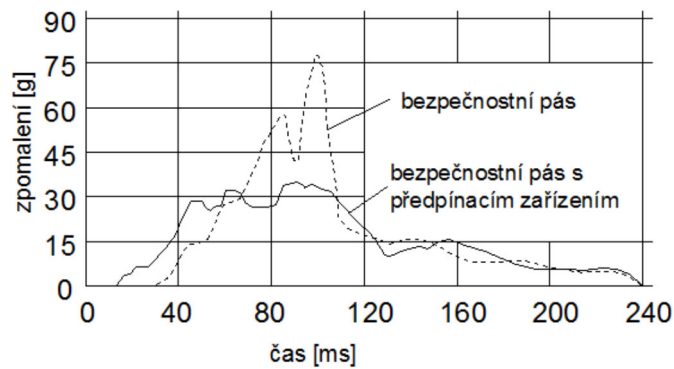
#### 4.3.1.3 Obmedzovače síl v bezpečnostnom páse

Obmedzovače síl v bezpečnostnom páse sú používané kvôli tomu, aby tlak spôsobený bezpečnostným pásom nepresiahol biomechanické limity ľudského tela. K aktivácii obmedzovača dochádza cca 80- 110 ms po náraze.

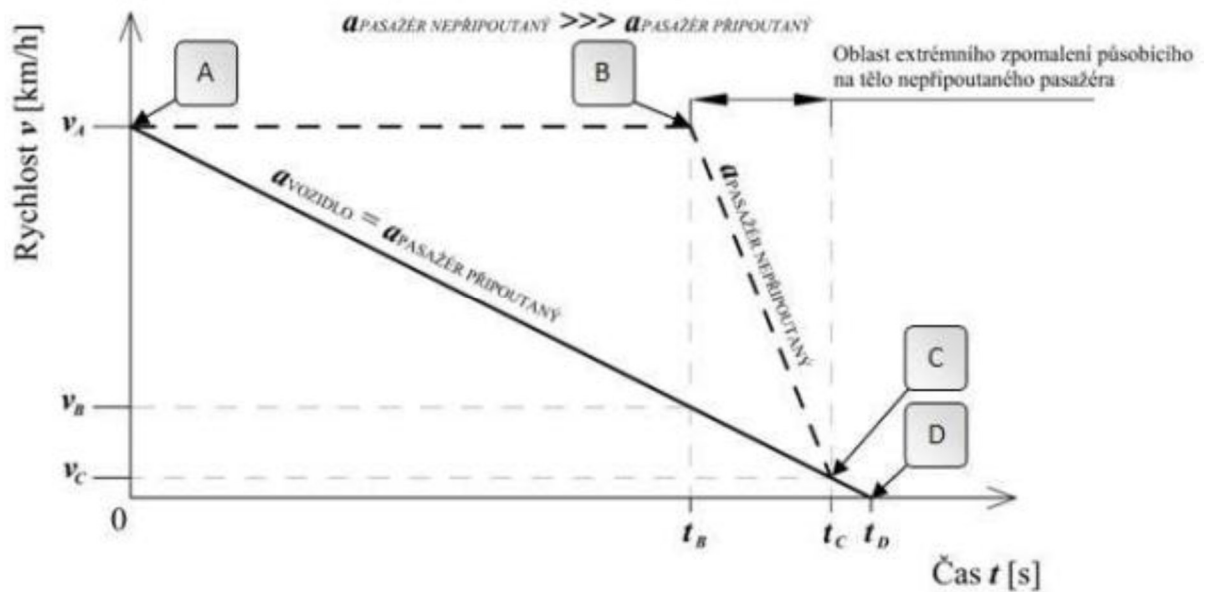
Obmedzenie zádržných síl je možné troma spôsobmi: [1]

- Plastickou deformáciou- sila, pôsobiaca na hrudník a panvovú oblasť pri náraze, je obmedzená deformáciou torznej tyče na navíjacom bubne pásu
- Suchým trením- sila, pôsobiaca na hrudník a panvovú oblasť pri náraze, je obmedzená trením plôch trecieho obloženia na bubon pásu
- Deštrukciou pásu- obmedzenie sily je spôsobené niekoľkými trhacími švami. Pri náraze sa tieto švy postupne trhajú a pás sa predlžuje

Dôležitý význam predpínacieho zariadenia môžeme vidieť na obrázku 10. Zachytáva rozdiel spomalenia medzi bezpečnostným pásom s predpínacím a bez predpínacieho zariadenia.



Obrázok 10: Výsledné zrýchlenie hlavy cestujúceho pri čelnom náraze [1]



Obrázok11: Závislosť rýchlosti na čase pri čelnom náraze vozidla do pevnej prekážky s pripútaným a nepripútaným pasažierom [9]

Obrázok 11 zobrazuje rozdiel medzi pasažierom nepripútaným a pripútaným pomocou bezpečného pásu. Vzďialenosť medzi bodmi A- D zobrazuje celú dobu nárazu, počas ktorej vozidlo spomaľuje konštantným spomalením  $a_{\text{vozidlo}}$ . Na pasažiera pripútaným bezpečnostným pásom pri náraze pôsobí rovnaké spomalenie, akým spomaľuje vozidlo. Nepripútaný pasažier však v okamžiku nárazu (A) pokračuje v smere jazdy rovnakou rýchlosťou  $v_a$  až do bodu B, kde narazí na vnútornú časť vozidla. V bode B dochádza k prvotnému kontaktu pasažiera a prednej vnútornej časti vozidla. V bode C sa rýchlosť vozidla vyrovná s rýchlosťou tela pasažiera a až do konca nárazu pôsobí spomalenie  $a_{\text{vozidlo}}$ . Nepripútaný pasažier tak musí znížiť svoju rýchlosť po náraze na prednú vnútornú časť

vozidla za oveľa kratší čas ako pripútaný pasažier. Z toho vyplýva, že okrem nárazu na prednú vnútornú časť pôsobí na pasažiera aj extrémne preťaženie. [9]

### 4.3.2 Airbagy

Súprava airbagov podľa predpisu EHK/OSN č. 16 je definovaná ako:

*„Soupravou airbagu se rozumí zařízení instalované jako doplněk bezpečnostních pásů a zádržných systémů v motorových vozidlech, tj. systém, který při prudkém nárazu vozidla automaticky rozvine pružný polštář tak, aby se tlakem plynu v něm obsaženého omezila vážnost následků dotyku jedné nebo více částí těla osoby ve vozidle s interiérem prostoru pro cestující.“ [10]*

Airbagy patria medzi pasívne prvky zádržných systémov. Ich hlavnou funkciou je priama ochrana hlavy pred nárazom na vnútornú časť vozidla pri zrážke. Pre maximalizáciu ochranného účinku je potrebné optimálne načasovanie elektricky odpaľovaných airbagov a prepínačov bezpečnostných pásov.

V súčasnosti sa do moderných automobilov montuje okrem čelných airbagov aj množstvo iných, ktoré chránia rôzne časti tela. Na obrázku 12 sú zobrazené najčastejšie druhy airbagov. Jedná sa o airbagy bočné (2), ktoré sú umiestnené v konštrukcii dverí alebo v bočných opierkach sedadiel, hlavové (3), ktoré sú umiestnené nad bočnými stĺpikmi a kolenné (4), ktoré sú umiestnené pod prístrojovou doskou.



Obrázok 12: Rôzne druhy airbagov [11]

Airbagy sa skladajú z 3 častí: [12]

- Modul airbagu
- Riadiaca jednotka
- Snímače zrýchlenia

#### **4.3.2.1 Modul airbagu**

V module je uložený poskladaný bezpečnostný nafukovací vak spolu so zdrojom energie potrebným na jeho rozvinutie- pyrotechnická rozbuška.

Vak je vyrobený z polyamidových vlákien a pri náraze je plnený plynným dusíkom.

V spodnej časti vaku sa nachádzajú dva vypúšťacie otvory, ktorými uniká plyn. Vďaka tomu sa znižuje pohybová energia pasažiera pri náraze do vaku a nedochádza k odrazeniu vrchnej časti tela.

#### **4.3.2.2 Riadiaca jednotka**

Riadiaca jednotka vyhodnocuje údaje zo snímačov zrýchlenia a pri aktivácii vysiela signál do systému bezpečnostných pásov a do modulu airbagu.

Riadiaca jednotka meria snímačmi zrýchlenie, ktoré vzniká pri náraze a zároveň posudzuje náraz, aby nedošlo k nehode pri menšom náraze alebo pri jazde cez obrubník. Parametre citlivosti uložené v riadiacej jednotke sú rozdielne pre každé vozidlo a typ výbavy zvlášť a určené pomocou nárazových skúšok pred uvedením vozidla do predaja.

V blízkej budúcnosti budú riadiace jednotky pracovať s algoritmi z krátkovlnných radarov. Tieto radary dokážu rozpoznať náraz skôr ako snímače zrýchlenia a tak sa riadiaca jednotka môže pripraviť na náraz skôr.

#### **4.3.2.3 Snímače zrýchlenia**

Snímače zrýchlenia merajú zrýchlenie a prenášajú ho priamo do riadiacej jednotky. Tieto snímače sú umiestnené buď v riadiacej jednotke, alebo môžu byť umiestnené aj na obidvoch bokoch karosérie. Tieto snímače sú tvorené mikromechanickým mechanizmom, ktoré sa skladá z pohyblivých a nepohyblivých jemných štruktúr a pružinových lamiel.

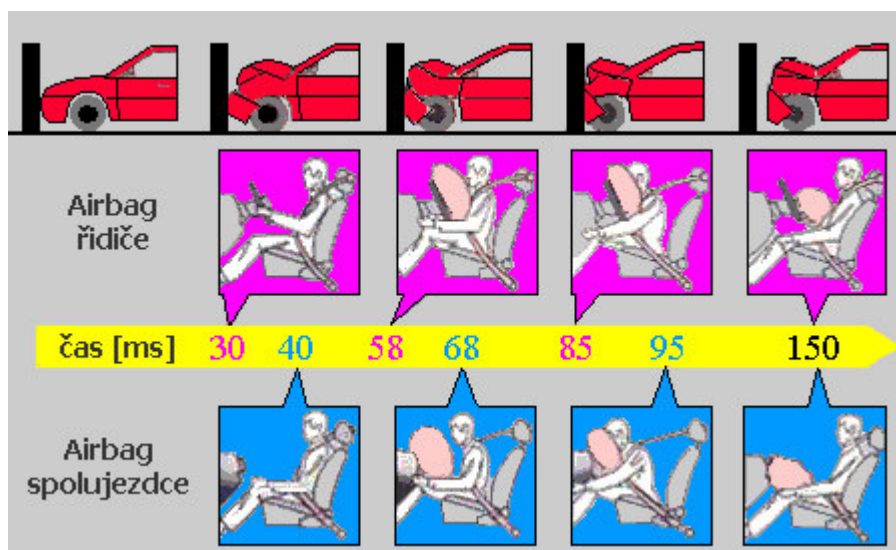
#### **4.3.2.4 Princíp činnosti airbagu**

Pri zrážke vozidla, snímače zrýchlenia posielajú signál do riadiacej jednotky. Riadiaca jednotka signál vyhodnotí a vyšle signál do airbagov k zapáleniu rozbušky.



Po explózii rozbušky v modulu airbagu dôjde k zapáleniu pyropatrón, čím dochádza k naplneniu vaku pomocou plynu. Čelný airbag vodiča sa naplní za cca 30 ms a cca 40- 50 ms trvá naplnenie airbagu spolujazdca. K naplneniu airbagu spolujazdca dochádza za dlhší čas kvôli väčšiemu priestoru pred spolujazdcom.

Po náraze osoby do airbagu dochádza k vyprázdneniu v čase okolo 80- 100 ms. Dochádza k nemu pomocou otvorov vo vaku. Vyprázdnením vaku sa pohlcuje pohybová energia. [12] Časový priebeh airbagu vodiča a spolujazdca je zobrazený na obrázku 13.



Obrázok 13: Činnosť zádržného systému pri náraze[13]

### 4.3.3 Opierky hlavy

Predpis EHK/OSN č. 25 definuje opierky hlavy ako:

*„Opěrkou hlavy se rozumí zařízení, jehož účelem je omezit pohyb hlavy dospělého cestujícího dozadu vzhledem k jeho trupu, aby se snížilo nebezpečí zranění krčních obratlů tohoto cestujícího v případě nehody.“ [14]*

Princíp opierky hlavy spočíva v zmenšení vzdialenosti medzi hlavou pasažiera a opierkou hlavy pri náraze, čím sa znižuje riziko poranenia krčnej chrbtice (hyperextenzia krku). V závislosti na systéme sa hlavová opierka začne pohybovať smerom hore a dole, čím sa znižuje vzdialenosť medzi hlavou pasažiera a opierkou hlavy.

### 4.3.3.1 RHR (ReactiveHeadRestraint)

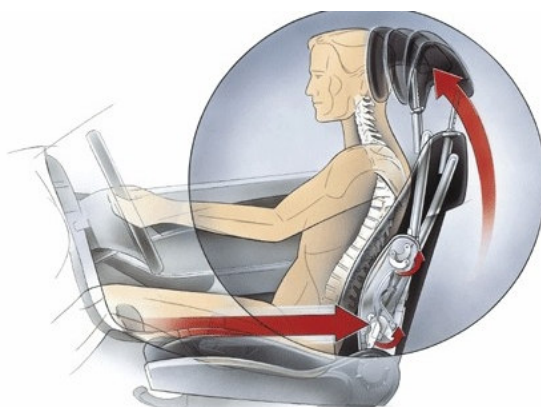
Opierka hlavy, ktorá sa automaticky posúva dopredu a nahor na začiatku nárazu. Pohyb je odštartovaný signálom zo senzoru v nárazníku alebo vo vnútri automobilu. Princíp funkcie je zobrazený na obrázku 14. [15]



Obrázok 14: Aktívna opierka hlavy RHR[16]

### 4.3.3.2 PAHR (Pro ActiveHeadRestraint)

Opierka hlavy, ktorá sa automaticky posúva dopredu a nahor behom nárazu. Pohyb je uskutočňovaný hmotnosťou pasažiera, ktorý sa oprie do operadla v oblasti bedier. V bedrovej opierke je zabudovaný pákový mechanizmus, ktorý je spojený s hlavovou opierkou. Tlak, vyvolaný chrbtom pasažiera stlačí bedrovú opierku a tá cez pákový mechanizmus začne pohybovať hlavovou opierkou smerom nahor a dopredu. Po skončení nárazu sa systém vráti do pôvodnej polohy. Tento systém je znázornený na obrázku 15. [17]



Obrázok 15: Aktívna opierka hlavy PAHR [17]

## 5 Biomechanika

Biomechanika je vedný odbor, ktorý spája mechanické zákonitosti a vlastnosti biologických materiálov a systémov

Ciele biomechaniky poranení sú: [18]

- „Kvantifikovanie traumatologických nálezov
- Hľadanie limitov pre poranenie a vývoj výskumných metód
- Analýza mechanizmov poranenia kritických častí
- Hodnotenie poranení a účinnosť prvkov pasívnej bezpečnosti“

### 5.1 Biomechanické limity a kritéria

*„Hranice mezi přípustnými a nepřípustnými hodnotami jsou tzv. kritéria poranění, ze kterých pak s příslušnou mírou bezpečnosti jsou odvozena kritéria ochrany. Kritéria ochrany (bezpečnostní limity) představují mezní hodnoty mechanického zatížení (síly, zrychlení), které lze měřit na zkušebních figurínách a které nesmí být překročeny.“ [1]*

Biomechanické limity sa používajú pri skúšaní prvkoch pasívnej bezpečnosti aj pri novinárskych crash- testoch Euro NCAP.

### 5.2 AIS (AbbreviatedInjuryScale)

Ku klasifikácii závažnosti poranenia v jednotlivých oblastiach tela sa používa stupnica americkej spoločnosti AIS (AbbreviatedInjuryScale). Táto stupnica je založená na anatomicky- klinickom posúdení poranení. AIS stupnica hodnotí poranenia v rozmedzí od 0 do 6, kde 0 predstavuje žiadne zranenie a 6 vyznačuje smrteľné poranenie. Okrem tohto v tabuľke sa nachádza aj hodnota 9, ktorá predstavuje neznáme, fatálne zranenie. Prehľad jednotlivých druhov zranenia je uvedený v tabuľke 1. [1]

Tabuľka 1: Stupnica AIS[1]

Index	Miera poranení	Druh zranenia
0	Bez zranenia	
1	Malé	Odreniny, natrhnutie kože, bez straty vedomia, ľahšie popáleniny
2	Mierne	Odreniny na väčšej ploche, ľahké poranenie hlavy, krátkodobá strata vedomia, popáleniny 2. stupňa do 20%
3	Ťažké (bez ohrozenia života)	Otvorené rany s poškodením ciev a nervov, zlomeniny lebky bez vnútorných zranení, strata vedomia (5-10 min), popáleniny 2. stupňa do 30%
4	Ťažké (životu nebezpečne, pravdepodobné prežitie)	Rany s nebezpečným krvácaním, viacnásobné zlomeniny s poškodením orgánov, poranenie mozgu, popáleniny 3. stupňa 10%, strata vedomia 10-30 min
5	Ťažké (prežitie neisté)	Roztrhnutie orgánov, zlomenie krčnej chrbtice, poškodenie mozgu, popáleniny 3. stupňa až 50%, bezvedomie 30min až 1 h
6	Maximálne (smrteľné poranenie)	
9	Neznáme	

### 5.3 HIC (HeadInjuryCriterion)

Najpoužívanejším biomechanickým kritériom pre poranenie hlavy je kritérium HIC (HeadInjuryCriterion). Pri tomto kritériu sa sleduje celkové zrýchlenie hlavy vo všetkých osách, v určitom časovom intervale, merané akcelerometrom v hlave figuríny a zároveň sa sleduje aj doba pôsobenia najväčšieho zrýchlenia na hlavu. Pri výpočte HIC kritéria je možné použiť dva časové intervaly. Pre tvrdý náraz sa používa  $HIC_{15}$  = 15 ms, pri menšom náraze hlavy sa používa  $HIC_{36}$  = 36 ms. HIC kritérium vypočítame podľa vzorca

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

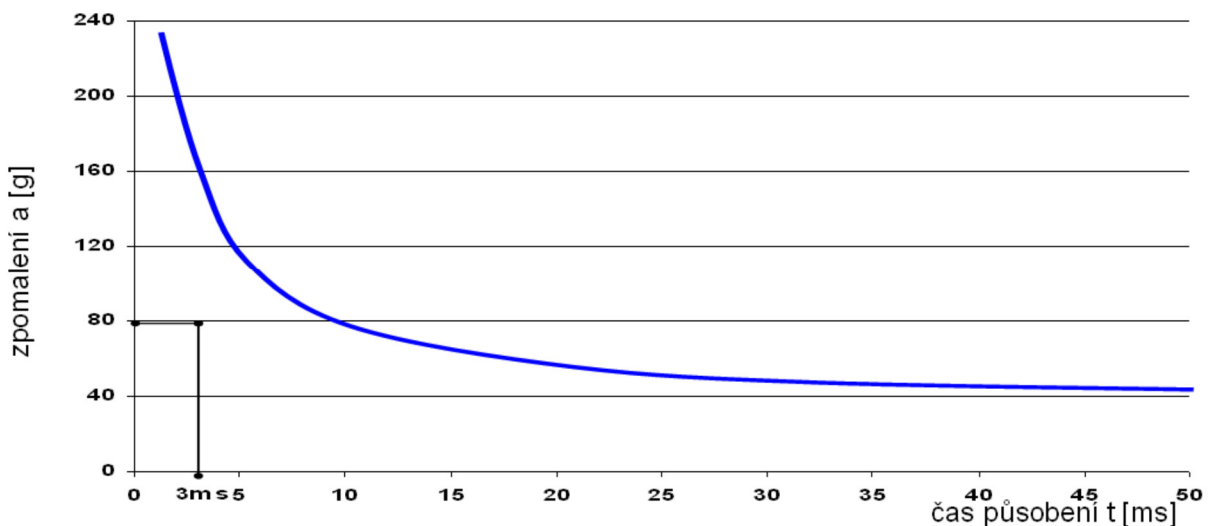
kde  $t_1$  a  $t_2$  je čas, medzi ktorým leží maximum HIC a  $a_r$  [g] je zrýchlenie hlavy vo všetkých troch smeroch

$$a_r = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)}$$

Kritérium HIC sa používa pri nárazových skúškach predpisov EHK/OSN č. 94 a 95. Limitná hodnota tohto kritéria je HIC= 1000. [1]

## 5.4 WSU krivka (Wayne State University)

Na základe tejto krivky boli stanovené limity pre špičkové zaťaženie hlavy. WSU krivka udáva translačné oneskorenie hlavy v závislosti na dobu pôsobenia. Podľa výsledkov pokusov čelných nárazov hláv ľudských mŕtvol a pokusných zvierat na tvrdý povrch bola stanovená WSU krivka, ktorá je na obrázku 16. Hodnoty, ktoré sa nachádzajú nad krivkou sú považované za životu nebezpečné, naopak hodnoty pod krivkou sa považujú za vhodné. [1]



Obrázok 16: WSU krivka [1]

## 5.5 SI (Severity Index)

SI (Severity Index) vychádza z WSU krivky. Tento index vyplýva z časového integrálu zrýchlenia, zmeraného snímačmi umiestnenými v hlave testovacej figuríny. Index SI= 1000 je hraničná hodnota pre prežitie. Kritérium SI vypočítame podľa vzorca

$$SI = \int_0^t a_r^{2,5} dt$$

kde  $a_r$ [g] je zrýchlenie hlavy vo všetkých smeroch

$$a_r = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)}$$

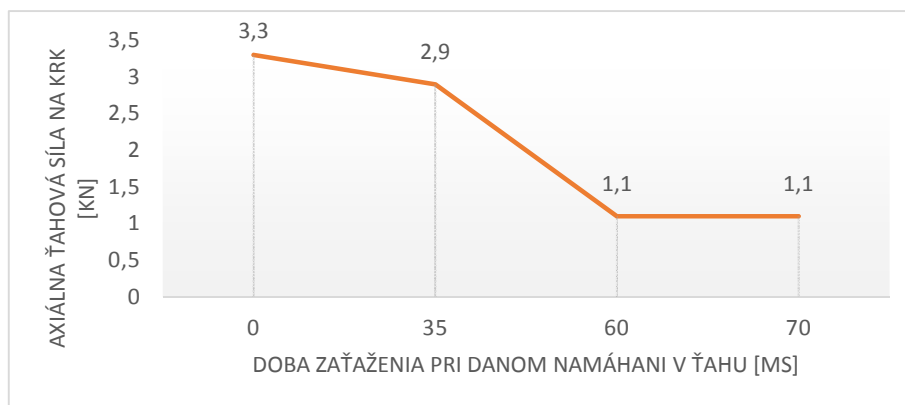
a t [s] znamená koniec nárazu. [1]

## 5.6 NIC (NeckInjuryCriterion)

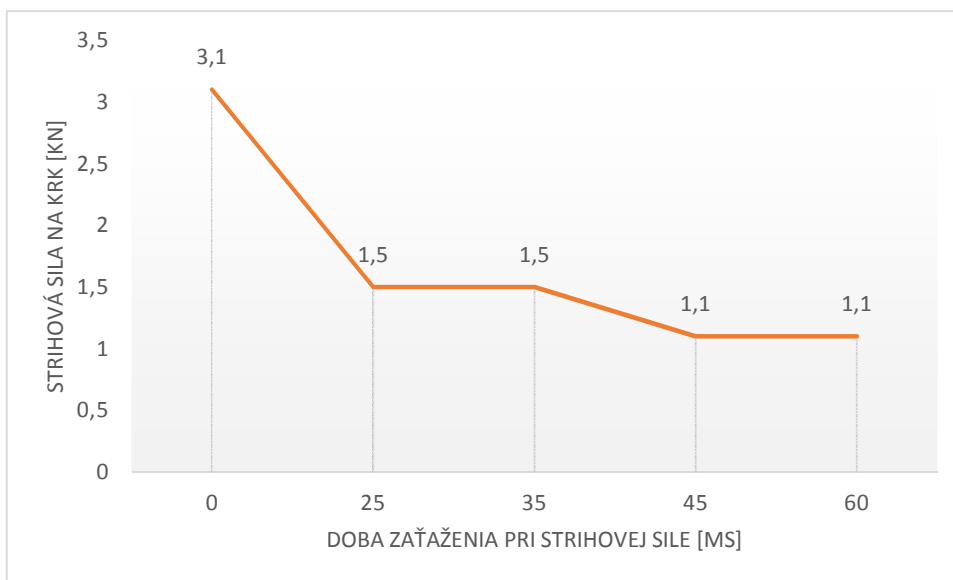
NIC kritérium posudzuje pozdĺžne relatívne zrýchlenie hlavy medzi centrom rovnováhy v mozgu a prvým krčným stavcom. NIC vypočítame pomocou vzorca

$$NIC = a_{rel} \cdot 0,2 + v_{rel}^2$$

NIC kritérium pri nehode nesmie presiahnuť hodnoty vymedzené podľa obrázkov 17 a 18. [18]



Obrázok 17: Hodnoty axiálnej sily pôsobiacej na krk [8]



Obrázok 18: Hodnoty strihovej sily pôsobiacej na krk [8]

## 5.7 TTI (Thorax Trauma Index)

TTI kritérium sa využíva pri nárazoch do bočnej strany vozidla. Kritérium vypočítame pomocou vzorca

$$TTI = 1,4 \cdot AGE + 0,5 \cdot (RIBY + T12Y) \cdot \frac{MASS}{M_{st}} [g]$$

kde AGE je vek, RIBY je maximálne zrýchlenie na 4 až 8 rebre na nárazovej strane v [g], MASS je hmotnosť testovanej osoby a  $M_{st}$  je priemerná hmotnosť cestujúceho ( $M_{st} = 75$  kg). [19]

## 5.8 VC (Viscous Criterion)

Kritérium mäkkej štruktúry hrudníka VC sa používa pri zhodnocovaní možnosti poranenia hrudníka. Vypočítava sa pomocou vzorca

$$VC = \frac{d[D(t)]}{dt} \cdot \frac{D(t)}{D} [m \cdot s^{-1}]$$

kde  $D(t)$  vyjadruje deformáciu hrudníku v čase. Toto kritérium nesmie presiahnuť  $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a taktiež nesmie stlačenie presiahnuť v oblasti rebier 42 mm pri náraze. [20]

## 5.9 ThCC (Thorax Compression Criterion)

Kritérium stlačenia hrudníka nemôže presiahnuť 50 mm pri čelnom náraze. [1]

## 5.10 RDC (Rib Deflection Criterion)

Kritérium deformácie rebier nemôže presiahnuť 42 mm. Toto kritérium sa využíva pri nárazoch do bočnej strany vozidla. [1]

## 5.11 Kritérium 3 ms

Kritérium 3 ms určuje limitné hodnoty zrýchlenia namerané počas čelnej zrážky na hrudi figuríny. Hodnota nesmie prekročiť 80 g po dobu dlhšiu ako 3 ms. [1]

## 6 Legislatíva

Vlastnosti každého vozidla spôsobilého pre dopravu na pozemných komunikáciách musia zodpovedať súborom pravidiel. Tento súbor pozostáva z:

- Zákony
- Vyhlášky
- Smernice
- Predpisy
- Normy
- Nariadenia

Tento celý súbor pravidiel tvorí legislatívu.

### 6.1 Národná legislatíva

Legislatíva, ktorá sa priamo dotýka technickej spôsobilosti dopravných prostriedkov k prevádzke.

- Zákon č. 56/2001 Sb. o podmienkach prevádzky vozidiel na pozemných komunikáciách (zákon obsahuje aj časť týkajúcu sa poistenia zodpovednosti z prevádzky vozidla)
- Vyhláška č. 243/2001 Sb., o registrácii vozidiel, v znení neskorších vozidiel
- Vyhláška MD ČR č. 302/2001 Sb. o technických prehlídkach a merania emisií vozidla v znení vyhlášky MD ČR č. 99/2003 Sb.
- Vyhláška MD ČR č. 341/2002 Sb. o schválení technickej spôsobilosti a o technických podmienkach prevádzky vozidiel na pozemných komunikáciách v znení vyhlášky MD ČR č. 100/2003 Sb.
- Normy ČSN: súbor českých technických noriem triedy 30 - cestné vozidlá[21]

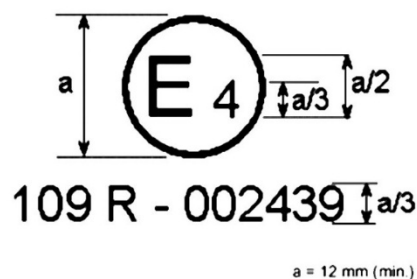
### 6.2 Medzinárodná legislatíva

- Predpisy Európskej hospodárskej komisie (EHK/OSN)
- Smernice Európskeho hospodárskeho spoločenstva (EHS/ES)
- Medzinárodná normalizačná organizácia (ISO)
- Európske normy (EN)

Dohoda o prijatí jednotných podmienok pre homologizáciu a o vzájomnom uznávaní homologizácie výstroja a súčasti motorových vozidiel, ktorá bola stanovená konkrétnymi



členskými štátmi Európskej hospodárskej komisie v Ženeve v roku 1958, stanovuje súbor predpisov, ktoré musí splniť každé vozidlo, ktoré bude pripustené do cestnej prevádzky. Jednotné ustanovenia pre homologizáciu sa týkajú buď jednotlivých konštrukčných častí, ktoré sa skúšajú samostatne a môžu sa montovať na rôzne vozidlá, alebo sa týkajú vozidiel. Splnenie homologizačných predpisov sa úradne overuje v autorizačných skúšobniach, ktoréhokoľvek členského štátu, kde vozidlá pri splnení predpisov získajú tzv. európsku homologizačnú značku. Táto značka je zobrazená na obrázku č. 19. Číslice v kruhu označuje poradové číslo krajiny, dvojčíslice pred R označuje číslo homologizačného predpisu, prvé dve čísla za R označujú konkrétne schválenie a ostatné číslice udávajú číslo homologizačného protokolu. [1]



Obrázok 19: Homologizačný znak EHK [22]

### 6.3 Figuríny pre skúšky pasívnej bezpečnosti

Figuríny sú napodobeniny osôb, využívané pre skúšky pasívnej bezpečnosti. Ich úlohou je poskytnúť dôležité informácie o zraneniach pasažierov vo vozidle pri skúškach pasívnej bezpečnosti. Pri skúškach bezpečnosti chodcov sa používajú impaktory, ktoré simulujú časti tela.

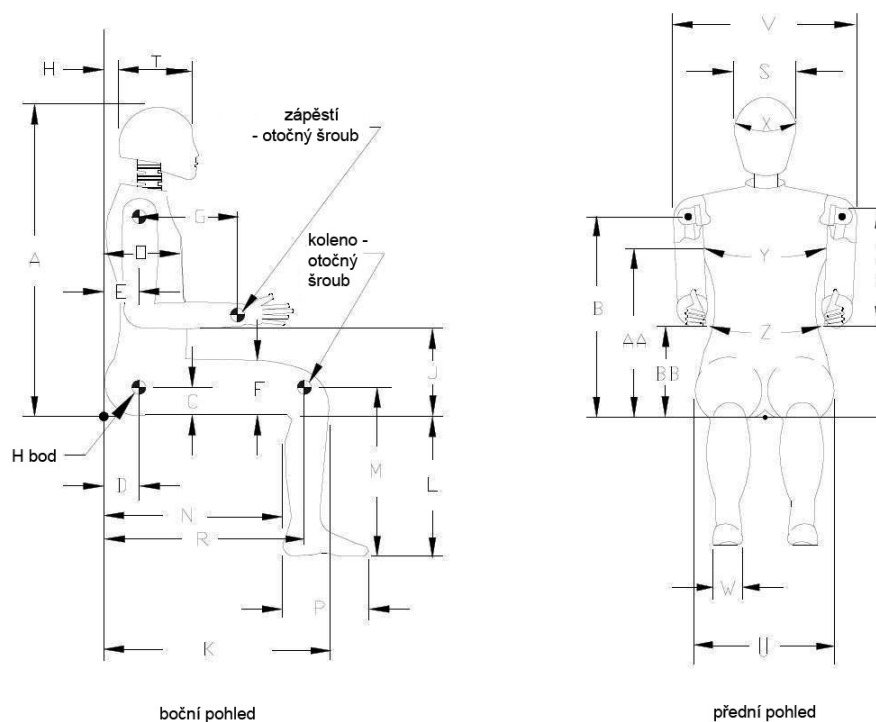
Figuríny aj impaktory sú vybavené akcelerometrami, ktoré v priebehu nárazu ukladajú dáta rôznych veličín. Najčastejšie sa jedná o veličiny zrýchlenia, uhlového zrýchlenia, síl, momentov, posunutia. Tieto dáta sú po nehode spracované a porovnávajú sa s biomechanickými kritériami.

#### 6.3.1 Hybrid III

Pri skúšaní nárazu podľa predpisu EHK/OSN č. 94 sa používa figurína typu Hybrid III zobrazená na obrázku 20. Jej hmotnosť je 77,7 kg a predstavuje 50 % veľkosti a hmotnosti populácie dospelého muža. Vo vnútri je umiestnených 44 snímačov, ktoré snímajú zrýchlenie pôsobiace na telo pri náraze. Rozmery tejto figuríny sú popísané v tabuľke 2.[8]

Tabuľka 2: Tabuľka základných parametrov figuríny Hybrid III [8]

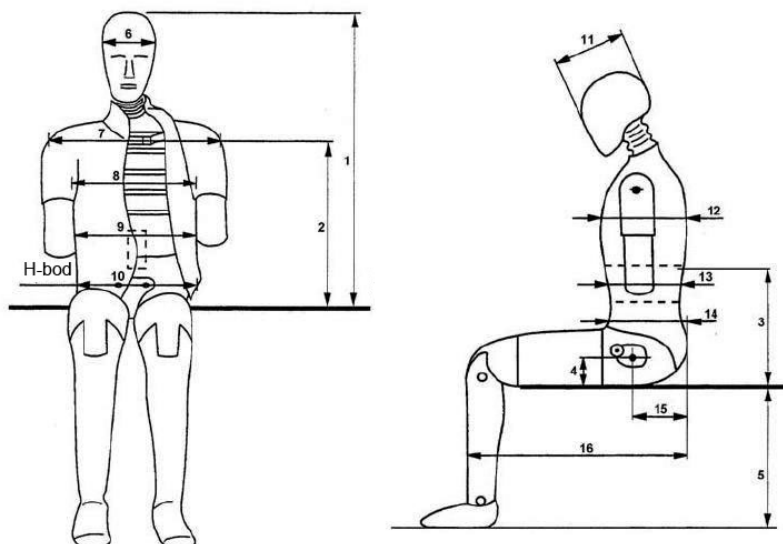
Parameter	Označenie	[mm]
Výška sediacej časti	A	884
Výška H- bodu	C	86
H- bod od chrbta	D	137
Dĺžka stehennej kosti	K	592
Výška kolenného kĺbu	M	493
Šírka hlavy	S	155
Hĺbka hlavy	T	196
Obvod hlavy	X	572



Obrázok 20: Figurína typu Hybrid III [8]

### 6.3.2 Figurína Eurosid 2

Táto figurína zobrazená na obrázku číslo 21, používaná pri bočných nárazoch má hmotnosť 70,8- 73,2 kg. Od figuríny Hybrid III sa líši menšou hmotnosťou, rozmermi a vybavením snímačov. Figurína disponuje 24 snímačmi zrýchlenia. V tabuľke 3 sú popísané parametre figuríny.



Obrázok 21: Figurína Eurosid 2 [8]

Tabuľka 3: Tabuľka základných parametrov figuríny Eurosid 2 [8]

Číslo	Parameter	[mm]
1	Výška figuríny pri sedení	909 ± 9
2	Výška po ramenný kĺb	565 ± 7
3	Výška po dolný okraj hrudnej chrbtice	351 ± 5
4	Výška po bod H	100 ± 3
5	Vzdialenosť chodidlo- panva	442 ± 9
6	Šírka hlavy	155 ± 3
7	Šírka ramien	470 ± 9
8	Šírka hrudníka	327 ± 5
9	Šírka v oblasti brucha	280 ± 7
10	Šírka panvy	366 ± 7
11	Hĺbka hlavy	201 ± 5
12	Hĺbka hrudníka	267 ± 5
13	Hĺbka v oblasti brucha	199 ± 5
14	Hĺbka panvy	240 ± 5
15	Vzdialenosť bod H- zadná časť panvy	155 ± 5
16	Vzdialenosť kolena- zadná časť panvy	606 ± 9

### 6.3.3 Detské figuríny

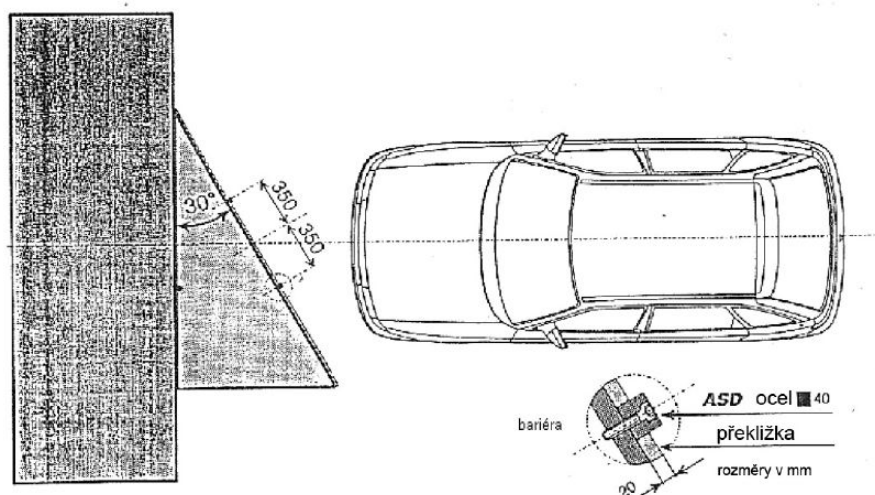
Okrem figurín, ktoré nahrádzajú dospelého človeka sa používajú aj detské figuríny. Tieto figuríny sú rozdelené podľa veku. Medzi najznámejšie detské figuríny patria figuríny typu P. Používajú sa pri predpise EHK/OSN č.44 skúšky detských zádržných systémov. [17]

Rozdelenie:

- P0- novorodenec
- P3/4- 9 mesiacov
- P1 ½- 18 mesiacov
- P3- 3 roky
- P6- 6 rokov
- P9- 9 rokov

## 6.4 Predpis EHK/OSN 94 Ochrana pri čelnom náraze

Vozidlo alebo konštrukčná časť vozidla (karoséria) urýchlená pomocou vozíka je vyslaná oproti deformovateľnej bariére s hmotnosťou minimálne 70 ton. Na vozidlo pri náraze (5 m pred kontaktom) nemôže pôsobiť žiadna vonkajšia sila. Vozidlo naráža do kolmej bariéry s 40% prekrytím šírky vozidla na strane vodiča alebo do šikmej bariéry. Kolízna plocha šikmej bariéry na obrázku 22zvíera z rovnou bariérou 30° uhol.



Obrázok 22: Šikmá bariéra [23]

Pri nárazovej skúške technický stav vozidla musí zodpovedať reálnemu stavu prevádzkovaného vozidla. Vo vnútri vozidla sú umiestnené figuríny typu Hybrid III predných sedadlách, vybavené meracími zariadeniami. Palivová nádrž je naplnená vodou ekvivalentne 90% objemu paliva. Hmotnosť vozidla musí byť pohotovostná.

Vozidlo musí byť urýchlené rôznymi spôsobmi, nie však vlastným pohonom a nárazová rýchlosť musí byť medzi 54- 56 km.h<sup>-1</sup>.

## Kritéria hodnotenia

Kritérium poranenia hlavy (HIC) nepresiahne hodnotu 1000.

Výsledné zrýchlenie hlavy  $a_r$  nesmie presiahnuť 80 g po dobu dlhšiu ako 3 ms.

Ohybový moment krku okolo osy y nepresiahne 57 Nm.

Kritérium poranenia hrudníka (ThCC) nepresiahne 50 mm.

Kritérium viskozity pre hrudník ( $V^*C$ ) nepresiahne  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Kritérium poranenia holennej kosti (TCFC) nepresiahne 8 kN.

Index holennej kosti (TI) nepresiahne hodnotu 1,3 merané z hora dole.

Pohyb kolenných kĺbov nepresiahne hodnotu 15 mm.

Reziduálny pohyb volantu meraný v strede náboja nepresiahne 80 mm vertikálne a 100 mm horizontálne.

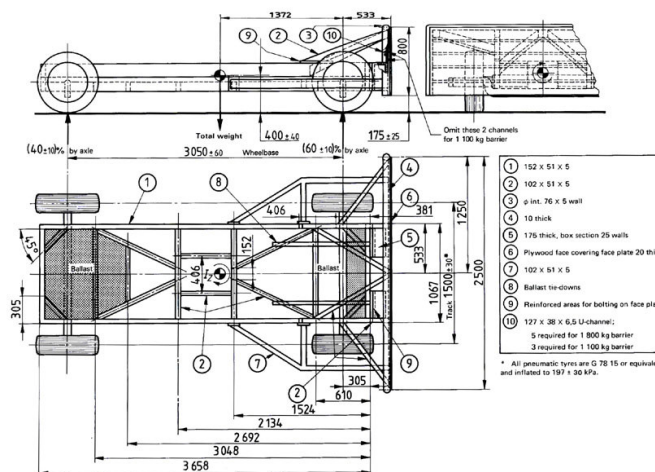
V priebehu testu sa neotvoria žiadne dvere.

V priebehu testu nedôjde k uzamknutiu alebo zablokovaniu predných dvier.

Po náraze musí byť možné vyslobodenie zranených osôb. [23]

## 6.5 Predpis EHK/OSN 95 Ochrana proti bočnému nárazu

Skúška sa vykonáva nárazom mobilnej bariéry znázornenej na obrázku 23, do boku stojaceho vozidla. Mobilná bariéra s hmotnosťou 930- 970 kg naráža v rýchlosti 49- 51 km.h<sup>-1</sup>. Vo vzdialenosti najmenej 0,5 m musí byť rýchlosť bariéry konštantná. Technický stav vozidla musí zodpovedať realite prevádzkovaného vozidla. Vo vnútri vozidla na strane nárazu je umiestnená figurína typu Eurosid 2.



Obrázok 23: Mobilná bariéra ISO 3984 a EHK 32 [8]

## **Kritéria hodnotenia**

Kritérium poranenia hlavy (HIC) nepresiahne hodnotu 1000.

Deformácia rebier (RDC) nepresiahne hodnotu 42 mm.

Viskozita mäkkej štruktúry (VC) nepresiahne  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Kritérium poranenia panvy silou (PSPF) nepresiahne hodnotu 6 kN.

Kritérium poranenia brucha silou (APF) nepresiahne hodnotu 2,5 kN.

V priebehu testu sa žiadne dvere neotvoria.

Po náraze musí byť možné vyslobodenie zranených osôb.

Vo vnútornom priestore nemôžu ostré výčnelky a hrany spôsobiť zranenie. [8]

## **6.6 Predpis EHK/OSN 17 Pevnosť sedadiel, úchytov a opierok hlavy**

Sedadlá a opierky hlavy patria do zádržných systémov. So správnym použitím sedadiel, úchytov a opierok spolu s bezpečnostnými pásmi dochádza k zmenšeniu zotrvačnej sily pôsobiacej na cestujúcich pri náraze a tým pádom k menším zraneniam cestujúcich. Je dôležité, aby tieto prvky spĺňali podmienky.

### **Statická skúška pevnosti operadla**

Sedadlo je umiestnené v špeciálnom zariadení alebo v karosérii vozidla. Zadná konštrukcia je umiestnená v referenčnom bode, ktorý je spoločný s osou otáčania trupu a stehna skúšobnej figuríny. Operadlo je blokované v  $25^\circ$  sklone od zvislej roviny smerom dozadu. Na hornú časť operadla pomocou zadnej konštrukcii skúšobnej figuríny sa pôsobí pomocou silou horizontálne smerom dozadu tak, aby moment k referenčnému bodu bol 530 Nm.

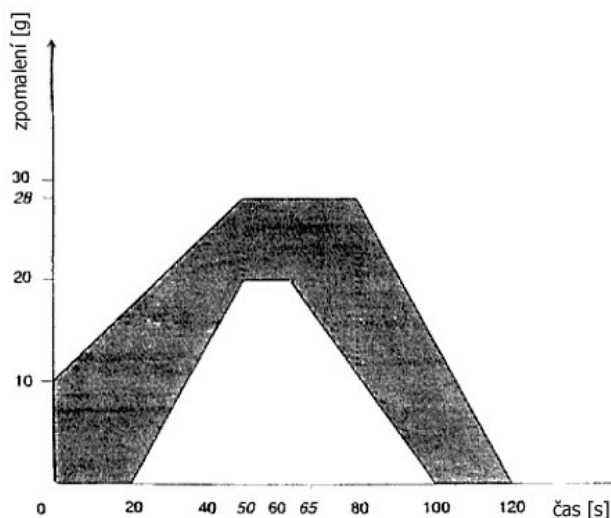
Konštrukcia sedadla a blokovacieho zariadenia musí pôsobiacej sile odolať bez straty funkcie. Sedadlo a jeho uchytenie musí byť bez poruchy.

### **Skúška pevnosti uchytenia sedadla**

Pevnosť uchytenia sedadiel sa overuje dvoma spôsobmi.

### **Metóda skúšky spomalením karosérie**

Karoséria so sedadlami je umiestnená na urýchľovacom zariadení, ktoré je schopné vyvinúť rýchlosť a následné spomalenie v smere pozdĺžnej osi karosérie podľa obrázku 24.



**Obrázok 24: Hodnota spomalenia karosérie pri skúške sedadiel [24]**

Na sedadlo musí pôsobiť spomalenie najmenej 20 g po dobu 3 ms. Skúška musí byť vykonaná v smeroch dopredu aj dozadu.

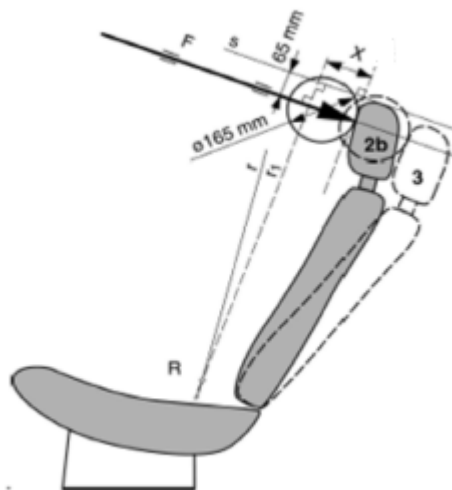
### **Metóda skúšky nárazom do bariéry**

Vozidlo pohotovostnej hmotnosti je urýchlené čelne oproti bariére rýchlosťou 48,3 až 53,1 km.h<sup>-1</sup>. Sedadlo musí byť nastavené do najnevýhodnejšej polohy z hľadiska pôsobenia síl.

Konštrukcia uchytienia sedadiel je vyhovujúca vtedy, ak pri skúške nedôjde k uvoľneniu blokovania, na sedadlách sa neobjavia rôzne poruchy a posúvací systém bude funkčný.

### **Skúška funkcie opierky hlavy**

Výška a šírka opierky hlavy musia podliehať legislatívnym nariadeniam. Pevnosť opierok hlavy sa skúša pomocou sedadla s opierkou, ktoré je umiestnené v karosérii vozidla alebo v špeciálnom zariadení. Na opierku na obrázku 25 sa pôsobí pomocou kruhovej hlavice o priemere 165 mm silou, ktorá vytvára k referenčnému bodu R moment o veľkosti 373 Nm.



**Obrázok 25: Schéma skúšky opierky hlavy [24]**

Opierka hlavy je považovaná za vyhovujúcu, pokiaľ sa po skúške neobjavia žiadne poruchy sedadla alebo opierky.

### **Skúška absorpcie energie operadla, sedadla a opierky hlavy**

Pomocou tejto skúšky sa overuje zádržná schopnosť sedadiel voči osobám, ktoré sedia za nimi. Sedadlo s opierkou je uchytené vo výreze karosérie alebo v zariadení určenom na skúšanie sedadiel. Skúška je tvorená nárazmi kyvadla v pozdĺžnej rovine pod uhlom 45° do vrchnej časti operadla zozadu, do opierky hlavy zozadu a spredu. Rýchlosť nárazu kyvadla je 24,1 km.h<sup>-1</sup>. Operadlá sedadiel sú považované ako vyhovujúce, pokiaľ zrýchlenie v kyvadle nepresiahne 80 g v dobe 3 ms a neobjavia sa žiadne poruchy a výčnelky na sedadle, ktoré by mohli spôsobiť zranenie. [24]

### **6.7 Predpis EHK/OSN 16 Bezpečnostné pásy**

Pásy sú konštrukčnou časťou vozidla, ktorá je testovaná a schvaľovaná samostatne. V súvislosti s ich uchytením je však nutné overiť ich pevnosť vo vozidle.

Pásy jsou podrobovány více druhům zkoušek, zejména ověřujících: [8]

- „mez pevnosti
- odolnost klimatotechnologickou
- mikroprokluz
- životnost
- funkci spon, navíječe, předepínače“



Sedadlá sa umiestnia do karosérie alebo do zabezpečeného stojanu tak, aby pri napínaní nedošlo k jeho posunu. Sedadlá sú prichytené v polohe zodpovedajúcej technickým podmienkam výrobcu. V tabuľke X je určené rozmiestnenie a minimálny počet kotevných úchyto.

**Tabuľka 4: Minimálny počet kotevných úchyto bezpečnostných páso [10]**

Kategória vozidla	Mieta k sedeniu obrátené dopredu				Mieta k sedeniu obrátené dozadu
	Vonkajšie		Stredové		
	Predné	Iné	Predné	Iné	
M <sub>1</sub>	3	3 alebo 2	3 alebo 2	2	2
M <sub>2</sub> ≤ 3,5t	3	3	3	3	2
M <sub>3</sub> a M <sub>2</sub> ≥ 3,5t	3	3 alebo 2	3 alebo 2	3 alebo 2	2
N <sub>1</sub> , N <sub>2</sub> , N <sub>3</sub>	3	2 alebo 0	3 alebo 2	2 alebo 0	-

Pomocou zariadenia sa na kotevné úchyty pôsobí silou smerom dopredu, rovnobežne so strednou pozdĺžnou rovinou vozidla. Zaťaženie musí pôsobiť po dobu najmenej 0,2 s.

Kotevné úchyty sú vyhovujúce, pokiaľ odolajú namáhaniu pri skúške s dovolenou trvalou deformáciou alebo čiastočnými trhlinami za predpokladu, že sila bola udržaná po dobu 0,2s.

Kotevné úchyty u dvojverových vozidlách sú po skúške vyhovujúce, pokiaľ sú systémy pre posun a blokovanie sedadiel po uvoľnení sily funkčné. [10]

## 6.8 Predpis EHK/OSN 12 Ochrana vodiča pri náraze na mechanizmus riadenia

Mechanizmus riadenia je dôležitým prvkom vnútorného priestoru vozidla. Pri čelnom náraze takmer vždy dochádza ku kontaktu vodiča s týmto mechanizmom. Metóda skúšky podľa predpisu EHK/OSN 12 sa skladá z 3 nárazových skúšok.

- **Skúška nárazom na bariéru**- neobsadené vozidlo s palivovou nádržou naplnenou z 90% je urýchlené proti bariére v rýchlosti 48,3- 53,1 km.h<sup>-1</sup>. Po náraze sa zisťuje deformácia mechanizmu riadenia tzn. výchylky ovládajúceho orgánu smerom hore a do priestoru pre vodiča, rovnobežne s pozdĺžnou osou vozidla.
- **Skúška nárazom torza tela**- torzo tela je horizontálne urýchlené smerom k mechanizmu riadenia. Rýchlosť torza tela v okamžiku nárazu je 24,1+ 1,2 km.h<sup>-1</sup>. Sledované sú sily pôsobiace na mechanizmus riadenia a sily pôsobiace v torze tela.

- **Skúška nárazom hlavice**- nárazová hlavica je horizontálne urýchlená oproti mechanizmu riadenia, ktorého rovina je kolmá na smer nárazu. Dej sa opakuje najmenej štyrikrát do nasledujúcich miest- stred náboja volantu, spoj najtvrdšej priečky z vnútornou hranou volantu, stred najkratšieho oblúku časti volantu a najmenej priaznivejšieho miesta. Rýchlosť nárazu musí byť 24,1 km.h<sup>-1</sup>. Zisťované je spomalenie v hlavici.

Mechanizmus riadenia je vyhovujúci, pokiaľ zistené hodnoty odpovedajú tabuľke 5 a ďalším podmienkam.

**Tabuľka 5: Limitné hodnoty veličín pri skúške nárazu na mechanizmus riadenia [8]**

	Rýchlosť	Horizontálne	Vertikálne	Sila	Spomalenie po dobu 3 ms	Spomalenie max.
	[km.h <sup>-1</sup> ]	[mm]	[mm]	[N]	[g]	[g]
<b>Výchylka stĺpika riadenia- naraz na bariéru</b>	48,3	≤127	≤127	-	-	-
<b>Sila v torze tela</b>	24,1	-	-	11,1		
<b>Spomalenie v nárazovej hlavici</b>	24,1	-	-	-	80	120

- Žiadna časť povrchu ovládajúceho orgánu (pred skúškou) nesmie byť drsná a mať ostré hrany
- Žiadna časť povrchu ovládajúceho orgánu (po skúške) nesmie mať ostré alebo drsné hrany
- Na ovládajúcom orgáne nesmú byť časti, o ktoré by sa zachytil odev alebo šperky pri normálnom riadení [8]

## 6.9 Nárazové skúšky vykonávané Euro NCAP

Euro NCAP (European New CarAssessmentProgramme) je nezávislé konzorcium, ktoré vykonáva nezávislé testy nových automobilov a ich kritériá pre hodnotenie automobilov značne prevyšujú stanovené zákonné limity. Testované vozidlá sú pri každej skúške bodovo ohodnotené. Od počtu bodov závisí počet hviezdíčiek, ktoré vozidlo dostane na konci testovania. Automobil s maximálnym počtom hviezdíčiek (5) si viedlo najlepšie v nárazových skúškach. [26]

## 6.9.1 Čelný náraz

Parametre skúšky:

- Rýchlosť: 64 km.h<sup>-1</sup>
- 40% presadenie na strane vodiča
- Bariéra s rozmermi 1000 mm x 540 mm
- Figuríny- vodič, spolujazdec, dieťa 3 roky v autosedačke za vodičom, dieťa 1,5 rokov v autosedačke za spolujazdcom

Od januára 2015 EuroNCAP pridal medzi čelné nárazy aj náraz do nepresadenej pevnej bariéry, ktorý je zobrazený na obrázku 26 rýchlosťou 50 km.h<sup>-1</sup>. [25]



Obrázok 26: Náraz do nepresadenej bariéry [26]

## 6.9.2 Bočný náraz

Parametre skúšky:

- Rýchlosť: 50 km.h<sup>-1</sup>
- Deformovateľná bariéra s rozmermi 1500 x 510 mm
- Hmotnosť bariéry je 950 ± 20 kg
- Figuríny- vodič, dieťa 3 roky v autosedačke za spolujazdcom, dieťa 1,5 rokov v autosedačke za vodičom [25]

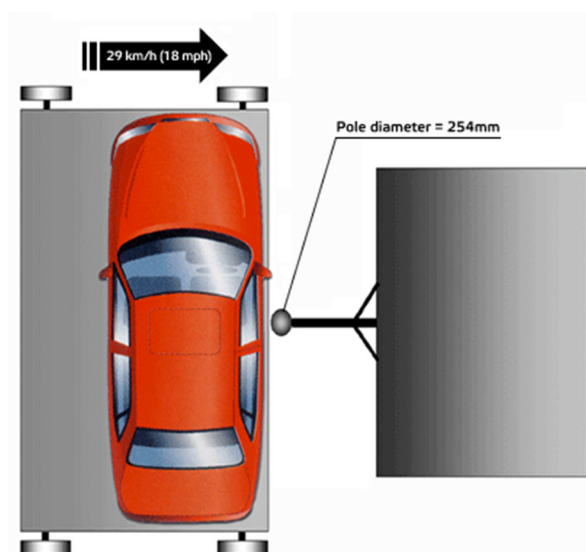
### 6.9.3 Bočný náraz na stĺp

Vozidlo je na pojazdnej plošine smerované oproti stĺpu, ktorý je nasmerovaný priamo na hlavu vodiča. Skúška je vykonávaná iba pri vozidlách disponujúcich hlavovými airbagmi.

Parametre skúšky:

- Rýchlosť: 29 km.h<sup>-1</sup>
- Priemer stĺpu: 254 mm
- Figuríny- vodič

Priebeh testu je znázornený na obrázku 27. [25]



Obrázok 27: Bočný náraz na stĺp [27]

### 6.9.4 Whiplash test

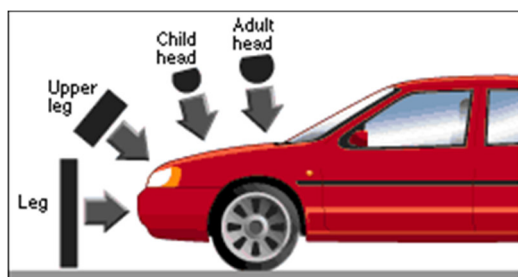
Sedadlo skúmaného vozidla je umiestnené na urýchľovacom zariadení zobrazeného na obrázku 28. Pomocou tohto testu ochrany krčnej chrbtice sa simuluje náraz zozadu. Sedadlo pri tomto teste musí odpovedať reálnemu upevneniu vo vozidle, môže sa líšiť iba vzdialenosťou sedadla od podlahy. [28]



Obrázok 28: Zariadenie pre vykonanie Whiplash testu [25]

### 6.9.5 Ochrana chodcov

Testy pre ochranu chodcov sú vykonávané pri rýchlosti 40 km.h<sup>-1</sup>. Skúška prebieha nárazmi impaktorov do rôznych častí prednej časti vozidla. Na obrázku 29 je znázornená skúška pomocou impaktorov rôznych častí tela. [25]



Obrázok 29: Impaktory pri skúške [25]

## **7 Metódy laboratórných simulácií kolíznych dejov**

Pomocou laboratórných simulácií je možné skúmať kolízne deje z viacerých hľadísk. Skúmajú a overujú sa zákonné predpisy pri homologizácii vozidiel. Medzinárodná organizácia Euro NCAP vykonáva nárazové skúšky nových vozidiel a hodnotí ich počtom hviezdíčiek na základe toho, ako si vozidlá viedli pri skúškach z hľadiska bezpečnosti. Na rozdiel od homologizačných skúšok, pri ktorých výsledok závisí, či vozidlo sa bude môcť predávať, organizácia Euro NCAP hodnotí vozidla len z novinárskeho hľadiska. Okrem týchto dvoch spôsobov je možné skúmať kolízne deje aj z experimentálneho a edukačného hľadiska, napríklad simulátor nárazu od firmy ÚAMK alebo urýchľovacie zariadenie pre jednotopové vozidlá na fakulte Dopravnej.

## **8 Simulátor nárazu na FD**

Katedra dopravnej techniky na FD ČVUT je orientovaná aj na tému pasívnej bezpečnosti. V tejto oblasti už vykonala mnoho experimentov, napríklad rôzne crash- testy automobilov, vývoj urýchľovacieho zariadenia pre jednotopové motorové vozidlá. Tieto experimenty boli podnetom k požiadavku vytvorenia simulátora nárazu na FD. Simulátor by vedel realizovať nedeštruktívne, opakujúce nárazové skúšky.

Simulátor nárazu sa skladá z vozíka, na ktorý je možné namontovať skúšajúce zariadenie. Okrem skúšajúceho zariadenia, by bolo možné na vozík umiestniť aj karosériu vozidla v dvoch smeroch a predviesť čelný a bočný náraz.

Vozík je umiestnený na koľajnici, ktorej dĺžka je 6 m. Vo vnútri je umiestnené gumené lano slúžiace k urýchleniu vozíka. Rovnako dôležité ako urýchlenie je spomalenie vozíka. Spomalenie je riešené pomocou kvapalinového tlmiča spolu s pružinou.

### **8.1 Limitné hodnoty nárazového simulátora:**

#### **8.1.1 Dráha**

Vzhľadom k doposiaľ nestanoveným možnostiam umiestnenia simulátora je možné očakávať, že laboratórne možnosti obmedzia dĺžku dráhy na maximálne 15 m. Pokiaľ budú možnosti odlišné, je nutné výpočty upresniť.

#### **8.1.2 Hmotnosti**

##### **8.1.2.1 Dráha**

Dráha slúžiaca k urýchleniu vozíka sa skladá z betónového základu a koľajníc. Betónový základ by mal mať výšku okolo 0,35 m a šírku 1,2 m. Pod koľajnicami musí byť priestor pre

pryžové laná, ktoré slúžia na urýchlenie vozíka. Betónový základ musí obsahovať priestor pod koľajnicami kam budú umiestnené tieto laná. Zárez by mal byť 0,5 m široký a 0,15 m vysoký. Pri betóne s hmotnosťou  $3000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  hmotnosť základu vychádza na 15 525 kg.

### 8.1.2.2 Bariéra

Predpis EHK/OSN č. 94 stanovuje hmotnosť bariéry najmenej 70 t. Vzhľadom k doposiaľ nestanovenému umiestneniu simulátora, počíta sa z hmotnosťou bariéry minimálne 30 t. Zníženie hmotnosti bariéry má za následok nemožnosť vykonávať čelný náraz podľa predpisu EHK/OSN č. 94.

### 8.1.3 Kinetická energia

Pri reálnej kolízii sa uvoľní veľké množstvo kinetickej energie, ktorej následkom je deformácia častí vozidla. Pri skúškach nárazu je potrebné, aby vytvorenú kinetickú energiu absorbovala bariéra. Hmotnosť bariéry by mala byť minimálne 70 t, aby bola schopná absorbovať kinetickú energiu. S ohľadom na skutočnosť, že umiestnenie simulátora stále nie je známe, nemôžeme počítať s hmotnosťou bariéry 70 t.

Kinetickú energiu vieme zredukovať znížením hmotnosti vozidla. Zníženie hmotnosti dosiahneme použitím konštrukčnej časti vozidla s vnútorným vybavením umiestnenej na vozíku. Touto redukciou dosiahneme zníženie kinetickej energie a zároveň aj zníženie potrebnej hmotnosti bariéry. V nasledujúcej tabuľke 6 sa nachádza prehľad kinetickej energie urýchľovaného vozíka s rôznou hmotnosťou.

**Tabuľka 6: Orientačné hodnoty kinetickej energie vozíka**

Hmotnosť [kg]	Rýchlosť [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	Kinetická energia [kJ]
600	4,166	5,206
600	15,555	72,587
800	4,166	6,942
800	15,555	96,783
1200	4,166	10,413
1200	15,555	145,174

Pri zmenšení hmotnosti o 400 kg sa kinetická rýchlosť v rýchlosti 56 km.h<sup>-1</sup> (15,555 m.s<sup>-1</sup>) zmenší o tretinu.

## **Metódy laboratórnych simulácií kolíznych dejov môžeme rozdeliť do dvoch skupín:**

- Reálne kolízie
- Pocit reálnej osoby pri kolízii

### **8.2 Reálne kolízie**

Simulátor nárazu postavený na FD by mal byť schopný skúšať niektoré prvky pasívnej bezpečnosti podľa legislatívnych predpisov. Medzi tieto prvky patrí:

- Mechanizmus riadenia
- Kotevné úchyty bezpečnostných pásov
- Bezpečnostné pásy
- Opierky hlavy
- Uchytenie sedadiel
- Nárazníky
- Bezpečnosť chodcov
- Čelný náraz podľa EHK/OSN č. 94

#### **8.2.1 Mechanizmus riadenia**

Pomocou simulátoru nárazu budeme vedieť simulovať náraz na mechanizmus riadenia. Podľa predpisu EHK/OSN č. 12, sa táto skúška vykonáva nárazom na bariéru a nárazmi torza tela a hlavice na mechanizmus riadenia.

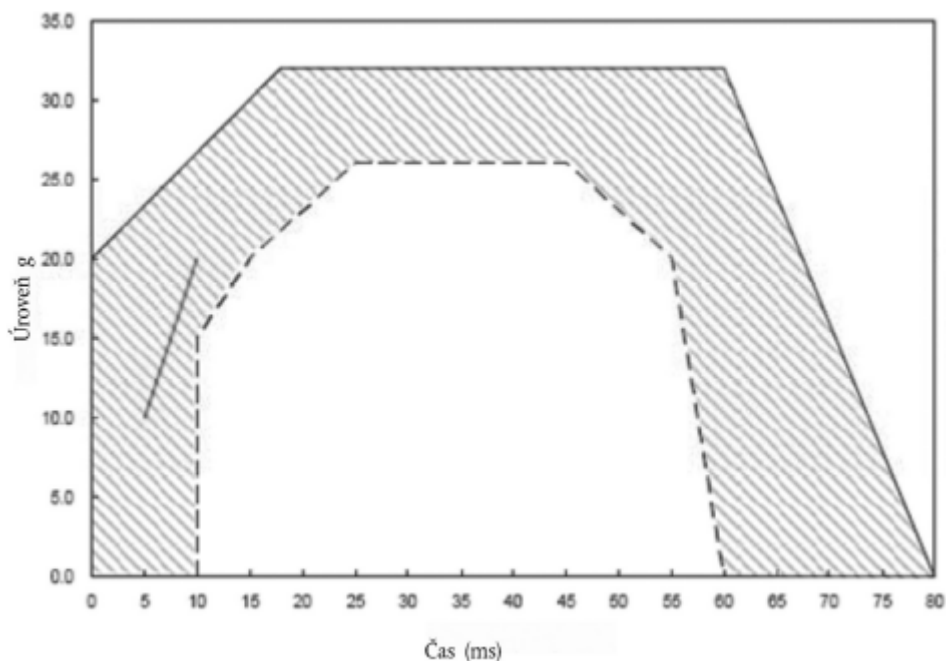
Skúška nárazom torza tela sa vykonáva urýchlením samotného torza horizontálne smerom k mechanizmu riadenia. Torzo tela je urýchlené rýchlosťou 24,1 až 25,3 km.h<sup>-1</sup>. Sleduje sa sila pôsobiaca na mechanizmus riadenia, ktorá nemôže presiahnuť 11,1 N.

Skúška nárazom hlavice prebieha urýchlením hlavice horizontálne oproti mechanizmu riadenia, rýchlosťou 24,1 km.h<sup>-1</sup>. Táto skúška sa opakuje štyrikrát do určených miest. Spomalenie merané v hlavici nesmie prekročiť 80 g po dobu 3 ms. [8]



## 8.2.2 Kotevné úchyty bezpečnostných pásov

Kotevné úchyty bezpečnostných pásov je možné okrem statických skúšok, skúšať aj dynamickými skúškami na simulátore zrýchlenia. Konštrukcia vozidla spolu so sedadlami vybavenými bezpečnostnými pásmi je urýchlená rýchlosťou 50 km.h<sup>-1</sup>. Simulátor musí spomaliť v smere pozdĺžnej osi vozidla podľa obrázku 30.

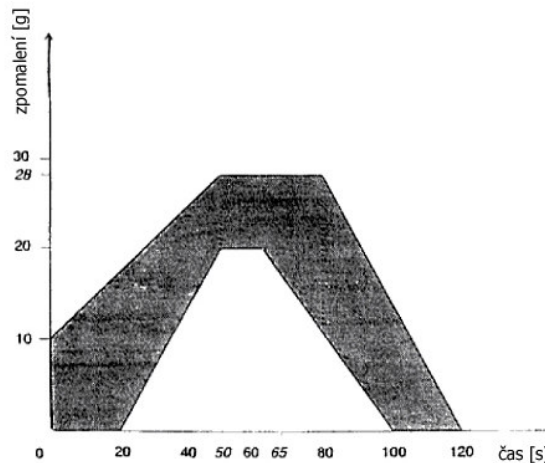


Obrázok 30: Krivka spomalenia v závislosti na čase [16]

Po dynamickej skúške nemôže dôjsť k roztrhnutiu žiadneho kotevného úchytu. [16]

## 8.2.3 Uchytenie sedadiel

Simulátorom nárazu sa dá testovať aj pevnosť systému uchytenia sedadiel. Do tohto systému patria mechanizmy blokovania, nastavovania a posunu. Sedadlá sú umiestnené v zariadení, ktoré je schopné vyvinúť rýchlosť a následne spomaliť podľa grafu zobrazeného na obrázku 31.



**Obrázok 31: Hodnota spomalenia karosérie pri skúške sedadiel [24]**

Na sedadlo musí pôsobiť spomalenie najmenej 20 g po dobu 3 ms. Skúška musí byť vykonaná v smeroch dopredu aj dozadu. [24]

#### **8.2.4 Absorpcia energie operadla, sedadla a opierky hlavy**

Skúšku absorpcie energie operadla, sedadla a opierky bude taktiež možné simulovať pomocou simulátoru nárazu. Táto skúška si vyžaduje zložitý mechanizmus, pretože nárazové kyvadlo naráža do testovacích častí (operadlo, opierka hlavy) pod uhlom 45° rýchlosťou 24,1 km.h<sup>-1</sup>.

Operadlá sedadiel sú považované ako vyhovujúce, pokiaľ zrýchlenie v kyvadle nepresiahne 80 g v dobe 3 ms a neobjavia sa žiadne poruchy a výčnelky na sedadle, ktoré by mohli spôsobiť zranenie. [24]

#### **8.2.5 Nárazníky vozidiel**

Skúšky pevnosti nárazníkov vozidiel bude realizovateľné pomocou simulátoru nárazu. Pevnosť nárazníkov hodnotíme pomocou dvoch skúšok.

Skúška pozdĺžnym nárazom pozostáva z dvoch nárazov na predný nárazník a z dvoch nárazov na zadný. Smer úderu je rovnobežný s pozdĺžnou zvislou rovinou. Rýchlosť nárazu kyvadla je 4 km.h<sup>-1</sup>.

Pri skúške nárazom na rohy nárazníku, nárazový prvok naráža do rohu nárazníka pod uhlom 60° od pozdĺžnej zvislej roviny. Nárazový prvok naráža rýchlosťou 2,5 km.h<sup>-1</sup>. [8]

## 8.2.6 Bezpečnosť chodcov

Pomocou simulátora nárazu bude možné skúmať aj zrážky automobilu s chodcom. Pri skúškach sú simulované zrážky pomocou skúšobných figurín alebo impaktorov. Najčastejšie sa vykonávajú nárazy: [24]

- impaktorom dolnej časti nohy do nárazníku- maketa je vystrelená rovnobežne s rovinou vozovky rýchlosťou 40 km.h<sup>-1</sup>.
- impaktorom hornej časti nohy do nárazníku- maketa je vystrelená rovnobežne s rovinou vozovky rýchlosťou 40 km.h<sup>-1</sup>.
- impaktorom hornej časti nohy do hrany kapoty
- impaktorom hlavy dieťaťa/dospelého do horného povrchu kapoty- maketa je vystrelená pod uhlom 50° (65° pre dospelého) voči rovine vozovky rýchlosťou 35 km.h<sup>-1</sup> (40 km.h<sup>-1</sup> pre dospelého)
- impaktorom hlavy dospelého do čelného skla- maketa je vystrelená pod uhlom 35° voči rovine vozovky, rýchlosťou 35 km.h<sup>-1</sup>

## 8.2.7 Čelný náraz podľa EHK/OSN č. 94

Čelný náraz podľa tohto predpisu je jednou z najdôležitejších skúšok pri homologizácii. Čelný náraz môže byť vykonaný urýchlením vozidla alebo iba jeho konštrukčnou časťou umiestenou na urýchľovacom zariadení.

Hlavnou podmienkou pri skúškach čelného nárazu je dosiahnutie skúšobnej rýchlosti 54 až 56 km.h<sup>-1</sup>.

Vzhľadom na potrebu dosiahnutia rýchlosti 54 až 56 km.h<sup>-1</sup> a 70 t bariéry, nie je možné v terajších možnostiach fakulty skúšku EHK/OSN č. 94 na simulátore nárazu uskutočniť. [23]

## 8.3 Pocit reálnej osoby pri kolízii

Pomocou simulátora nárazu, bude možné okrem homologizácie prvkov pasívnej bezpečnosti, skúmať aj skúsenosť reálnych osôb pri kolízii. Simulátor nárazu bude pri malých rýchlostiach demonštrovať:

- airbagy
- predpínače bezpečnostných pásov
- opierky hlavy- Whiplash test (karoséria otočená o 180°)
- bočný náraz (karoséria otočená o 90°)
- kolízia s chodcom pri malej rýchlosti

Zúčastnené osoby budú mať možnosť vyskúšať si na vlastnom tele, ako sa správa telo pri náraze v malých rýchlostiach. Účastníci budú oboznámení s priebehom skúšky. Hodnota preťaženia nebude môcť presiahnuť z biomechanického hľadiska 10 g.

Ústredný auto – moto klub disponuje podobným zariadením, ktorý je na obrázku 32. Pomocou tohto zariadenia demonštruje význam používania bezpečnostných pásov v automobile. Skladá sa z 300 kg vozíka pre dve osoby, s bezpečnostnými pásmi, ktorý sa spúšťa po 3,5 m dlhej naklonenej roviny. Vozík naráža rýchlosťou 12 km.h<sup>-1</sup>, čo simuluje náraz automobilu do pevnej prekážky rýchlosťou 30 km.h<sup>-1</sup>. [29]



Obrázok 32: Simulátor nárazu ÚAMK[30]

## 9 Záver

V súčasnosti je problematika v oblasti pasívnej bezpečnosti veľmi dôležitá a venuje sa jej stále väčšia pozornosť. Výrobcovia automobilov sa snažia vyvíjať stále dokonalejšie aktívne a pasívne bezpečnostné prvky. Veľkú rolu vo vývoji hraje medzinárodná organizácia Euro NCAP, ktorá vykonáva nezávislé testy osobných automobilov.

Vo svojej bakalárskej práci som zhrnul dostupné informácie k problematike pasívnej bezpečnosti. V teoretickej časti som zhrnul hlavné prvky vonkajšej a vnútornej pasívnej bezpečnosti. Okrem toho som sa venoval taktiež biomechanike a prehľadu biomechanických kritérií, ktoré sú dôležité pri skúšaní prvkov pasívnej bezpečnosti. V závere teoretickej časti som sa zaoberal legislatívnymi predpismi prvkov pasívnej bezpečnosti a medzinárodnej organizácii Euro NCAP.

V praktickej časti som sa venoval zariadeniam, ktoré simulujú priebeh kolíznych dejov. Podobné zariadenie, simulátor nárazu, by malo byť v budúcnosti zahrnuté do výstavby aj na Dopravnej fakulte. Na simulátore bude možné skúšať niektoré prvky pasívnej bezpečnosti podľa predpisov Európskej hospodárskej komisie. Okrem toho, simulátor bude mať aj edukačnú funkciu. Bude možné demonštrovať kolízie pri malých rýchlostiach, kde si účastníci vyskúšajú činnosť zadržných systémov priamo na svojom tele.

Samotný návrh simulátora je zatiaľ iba v teoretickej rovine, z dôvodu doposiaľ nestanoveným možnostiam umiestnenia a neznámych charakteristík tlmiča a ťažhovacích lán.

## 10 Použité zdroje

- [1] VLK, František. Karosérie motorových vozidel. 1. Vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000, 243 s. ISBN 80-238-5277-9
- [2] Pre- safestructure.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1214698-1-1214713-1-0-0-1214699-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>
- [3] Theexperimentalsafetyvehicle.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://eblog.mercedes-benz-passion.com/2009/06/das-sicherheitsexperimentalfahrzeug-esf-2009>
- [4] Bezpečnost a ochrana chodců.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://envi.upce.cz/pisprace/ostatni/pokorny\\_text.pdf](http://envi.upce.cz/pisprace/ostatni/pokorny_text.pdf)
- [5] Bezpečnostchodců.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/09-bezpecnost-chodcu-pdf-p67170?aid\\_redir=1](https://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/09-bezpecnost-chodcu-pdf-p67170?aid_redir=1)
- [6] Structuralhood and hingeconceptsforpedestrianprotection.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0304-W.pdf>
- [7] Technicalsolutionsforenhancingthepedestrianprotection.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0307-W.pdf>
- [8] FIRST, Jiří a kol. Zkoušeníautomobilů a motocyklů. Vyd. 1. Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5
- [9] COUFAL, T.; VÉMOLA, A. Zpomalenípůsobícína posádku vozidla příčelním nárazu. In ExFoS 2012 Expert ForensicSciencesborník XXI. mezinárodnívědeckékonferencesoudníhoinženýrství. Brno: VUT v Brně, 2012, s. 202- 220. ISBN: 978-80-214-4412-6
- [10] Předpis EHK/OSN č. 16.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:233:0001:0094:CS:PDF>
- [11] Airbags. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://bestride.com/blog/wp-content/uploads/2014/10/nhtsa-s-investigation-on-takata-faulty-airbags-expanding-to-more-automakers-82515\\_1.jpg](http://bestride.com/blog/wp-content/uploads/2014/10/nhtsa-s-investigation-on-takata-faulty-airbags-expanding-to-more-automakers-82515_1.jpg)

- [12] VLK, František, Elektronické systémy motorových vozidel 2. 1. Vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2002, 580 s. ISBN 80-238-7282-6
- [13] Airbags. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://www.autolexicon.net/obr\\_clanky/cs\\_airbag\\_004.jpg](http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_airbag_004.jpg)
- [14] Predpis EHK/OSN č. 25. [online]. [cit. 2014-03-08] Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:215:0001:0026:CS:PDF>
- [15] Headrestaints.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/rear-head-restraints-test>
- [16] SAAB-ovaktivnivzglavnik SAHR. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://www.saabslo.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=284&Itemid=45](http://www.saabslo.com/index.php?option=com_content&task=view&id=284&Itemid=45)
- [17] Saab pro-active restraint system. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.gizmag.com/go/1615/>
- [17] KOVANDA, Jan a Vladimír ŠATOCHIN. Pasivníbezpečnostvozidel. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000, 69 s. ISBN 80-010-2235-8
- [18] NIC criterion. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0313-O.pdf>
- [19] TTI index. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://tripp.iitd.ernet.in/course/lecture2010/jk/JK\\_Thorax%20injury%20biomechanics.pdf](http://tripp.iitd.ernet.in/course/lecture2010/jk/JK_Thorax%20injury%20biomechanics.pdf)
- [20] Viscous criterion. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://web.iitd.ac.in/~achawla/public\\_html/736/13-biomech-II-thorax-low-extremity-v2.pdf](http://web.iitd.ac.in/~achawla/public_html/736/13-biomech-II-thorax-low-extremity-v2.pdf)
- [21] Ministerstvo dopravy České republiky. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/cs/Legislativa/Legislativa/Legislativa\\_CR\\_silnicni/Silni%C4%8Dn%C3%AD+doprava/](http://www.mdcz.cz/cs/Legislativa/Legislativa/Legislativa_CR_silnicni/Silni%C4%8Dn%C3%AD+doprava/)
- [22] Pneurama. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: [http://www.pneurama.com/en/rivista\\_articolo.php/Tires?ID=10938](http://www.pneurama.com/en/rivista_articolo.php/Tires?ID=10938)
- [23] Predpis EHK/OSN č. 94.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:130:0050:0100:CS:PDF>
- [24] Predpis EHK/OSN č. 17.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:230:0081:0118:CS:PDF>

[25] Euro NCAP's tests.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z:  
[http://www.theaa.com/motoring\\_advice/euroncap/crash\\_tests.html](http://www.theaa.com/motoring_advice/euroncap/crash_tests.html)

[26] Fullwidthfrontalcrash.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z:  
<http://www.automotiveworld.com/wp-content/uploads/2015/02/Audi-TT-4-stars-Euro-NCAP-crash-test.jpg>

[27] Pole impact test.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z:  
[https://www.dtest.cz/img/thumb/10120\\_7425a7b17f.gif?1287664895](https://www.dtest.cz/img/thumb/10120_7425a7b17f.gif?1287664895)

[28] Whiplash test.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z:  
<http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/whiplash/>

[29] Simulátor nárazu ÚAMK.[online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z:  
<http://www.uamk.cz/simulatory-narazu>

[30] Simulátor nárazu ÚAMK. [online]. [cit. 2015-08-20]. Dostupné z:  
[http://jdlavicka.rajce.idnes.cz/Dny\\_vedy\\_a\\_techiky\\_-\\_Plzen\\_2010#Simulator\\_narazu\\_vozidla.jpg](http://jdlavicka.rajce.idnes.cz/Dny_vedy_a_techiky_-_Plzen_2010#Simulator_narazu_vozidla.jpg)



## 11 Zoznam obrázkov

- Obrázok 1: Deformačná charakteristika prednej časti vozidla [1]
- Obrázok 2: Pre - Safestructure [3]
- Obrázok 3: Rozdielne výšky nárazníkov [5]
- Obrázok 4: Deformačný prvok nárazníku [5]
- Obrázok 5: Rôzne typy výstuh kapôt [6]
- Obrázok 6: Pohyb svetlometu pri náraze [7]
- Obrázok 7: Bezpečnostná hriadeľ volantu s deformačným členom [1]
- Obrázok 8: Mechanický predpínač bezpečnostného pásu [1]
- Obrázok 9: Schéma pyrotechnického predpínača [1]
- Obrázok 10: Výsledné zrýchlenie hlavy cestujúceho pri čelnom náraze [1]
- Obrázok 11: Závislosť rýchlosti na čase pri čelnom náraze vozidla do pevnej prekážky s pripútaným a nepripútaným pasažierom [9]
- Obrázok 12: Rôzne druhy airbagov [11]
- Obrázok 13: Činnosť zádržného systému pri náraze [13]
- Obrázok 14: Aktívna opierka hlavy RHR [16]
- Obrázok 15: Aktívna opierka hlavy PAHR [17]
- Obrázok 16: WSU krivka [1]
- Obrázok 17: Hodnoty axiálnej sily pôsobiacej na krk [8]
- Obrázok 18: Hodnoty strihovej sily pôsobiacej na krk [8]
- Obrázok 19: Homologizačný znak EHK [22]
- Obrázok 20: Figurína typu Hybrid III [8]
- Obrázok 21: Figurína Eurosid 2 [8]
- Obrázok 22: Šikmá bariéra [23]
- Obrázok 23: Mobilná bariéra ISO 3984 a EHK 32 [8]
- Obrázok 24: Hodnota spomalenia karosérie pri skúške sedadiel [24]
- Obrázok 25: Schéma skúšky opierky hlavy [24]
- Obrázok 26: Náraz do nepresadenej bariéry [26]
- Obrázok 27: Bočný náraz na stĺp [27]
- Obrázok 28: Zariadenie pre vykonanie Whiplash testu [25]
- Obrázok 29: Impaktory pri skúške [25]
- Obrázok 30: Krivka spomalenia v závislosti na čase [16]
- Obrázok 31: Hodnota spomalenia karosérie pri skúške sedadiel [24]
- Obrázok 32: Simulátor nárazu ÚAMK [30]

## 12 Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Stupnica AIS [1]

Tabuľka 2: Tabuľka základných parametrov figuríny Hybrid III [8]

Tabuľka 3: Tabuľka základných parametrov figuríny Eurosid 2 [8]

Tabuľka 4: Minimálny počet kotevných úchytovej bezpečnostných pásov [10]

Tabuľka 5: Limitné hodnoty veličín pri skúške nárazu na mechanizmus riadenia

Tabuľka 6: Orientačné hodnoty kinetickej energie vozíka