

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Matěj Kopecký

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Moderní bezpečné osobní vozidlo  
Matěj Kopecký

Bakalářská práce  
2009

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky  
Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matěj KOPECKÝ**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**  
  
Název tématu: **Moderní bezpečné osobní vozidlo**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. vývoj aktivní bezpečnosti
2. vývoj pasivní bezpečnosti
3. přehled prvků bezpečnosti současných moderních vozidel
4. precrash systém, vývoj bezpečnosti vozu do budoucna z hlediska ochrany posádky vozu, chodců a ostatních účastníků silničního provozu

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] Kovanda, Jan: Pasivní bezpečnost vozidel, Praha : ČVUT, 2000, ISBN 80-01-02235-8 (brož.)
- [2] Traffic safety / Leonard Evans. Bloomfield : Science Serving Society, c2004. ISBN 0-9754871-0-8
- [3] Lexikon moderní automobilové techniky / František Vlk. Brno : František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4 (brož.)
- [4] Člupek, Jiří: Silniční doprava - pasivní bezpečnost, Vydavatel: České dráhy, ISBN 80-85884-80-1

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Pokorný**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2009**

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.

doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Praze dne 25.5. 2009

Matěj Kopecký

## Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především vedoucímu práce za trpělivost, obětavost a odborné vedení při psaní této práce. Dále chci poděkovat katedře K616 – Ústav dopravní techniky, na ČVUT - Fakultě dopravní, za poskytnutí materiálu z oblasti crash-testů vozidel a společnosti VolvoCars za poskytnutí materiálů k oblasti aktivní bezpečnosti.

## **SOUHRN**

Bezpečnost vozidel z hlediska jejich konstrukce v oblasti pasivní a aktivní bezpečnosti. Popis vývoje, testování a moderních prvků bezpečnosti vozidel. Náhled na budoucnost vývoje prvků pasivní a aktivní bezpečnosti.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

biomechanika, EuroNCAP, crashtest, airbag, bezpečnostní pás, aktivní bezpečnost, pasivní bezpečnost, precrash, Ride Down Efekt, City Safety

## **TITLE**

Modern Safety Vehicle

## **ABSTRACT**

Vehicles' safety from the point of their construction—regarding passive and active safety. Description of development and testing; modern safety components of the vehicles. Overview of the future evolution of passive and active safety components.

## **KEYWORDS**

biomechanics, EuroNCAP, crashtest, airbag, safety belts, active safety, passive safety, precrash, Ride Down Effect, City Safety

# Obsah

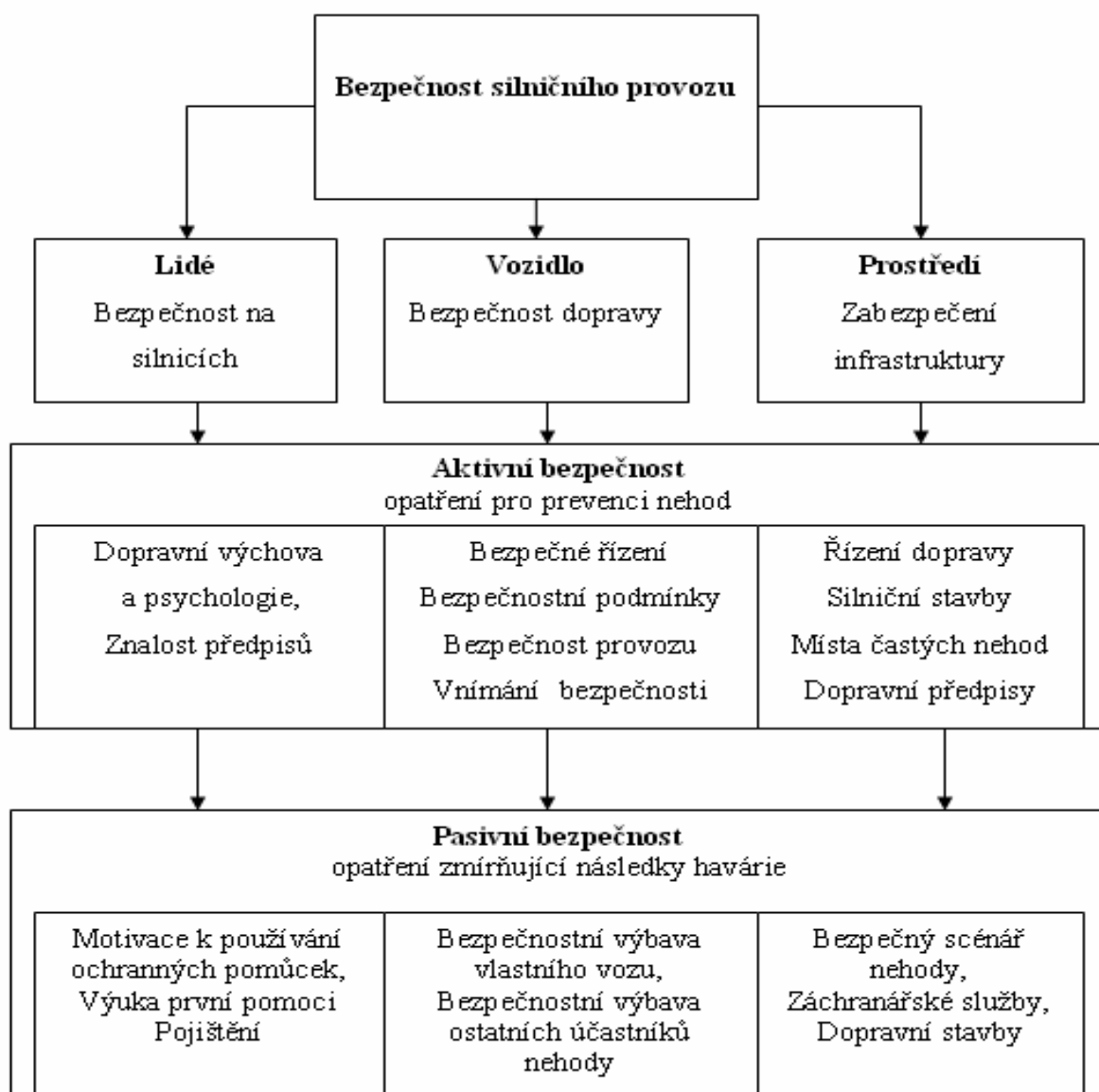
Úvod .....	- 8 -
1. Pasivní bezpečnost.....	- 10 -
1.1. Bezpečnostní opatření .....	- 10 -
1.2. Cíl a definice.....	- 11 -
1.2.1. Princip ochrany.....	- 11 -
1.3. Vývoj .....	- 11 -
1.3.1 Výzkum nehod.....	- 13 -
1.3.2. Biomechanika .....	- 15 -
1.3.3. Počítačové simulace .....	- 17 -
1.3.3. Experimentální simulace .....	- 18 -
EuroNCAP.....	- 18 -
1.3.4 Kompatibilita.....	- 21 -
1.4. Prvky pasivní bezpečnosti .....	- 23 -
1.4.1. Karoserie.....	- 24 -
1.4.2. Bezpečnostní pásy .....	- 28 -
1.4.3. Opěrky hlavy .....	- 31 -
1.4.4. Airbag .....	- 32 -
1.5. Ochrana chodců a cyklistů.....	- 39 -
1.6. Demonstrace vývoje pasivní bezpečnosti.....	- 40 -
2. Aktivní bezpečnost .....	- 45 -
2.1. Asistenční systémy .....	- 46 -
2.1.1. ABS + CBC .....	- 46 -
2.1.2. ASR + EDS.....	- 47 -
2.1.3. ESP + EPCD + SCM .....	- 47 -
2.1.4. BAS .....	- 49 -
2.1.5. Asistent dálkových světel .....	- 49 -
2.1.6. Rozpoznávání dopravních značek .....	- 49 -
2.1.7. Systémem varující před autem jedoucím v mrtvém úhlu .....	- 50 -
2.1.8. Pre-crash systémy .....	- 50 -
2.1.9. Systémy udržující vozidlo ve správné směru a hlídající řidičovu pozornost ....	- 51 -
3. Bezpečné moderní vozidlo budoucnosti.....	- 53 -



3.1. Oblast pasivní bezpečnosti .....	- 53 -
3.1.1. Ride down efekt.....	- 55 -
3.1.2. Koncept Volvo 3CC optimalizující Ride Down Efekt .....	- 56 -
3.2. Oblast aktivní bezpečnosti.....	- 58 -
3.2.1. Pre-Crash .....	- 58 -
3.2.2. Komunikační systém mezi vozidly.....	- 61 -
3.2.3. Aktivní mechanismus řízení – Steer by Wire .....	- 63 -
Závěr.....	- 66 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	- 68 -
SEZNAM TABULEK .....	- 69 -
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	- 70 -
SEZNAM ZKRATEK .....	- 71 -
SEZNAM ZKRATEK .....	- 71 -

# Úvod

Neustále se zvyšující se intenzita dopravy na pozemních komunikacích po celém světě klade velké nároky na řidiče motorových vozidel. Stejně s přetíženými komunikacemi roste i počet nehod a tedy i počet hmotných škod, zraněných a mrtvých. Počty smrtelných úrazů při dopravních nehodách v Evropské unii jsou stále nepřijatelně vysoké: 1,3 milionu dopravních nehod ročně způsobí 43 000 smrtelných úrazů a 1,7 milionu zranění. Způsobů jak zlepšit bezpečnost silničního provozu je mnoho, jak dokládá následující obrázek (Obrázek 1).



Obrázek 1: Ovlivnění bezpečnosti provozu

Zdroj: Autor

Je nutné investovat do dopravní výchovy, znalosti předpisů, do zkvalitňování silnic, tvořit vhodné předpisy či zlepšovat záchranné služby a nemocniční péči o zraněné. Za hlavní příčinu smrtelných úrazů je však považováno chování účastníků silničního provozu: nepřiměřená rychlost, požití alkoholu nebo drog, únava, nepoužívání bezpečnostních pásů nebo ochranných přileb atd. Ačkoliv je požití alkoholu při řízení zakázáno, stanoveny limity pro maximální rychlost a další, tak k těmto nehodám stále dochází. Proto je velmi důležité pracovat na vývoji vozidla samotného.

Počty mrtvých či zraněných lze snížit dalším zvyšováním prvků pasivní bezpečnosti vozidla, avšak toto neřeší problém s počtem nehod. S tímto by mohlo pomoci zavádění nových prvků aktivní bezpečnosti, otázkou však bude na kolik zavádění těchto nových inteligentních prvků bude mít jen pozitivní dopad.

V České Republice, ale i jinde v Evropě není k dispozici dostatek vědecky získaných podkladů které by tento problém postihovaly ze všech jeho aspektů. Jako základní cíle si tato práce klade poskytnout souhrnné informace o moderním bezpečném vozidle současnosti z hlediska prvků aktivní a pasivní bezpečnosti, efektivnost některých prvků demonstrovat na reálných nárazových testech a nastítnit vývojový proces v konstrukci vozidel pro další zvyšování bezpečnosti v budoucnosti.

# 1. Pasivní bezpečnost

## 1.1. Bezpečnostní opatření

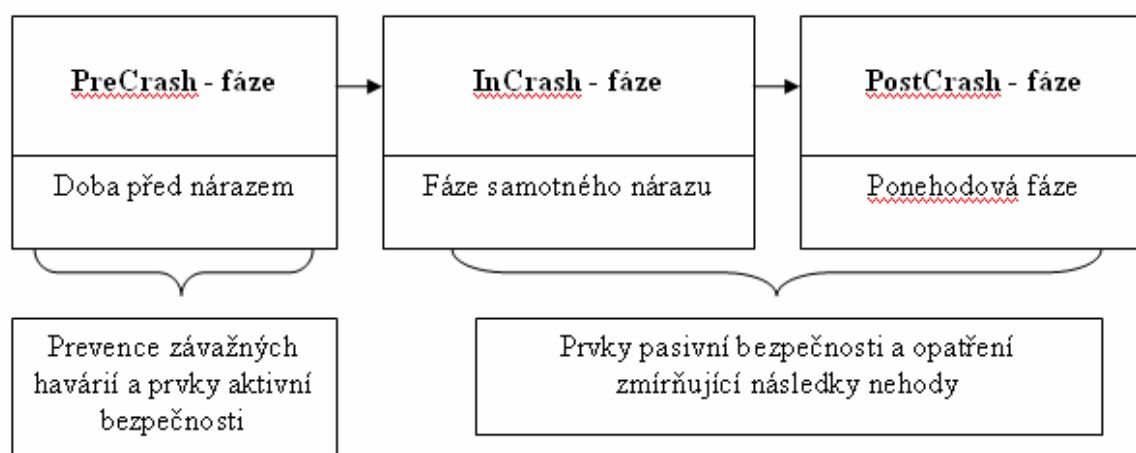
Pasivní bezpečnost je jednou z vlastností vozidel, kterou v poslední době veřejnost velmi sleduje. Úroveň pasivní bezpečnosti je jedním z rozhodujících prvků, ovlivňujících prodejnost vozidel a tudíž i jedním z hlavních marketingových argumentů prodejců vozidel.

Soubor konstrukčních opatření, které zahrnujeme pod pojem pasivní bezpečnosti, je úzce svázán s celkovou konstrukcí vozidla. Pro konstruktéra musí tedy být úvahy o pasivní bezpečnosti nového vozidla integrální částí jak koncepčních rozhodnutí, tak i řešení částí vozidla. K tomu pak je nutné znát mechanismy poranění posádky ve vozidle, způsoby deformace vozidla, atd. V rámci bezpečnostních opatření mohou v zásadě zahrnovat všechna opatření, která by předcházela zraněním na minimum. [1]

Prvky pasivní bezpečnosti se navíc staly součástí povinného schvalování vozidel podle předpisů, jimiž jsou dány podmínky pro připuštění k provozu v dané zemi. Pro místní podmínky jde především o předpisy EHK-OSN.

Dalším velmi vážným argumentem, proč je třeba věnovat pozornost dopravním nehodám, a to nejen z hlediska konstrukčního, ale i z hlediska širších souvislostí, jsou jejich příčiny, následky a jejich rostoucí trendy. Následky dopravních nehod jsou problémem celé společnosti a management dopravy musí hledat způsoby analýzy nehod a cesty ke snížení jejich počtu a závažností. [1]

Opatření pro zlepšení aktivní bezpečnosti vozidel se odehrává v takzvané PreCrash fázi, tj. období před kolizí. V tuto chvíli lze získat informace a určit pravděpodobnost a závažnost srážky. Tyto informace lze použít i pro samotnou kolizní fázi, to je fáze InCrash. Na základě těchto informací je možno rozhodnout, která vhodná ochranná opatření se aktivují a budou použita. Z toho vyplývá, že striktní rozdělení mezi aktivní a pasivní bezpečností v PreCrash a InCrash fázi již není použitelné. V kapitole o pasivní bezpečnosti bude pojednáno pouze o části, která má za cíl zmírnění následků nehody (obrázek 1). Prostředky, které zlepšují pasivní bezpečnost při používání v InCrash fázi, prvky v post-crash fázi, tedy v době po srážce, jako je zajištění místa havárie, záchranné služby a pojištění jsou vynechány.



Obrázek 2: Harmonogram průběhu havárie

Zdroj: Autor

## 1.2. Cíl a definice

Pro pojem pasivní bezpečnosti je známo, že zmírňování následků nehody se skládá z ochranných opatření, která zabrání zranění a to pro všechny účastníky nehody - jak cestujících, tak i externích uživatelů, jako jsou chodci a cyklisté. Přesně vzato, opatření potřebná ke zlepšení pasivní bezpečnosti jsou také ty, které vedou ke snižování nákladů vynaložených v souvislosti s nehodou, např. opravy vozidel do provozuschopného stavu. Pro další popis v této práci bude věnována pozornost pouze opatřením, která jejichž účelem je zvýšení šancí na přežití a snížení závažnosti poranění. Toto lze rozdělit na vlastní bezpečnost a na vzájemnou bezpečnost účastníků nehody.

### 1.2.1. Princip ochrany

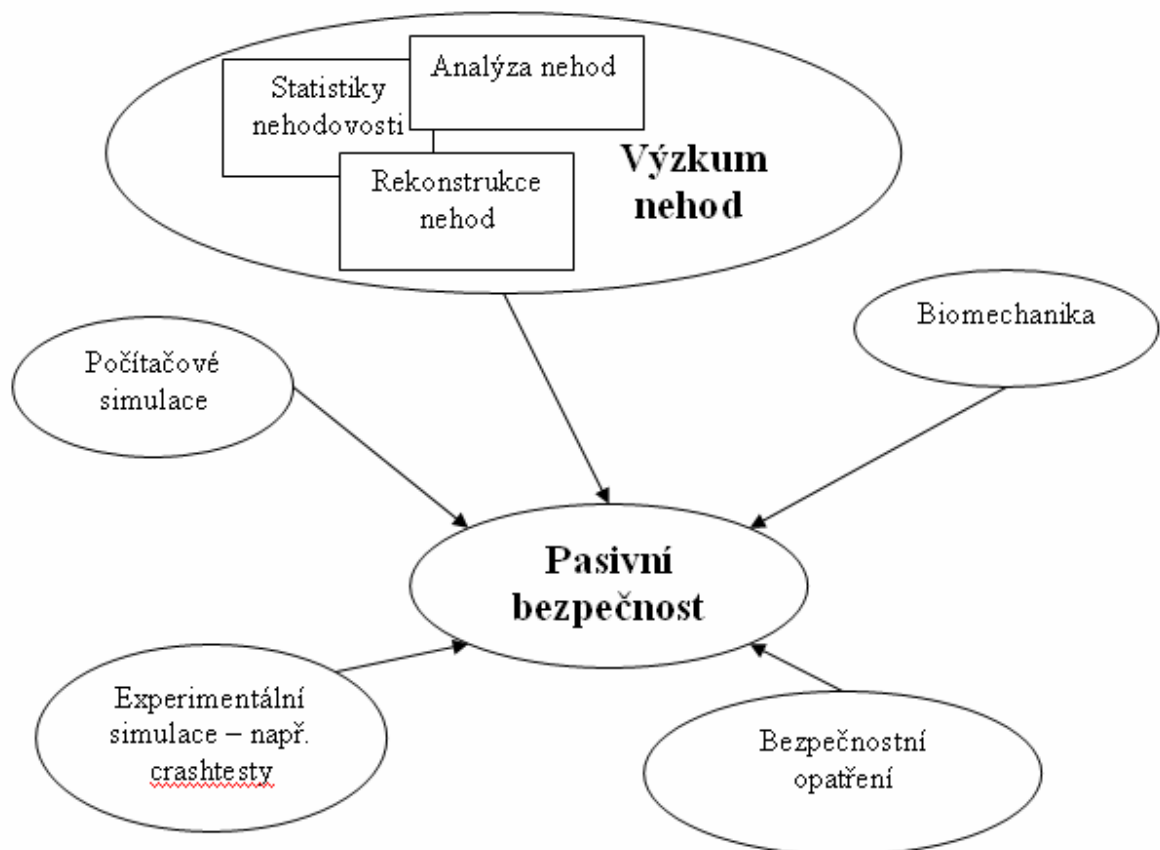
Principem ochrany v oboru pasivní bezpečnosti je rozuměn takový princip, který přivede cestující kolidujícího vozidla pohybujícího se do té doby nějakou rychlostí do klidového stavu nebo při srážce s chodcem dostane chodce na kolizní rychlost vozidla.

## 1.3. Vývoj

Než dojde k výčtu a popisu stěžejních prvků pasivní bezpečnosti, je vhodné stručně naznačit přehled o jejich vývoji. Většina lidí si pod pojmem pasivní bezpečnost představí bezpečnostní pásy a airbag. Účinná ochrana cestujících proti zraněním však nemůže sama o sobě fungovat pouze na základě zádržného účinku pásů a systémů airbagů. Aby jednotlivé prvky mohly řádně plnit svoji úlohu, musí tyto zádržné systémy být vyvíjeny jako celek a to v závislosti na bezpečnostní filozofii celého vozu a musí spolupracovat s požadavky ostatních

prvků v interiéru vozidla. Například sedačky, volant, palubní deska a její obložení, přední sklo, atd. Automobil ve své konečné podobě je jakýsi soubor kompromisů a ústupků z požadavků různých stran. Na vývojový proces působí řada vnějších vlivů. Konkurenční tlak, čas a na zákazníka orientované umístění produktu se v posledních desetiletích stále mění. Pokud vývoj vozidla dříve trval sedm až devět let, tak dnes tento proces trvá tři až čtyři roky. Dřívější přístup vývoje byl založen na sekvenčním zpracování vozidla pro jeho nižší složitost. Dnešní vozidla jsou čím dál složitější a obsahují spoustu propojených integrovaných systémů. Tím se zvyšuje počet variant, dostupných řad s mnoha doplňky a k tomu je k dispozici pouze kratší doba vývoje, takže je nutné využít paralelního vývoje s využitím počítače.

Moderní automobil je složitý komplex, který v sobě spojuje myšlenky designérů, motorářů, elektrotechniků a mnoha dalších vývojových pracovníků. Své slovo má ovšem i marketing s požadavky trhu a samozřejmě i cena budoucího vozu na trhu. Konstruktor se tak musí pohybovat ve své tvůrčí činnosti mezi jistými mantinely a hledat taková řešení, která budou vyhovovat všem požadavkům. Cesta od první myšlenky k reálnému vozu je dlouhá. Na vývoji vozu pracuje paralelně několik skupin konstruktérů, které mezi sebou vzájemně komunikují, hledají optimální řešení problémů a předávají si výsledky z různých zkoušek. Toto platí i pro samotný vývoj prvků pasivní bezpečnosti. Oborů se kterými vývoj spolupracuje, jak je naznačeno v následujícím diagramu, je mnoho. [12]



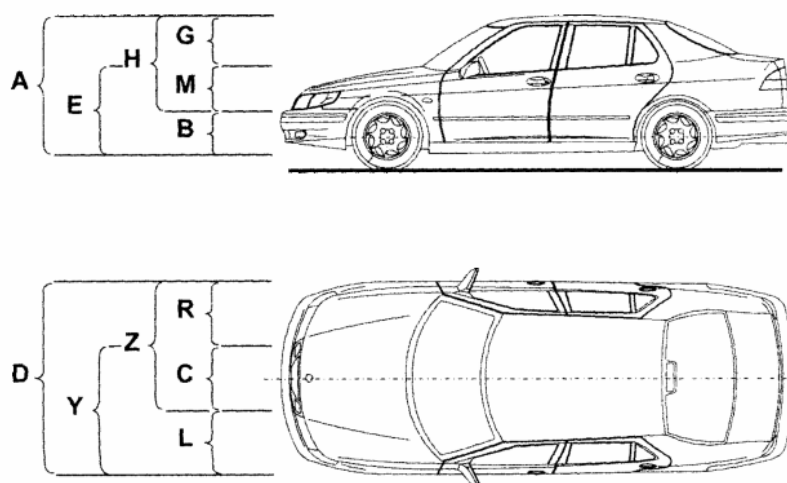
**Obrázek 3: Obory spojené s pasivní bezpečností Zdroj: Autor**

V oblasti pasivní bezpečnosti vozidel jsou prioritní pro vývoj v první řadě výsledky výzkumu. Ten se skládá ze sběru dat o nehodách a jejich následného statistického zpracování, rekonstrukce nehod a jejich analýzy. S využitím poznatků o mechanice zranění z oboru biomechaniky jsou vyvinutá bezpečnostní opatření navržena a testována pomocí počítačových simulací a následně pomocí experimentů, např. v crashtestech. Následuje sériová výroba, sběr dat, analýza nehod s novými prvky.

### 1.3.1 Výzkum nehod

V roce 1991 byla ustavena Evropská společnost pro výzkum a analýzu nehod (Europäischer Verein für Unfallforschung und Unfallanalyse e. V. - ve zkratce EVU) se sídlem ve Wiesbadenu (Německo), nyní je sídlo v Hamburku. Účelem společnosti je zejména v rámci Evropské unie sjednotit metodiku znalecké činnosti při analýze silničních dopravních nehod a účelně soustředit prostředky na jejich výzkum. Členy této společnosti jsou evropští odborníci na výzkum a analýzu nehod v silniční dopravě z 24 zemí Evropy. Účelem společnosti je převážně výzkum nehod a zprostředkování nejnovějších informací členům. V současnosti má společnost asi 500 členů.

Princip výzkumu nehod spočívá ve vytváření databází reálných nehod, často tyto údaje poskytuje přímo dopravní policie či úřady, ministerstvo dopravy apod. Do databáze se zanáší okolnosti o samotné nehodě, například poloha vozidel po nehodě, příčina nehody, údaje o použití zádržných systémů, aktivace airbagů, směr a typ nárazu (Obrázek 1) a další veličiny. Společnost Volvo provozující již desítky let vlastní centrum pro výzkum nehod vlastní databázi čítající již přes 50 000 nehod. Tuto databázi nyní rozšiřuje o další položky a to, jaká situace se odehrávala v okolí bouraných vozidel několik sekund před samotným nárazem. Tyto data jsou použity k vývoji aktivní bezpečnosti.



Obrázek 4: klasifikace druhu nárazu Zdroj: [2]

Na obrázku je vidět příklad klasifikace druhu nárazu. Do databáze se zapíše informace, kterou část vozidla náraz zasáhl a v jaké závažnosti pomocí značení jednotlivých zón.

Jednoduchým výstupem z databází nehod mohou být například údaje o efektivitě zádržných systémů. Tento údaj lze získat například tak, že z množiny čelních nárazů jsou vybrány ty, v nichž došlo k usmrcení a současně při nichž spolujezdec nebyl připoután. Z podmnožiny připoutaných řidičů se pak spočítá poměr fatálních případů řidičů ku počtu fatálních případů spolujezdců. Totéž se udělá i pro druhou podmnožinu, v nichž jsou i řidiči nepřipoutáni. Poměr těchto dvou čísel udává pravděpodobnost, že je usmrcen řidič připoutaný ku nepřipoutanému; doplněk do jedničky tedy dává redukci (krát 100 v %) vlivem použití pásů.



### 1.3.2. Biomechanika

Konstrukce zádržných systémů vozidel vychází především ze znalosti mechanismu poranění člověka při dopravní nehodě. Mechanismy poranění jednotlivých struktur a jejich regresní vztahy k traumatologickému popisu poranění jsou náplní biomechaniky poranění.

Poranění je takový stav, kdy došlo k deformaci anatomických struktur nad limity způsobující poškození tkání nebo k alternování jejich funkcí.

Cíle biomechaniky poranění tedy jsou:

- kvantifikování traumatologických nálezů,
- hledání limitů pro poranění a vývoj výzkumných metod,
- analýza mechanismů poranění kritických částí,
- dokládat význam analytických a experimentálních metod pro hodnocení poranění a účinnosti konstrukčních opatření a zádržných systémů.

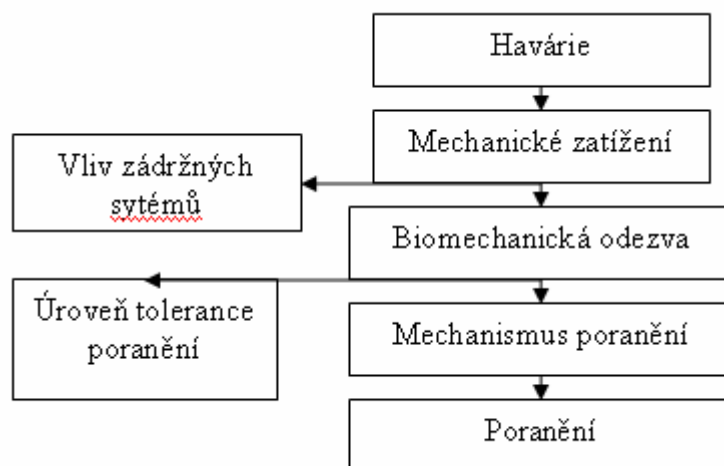
Při studiu mechanismů poranění a při hledání cest k omezení následků a eliminaci funkčních poškození se používá různých modelů a substituentů reálných obětí havárií.

Nejčastěji uváděnými objekty jsou:

- Dobrovolníci, u nichž je možno využít malá zatížení na hranici bolesti. Dobrovolníky bývají zpravidla vojáci v dobré fyzické kondici s dobrou svalovou odezvou. Tyto pokusy mají význam pro ladění matematických modelů. První významný test absolvoval John Paul Stapp na Holloman Air Force Base, kde byl podroben změně rychlosti o 1000 km/h za 1.4s, což odpovídá zrychlení 40g po tuto dobu. V automobilu při nárazu z 50km/h působí 25g po dobu 0.1s a jde mnohdy o kritickou situaci.
- Neživá těla - post mortem human subject (PMHS), kde je nutno upravit mnohé funkce do fyziologičtějšího stavu. Nicméně odpadají svalové a fyziologické reakce.
- Zvířata, ve stavu anestézie, umožňují adaptovat výsledky s PMHS pro fyziologické reakce.
- Mechanické modely - crash test dummies - antropometrická zkušební zařízení, jsou modely člověka, jejichž data korelují s jistou částí populace. Modely zpravidla mají ocelovou kostru, povrch z plastů a jsou vybaveny snímači. Musejí umožňovat opakovatelnost a rekonstrukci měření.
- Matematické modely souvisejí s rozvojem simulačních programů a s rozvojem a naplňováním databází. Jejich omezení je v realističnosti matematického modelu, dosažitelnosti dat a pokusů pro verifikaci a identifikaci modelů. [1]

Popis vzniku poranění od okamžiku havárie popisuje schéma na obrázku 5.

Havárie je prvotní příčinou vzniku pole zrychlení působícího na posádku, deformací struktur a změn tvarových vlastností okolí posádky. Mechanické zatížení je buď zatížení dynamickými silami nebo kontaktními silami. Zadržné systémy omezují relativní pohyby posádky ve vozidle, spojují posádku s deformujícím se vozidlem a snižují kontaktní síly. Biomechanická odezva je relativní postavení jednotlivých částí těla vůči sobě vlivem vnějších deformací vnějších tvarů, jde o mechanické a fyziologické změny.



Obrázek 5: Popis vzniku poranění po havárii

Zdroj: [1]

**Biomechanické kritérium poranění hlavy** – Nejčastěji používaným kritériem pro posouzení poranění hlavy při testech je kritérium HIC (Head Injury Criterion). Existují samozřejmě další kritéria, nejen pro poranění hlavy, ale také pro krk a další části těla. Pro účely později zde uvedených testů postačuje vysvětlení pouze kritéria HIC.

Vstupem jsou zrychlení měřená akcelometry v těžišti hlavy figurín, algoritmem výpočtu je upravený integrál z výsledného zrychlení v určitém časovém intervalu. Výsledná hodnota by neměla překročit hodnotu 1000, která vznikla historicky vývojem výzkumu poranění hlavy z hlediska působících zrychlení.

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

(1)

Kde  $a(t)$  je výsledné zrychlení hlavy v  $g$ ,  $t_1, t_2$ , jsou hraniční hodnoty intervalu, v němž dosahuje HIC nejvyšších hodnot. Délka časového okna se bere 36ms, pro analýzu tvrdého nárazu hlavy se bere 15ms. Kritérium HPC je jeho ekvivalent. [1]

### 1.3.3. Počítačové simulace

Strmý rozvoj výpočetní techniky v sedmdesátých letech minulého století a přenesení „velkých sálových počítačů“ do kanceláří a podnikových provozů umožnil rozmach počítačové simulace především v oblastech stavebnictví a strojírenství. Automobilový průmysl si musel na svůj první virtuální crash test počkat až do poloviny osmdesátých let. V současné době nahrazuje počítačová simulace řadu fyzických testů. Při konstrukci nových vozů jde především o reálnou simulaci crash testů, čímž se výrazně snižuje počet fyzicky uskutečněných nárazů. To vede ke zkrácení času potřebného na vývoj a v neposlední řadě k snížení celkových nákladů.

**Reálné testy ve virtuálním prostředí** - cílem počítačové simulace je převedení fyziky materiálu do digitálního modelu. Inženýři tak mohou provádět řadu dílčích zkoušek bez nutnosti vytvářet složité fyzické prototypy. S rozvojem výpočetní techniky a s rostoucí dokonalostí aplikačního softwaru je dnes možné využít výsledků jednoho programového souboru jako vstupu do dalších. Přenesení materiálových parametrů pro tváření do digitálního modelu je relativně nová záležitost, v praxi se tyto systémy používají přibližně devět let.

Počítačová simulace je už pro řadu firem v současné době nutností a například dodavatelé do výrobních závodů automobilových koncernů se bez ní takřka neobejdou. Na základě počítačové simulace technologických procesů lze verifikovat a optimalizovat svařovací procesy, optimalizovat postup svařování nebo simulovat porušení struktury v důsledku působení zbytkového pnutí po tepelném zpracování. Software pro simulaci prototypových zkoušek dokáže reálným způsobem simulovat standardní i speciální nárazové zkoušky, mezi něž patří čelní náraz, boční náraz bariérou, boční náraz do sloupu, zadní náraz, popř. tzv. pojišťovací nárazy aj. V oblasti pasivní bezpečnosti je možné pomocí řady modelů testovacích figurín simulovat standardní nárazové zkoušky včetně vyhodnocení bezpečnostních kritérií. Tato metodika je nedílnou součástí vývoje a verifikace soustavy airbagů a bezpečnostních pásů. [2]

V současné době jsou pro simulace nejpoužívanější kódy Pam-Crash, LS-Dyna, Abakus, NXNastran, Ansys využívající většinou metodu konečných prvků. Obrázek ( Obrázek11 ) níže porovnává počítačový model s reálným vozidlem.



Obrázek 6: Porovnání počítačové simulace nárazu se skutečným crash-testem Zdroj: [11]

### 1.3.3. Experimentální simulace

Dříve, než se jakýkoli model dostane do sériové výroby, provádí se celá série nárazových bariérových zkoušek, tzv. crash testů. Nejznámější z asi třech desítek prováděných testů jsou čelní náraz, boční náraz, náraz zezadu, ofsetový střet (čelní náraz do deformovatelné bariéry se 40% překrytím) a zkouška převrácením. Tyto testy jsou používány mimo jiné k ověření počítačových simulací. Testovaný vůz je osazen zkušebními figurínami různých typů. Pro čelní náraz se jedná o figurínu Hybrid III osazenou snímači zrychlení v hlavě, dále pnutí v šíji, namáhání hrudního koše, stehenní kosti, kolen a oblasti chodidel. Pro boční náraz se používají figuríny EuroSID II. Tyto testy jsou však velmi nákladné, například jeden snímač schopný snímat vysoké přetížení může stát až 3000€ a k plnému pokrytí jednoho testu je potřeba těchto snímačů několik. Dále se k vyhodnocení testů používají záběry rychlokamer schopné sejmout cca 1000 snímků za sekundu. Ze záznamu lze pozorovat podrobné chování vozu, prvků pasivní bezpečnosti, figurín a dalších.

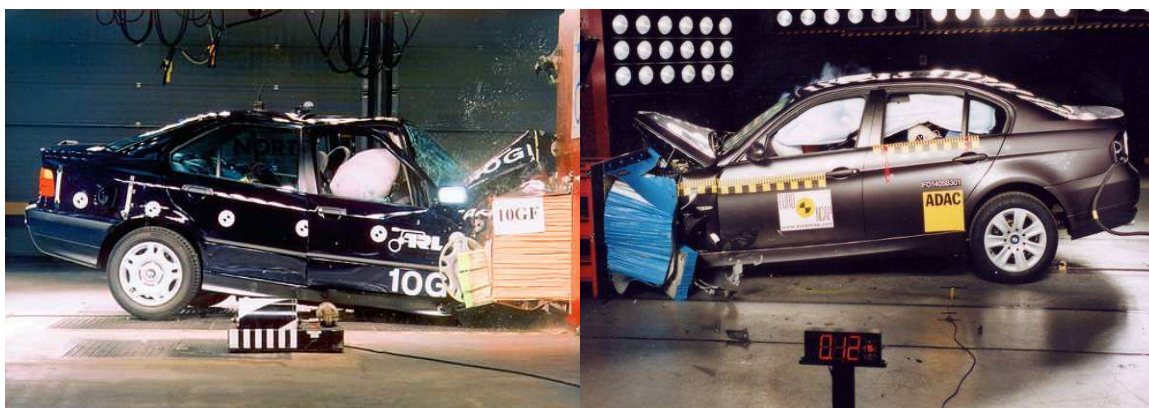
### EuroNCAP

Mezinárodní bezpečnostní předpisy stanovují úroveň bezpečnosti tak, aby byla zajištěna pouze minimální úroveň pasivní bezpečnosti. Stejně jako všechny takové

právní předpisy neodpovídají stavu vědy, ale vycházejí spíše z konsenzu mezi výzkumem, vývojem (stávající stav) a co je přijímáno společností. Doslova průkopníkem v testování bezpečnosti vozidel se stala organizace EuroNCAP (European New Car Assessment Programme - evropský program hodnocení nových automobilů) - konsorcium složené mimojiné z některých evropských vládních institucí (Německo, Francie, Británie, Katalánsko, Nizozemí, Švédsko) a autoklubů (FIA Foundation, ADAC), zastřešující organizace evropských spotřebitelských organizací (ICRT) a zástupce britského pojišťovnictví (Thatcham). Komise EU není členem, ale podpora EuroNCAP je politicky velmi silná, neboť tento zkušební program by mohl pomoci k Bílé knize pro oblast bezpečnosti vozidel. Bílé knihy Evropské komise jsou dokumenty, které obsahují návrhy na činnost společenství v určité oblasti. V některých případech Bílá kniha následuje po vydání Zelené knihy, jejímž cílem je zahájit proces konzultací o daném tématu na evropské úrovni. Po schválení Radou se z Bílé knihy může stát akční program Unie pro danou oblast. Bílá kniha má pro členské státy EU pouze doporučující povahu, je nezávazným dokumentem. Komise si klade za cíl snížit počet dopravních nehod v Evropě založených na datech z roku 2001 do roku 2010. [12]

První výsledky Evropského programu hodnocení nových automobilů byly zveřejněny v roce 1997. EuroNCAP je zde uváděn záměrně a více podrobněji, protože na vývoj pasivní bezpečnosti automobilů má tato organizace obrovský vliv, od zveřejnění prvních výsledků v podobě skoro všem známých hvězdiček začaly doslova závody v bezpečnosti a jakási nepsaná soutěž o první vozidlo s hodnocením nejvyšším – tedy pět hvězdiček.

Když byla asociace EuroNCAP v roce 1997 založena, zdálo se, že dosáhnout v nárazových testech plných pěti hvězd bude takřka nemožné. Pouhých dvanáct let poté vypadá situace tak, že za ochranu cestujících při čelním střetu získá čtyři nebo pět hvězd plných 97 % zkoušených automobilů.

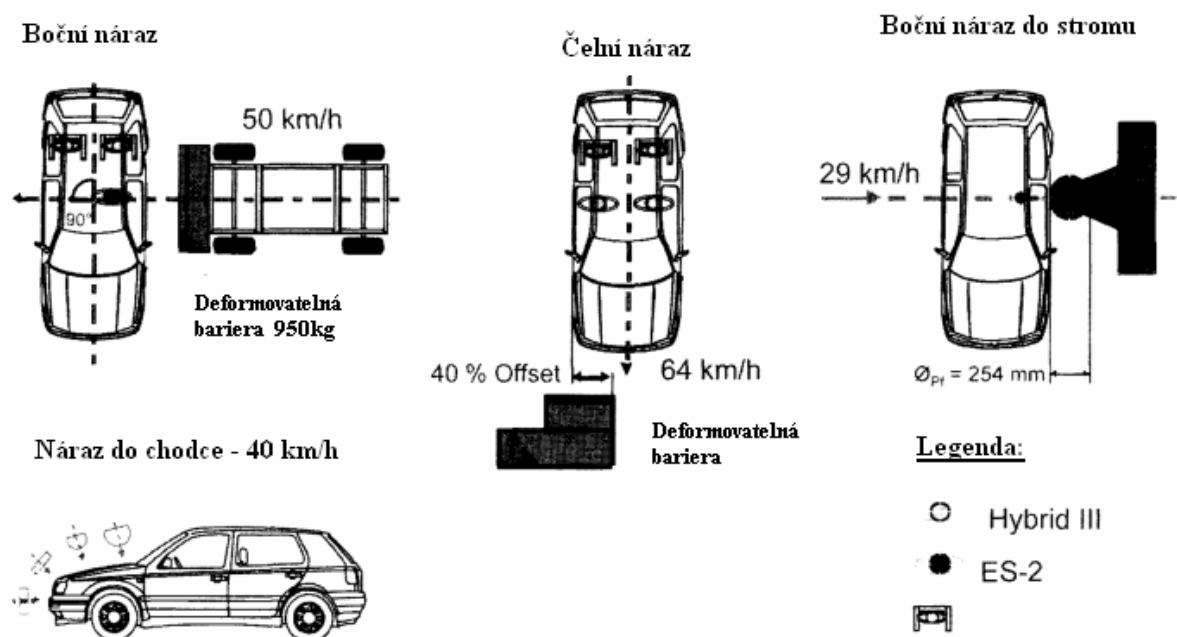


Obrázek 7: Srovnání nárazů dvou vozidel stejného typu, ale různého stáří

Zdroj: ADAC

S časovým odstupem lze konstatovat, že právě asociace EuroNCAP působí jako správný hnací element na automobilky. Získala totiž tak silnou reputaci, že se producenti osobních vozů snaží v jimi prováděných testech excelovat. Vzhledem k výborným výsledkům současných vozidel v současných testech je zaveden nový přísnější systém a proto od letošního roku proto bude pro automobilky daleko těžší získat plný počet hvězd. Jsou zde totiž stále oblasti, jež je podle názoru EuroNCAP třeba v bezpečnosti vozů výrazně zlepšit a hranice pro dobré hodnocení je posunuta, aby opět motivovala automobilky k posunům ve vývoji. Jedná se konkrétně například o bezpečnost chodců, protože se dosud žádnému vozu v této disciplíně nepodařilo dosáhnout plného počtu čtyř hvězd a průměr se ustálil na nelichotivých dvou hvězdách. [12]

Automobilky se snaží maximalizovat ochranu posádky při střetu s jiným vozidlem, což jde často na úkor právě bezpečnosti chodců. Nový systém hodnocení proto bude ve svém výsledku závislý na celkové bezpečnosti auta. Vůbec poprvé také budou při hodnocení brány v potaz elektronické asistenční systémy podvozku včetně ESP či ochrana krční páteře. Prováděné testy jsou znázorněny na obrázku 3. Novou disciplínou je hodnocení rizika poranění krční páteře (tzv. whiplash neck injury), které bylo zavedeno na konci roku 2008. Vyhodnocení spočívá v hodnocení geometrie sedadla a z dynamických testů. Podle prvních výsledků z těchto testů je potřeba u 80% vozidel tuto ochranu zlepšit. Nejlepších výsledků dosáhlo nové Volvo XC60.



Obrázek 8: schéma nárazových zkoušek prováděných EuroNCAP

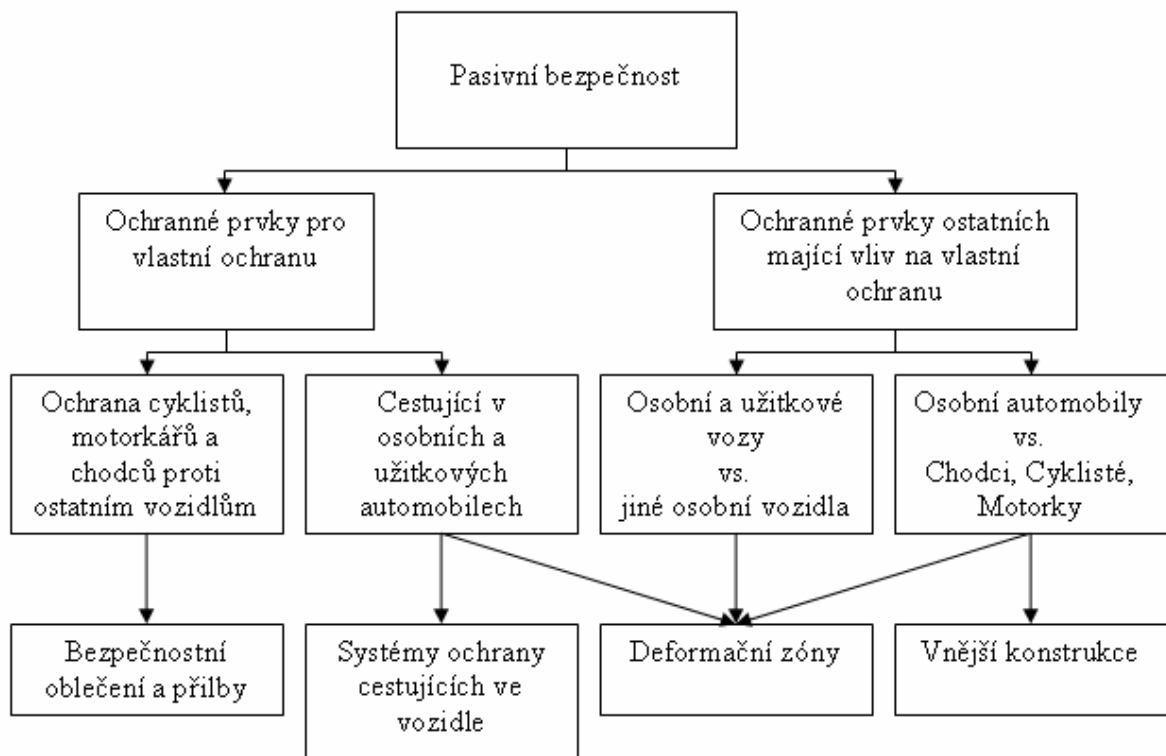
Zdroj[2]

### 1.3.4 Kompatibilita

Současně navrhovaná vozidla jsou projektována především na zvládnutí crash testů, jakým je například ten dle specifikace EuroNCAP. Jak bylo řečeno, tyto testy vycházejí z nejčastějších a zároveň nejzávažnějších typů nehod. Hodnocení probíhá pro každou kategorii vozidel zvlášť. V praxi se dle statistických údajů však málo kdy dojde ke střetu vozidel stejné kategorie a stáří. Například nákladní automobily kolidují odlišně podle všech myslitelných podmínek. Z hlediska hmotnosti tu máme škálu osobních vozidel s hmotností přibližně 520 až 2000 kg. Podobné rozdíly jsou rozdíly v deformačních strukturách, zejména v případech, kdy do sebe narážejí nestejně části vozidel. Zejména se jedná o zadní nárazy a o nejnebezpečnější náraz boční. Geometrie v kontaktních místech mají velký vliv na koncentraci deformační energie. Strategie projektů a opatření, která jsou schopná ovlivnit faktory pro kolize různých vozidel, lze shrnout pod pojem **kompatibilita** (= tolerance nehod). Pod pojem kompatibilita si lze představit:

- agresivita vzhledem k hmotnosti,
- agresivita vzhledem k tuhosti,
- agresivita vzhledem ke geometrii.

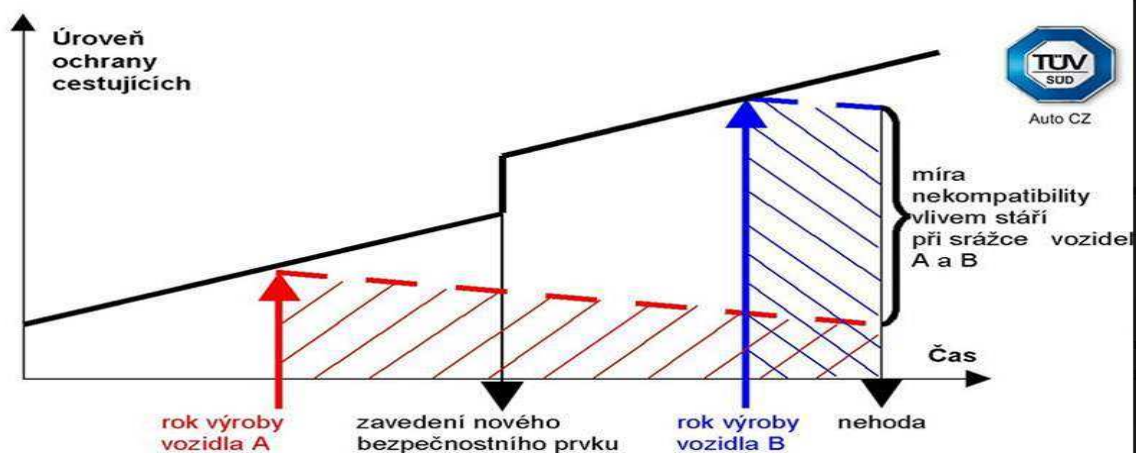
**Vlastní ochrana a ochrana ostatních účastníků** – z hlediska kompatibility lze bezpečnostní prvky rozdělit na dvě skupiny, první sloužící k vlastní ochraně a druhou sloužící k ochraně okolních účastníků. Vlastní ochrana zahrnuje bezpečnostní systémy v osobních automobilech a nákladních vozidlech (užitkových vozidlech) orientované na vlastní cestující. Ochranné oblečení a přilby jsou zaměřeny na vlastní ochranu externích účastníků provozu, například to jsou řidiči motorek a jízdních kol a stejně tak chodců. K opatřením v oblasti vzájemné ochrany může být například optimalizováno deformační chování přední struktury osobních automobilů nebo užitkových vozidel. Toto však má vzhledem k cestujícím v osobních automobilech naprosto protichůdné požadavky. V následující tabulce jsou zobrazeny obvyklá hlediska pasivní bezpečnosti s příklady a také přiřazení k dalším možnostem, které přináší pohled na dělení na vnitřní a vnější bezpečnost.



Obrázek 9: Rozdělení pasivní bezpečnosti z hlediska vlastní ochrany Zdroj: Autor

Velká nekompatibilita může však vznikat i u vozidel stejné kategorie a to díky rozdílnému roku výroby. Novější vozidla se mohou chovat vůči svým starším protějškům agresivněji například vzhledem k použití nových pevnějších materiálů, umístění výztuží nebo použitím rozdílných prvků vlastní ochrany.

Vliv roku výroby osobního automobilu na úroveň pasivní bezpečnosti



Obrázek 10: Vliv času na kompatibilitu bezpečnostních prvků vozidel Zdroj: TÜV SÜD

Zlom na černé čáře poskytované ochrany představuje okamžik zavedení nového prvku ochrany cestujících s výrazným účinkem (například airbag) do vyráběných vozidel. Úroveň



ochrany, kterou poskytuje vozidlo A během jeho používání vlivem stárnutí klesá (červená čárkovaná linka) stejně jako úroveň ochrany cestujících ve voze B (modrá čárkovaná linka). Lze ale předpokládat, že červená linka klesá strměji než linka modrá, novější vůz stárne vzhledem k použití nových technologií při jeho výrobě pomaleji než vůz starý. V okamžiku nehody potom disponují vozidla A a B rozdílnou schopností ochránit cestující uvnitř z hlediska pasivní bezpečnosti. Pro případ, že dojde ke srážce takových vozidel, lze míru nekompatibility vlivem stárání charakterizovat rozdílem úrovní poskytnuté ochrany v obou vozidlech.[12]

#### **1.4. Prvky pasivní bezpečnosti**

Na počátku technologického vývoje byly bezpečnostní odpovědi na dříve vznesené požadavky na zamezení dopadu těla na vnitřní pevné části interiéru vozidla, následovalo zaoblení hran a i limit posunutí pro vniknutí volantu do interiéru při nárazu. Dalším vývojovým stupněm bezpečnostní technologie se stal airbag. Zpočátku byl na tento systém v USA kladen požadavek plnohodnotného náhradníka bezpečnostních pásů (moduly airbagů s prvními elektromechanickými snímači), toto se však neosvědčilo a nyní vystupuje jako doplněk k tříbodovému pásu. S dalším rozvojem přišel boční airbag na předních sedadlech, později doplněné o hlavové a o rozšíření i na zadní sedadla. Všechny tyto systémy byly vyvíjeny s ohledem na bezpečnost vlastních cestujících. Dalším krokem byl vývoj vyznačující se rozšířením ochranných opatření směrem k externím uživatelům, zejména chodců. To je doprovázeno poptávkou po senzorech pro včasné rozpoznání nehody a však ochrana chodců je stále omezena na kontaktní čidla. V současnosti je velmi dynamický vývoj v oblasti Pre-Crash sensorů pro detekci blížící se nehody, kdy jsou k dispozici informace z různých bezpečnostních prvků, jako jsou ABS (protiblokovácí brzdový systém) a ESP (elektronický program stability), ale také nových snímačů infračerveného spektra, radarů i digitálních fotoaparátů používaných k varování a pro asistenční systémy. V tomto smyslu s PreSafe systémem splnil Mercedes-Benz průkopnickou úlohu a jako první uvedl tento systém do sériové výroby. Tyto systémy mají zlepšit ochranu cestujících již v přednehodové fázi a samozřejmě i během srážky: dříve samostatné systémy aktivní a pasivní bezpečnosti jsou propojeny tak, aby na základě dat o vozidle vyhodnotily stávající informace a řídicí jednotka propojující tyto systémy navrhla strategii pro poskytnutí nejvyšší možné bezpečnosti a o aktivaci vhodných bezpečnostních systémů. Další úvahy jsou zaměřeny na řidiče v nebezpečných situacích, včasné varování a zajištění možnosti manévrovat

s vozidlem bez zásahu řidiče tak, aby nedošlo k nehodě, nebo alespoň při nevyhnutelné srážce se snížila závažnost nehody.

### **1.4.1. Karoserie**

Karoserie je část vozidla, určená k přepravě osob a nákladu a k jejich ochraně před nepříznivými vnějšími vlivy. Zajišťuje komfort a především i ochranu při dopravních nehodách.

Karoserie má dva zásadní úkoly: Za prvé, musí mít v prostoru pro cestující dostatečně vysokou tuhost, která v případě nehody zajistí prostor na přežití pro cestující, ale také i dostatečnou pevnost pro ukotvení zádržných systémů, sedaček a dalších komponentů. Na druhé straně musí poskytnout v deformačních zónách určitý stupeň deformace v předem naprogramovaných úsecích a při kolizi tak přeměnit kinetickou energii na deformační. V moderní konstrukci je karoserie rozdělena do zón, z nichž každá plní v průběhu procesu deformace odlišnou roli. Vnější zóny jsou odpovědné za většinu deformací. Čím více se síly vznikající při kolizi přibližují prostoru pro cestující, tím méně se materiál deformuje.

Aby bylo zajištěno, že každá zóna bude mít odpovídající vlastnosti, jsou v různých konstrukcích použity čtyři různé druhy oceli. Kromě běžné karosářské oceli jsou použity tři různé druhy vysokopevnostní oceli: vysokopevnostní ocel, extra-vysokopevnostní ocel a ultra-vysokopevnostní ocel.

Díky systému rozdělení do zón lze na maximum využít vlastností každého materiálu tak, aby bylo možné zajistit nejlepší možnou absorpci energie. Cílem je, aby byl prostor pro cestující při různých scénářích kolizí odpovídajícím způsobem ochráněn.

#### **1. Zóna pro deformace v nízkých rychlostech**

Přední nárazník je upevněn na příčnicku vyrobeném například z hliníku. Upevnění tohoto příčnicku na podélných nosnících karosérie bývá zkonstruováno jako deformovatelný prvek. Tyto deformovatelné prvky pomáhají absorbovat síly vzniklé při nárazech v malé rychlosti, aniž by přitom došlo k poškození hlavní konstrukce karosérie.

#### **2. Zóna pro deformace ve vysokých rychlostech**

Přímé části podélných prvků jsou vyrobeny z vysokopevnostní oceli, což je vysoce odolný druh oceli optimalizovaný pro vysokou absorpci energie. Tato zóna zajišťuje maximum deformací.

#### **3. Záložní zóna**

Nosníky stáčeující se směrem k A-sloupkům slouží jako bariéra chránící prostor pro cestující a také jako záložní zóna pro případné další zmenšení deformací. Jejich tvar navíc pomáhá minimalizovat riziko průniku předních kol do prostoru pro cestující. Namísto toho kolo pomáhá při pohlcování sil vzniklých při kolizi. Tato sekce je velmi robustní a je vyrobena z extra-vysokopevnostní oceli. [8]



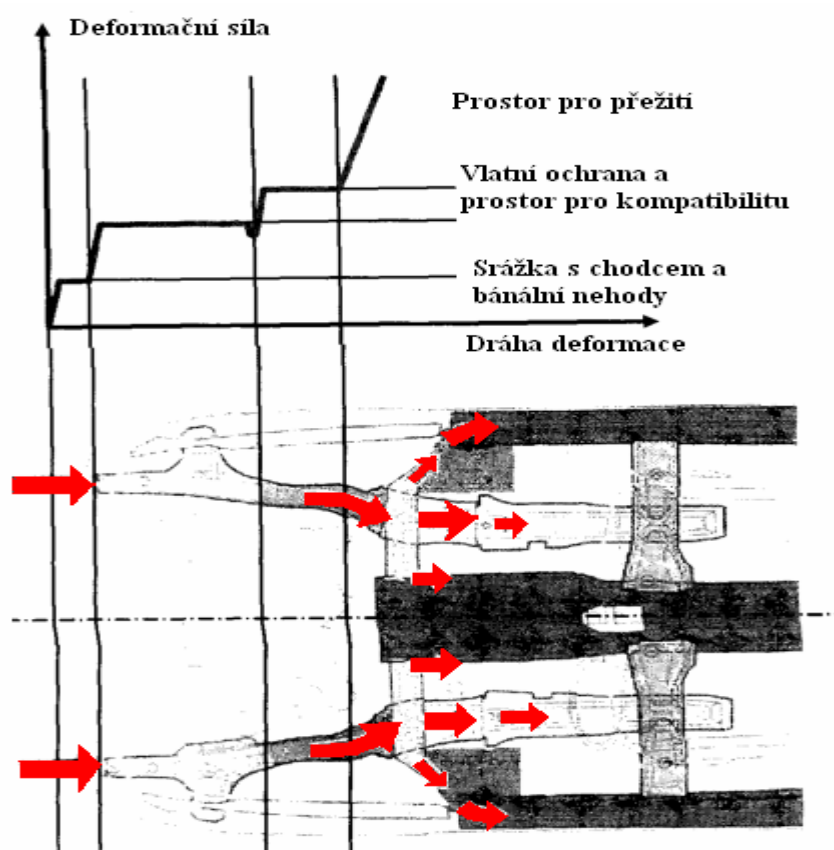
Obrázek 11: Karoserie konvenční konstrukce Zdroj: [15]



Obrázek 12: Karoserie zohledňující bezpečnostní kompatibilitu Zdroj: [15]

Na obrázku (Obrázek 12) jsou znázorněny dva přístupy stavby karoserie vzhledem ke kompatibilitě. Konvenční karoserie odvádí kolem 75% deformační energie podlahou a středovým tunelem. Tímto vzniká nebezpečí koncentrace této energie do jednoho místa a může tak dojít k fatálnímu zhroucení konstrukce. Karoserie konstruovaná s ohledem na kompatibilitu má systém vyztužení takový, že je schopen zachytit

náraz jakéhokoliv vozidla. Například při srážce malého vozu s touto strukturou s velkým vozem dojde ke kontaktu výztuží malého vozu s výztužemi velkého. Deformační energie je rovnoměrně odvedena mimo prostor cestujících s vyšším využitím A sloupků. U konvenční karoserie by velké vozidlo narazilo pravděpodobně svými výztužemi až nad deformační zóny malého vozidla a bude se chovat velmi agresivně nejen z hlediska hmotnosti, ale i z hlediska tuhostí ve stykových částech.



Obrázek 13: Rozložení deformačních sil v karoserii a rozložení tuhosti Zdroj: [2]

## Boční náraz

Při bočním nárazu je pro pasažéry zvlášť vysoké riziko úrazu, díky velmi nízké vzdálenosti mezi dveřmi a cestujícími. Zatímco cestující v případě čelního nárazu je zachycen zádržnými systémy a poté má na zpomalení vlastního těla relativně velkou dráhu, při bočním nárazu řidič či spolujezdec jsou vrhnuti do boku skoro stejnou rychlostí, jaké má kolizní vozidlo. Vzniká tak zde vysoké riziko poranění cestujících. Pro zvýšení pevnosti v této oblasti se používají robustní dveřní závěsy a zámky, velké zesílené prahy, rámy dveří a ocelové výztuhy ve dveřích. Experimenty bylo zjištěno že ani extrémní zesílení v těchto partiích nepřineslo velké zlepšení k ochraně při bočním nárazu. Jak velký problém boční náraz je, dokresluje následující crashtest.

## Zkouška – boční střet, vozidlo B stojící šikmo

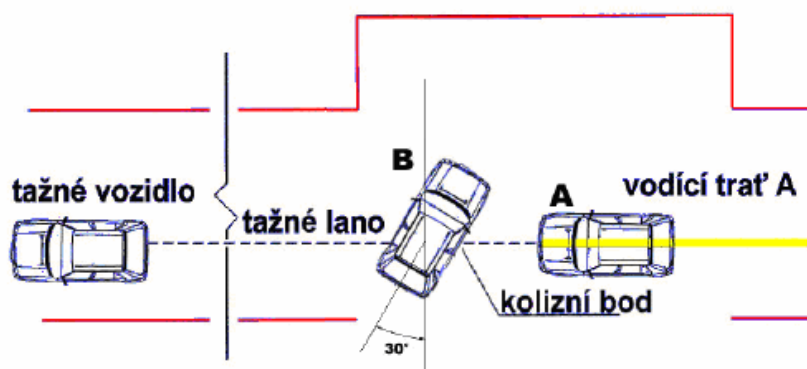
- kolizní rychlost vozidla  $50 \pm 2$  km/h. Kinetická energie 90,2 kJ.

- vozidla obsazena zkušebními figurínami takto:

- vozidlo A (Škoda Felicia) neobsazeno
- vozidlo B (Škoda Felicia) Manikin na místě spolujezdce.

Snímané veličiny na figurínách: Manikin na místě spolujezdce vozidla B – tříosý akcelerometr v hlavě

Boční střet jedoucího automobilu do boku šikmo stojícího automobilu. Konfigurace objektů podle ISO 6813



– Způsob provedení zkoušky – boční střet, vozidlo B stojící šikmo

Obrázek 14: Rozmístění vozidel pro boční střet Zdroj [7]

Tabulka č.1 – průběh střetu – boční náraz – figurína [7]

Průběh střetu – figurína MANIKIN	
spolujezdec B	čas [ms]
První kontakt vozidel	000
Počátek pohybu figuríny	010
Figurína naráží hlavou do okénka pravých předních dveří	038-046
Figurína je odhozena na sedadlo řidiče a dostává se mimo záběr rychlokamery	180

Tabulka č.2 – průběh střetu – boční náraz – vozidlo [7]

<b>Průběh střetu – vozidlo</b>		
	<b>Voz. A čas [ms]</b>	<b>Voz. B čas [ms]</b>
První kontakt vozidel	000	000
Deformace nárazníku, masky a pravého světla, narážející vozidlo (vozidlo A) sklouzává od A sloupku na dveřích spolujezdce vozidla B a zad' vozidla se natáčí	000-022	-
Počátek deformace dveří spolujezdce	-	004
Počátek pohybu automobilu	-	014
Vyrovnaní rychlostí kolidujících vozidel	026	026
Vozidlo se stáčí kolmo na směr narážejícího vozidla	-	000-116
Konečná poloha vozidel	2300	2300

Zdroj: [7]

Tabulka č.3 – Naměřené hodnoty zrychlení na hlavě [7]

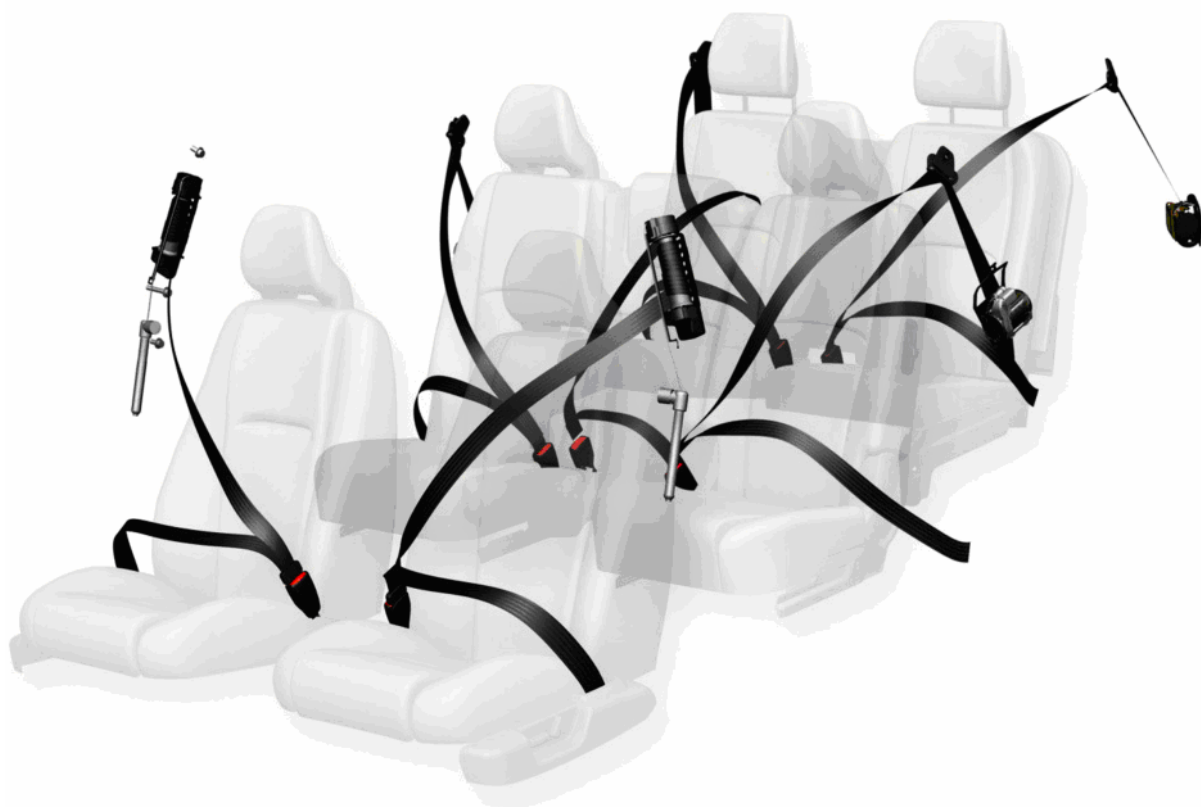
HPC36	HPC15
2059	3201

Zjištěné hodnoty překračují kriteriální hodnotu přežití (HPC = 1000). Na tomto testu je v porovnání s následujícím vidět, jak krátké časy a tedy i dráhy dělí člověka od nárazu do interiéru vozidla. Ochrana je tedy pro tento druh nárazu velmi složitá.

### 1.4.2. Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pás je nyní veden v rámci bezpečnosti vozidel jako prvořadý zádržný prvek. Tříbodový bezpečnostní pás je nejdůležitějším ze všech bezpečnostních prvků ve 120-leté historii automobilismu. Ve druhé polovině 50. let minulého století byla vyvinuta celá řada řešení, která měla společný cíl - předejít při nehodě nárazu těla cestujícího do součástí interiéru vozidla či zmírnit závažnost následků takového nárazu. Mezi tato řešení patřil i dvoubodový bezpečnostní pás na předních sedadlech. Již od roku 1957 byly vozy Volvo standardně vybavovány dvoubodovými bezpečnostními pásy, avšak diagonální pás neměl potřebný potenciál pro vytvoření bezpečného řešení. Důvodem bylo to, že přezka pásu byla umístěna ve výšce hrudního koše cestujícího. V této pozici přezka způsobovala poranění měkkých tělesných orgánů, namísto aby je chránila. Dalším nebezpečím bylo podklouznutí pod pásem a vznikalo nebezpečí poranění páteře, špatné uchycení také mělo za následek zranění pánve. S touto reputací byl pás dlouho zavrhován, až do doby kdy

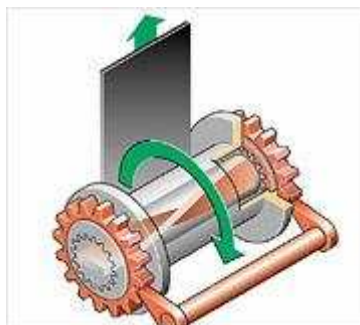
na scénu přišel třibodový bezpečnostní pás, v podstatě takový, jak ho známe i dnes. Na následujícím obrázku (Obrázek 15) je vidět nejmodernější systém pásů v dnešních automobilech. Třibodové pásy jsou osazeny na všech místech ve vozidle, přední pásy jsou vybaveny navíc napínači pásů. Dosud se tyto napínače dělaly jako pyrotechnické, tedy po odpálení malé náložky došlo k napnutí pásu a tím se zajišťuje jeho optimální kontakt s tělem a zároveň tělo stabilizoval ve vhodné poloze pro náraz. Systém zobrazený na obrázku (Obrázek 15) má již napínače nepyrotechnické, tedy nedestruktivní schopné vícenásobné aktivace. Tento požadavek byl vznesen spolu s nástupem pre-crash systémů předpovídající nehody, tyto systémy však mohou vyvolat i falešné poplachy a není žádoucí aby při každém takovém zásahu byl pás zničen.



Obrázek 15: Moderní systém bezpečnostních pásů

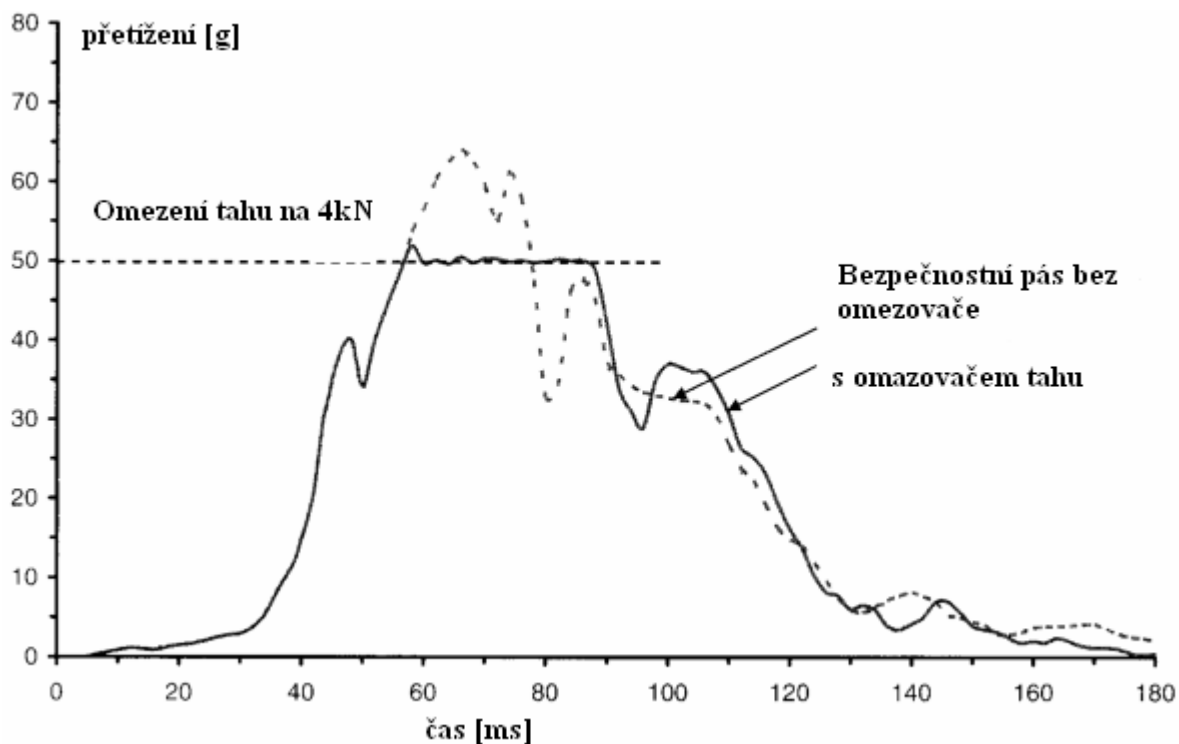
Zdroj: [8]

**Omezovač tahu bezpečnostních pásů** – dalším prvkem kterým jsou pásy vybaveny je omezovač tahu. Tento systém v případě nehody ve spolupráci s airbagem omezuje riziko spojené s příliš rychlým zpomalením těla. K dosažení tohoto efektu se zdeformuje torzní tyč v navíjecím mechanismu pásu. Systém tak uvolní bezpečnostní pás na předem danou úroveň síly. Maximální síla vyvinutá ramenním pásem se tak sníží, cestující jsou pásem a airbagem zachyceni jemněji. [14]



Obrázek 16: Omezovač tahu Zdroj: [14]

Na následujícím obrázku (Obrázek 17) je vidět průběh nehody z hlediska snímače zrychlení v hrudníku na testovací figuríně. Zřetelně je vidět zásah omezovače tahu a předejití tak možnosti zranění způsobené přetížením.



Obrázek 17: Průběh přetížení testovací figuríny v závislosti na čase po nárazu Zdroj [2]

V nejnovějším modelu firmy Volvo se objevil pre-crash systém využívajícím laserové čidlo pro sledování dění před vozidlem. Díky dodatečným informacím poskytovaným laserovým čidlem řídicí jednotka pasivních zádržných systémů nastaví adaptivní omezovače tahu bezpečnostních pásů podle závažnosti kolize. Pokud jde o snížení závažnosti poranění, může být díky tomuto řešení potenciál adaptivního omezovače tahu bezpečnostních pásů plně využit.



### 1.4.3. Opěrky hlavy

Opěrka hlavy je také důležitým prvkem v oblasti pasivní ochrany. Chrání hlavu a především krk pro případy zadního nárazu ale i čelního nárazu. Systém opěrek hlavy byl nyní nově zařazen na seznam testů EuroNCAP, takže lze očekávat v nejbližších letech jejich velký rozvoj. Nejlépe v testech dopadl systém WHIPS automobilky Volvo, který je krátce popsán v následujícím odstavci.

U řady modelů cestujícím stále hrozí takzvaný Whiplash Syndrom, neboli syndrom švihnutí bičem. Ten je důsledkem rozdílných rychlostí pohybu hlavy a trupu - nejčastěji je jím zasažena krční páteř. Název syndromu přesně vystihuje pohyb těla po zadním nárazu. To nejprve udělá prudký pohyb směrem vzad a následně vyrazí směrem kupředu. Postižení si pak často stěžují na bolesti hlavy nebo zad, mohou ale trpět i dalšími problémy - od závratí až po nesnesitelný pískot v uších. Poranění hrozí zvláště tehdy, pokud jsou hlava a trup příliš vzdáleny od opěradla. Platí přitom přímá úměra - čím delší dráhu urazí tělo při pohybu směrem vzad, o to intenzivněji je pak vrženo kupředu. Ideálu se tedy přibližují sedadla, která svou konstrukcí pohyb vzad omezují, případně jej navíc změkčují. Někdy k úspěšnému potlačení problému stačí jen jejich vhodné tvarování. Sedadlo s opěrkou hlavy tvoří u Volva jeden celek, jenž se během nehody mírně posune vzad a tím částečně absorbuje nárazovou energii. Integrované opěrky, které se u Volva přizpůsobí různě vysokým postavám, navíc snižují riziko špatného nastavení. [10]

WHIPS - Whiplash Protection System



Obrázek 18: Systém WHIPS firmy Volvo

Zdroj: [8]

#### 1.4.4. Airbag

Vývoj airbagu začal v USA jako náhrada bezpečnostních pásů, které odmítali Američané používat. V principu jde o nafukovací vak, který se aktivuje při nárazu přesahující určitou hodnotu zpoždění. Airbag se musí naplnit v čase kratším, než který odpovídá pohybu těla od opěradla k přední straně vaku v nafouknutém stavu, což má na metodu plnění airbagu velké nároky. Klasické plnění stlačeným plynem je nedostačující, proto se používá speciální pyrotechnická patrona s látkou, která při zapálení vyvíjí obrovské množství plynu za nezvykle krátkou dobu.

Airbag je v klidu složen do velmi malého objemu a umísťuje se např. do středu volantu a do palubní desky před spolujezdce. Při nárazu vozidla elektronika příslušná řízení airbagu vyhodnotí zpomalení a pokud přesáhne kritickou hodnotu (většinou náraz nad 20km/h), zapálí pyropatronu, jejíž obsah bleskově nafoukne airbag, do kterého potom naráží tělo chráněné osoby.

Nafouknutí airbagu za tak krátký čas s sebou nese silný akustický projev. Nafouknutý airbag by při určité deformaci kabiny mohl způsobit zablokování těla v nepřírozené poloze, případně i jeho udušení, ale hlavně by fungoval jako vzduchová pružina, která vymrští tělo zpět do opěradla a tím zvýší přetížení. Proto se ihned po nafouknutí aktivuje vypouštěcí ventil, přes který uniká plyn z airbagu ven. Airbag se přestane chovat jakou pneumatická pružina prakticky okamžitě. Přesto však dochází při kolizi k významnému pohybu vzad, toto klade zvýšené nároky na opěrky hlavy.

Plyn není toxický, nehrozí tedy otrava posádky. Dnešní airbagy mají odpouštění plynu řízeno dvoufázově, nejprve se vypustí jen část a teprve za delší čas úplně. [16]



**Obrázek 19: Systém airbagů v moderním vozidle**

**Zdroj: ToyotaPressCentrum**

Nelze jej použít opětovně, po opravě vozidla se montuje vždy nový. Je to dáno tím, že je obtížně proveditelné složit již jednou aktivovaný vak do přesně stejného tvaru a tím hrozí jeho selhání (změna tvaru při nafukování, časové opoždění), či roztržení při opětovném nafukování.

Airbasy se začaly používat nejdříve u předních sedadel, nyní je zcela běžné používání airbagu bočního, záclonového, kolenního. [16]

**Boční airbasy** - boční airbag byl poprvé zaveden do sériové výroby firmou Volvo jako prostředek ke snížení četnosti a závažnosti poranění hlavy a hrudníku při bočním nárazu. Příčinou asi 47% smrtelných poranění při bočním nárazu je kontakt člověka s deformujícím se bokem vozu a kontakt s pronikajícím tělesem (kapota druhé vozu, strom apod.). Dalším zdrojem zranění bývá srážka se spolujezdcem, nejsou-li osoby ve voze připoutáni. Zpočátku vývoje bylo předpokládáno, že vzhledem k velmi krátké vzdálenosti a tedy nutné velmi rychlé reakce airbagu, bude potřeba boční střet předvídat a nafukovat tak vaky s předstihem. Vývoj v oblasti cash snímačů však přinesl snímače reagující pod 5ms, což již dostačuje pro rychlé rozvinutí airbagu. Boční airbag je nejčastěji umístěn do opěradla sedadla. Tento typ airbagů chrání především bok cestujícího, pro oblast hlavy se ukázalo toto řešení jako problematické, protože při větším nárazu dojde k rozbití okénka a tento airbag se neměl o co zapřít. Proto přišel na řadu nový druh airbagů umístěných ve střeše vozu nafukující se směrem dolů po celé délce vozidla a chrání tedy i cestující na zadních sedadlech. Novinkou

v oblasti airbagů je airbag vyvinutý firmou toyota. Tento airbag se nafukuje v místech pátého sedadla a brání tak vzájemnému kontaktu spolucestujících.



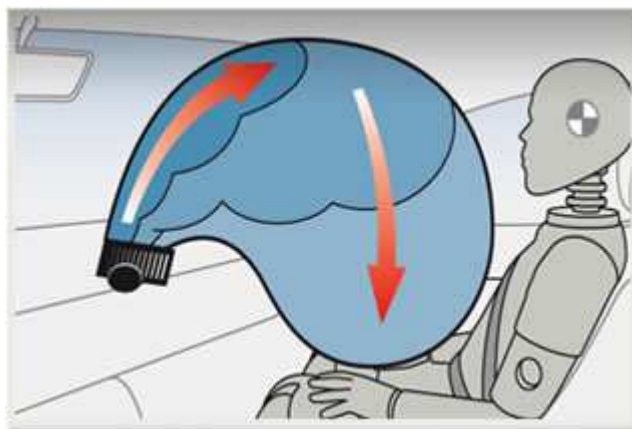
**Obrázek 20: Nový airbag pro zadní sedadla      Zdroj: ToyotaPressCentrum**

Osazení airbagy v počtech 8-11 bude zcela běžné i pro segment malých vozů. U airbagů rozlišujeme provedení pro USA, a pro Evropu se zbytkem světa. Americké mají větší objem z důvodu nepoužívání bezpečnostních pásů (ačkoli jsou jimi všechna americká vozidla vybavována), kdy musí zachytit větší síly. Evropské provedení je objemově asi o třetinu menší, protože se používají výhradně v součinnosti s bezpečnostními pásy, které velkou část zatížení zachytí. Airbagy v Evropě slouží hlavně pro ochranu hlavy a hrudníku před nárazem do pevných překážek (volant, palubní deska, čelní sklo). Airbagy mají omezenou životnost, musí se po určité době vyměnit bez ohledu na to, jestli se někdy aktivovaly. Většinou se jedná o dobu mezi 10 a 15-ti lety, hodnotu udává výrobce vozidla. [16]

### **Zranění způsobená airbagy**

Airbagy nejenom zamezují vážným zraněním, ale mohou také zranění způsobovat. K obvykle lehkým zraněním, ale bohužel i k těžkým zraněním či smrtelným u dospělých osob dochází během aktivace airbagu, především pokud pasažéři nejsou připoutáni bezpečnostním pásem, a sedí proto nakloněni příliš dopředu nebo v případě určitých kompozic nárazů se dostane do prostoru airbagu příliš rychle. Airbag může splnit svou úlohu pouze, pokud tělo dopadne do již vyfukujícího se vaku. V opačném případě nafukující se airbag působí jako zesilovač nárazu. V extrémních případech toto vede ke zlomení vazů. V nevhodné pozici se nacházejí především spolujezdci, řidič nemá až tolik prostoru pro nevhodný

posaz za volantem. Tomuto se přizpůsobila i konstrukce airbagů na místě spolujezdce. Airbag se již nenafukuje přímo proti tělu, ale jak je znázorněné na obrázku níže, nafukuje se směrem od shora dolů. Ukázalo se také, že bylo airbagem usmrceno velké množství dětí. Jednalo se především o děti nižšího věku usazené na předním sedadle v dětských sedačkách proti směru jízdy.



Obrázek 21: Bezpečné nafukování airbagu Zdroj: ToyotaPressCentrum

#### 1.4.5. Kolize automobil – bariéra I, čelní střet

Na tomto testu lze demonstrovat důležitost airbagu v dnešních moderních vozidlech.

Jednalo se o čelní střet jedoucího automobilu kategorie M1 s pevnou bariérou při plném překrytí. Bariéra pevná, hmotnost 25 000 kg, materiál kolizní plochy beton, složení nehomogenní.

- kolizní rychlost vozidla 50,8 km/h, kinetická energie 120,1 kJ
- vozidlo (Škoda Fabia) obsazeno zkušebními figurínami takto:

- Hybrid II na místě řidiče.
- Manikin na místě spolujezdce.

Snímané veličiny na figurínách:

- Hybrid II na místě řidiče – tříosý akcelerometr v hlavě.
- Manikin na místě spolujezdce – tříosý akcelerometr v hlavě.

Tabulka č.4 – průběh střetu – čelní náraz – figuríny [7]

<b>Průběh střetu – figuríny</b>		
	<b>Figurína MANIKIN řidič A</b>	<b>Figurína MANIKIN řidič B</b>
	<b>čas [ms]</b>	<b>čas [ms]</b>
První kontakt s bariérou	000	000
První pohyb způsobený nárazem (dopředný)	025	025
První kontakt řidiče s airbagem	047	-
Stálý kontakt hlavy s airbagem	179	-
Maximální výchylka hlavy figuríny	092	096
Zpětný pohyb figuríny	092-303	096-330
Kontakt hlavy s opěrkou sedadla	229	193
Druhý pohyb způsobený odrazem od sedadla (dopředný)	310	335
Konečná poloha figurín	840	580

Tabulka č.5 – průběh střetu – čelní náraz – vozidlo [7]

<b>Průběh střetu – vozidlo/bariéra</b>		
	<b>Vozidlo A</b>	<b>Bariéra</b>
	<b>čas [ms]</b>	<b>čas [ms]</b>
První kontakt s bariérou	000	000
Deformace nárazníku a masky	000-008	-
Počátek deformace kapoty, blatníku a světel	010	-
Kontakt tuhé struktury s bariérou	055	-
Pozorován začátek pohybu bariéry	-	078
Pozorován konec pohybu bariéry	-	169
Pozorován konec zpětného pohybu	580	-
Pozorován začátek druhého dopředného pohybu	620	-
Konečná poloha vozidla a bariéry	1000	357
Podélná rychlost vozidla	V = 0 m/s - 061	

Tabulka č.6 – Zrychlení na hlavě figurín [7]

<b>Zrychlení na hlavě figurín</b>	
<b>Figurína</b>	<b>HPC36</b>
Hybrid II	302,9
Manikin	4139,0

Deformace:

- celková okamžitá deformace (deformační zóna) je 0,447 m

### Stav vozidla po kolizi:

- prostor pro cestující:

- zadržné systémy: airbag na místě řidiče aktivován, bezpečnostní pásy: aktivované předepínače bezpečnostních pásu, pás řidiče bylo možno po koliziodvíjet z cívky, pás spolujezdce byl zablokovaný, pásy bylo možno uvolnit z kotevní přezky bez použití nástrojů, vysunutá operka hlavy spolujezdce (našesté pozici),
- palubní deska: deformace v oblasti víka odkládací schránky před spolujezdcem, deformace (proražení) v oblasti spínací skříňky od kolene řidiče, uvolněná mřížka výdechu ventilace na středovém panelu, nesouměr ve spárách jednotlivých plastových částí palubní desky, pootočené zpětné zrcátko na čelním skle,



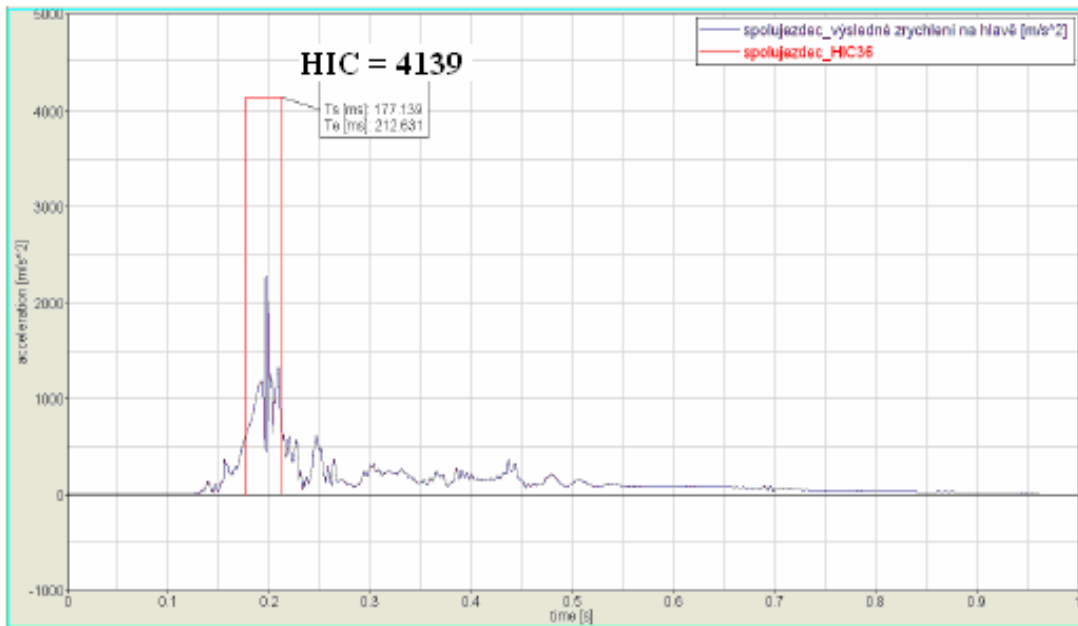
**Celková okamžitá deformace vozidla**

**Obrázek 22: Deformace vozidla**

**Zdroj: [7]**

Při vyhodnocení průběhu zrychlení (Obrázek 23 a 24) na hlavách testovacích figurín je vidět, že zatímco hlava řidiče a v podstatě jeho tělo je zpomalováno při nárazu díky airbagu šetrně bez kolize s pevnými součástmi interiéru, tak naopak u spolujezdce je patrný náraz hlavy do přístrojové desky. Toto by se s největší pravděpodobností v případě přítomnosti airbagu nestalo a airbag se tak jeví jako velmi vhodný doplněk k bezpečnostním pásům. V tomto testu je možno rozdíl mezi výsledky mezi životem a těžkým poraněním. Nutno zde dodat že toto je problém všeobecný týkající se naprosto všech vozidel, proto není vhodné při nákupu vozidel na bezpečnostní vybavě šetřit.

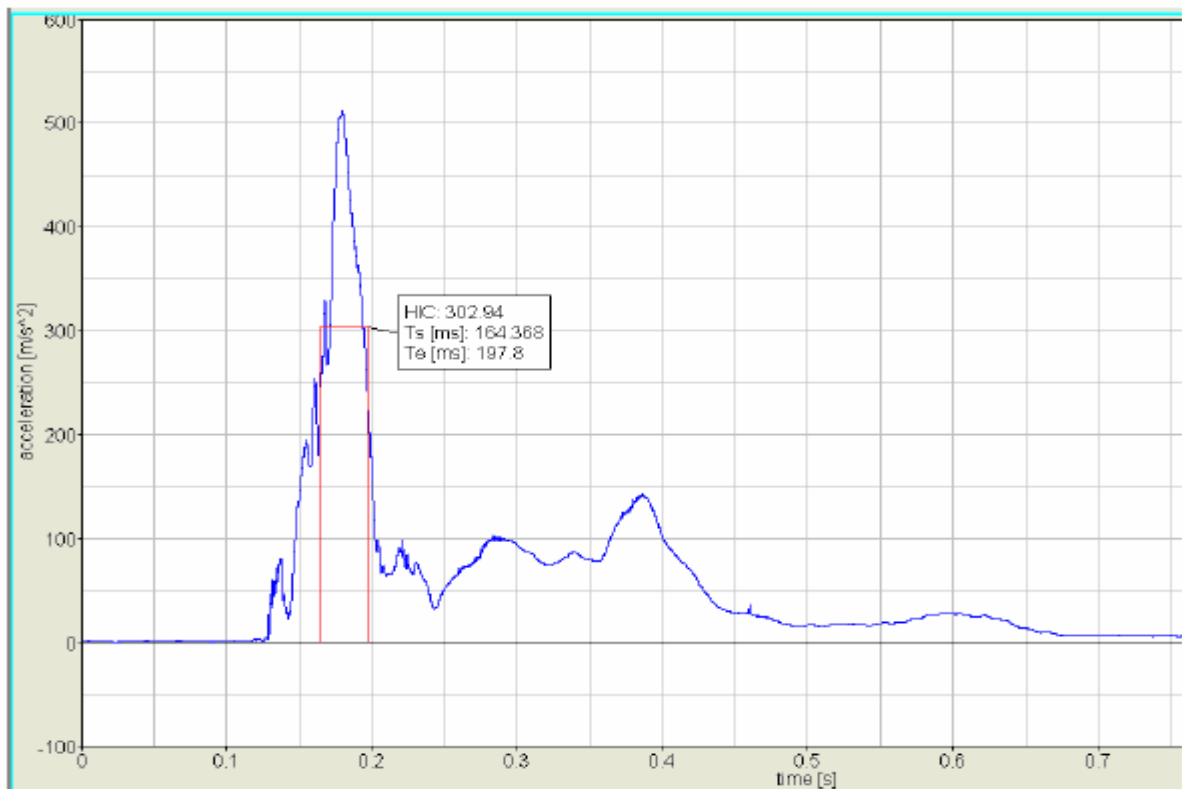
$HPC_{36} = 4139; T_1 = 177,14; T_2 = 221,63$



**Průběh celkového zrychlení (SAE 1000) v hlavě figuríny spolujezdce a kritérium poranění hlavy HIC**

Obrázek 23: Průběh celkového zrychlení v hlavě spolujezdce Zdroj: [7]

$HPC_{36} = 302,94;$



**Průběh celkového zrychlení (SAE 1000) v hlavě figuríny řidiče**

Obrázek 24: Průběh celkového zrychlení v hlavě spolujezdce Zdroj: [7]



## **1.5. Ochrana chodců a cyklistů**

Účelem těchto systémů je, jak již název napovídá, ochrana chodců a cyklistů jakožto externích uživatelů silničního provozu vůči osobním automobilům. Jakožto u všech bezpečnostních systémů i zde jde o snahu snížit riziko, či alespoň závažnost poranění. Tento typ nárazu využívá naplno koncept kompatibility a vzájemných prvků ochrany jednotlivých účastníků nehody. Vzhledem k nulové vlastní ochraně se chodec musí plně spolehnout na bezpečnostní prvky vozidla.

V současné době se v sériové výrobě či do sériové výroby připravující nacházejí 3 systémy ochrany chodců. Jsou jimi aktivní spoiler, aktivní kapota a airbasy. Tyto systémy se sdružují pod systémem nesoucím název Electronic Pedestrian Protection - EPP. EPP se skládá z čidel zrychlení v čelní části automobilu, které jsou již řadu let používány pro rozpoznávání nárazů, a z řídicí jednotky spouštějící akční členy. Ty během zlomku sekundy nadzvednou kapotu motoru a vytvoří dostatečnou deformační zónu, čímž se riziko zranění snižuje. Tento systém je možné doplnit již zmíněnými airbasy a aktivním spoilerem. Airbasy mají za cíl snížit riziko zranění při kontaktu s A sloupky a čelním sklem. Tyto prvky jsou v rámci vlastní ochrany vozu konstruovány co nejužší. Jako nejsnadnější ochrana se proto jeví tyto části vozu pokryt měkkým povrchem tlumícím případný náraz chodce společně s novými prvky precrash systému. Předpoklad pro správnou funkci těchto systémů je správné rozpoznání typu kolize. Je potřeba rozlišit srážku například s nákupním vozíkem a lidským tělem, aby nedocházelo ke zbytečné aktivaci či naopak aby docházelo k oprávněné aktivaci při střetu s chodcem. V tomto směru se uplatní nyní vyvíjený a koncem roku do sériové výroby uvedený precrash systém firmy Volvo, umějící již na dálku rozpoznat chodce s nímž hrozí střet. [8]



Obrázek 25: Náraz chodce do vozidla Zdroj: [8]

## **1.6. Demontrace vývoje pasivní bezpečnosti**

### **Vozidlo Škoda 120**

- identifikační číslo VIN: TMB10M00LH3508789
- rok výroby 1988
- osazení zkušebními figurínami:
  - na místě řidiče: Manikin
  - na místě spolujezdce: Manikin
- motor v chodu, volnoběžné otáčky
- nebrzděno
- zádržné systémy: bezpečnostní pásy tříbodové, opěrky hlavy, bez airbagu
- stupeň koroze odpovídající délce provozu v běžných podmínkách
- hmotnost soustavy:  $875\text{kg} + 72,5\text{kg} + 72,5\text{kg} = 1020\text{kg}$
- rychlost soustavy: 48km/h
- kinetická energie soustavy: 90,6kJ
- stupeň překrytí vozidlo/bariéra: 30%

### **Vozidlo Renault 5 GTD**

- osazení zkušebními figurínami:
  - na místě řidiče: Manikin
  - na místě za řidičem dětský zádržný systém s figurínou P3 - motor nefunkční
- nebrzděno
- zádržné systémy:

- na místě řidiče tříbodový bezpečnostní pás (samonavíjecí)
  - za řidičem tříbodový bezpečnostní pás
- ostatní dle technických podmínek výrobce
- hmotnost 830kg

Tabulka č.7 – průběh střetu – čelní náraz 2 – figuríny [7]

Popis děje	Figurína MANIKIN (Renault5)	Figurína MANIKIN (Škoda 120)
	čas [ms]	čas [ms]
První kontakt s barierou	000	000
První pohyb způsobený nárazem	019	042
První kontakt řidiče s volantem	088	082
Stálý kontakt hlavy s volantem	088 - 127	-
Kontakt hlavy se sloupkem řízení	-	104
Maximální výchylka hlavy figuríny	106	-
Zpětný pohyb figuríny	110 - 227	294
Kontakt hlavy s opěrkou sedadla	185	-
Druhý pohyb způsobený odrazem od sedadla (dopředný)	295	620
Konečná poloha figurín	1121	634

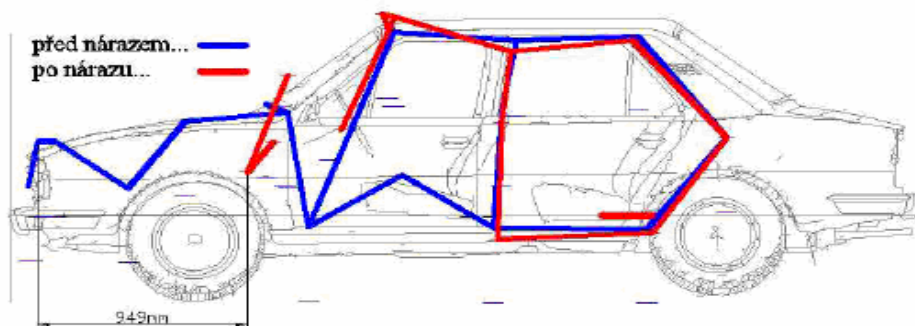
Tabulka č.8 – průběh střetu – čelní náraz 2 – vozidla [7]

Popis děje	Vozidlo – Renault 5 čas [ms]	Vozidlo – Škoda 120 čas [ms]
První kontakt s barierou	000	000
Deformace nárazníku a masky	000 - 006	008
Počátek deformace kapoty, blatníku a světel	007	014
Kontakt nosné struktury s barierou	014	-
Zastavení dopředného pohybu předního kola o bariéru a začátek deformace přední nápravy	-	038
Kolo začíná deformovat prostor pro cestující	-	048
Počátek deformace A-sloupku a střechy	021	076
Kontakt kola s barierou	026	050
Začátek deformace sloupku řízení	042	060
Podélná rychlost vozidla $v = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	073	-

Lámání střechy na úrovni „B“ sloupku	-	088
Ztráta kontaktu LZ kola s vozovkou	086	168
Pozorován počátek odskočení vozidla	097	-
Kolo maximálně zaražené v prostoru pro cestující	-	128
Počátek odskočení vozidla od bariery	219	-
Opětný kontakt LZ kola s vozovkou	495	200
Pozorován konec zpětného pohybu	615	-
Konečná poloha vozidla a bariery	1163	1412

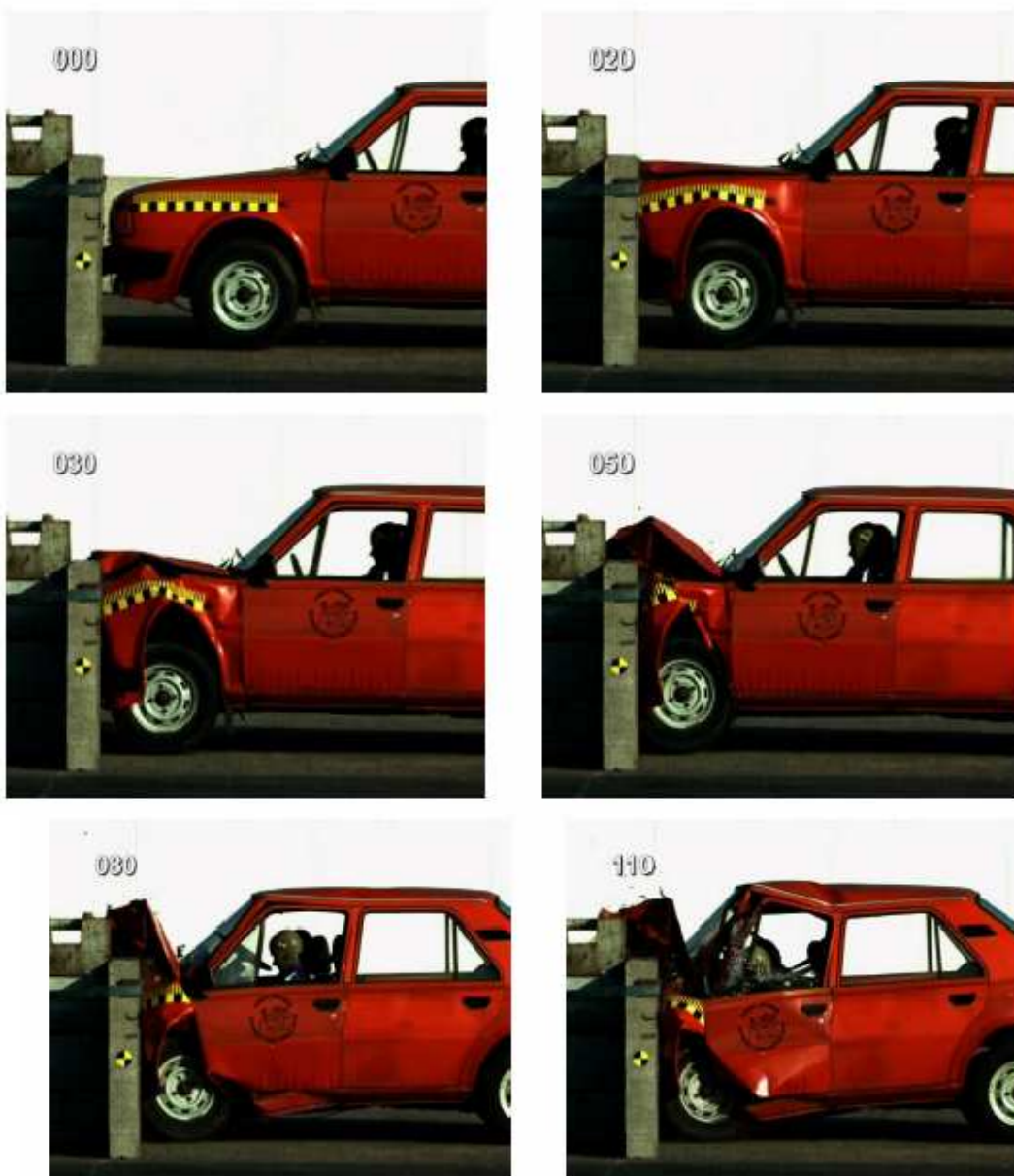
Na výsledku těchto dvou testů lze vidět a jasně demonstrovat rozdíl mezi zastaralou nedostatečnou ochranou cestujících pro případ nárazu s novějším vozidlem ( z pohledu dneška je i druhé vozidlo zastaralé ). Na následujících obrázcích je zobrazena karoserie zaměřená pomocí totální stanice (teodolit). Modrá barva značí polohy bodů na karoserii před nárazem a červená po nárazu. Celková deformace byla změřena na 949mm, což vzhledem k rychlosti 48km/h je velmi mnoho. Pro případ větší rychlosti se již nedá obejít bez velké deformace prostoru cestujících. Dle časového průběhu deformace a obrazového záznamu vyšlo najevo, že dokud se kolo vozidla nedostalo do kontaktu s prahem vozidla, nenastalo žádné zpomalení, jak karoserie, tak cestujících. Jak bylo popsáno v předešlých kapitolách, tento deformační prostor by měl být využit pro co nejjemnější zpomalení vozidla. Kolo narážející do podběhu zapříčinilo další problém pro cestující a to deformaci oblasti pedálů a může způsobit zaklínění nohou. Posledním závažným, detailem byl posun volantu do interiéru a následný úder do hlavy figuríny. V případě měření zrychlení na této figuríně by zde zcela jistě byla zjištěna velká hodnota HIC a riziko smrtelného zranění.

Škoda 120  
deformace:



Š120 - deformace vozidla změřená pomocí totální stanice

Obrázek 26: Deformace Š120 Zdroj: [7]



Obrázek 27: průběh nárazu Š120

Zdroj: [7]

Oproti tomu byl vůz Renault 5 daleko méně deformován, volant zaznamenal daleko menší pohyb a nepředstavoval tak vážné nebezpečí jako v případě vozidla Škoda 120.



Obrázek 28: porovnání deformací vozidel

Zdroj: Autor

Prostor pro přežití je u vozu Renault výrazně větší, propracovanější konstrukce karoserie zabránila fatálnímu zhroucení konstrukce na rozdíl od vozidla Škoda 120.

## 2. Aktivní bezpečnost

Zabránit vlastní nehodě, to je úkol pro prvky aktivní bezpečnosti. To vyplývá i z definice pojmu aktivní bezpečnost. Je-li brán v potaz pouze obor systémů samotného vozidla, lze do této skupiny zahrnout technické prvky, zařízení a vlastnosti vozu, které dokáží předejít nebo zabránit havárii. Pokud bych srovnal úroveň vývoje pasivní a aktivní bezpečnosti vozidla, dojdou k závěru že zatímco pasivní bezpečnost vozidla prodělala bouřlivý vývoj, aktivní bezpečnost na svou příležitost teprve čeká. A tak jak se vyvíjela za posledních 15 let pasivní bezpečnost, lze očekávat, že stejně tak se s vývojem výpočetní techniky začne rozvíjet i technika aktivní bezpečnosti. Jedním z hlavních impulzů rozvoje pasivní bezpečnosti je testování EuroNCAP. Na seznamu prvků na kterých je založeno hodnocení bezpečnosti těchto testů se v tomto roce poprvé objevil i prvek aktivní bezpečnosti. Toto může být pro automobilky opět podnět aby ve zvýšené míře začaly vyvíjet nové prvky.

Prvním a nejdůležitějším prvkem aktivní bezpečnosti jsou brzdy. Ovšem také současné nejmodernější elektronické systémy podvozku jsou již nepostradatelnou součástí pro řešení kritických situací. Vozy vybavené systémem ABS, brzdovým asistentem, protiskluzovými systémy (ASR, TC atd.) a systémy jízdní stability, jako je ESP a jeho u různých automobilek používané ekvivalenty, jsou z hlediska aktivní bezpečnosti výrazně před konkurenty bez těchto systémů. Statistiky z dopravních nehod a výsledky různých testů ukazují, že například ESP dokáže zabránit přibližně desetině všech nehod vozů s tímto systémem. Podobně je na tom ABS, brzdový asistent a ostatní protiskluzové systémy, kde je sice procento zabráněných nehod nižší, ale i tak je to z hlediska dalších následků zajímavé číslo.

Prvky aktivní bezpečnosti jako je pohodlný posed řidiče, jeho dobrý výhled do všech stran, snadná dosažitelnost všech potřebných ovladačů a prostředí uvnitř prostoru pro cestující, jsou z hlediska aktivní bezpečnosti také důležité. Pro regulaci teploty uvnitř vozu lze jednoznačně prohlásit, že správně zvolená teplota zabraňuje únavě a tím i snížení ostražitosti řidiče. Řidič tak může lépe reagovat na vzniklou situaci. Pokud si kupující kupuje vůz s klimatizací, pořizuje si tak vlastně vůz s vyšší mírou aktivní bezpečnosti. Obdobně je to s autorádiem, které se mnohdy stává jediným společníkem na cestách a se správně zvolenou hudbou tak opět drží řidiče v jisté pozornosti. Zde je ovšem nutné připomenout, že i běžná obsluha či výměna kazety nebo CD může být příčinou dopravní nehody, a to z důvodu přenesení pozornosti ze sledování dopravní situace k ovládacímu panelu rádia. Ovládání

rádia by tak mělo probíhat v klidu nebo pomocí snadno dosažitelných ovladačů na multifunkčním volantu nebo pod volantem. To platí i pro mobilní telefon, který by měl být integrován ve voze a jeho ovládání by mělo být značně zjednodušeno. Z hlediska jízdních a dynamických vlastností je za nejbezpečnější vozidlo považováno to, které je za všech okolností snadno a předvídatelně říditelné, poslušně reaguje na pokyny řidiče a snadno překonává nerovnosti vozovky, bezpečně zrychlí a zpomalí nebo zastaví v kritických situacích. Svoji úlohu má i správná funkce předepsaného vnějšího a vnitřního osvětlení vozu, kterou nejlépe vyzdvihuje známe rčení "vidět a být viděn". [12]

V následujících odstavcích budou ve stručném přehledu vyjmenovány základní systémy aktivní bezpečnosti, které jsou již dlouho známé, podrobněji jsou rozepsány věnovat jejich nejnovějším modifikacím a systémům, nově zaváděných. Účelem této kapitoly není vyjmenovat veškeré systémy, ale pouze ty, u kterých je předpoklad jejich větší podíl na zvýšení bezpečnosti a zároveň jejich zařazení do sériových výrob automobilek.

V kapitole o pasivní bezpečnosti byl podrobněji rozebrán proces vývoje, toto zde již nebude rozepisovat, protože to stejné do značné míry platí i o vývoji aktivní bezpečnosti, s tím rozdílem, že praktické testování je o něco míň nákladné.

## **2.1. Asistenční systémy**

### **2.1.1. ABS + CBC**

Protiblokovací systém ABS (z anglického Anti-lock Braking) systém zabraňuje zablokování kola při brzdění, kolo se stále odvaluje čímž se zabrání ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou. Odvalující se kolo umožňuje zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla v mezních situacích (například při prudkém brzdění nebo brzdění na kluzké vozovce). Zablockované kolo totiž nepřenese žádnou boční sílu a neumožní zatočení. Systém ABS byl vyvinut firmou BOSCH v roce 1978. Historie však sahá ještě dál. Již na počátku 20. století se objevovaly úvahy o tom, jak by bylo možné zabránit blokování kol při prudkém brzdění. Firma Bosch ohlásila již roku 1936 patent na „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Avšak teprve s příchodem elektronického řízení mohli inženýři vyvinout protiblokovací brzdový systém, který byl dostatečně rychlý a robustní pro použití v motorových vozidlech. Nejnovější systémy dokážou regulovat každé kolo zvlášť a dodat maximální možnou brzdnou sílu každému kolu v závislosti na jeho aktuálních adhezních podmínkách. [10]

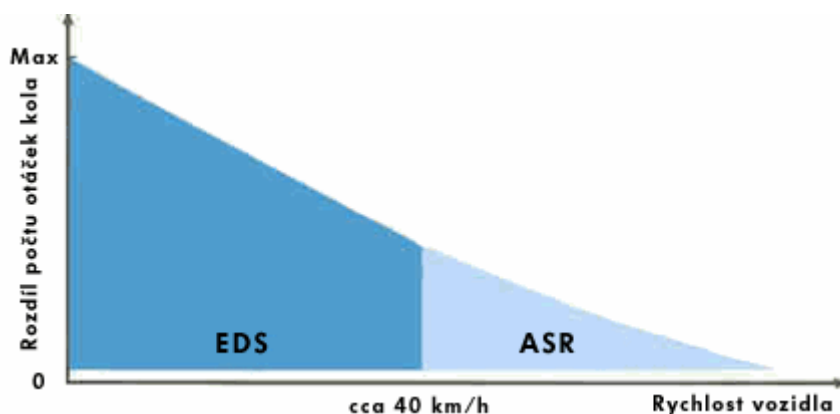


**CBC** vznikl jako doplnění a vylepšení systému **ABS**. Poprvé byl představen firmou **BMW** v roce 1997, zkratka **CBC** vznikla z anglického **Cornering Brake Control**. Funkce **CBC** výrazným způsobem potlačuje stáčivé momenty kolem svislé osy vozu, které vznikají při brzdění v zatáčkách. Systém upravuje velikost brzdícího tlaku na jednotlivá kola zvlášť, automobil tak brzdí mnohem efektivněji. [10]

### 2.1.2. ASR + EDS

Protipokluzový systém **ASR** (z německého **Antriebsschlupfregelung**) zabraňuje protáčení poháněných kol snížením výkonu motoru. V případě, že se poháněná kola začnou protáčet, systém **ASR** sníží točivý moment motoru na hodnotu, kterou jsou kola za daných adhezních podmínek schopna přenést na vozovku, aniž by se protáčela.

Elektronická uzávěrka diferenciálu – **EDS** - umožňuje komfortní rozjíždění na různých druzích povrchu vozovky. Pokud se některé kolo protáčí, elektronická uzávěrka diferenciálu jej cíleně přibrzdí a zajistí tak přenos hnací síly na kolo, které lépe zabírá. [12]



Obrázek 29: Rozdělení funkce **ASR + EDS** v závislosti na rychlosti vozidla Zdroj: [14]

### 2.1.3. ESP + EPCD + SCM

Zkratka **ESP** pochází z anglického **Electronic Stability Programme**, což v překladu znamená elektronický stabilizační program. Systém **ESP** pomáhá svými zásahy do řízení zvládnout některé kritické situace, které mohou při jízdě nastat. Je-li zjištěn nestabilní stav jízdních vlastí vozidla, dojde k samočinné aktivaci **ESP**, které vozidlo stabilizuje. Ke své funkci **ESP** využívá i další elektronické systémy podvozku jako **ABS** a protiskluzové systémy. Systém **ESP** umožňuje využití jízdních vlastností až na samou hranici fyzikálních zákonů, tím zvyšuje aktivní bezpečnosti. Podle statistik se usuzuje, že by se zabránilo zhruba desetině dopravních nehod, kdyby všechny vozy byly vybaveny **ESP**. Tento systém

vyhodnocuje až 30 krát častěji než řidič stav jízdní stability a v případě potřeby okamžitě zasahuje přiměřeným způsobem za účelem jejího obnovení. Od roku 2014 má být systém ESP ve všech nově vyrobených vozech určených pro použití v EU.

Velký význam má pro systém ESP nově vyvinuté propojení firmy Bosch do palubní informační sítě. Pomocí senzorů tohoto systému lze včas zjistit mezní oblast pro přechod do smyku a provést stabilizující zásah do dynamiky jízdy. Pokud se však překročí fyzikální hranice, ESP již nedokáže nepřímo pomoci. ESP v tuto chvíli vysílá své informace o smyku do řídicí jednotky airbagu: Hrozí nehoda! Než se řídicí jednotka připraví na hrozící náraz, umožňuje to podstatně kratší kontrolu pravděpodobnosti ochrany cestujících ve vozidle. O několik sekund rychlejší reakce je čas získaný pro zádržný systém. To umožňuje lépe ochránit osoby před velkým zatížením během nehody. Tato funkce se nazývá Early Pole Crash Detection – zkráceně **EPCD**. Přináší přídatnou ochranu při nárazu po smyku – v Německu nejčastější příčina nehod se smrtelnými následky. Jako příklad je možno si představit nehodu se smykem, při které vozidlo bočně naráží na strom. Ochranná funkce karosérie je zde konstrukčně mimořádně nízká. Proto zde má mimořádný význam rychlá reakce airbagů a napínačů pásů. Propojení do sítě mezi pasivními systémy ovládání airbagů a aktivním systémem ESP však není pouze jednosměrné. [10]

Další funkci kterou toto propojení přinese je Secondary Collision Mitigation – **SCM**. Jsou využívány signály řídicí jednotky airbagů a jejich senzorů pro ovládání ESP. Cílem je zamezit druhému nárazu, který u řady nehod následuje za prvním nárazem. Na německých silnicích má čtvrtina všech kolizí více než jeden náraz. Typickým příkladem je nehoda, při které vozidlo najede vysokou rychlostí na vozidlo na konci dopravní zácpy. Kinetická energie při nárazu je tak velká, že se narážející vozidlo bočně vychýlí a s velkou energií naráží na svodidlo. Pokud by mělo toto vozidlo na palubě SCM, tak by řídicí jednotka airbagů svými senzory zjistila první náraz. V případě nutnosti se spustí zádržné systémy a předá se v nejkratší době do ESP signál, že byl zjištěn náraz. Řídicí jednotka ESP reaguje automatickým nouzovým brzděním s plně účinnou funkcí ABS. To znamená: Bez jakékoliv aktivity řidiče vozidlo zastaví na nejkratší možné dráze se značnou stabilizací. K druhému hrozícímu nárazu buď nedojde, nebo bude jeho kinetická energie podstatně zeslabena. Důležité přitom je, že řidič dokáže kdykoliv záměrně přerušit toto automatické brzdění a může sám aktivně jednat. [10]

#### **2.1.4. BAS**

Brake Assistant System. Systém BAS monitoruje rychlost a intenzitu sešlápnutí brzdového pedálu. Podle těchto veličin je systém schopen vyhodnotit kritickou situaci a případně zvýšit tlak v brzdě soustavě. Tím je dosaženo větší brzdě síly při stejném tlaku nohy na pedál. Zároveň se zkrátí brzdě dráha až o 20%. Brzdě asistent je tedy prvkem aktivní bezpečnosti. Existují tři základní typy BAS: elektronický, hydraulický nebo mechanický brzdě asistent. Jejich funkce je v podstatě stejná, liší se pouze ve způsobu snímání potřebných signálů. Pod brzděm pedálem je umístěn snímač, který snímá rychlost a sílu stlačení pedálu. Při dosažení mezní hodnoty dojde k aktivaci brzdě asistenta, který urychlí náběh brzd tím, že zvýší tlak v hydraulickém systému brzd. BAS tak zkrátí dobu potřebnou k dosažení maximálního brzdě účinku. [11]

#### **2.1.5. Asistent dálkových světel**

Asistent dálkových světlometů zapíná a vypíná dálkové světlometry v závislosti na provozu, a tím usnadňuje řidiči práci. Je-li systém aktivní, sleduje obrazový senzor na vnitřní straně zrcátka provoz a světelné poměry. Na základě obrazů tohoto senzoru se asistent rozhoduje, zda může zapnout dálkové světlometry. Zjistí-li přítomnost vpředu jedoucích nebo protijedoucích vozidel nebo dostatečnou intenzitu světla, dálkové světlometry znovu vypne.[10]

#### **2.1.6. Rozpoznávání dopravních značek**

Systém rozpoznává např. dopravní značky podél komunikací, a tudíž pomáhá řidičům vyhnout se nebezpečným situacím nebo minimálně pokutám za porušení dopravních předpisů. Riziko neúmyslného porušení dopravních předpisů je značné zejména u řidičů, kteří jedou v neznámém prostředí nebo projíždějí úseky s probíhající stavební činností. V systému vyvíjeném společností Siemens snímá kamera CMOS umístěná v automobilu poblíž zpětného zrcátka dění před vozidlem a vyhledává dopravní značky porovnáním snímaného obrazu se vzory značek uloženými v paměti systému. Informace o rozpoznaných značkách poté předává palubnímu počítači. Rychlostní limit se zobrazí na displeji rychloměru nebo na průhledovém displeji. Zvukové znamení upozorní řidiče, že překročil povolenou rychlost, nebo dokonce minul značku se zákazem vjezdu (např. vjel do jednosměrné ulice v protisměru). Systém lze spojit i s tempomatem, který potom může automaticky uzpůsobit rychlost podle dopravního značení. Není problém rozeznávat i doplňkové tabulky s omezením platnosti rychlostního limitu pro určité typy vozidel nebo s časovým omezením a systém lze též kombinovat s navigačním systémem GPS, který zjistí, je-li vozidlo v obci, mimo obec nebo na dálnici.[12]

### **2.1.7. Systémem varující před autem jedoucím v mrtvém úhlu**

BLIS – takto tento systém nazývá společnost Volvo - je systém využívající digitálních kamer pro detekci vozidel v takzvaném mrtvém úhlu řidiče. Kamery jsou zabudovány ve vnějších zpětných zrcátkách a pokud se do prostoru vedle vozidla dostane další automobil, je na jeho přítomnost řidič upozorněn oranžovou kontrolkou umístěnou na A-sloupku. Z osobního testování jsem měl rozporuplné pocity, systém vždy upozornil na vozidlo v mrtvém úhlu a tím eliminoval vjetí vozidla do obsazeného pruhu, na druhou stranu jízdu provázelo také větší množství planých upozornění.

### **2.1.8. Pre-crash systémy**

Tyto systémy čeká bezesporu velká budoucnost, blíže o tomto systému je psáno v kapitole (kapitola 3.2.1) o budoucích moderních vozidlech. Za zmínku zde ale stojí jedna z prvních implementací do sériového vozu s napojením na systém brzd. Jedná se o systém City-Safe od společnosti Volvo. Statistiky ukazují, že k 75 procentům všech hlášených nehod dochází při rychlostech do 30 km/h. V 50 procentech případů řidič před nárazem vůbec nebrzdí, a to zejména z důvodu nepozornosti. V těchto případech může systém City Safety sehrát klíčovou roli. Pokud hrozí, že řidič narazí do vozidla vpředu, dokáže systém City Safety zcela sám automobil zabrzdit. Systém City Safety je aktivní při rychlostech do 30 km/h. Pokud vozidlo vpředu náhle zastaví a systém City Safety zjistí hrozící nebezpečí srážky, dojde ke zvýšení tlaku v brzdovém systému. Pokud řidič nereaguje, vozidlo začne brzdit automaticky. Je-li relativní rozdíl rychlostí obou vozidel menší než 15 km/h, může systém City Safety pomoci řidiči nehodě zcela předejít. Při rychlostech od 15 do 30 km/h je hlavní pozornost zaměřena na maximální možné snížení rychlosti před nárazem. Systém City Safety situaci vpředu sleduje za pomoci laserového čidla, které je zabudováno do horní části čelního skla ve výšce vnitřního zpětného zrcátka. Dokáže rozpoznat vozidla a další objekty nacházející se ve vzdálenosti až 10 metrů před předním nárazníkem automobilu. Systém City Safety funguje stejně dobře ve dne i v noci. Nicméně, laserové čidlo má stejná omezení jako všechny optické technologie, tj. schopnost detekce může být snížena mlhou, sněžením nebo hustým deštěm. Proto je důležité, aby na čelním skle nezůstávaly nečistoty, sníh ani led. Plocha senzoru je očišťována stěrači, přesto by měl řidič věnovat zvláštní pozornost tomu, aby čidlo bylo za všech okolností čisté. [8]

Pro prvotřídní ochranu je ale nutné zajistit masové rozšíření takovýchto systémů. Při osobním testování tohoto systému došlo k situaci kdy správně okamžitě reagoval po detekci překážky a to plným brzdícím účinkem, nicméně vozidla jedoucí za tímto vozem

a bez podobného systému mají na takové náhlé zpomalení problém dostatečně rychle reagovat, což paradoxně vytváří prostor pro kolize.



Obrázek 30: Vozidlo se systémem City Safety

Zdroj: VolvoCars

### 2.1.9. Systémy udržující vozidlo ve správné směru a hlídající řidičovu pozornost

Driver Alert Control zkoumá jízdu automobilu a podle způsobu jízdy je tento systém schopen předem odhadnout riziko snížené řidičovy koncentrace. Je trošku paradoxem, že ke snížení pozornosti může vést i použití jiných asistenčních systémů, které navozují řidičům pocit bezpečí a snižují tak jejich pozornost. Systém samočinně funguje při rychlostech nad 60 km/h. DAC monitoruje pohyb vozidla na vozovce a umí rozeznat kontrolovanou jízdu od té nekontrolované. Jeho funkce je velmi spolehlivá. DAC je schopen rozpoznat i situaci, kdy se řidič příliš věnuje svému telefonu nebo dětem na zadních sedadlech. Toto systémy sledující oči řidiče nejsou schopny rozpoznat. Systém se skládá z kamery, umístěné pod vnitřním zpětným zrcátkem, senzorů a řídicí jednotky. Kamera směřuje ven z vozidla a neustále sleduje směr jízdy a vzdálenost vozu od vodorovného značení. Další senzory systému snímají pohyby auta ve všech směrech. Řídicí jednotka pak získaná data zaznamenává a zároveň porovnává s uloženými hodnotami. Pokud řídicí jednotka rozpozná únavu řidiče, vyšle akustický signál a na přístrojové desce se rozsvítí symbol šálku s kávou. [8]



**Obrázek 31: Systém DAC udržující vozidlo ve správném směru a zároveň sledující řidičovu pozornost**  
**Zdroj: VolvoCars**

## **3. Bezpečné moderní vozidlo budoucnosti**

### **3.1. Oblast pasivní bezpečnosti**

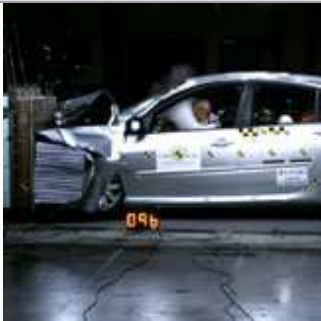
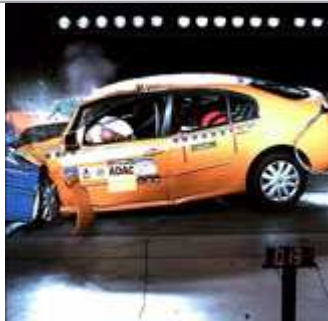




Ekologické požadavky vedou k podpoře menších a energeticky efektivnějších automobilů. Současně je však zapotřebí zajistit, aby lidé byli přepravováni bezpečně, z čehož obvykle vyplývá potřeba větších automobilů. Výsledkem je obtížně řešitelná rovnice.

Pasivní bezpečnost má své limity, od určité rychlosti vozidla při kolizi již nebude možno vyvinout takový prvek, který by zabránil těžkým zraněním či smrti. Jak již bylo řečeno, možnost ochrany při bočním nárazu je značně omezená kvůli malé vzdálenosti mezi řidičem, bokem vozu a samotného kolidujícího vozidla. Pro čelní náraz je k dispozici neporovnatelně více prostoru pro zpomalení cestujících tak, aby přetížení nepřesáhlo kritickou mez.

Jak se vyrovná vozidlo s nárazem při vyšší rychlosti je popsáno níže. Rychlost 64 km/h je spočítána jako rychlost nárazu při situaci, kdy jede řidič rychlostí 100 km/h a před sebou ve vzdálenosti 50m zpozoruje překážku, v tuto chvíli začne brzdit plnou silou a v době nárazu do překážky toto vozidlo má rychlost 64 km/h. Do doby brzdění se započítává i doba nutná na reakci řidiče a prodleva v nástupu účinku brzd. Pro srovnání bezpečnosti se německý ADAC rozhodl provést test odpovídající rychlosti při zpozorování překážky 110km/h, při plném brzdění poté dochází ke střetu v rychlosti 80 km/h.

K testu byl vybrán reprezentant střední třídy, který v době testu dosahoval jedněch z nejlepších výsledků ve standardním crashtestu dle EuroNCAP - Renault Laguna. Riziko zranění pro všechny cestující ve vozidle je velmi nízká. Experiment s rychlostí 80 km/h byl proveden za stejných podmínek, tedy stejný vůz, stejná překážka, stejné osazení testovacími figurínami. Proto tyto dva výsledky lze porovnávat přímo, porovnání těchto testů je v následující tabulce.

Tabulka č.9 – průběh střetu – srovnání rychlosti 64 a 80 km/h Zdroj: ADAC

	EuroNCAP 64 km/h	ADAC 80 km/h
<b>Vozidlo</b>		
	<p>Přední deformační zóna vozidla je dostatečně dlouhá na pohlcení energie nárazu. Prostor pro cestující zůstává nedotčen a dveře jdou po nárazu otevřít bez potíží.</p>	<p>Deformační zóna je zcela deformovaná. Prostor pro cestující již není stabilní. Volant a přístrojová deska vniká hlouběji do kabiny. Dveře řidiče se zasekly a lze je otevřít jen s velkým úsilím což znamená velkou komplikaci při záchraně cestujících.</p>
<b>Řidič</b>		
	<p>Airbag pro řidiče správně udržuje vzdálenost od volantu. Přitahovač bezpečnostních pásů zabraňuje kolenům v nárazu do přístrojové desky. Všechny sledované hodnoty jsou v limitu - nebezpečí zranění je velmi nízké.</p>	<p>Volant se po nárazu posouvá směrem do interiéru k řidiči a zkracuje prostor na kterém řidič může zpomalit svůj pohyb. Airbag již nemůže zabránit kontaktu hrudníku s volantem. I kolena narážejí do přístrojové desky a sloupku řízení. Sledované hodnoty jsou v porovnání s kolizí v 64 km/h extrémně zvýšené značící velkou zátěž pro prsa, kolena, stehna a kyčle.</p>
<b>Spolujezdec</b>		
	<p>Pás ve spolupráci s airbagem fungují velmi dobře, u spolujezdce nedojde ke kontaktu s přístrojovou deskou. Prostor pro přežití je dostatečně velký – tělo dokáže bezpečně zpomalit.</p>	<p>Ačkoli na straně spolujezdce nedochází k posunu přístrojové desky a ostatních částí, airbag již nemůže zabránit hlavě v kontaktu s přístrojovou deskou. Také obě kolena se dostávají do kontaktu s odkládací skříňkou. Vzhledem ke konstrukci přístrojové desky je riziko jen nepatrné. Je však vyšší než při 64 km/h.</p>



Experiment jasně ukazuje, že cestující ve velmi bezpečných vozidlech není nezranitelný. Kinetická energie která se musí při nehodě přeměnit v deformačních zónách se zvyšuje s druhou mocninou rychlosti – v tomto případě jde o zvýšení rychlosti o 25% a energie kterou je potřeba pohltit je vyšší o 50%. Z testu tedy vyplývá, že zvýšení rychlosti o 16km/h může mít v případě nárazu pro cestující fatální následky. Jedním ze způsobů kterým lze ještě zvýšit ochranu cestujících by bylo prodloužit deformační zóny, teoreticky by bylo tímto možné zajistit přežití pro nárazy v jakékoliv rychlosti, což by ale vedlo ke konstrukci vozidla obrovských rozměrů. Což je pravý opak toho, čeho se konstruktéři snaží dosáhnout - malé lehké obratné vozidlo. Jednou z cest jak se tomuto vyhnout je využít na plno potenciálu který nám dává karoserie běžných rozměrů. Jedna z těchto možností je popsána v další kapitole.

### 3.1.1. Ride down efekt

Jak tedy využít na maximum stávající systémy při daných rozměrech vozidla? Ride Down Efekt (RDE) charakterizuje kinematický vztah mezi vozidlem a cestujícími při srážce a ukazuje, v jakém rozsahu je daný použitý systém ochrany pasažérů při dopravní nehodě nebo v průběhu deformace při zkoušce účinný.

$$RDE = \frac{S_{MAX} - S_{RD}}{S_{max}} * 100[\%] \quad (2)$$

$S_{max}$  = maximální dráha deformace,

$S_{RD}$  = dráha deformace v čase  $t_{RD}$ , od kterého je v účinnosti zadržetí pasažérů, neboli od jaké chvíle se bezpečnostní systém podílí na zpomalení cestujícího [2]

Hodnota  $RDE = 100\%$  znamená, že cestující jsou zpomalováni od doby kdy i vozidlo začalo být zpomalováno (začátek nárazu, tj.  $t = 0$ ), zatímco  $RDE = 0\%$  charakterizuje situaci, v níž cestující při dosažení maximální deformace vozidla nebyli ještě nijak zpomaleni. RDE vypočtená hodnota je tedy nutná, ale zdaleka ne postačující podmínka pro navržení efektivního zádržného systému.

Výpočet RDE se provádí z hodnot časového průběhu výsledného zrychlení hrudníku, jeho náběhové hrany pomocí linerizace která protíná křivku v bodech 25% a 75%. 100% hodnoty maximálnímu zrychlení. Průsečík přímky s časovou osou představuje čas  $t_{RD}$ , v níž je figurína již zpomalována a odpor pásů je překonán, to znamená že pásy jsou již účinné. Do této doby vozidlo urazilo dráhu  $S_{RD}$ . Rozdíl mezi maximální dynamickou deformační dráhou  $S_{max}$  vozidla a pro zadržovací efekt promarněnou dráhou  $S_{RD}$  popisuje procento zpoždění

mezi nárazem a použitím zádržného systému. Čím vyšší hodnota  $T_{RD}$  od kterého je systém pásů účinný, tím větší je dopředný posun cestujících (relativní vzdálenost mezi hrudí cestujících a vozidlem) a nižší ride-down efekt. Je-li relativní cesta příliš velká, vzdálenost mezi cestujícím a částmi vozidla je již příliš malá a nestačí tak již na dostatečné zadržení pasažérů a dochází tak kontaktu mezi hrudníkem a / nebo hlavou a částí interiéru vozidla, který způsobí vážné zranění. Ride Down Efekt není vhodný jen pro hodnocení různých systémů ochrany cestujících, ale umožňuje i hodnocení zpomalovacího průběhu vozidla při použití stejné ochrany v různých typech vozidel, z nichž každý má svou vlastní charakteristiku zpoždění/čas. Z toho lze vyvodit závěr do jaké míry je daný zádržný systém vhodný pro daný typ vozidla a jak dlouhý čas je třeba překonat pro nástup těchto bezpečnostních systémů.

### **3.1.2. Koncept Volvo 3CC optimalizující Ride Down Efekt**

Při práci na konceptu 3CC se inženýři společnosti Volvo museli vypořádat s problémem, jak zpomalit a pohltit síly vznikající při čelním nárazu v co nejkratší deformační zóně. Malý automobil s krátkou příďí má velmi omezený prostor pro deformaci. Navíc je zapotřebí co nejvíce kontrolovat pohyb cestujících vpřed při nárazu.

Zpomalení pasažérů je součtem zpomalení vozidla a zpomalení v zádržných systémech v interiéru. U menších automobilů jsou možnosti deformace omezené. Aby bylo možné tuto nevýhodu kompenzovat, je zapotřebí zvýšit délku pohybu pro zpomalení cestujících v interiéru. Díky tomuto přístupu lze zajistit podobnou úroveň měkkého zastavení cestujících bez ohledu na omezenou míru deformace vozidla. Toto je moderní systém, který se řídí stejnými principy jako konvenční systémy - zahrnuje například teleskopický sloupek řízení nebo bezpečnostní pásy s omezovači zatížení.

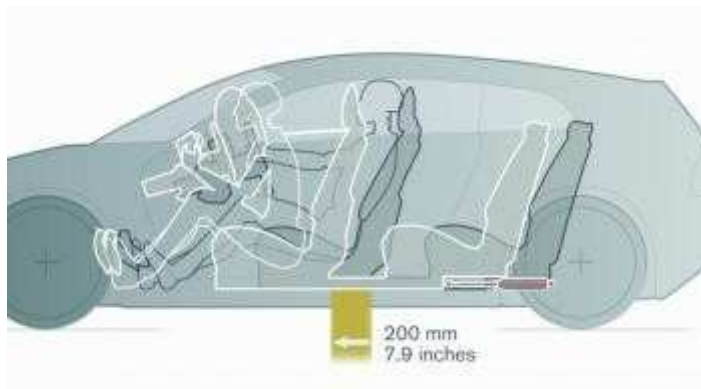
Tyto výchozí podmínky vedly k vytvoření koncepce Volvo Safety Ride Down Concept, unikátního řešení se systémem sedadel, která se posunují směrem vpřed (do určité míry podobně jako saně) ve stejném okamžiku, kdy dochází k deformaci přídě. Tento pohyb je zpomalen pomocí adaptivních tlumičů, jejichž úroveň tlumení je upravena tak, aby odpovídala silám vznikajícím při kolizi a počtu a hmotnosti cestujících. Interiér se může posunout vpřed o 0 až 200 mm, což má stejný výsledný efekt jako prodloužení deformačních zón o příslušnou délku. [6]

**Všechna sedadla se posunují vpřed** - Pohyblivá část interiéru zahrnuje přední sedadla, zadní sedadla - a podlahový panel mezi oběma částmi. Směrem vpřed se navíc pohybují také volant

a pohyblivý panel palubní desky, čímž je vytvořen prostor pro pohyb řidiče. K uvolnění posuvných součástí a k aktivaci tlumičů dochází při nehodách takové intenzity, kdy jsou nafouknuty airbagy.

Sedadla se posouvají směrem vpřed nebo vzad na vodicích kolejkách. Při konstrukci systému byl brán ohled také na možnost nárazu zezadu, takže sedadla se mohou posunout až o 75 mm vzad, čímž dochází ke snížení sil působících na cestující. Pohyblivé součásti interiéru slouží také pro usnadnění nástupu na zadní sedadlo. Stačí jednoduchý stisk tlačítka na sloupku dveří a všechna sedadla se posunou vpřed.

Koncepce Volvo Safety Ride Down Concept byla ve virtuálním prostředí testována po dobu tří let. Testy poskytly velmi dobrý obraz o tom, jakým silám musí vozidlo čelit a jak je nejlépe zvládnout. Volvo Safety Ride Down Concept se přitom průběžně objevoval jako návrh bezpečnostní koncepce interiéru v různých formách po více než čtyřicet let. Dobrým příkladem může být i koncept Nido. Virtuální testy ukázaly, že nejdůležitější součástí systému Ride-down je pohlcení energie. Aby toto řešení bylo vůbec schopné existence, musí být tento pohlcovač adaptivní, tj. musí být schopen reagovat na rozdíly v hmotnosti cestujících a na závažnost nárazu.



Obrázek 32: Posun interiéru vozidla pro plné využití ride-down efektu

Zdroj:VolvoCars

**Bleskurychlé adaptivní tlumiče** - Tlumiče, které jsou použity pro zpomalení pohybu interiéru, vycházejí ze stejné technologie jako tlumiče poprvé uvedené u pokročilých modelů Volvo R. Prototypy byly dále vyvíjeny ve spolupráci se švédskými univerzitami Chalmers University of Technology v Göteborgu a Lulea University. Tlumiče jsou hydraulické a jsou řízeny elektronicky. Nastavení těchto tlumičů může být upraveno každé dvě milisekundy. Impulzy mohou přicházet z řady senzorů, které odečítají takové parametry, jako jsou zpomalení vozidla a sedadla, nebo vstupy ze zádržného systému pro cestující. Volvo Safety Ride Down Concept je slibnou fází ve vývoji řešení pasivní bezpečnosti a dalším krokem může být pokračování vývoje technologií od fáze konceptu. [6]

## **3.2. Oblast aktivní bezpečnosti**

### **3.2.1. Pre-Crash**

Rostoucí počet airbagů v automobilech chrání cestující stále lépe před poraněními. A aktivní bezpečnostní systémy jako elektronický stabilizační program ESP přispívají k tomu, aby pokud možno k nehodě vůbec nedošlo. Pokud budou tyto systémy spolu propojeny, budou si moci vyměňovat informace a poskytnout cestujícím vozidla pomocí nových funkcí ještě více bezpečnosti. Rozpozná-li např. systém ESP kritický stav z hlediska dynamiky jízdy, může aktivovat pasivní bezpečnostní systém jako napínač bezpečnostního pásu. Hlásí-li radarová čidla nebo videosenzory, že nehoda je nevyhnutelná, mohou být airbagy odpáleny předčasně a tak chránit ještě lépe. Zlepšené funkce airbagů nabízejí velmi dobrý potenciál pro lepší ochranu při převrácení nebo bočních srážkách, kde stávající crash-senzory nemusejí podávat vždy úplný obraz situace.

Následující systémy jsou již v řadě případů standardně dodávány do automobilů. Jejich propojením a optimalizací by mohl být využit jejich potenciál na 100%.

ABS/EBV – anti-lock brake systém s rozdělovačem brzdného účinku.

ACC – adaptive cruise control - Zařízení pracuje na principu radaru s frekvencí 76 až 77 GHz, který monitoruje překážky, především automobily a další systémy sledující okolí vozu.

ESP – elektronický stabilizační systém.

BAS(PBA) – brzdový asistent.

PSM - Parking Space Measurement – parkovací asistent.

Pre-Crash SeatBelts – reverzní upínací pásy.

*(uvedené názvosloví a zkratky se mohou v závislosti na výrobci lišit)*

Postup integrování jednotlivých systémů probíhá ve třech fázích:

**1.fáze** - stejně jako dříve učiní systém rozhodnutí ke spuštění airbagu v momentě nárazu podle informací senzorů zrychlení. Radarové snímače pro krátké vzdálenosti (Short-Range-Radar) dodávají systému až 200 milisekund před nárazem další informace jako relativní rychlost k překážce a očekávaný moment nárazu. Tyto informace jsou zahrnuty do rozhodnutí o spuštění. Podle situace je možno dříve napnout pásy nebo optimalizovat momenty spuštění různých nastavení airbagu. Těmito dodatečnými informacemi se dá rovněž předejít

nežádoucím spouštěním airbagu při zanedbatelných nehodách. Celkově zlepšuje preset-funkce - rozeznávání těžkosti havárie a typu nehody.

**2.fáze** - odpovídajícím způsobem spustit ochranné systémy podle informací Pre-Crash systému již před nárazem. Aby bylo možno před nárazem optimálně využít dostupných informací ve prospěch osádky vozidla, jsou v současné době vyvíjeny nové ochranné prostředky, jako reverzní upínací pásy, které pracují vícekrát. Tím může být například odstraněna vůle bezpečnostního pásu zlomky sekund před nehodou. Lze tak dále redukovat pohyb osádky vozu při nárazu, zatímco při normální jízdě může pás volněji přiléhat, což stupňuje jízdní komfort.

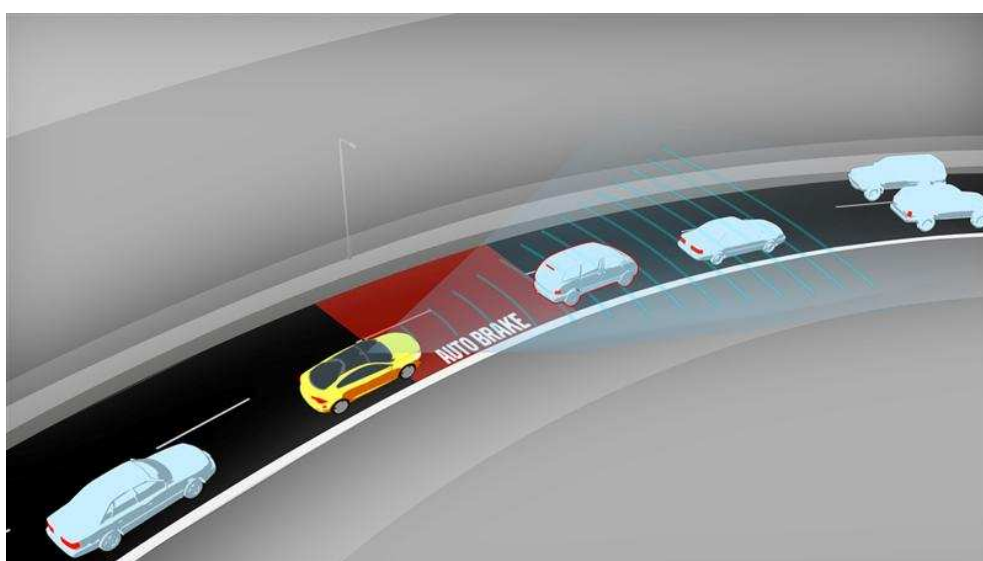
**3.fáze** - Preact (Precrash Engagement of Active Safety Devices) - cíl zmírnit náraz, případně zabránit nehodě aktivním zásahem systému – například automatickým spuštěním nouzového brzdění. Pro úspěšné vyhodnocení nastalé situace je vyvíjena vedle videosenzoriky a Long-Range-Radar-Senzoriky také zasíl'ování všech bezpečnostních asistenčních systémů řidiče. Dokončení této vize však vyžaduje zcela novou celkovou systémovou architekturu i bezpečnostní strategii.

V současnosti Evropská komise schválila využití technologie UWB (Ultrawideband) pro radary s krátkým dosahem pro detekci nebezpečí kolizí a následné automatické aktivace brzd pro zamezení srážce. Rozhodnutí o alokaci rádiového kmitočtu 24 GHz. Kmitočet je zatím k dispozici jen na dobu určitou, protože s rostoucím počtem radarů by již kolem roku 2013 mohlo dojít k významnému rušení s ostatními rádiovými a mobilními technologiemi, takže se přejde na vyšší (harmonizovaný) kmitočet 77 GHz. [9]



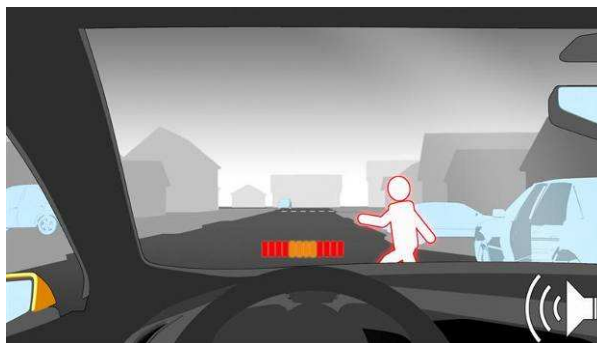
Obrázek 33: Využití senzorů pro predikci nehody

Zdroj: [10]



Obrázek 34: Využití pre-crash senzorů pro bezpečný rozestup vozidel

Zdroj: [8]



**Obrázek 35: Zachycení osoby před vozidlem pre-crash senzory**

**Zdroj:[8]**

V současnosti je ve fázi prototypů systém kombinující tři různé technologie senzorů, infračervená kamera, radar a laser. Zjišťují potřebná data v souvislosti s aktuální dopravní situací, ale také se světelnými a povětrnostními podmínkami. Zobrazující systém využívá pasivní infračervené a barevné videokamery a ten spolupracuje s několika radarovými senzory s překrytím pracujícími v pásmu 24 GHz. Systém následně během několika sekund vypočítá pohyb chodců ve snímané zóně (do vzdálenosti 30 metrů od vozidla). Kamery na vozidle sledují chodce a korelují získané informace s daty přijatými z radarové sítě (vzdálenost objektů a jejich rychlost). Tak se získává trajektorie chodců a cyklistů a na základě jejich analýzy je případně řidič vozu varován či dojde automaticky na brzdění. Tento systém má být uveden koncem roku do sériové výbavy. [13]

### **3.2.2. Komunikační systém mezi vozidly**

Car-2-car komunikace (C2C nebo Car2Car) - v anglicky mluvících zemích pod zkratkou Vehicle-to-Vehicle (V2V) – systém sloužící k výměně informací a dat mezi vozidly a infrastrukturou, např. semaforey, světla, přejezdy atd. V současné době existuje několik projektů v Evropě vyvíjející tento systém. Od systému se do budoucnosti očekává velký přínos bezpečnosti v dopravě a optimalizace provozu.

Vzájemné přeposílání upozornění na nehodu - typické příčiny zadních nárazů jsou nepozornost řidiče nebo náhlé brzdění vpředu jedoucího vozidla. Ve všech regionech světa zadní kolize způsobuje významné procento ze všech nehod. Při běžné jízdě, vybavená vozidla anonymně sdílejí důležité informace, jako jsou poloha, rychlost a směr. Aby bylo možné odhadnout bezprostřední riziko zadního nárazu, každé vozidlo monitoruje akce svého vlastního řidiče a polohu a chování všech ostatních okolních vozidel. Když se vozidlo nalezne v kritické blízkosti jiného vozidla, varuje řidiče světelným a zvukovým signálem a / nebo pomocí HeadUp displeje. To znamená, že řidič bude mít dostatek času na to zasáhnout

a zamezit nehodě. Kromě bezdrátových komunikací bude stále důležité využití detekčních čidel PreCrash systému aby bylo možno identifikovat i vozidla, která nejsou vybavena bezdrátovou komunikací.

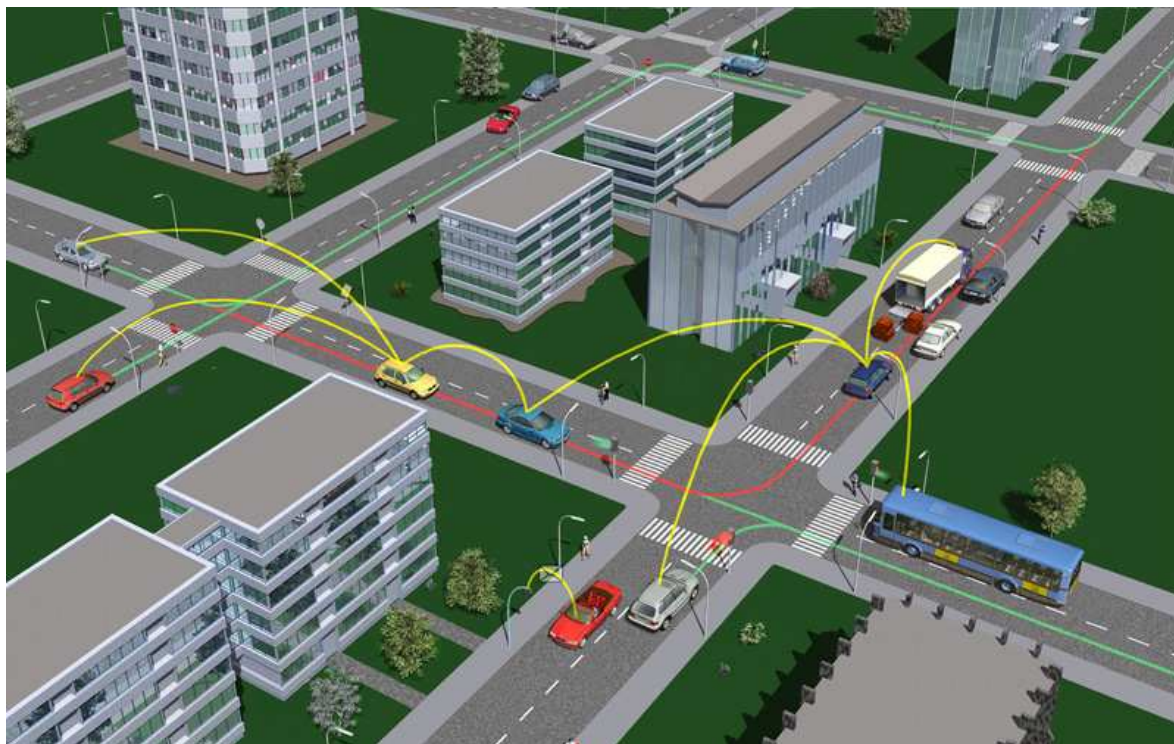
Vzájemné preposílání upozornění na nehodu v případě použití vyžaduje:

- schopnost všech vozidel sdílet informace mezi sebou na vzdálenost přibližně 20 až 200 metrů s cílem předpovídat zadní nárazy,
- určení relativně přesné polohy vozidla,
- důvěřovat informacím, které dostává od ostatních vozidel,
- splnit předpoklady pro proniknutí na trh .

**Pre-Crash Sensing / Kolize** - Zde se předpokládá, že nehoda je nevyhnutelná a proběhne náraz. Podobně jako u použití předchozího systému se vyžaduje, aby všechna vozidla pravidelně sdílela informace z okolních vozidel a bylo možno předpovědět srážku. Je-li kolize již nevyhnutelná (tj. není možný způsob, jak nasměrovat jinam vozidlo nebo nouzové brzdění již nezabrání nárazu), je potřeba aby se vozidla podílející na kolizi zapojily do rychlé a spolehlivé komunikace v oblasti výměny informací, jako jsou podrobnější data o přesné pozici a velikosti vozidel. Tyto informace poskytnuté vozidly umožňuje optimalizované použití airbagů, přitahovačů bezpečnostních pásů a jsou též neocenitelné pro systém optimalizující ride-down efekt. Jak bylo popsáno výše, k požadavkům systému ještě vstupuje požadavek na rychlé a spolehlivé spojení mezi dvěma vozidly v případě nevyhnutelného nárazu.

**Označení nebezpečného místa** – v tomto případě využívá síť vozidel informace, které se týkají nebezpečných míst na silnicích, jako například kluzké vozovky nebo výmoly. Tím hlavním problémem je získávání informací o řídicích podmínkách na místech. Například vozidlo, které použije systém ESP (Electronic Stability Program), udržuje informace o místě použití a sdílí své znalosti ostatním vozidlům v okolí. Vozidla, která obdrží informace buď poskytnou tuto informaci řidiči nebo automaticky optimalizují podvozek nebo bezpečnostní systémy. Příslušné informace mohou být sdíleny s jakýmkoliv počtem vozidel na daném území.





Obrázek 36: Schéma vzájemné komunikace systému Car2Car

Zdroj: car-to-car.org

### 3.2.3. Aktivní mechanismus řízení – Steer by Wire

Aktivní mechanismus řízení umožňuje zasahovat nezávisle na řidiči do mechanismu řízení na přední nápravě, aniž by bylo nutno přerušit mechanické spojení mezi volantem a přední nápravou. Systém se skládá v podstatě z hřebenového řízení, planetové převodovky a elektromotoru. Dodatečný stupeň volnosti umožňuje plynulou a na situaci závislou změnu řídicího převodu. Komfort, nároky na řízení a ovladatelnost se tím optimalizují. Mimo to jsou možné i zásahy do mechanismu řízení pro zlepšení stability vozidla. Toto se děje přes prvky, jako je sloupek řízení, řadící páky nebo brzdová vedení. S mechanickými přenosovými orgány jsou však spojeny nevýhody, které se týkají zvláště svazků vodících prvků vozidla, náročnosti montáže, nákladů a hmotnosti i možnosti propojení s jinými systémy vozidla. Jako řešení se ukazuje technologie „By-wire“, která pochází z výroby letadel. Při tomto způsobu konstrukce se řídicí příkazy nejprve přemění v elektrické impulsy, které potom ovládají elektromechanické nebo elektrohydraulické ovladače. Z toho vyplývají různé výhody. Elektrické signály se mohou kontrolovat a zpracovávat v jedné řídicí jednotce, čímž lze korigovat chybnou obsluhu nebo zlovyky řidiče. Mimo to nabízí elektronika možnost navzájem spojovat různé systémy. To mohou být zhruba všechny systémy týkající se dynamiky jízdy a tím aktivní bezpečnosti, ale též řídicí přístroje od motoru, převodovky a brzd. Díky chybějícímu mechanickému spojení mezi ovládacím zařízením uvnitř

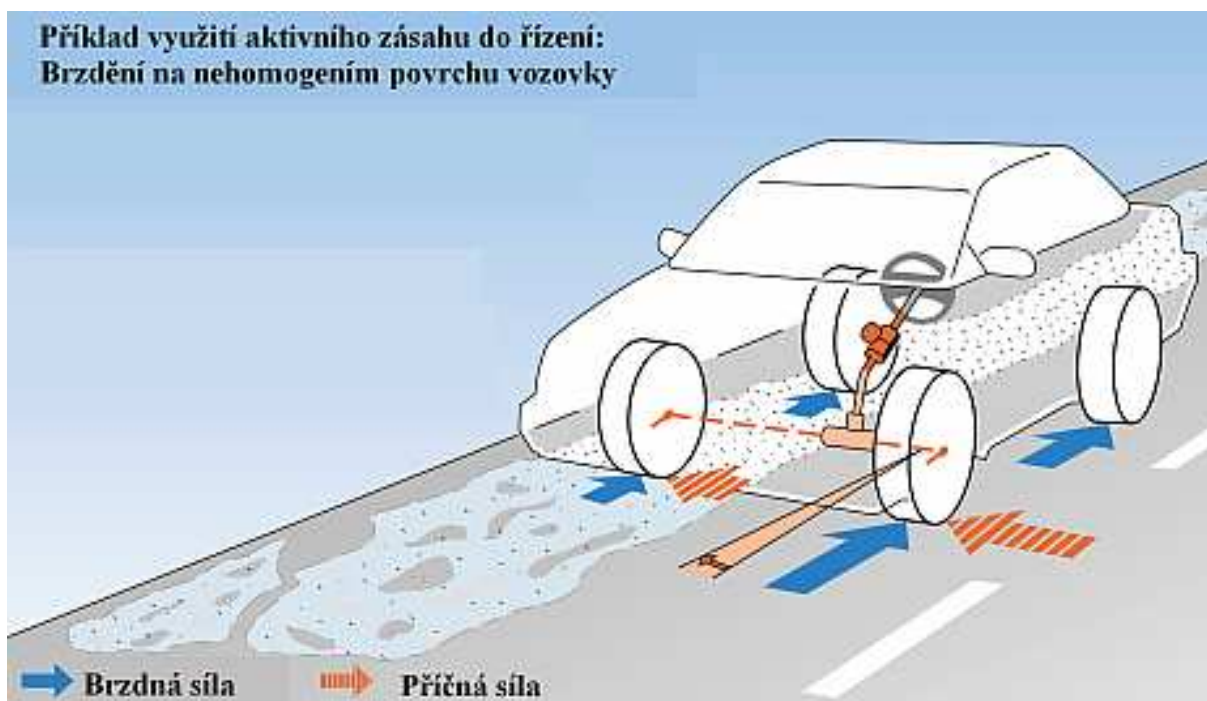
a výkonnými orgány vně, je větší volnost při kladení svazků vodičích prvků a nižší náročnost montáže. Místo sloupku řízení nebo jiných mechanických jednotek se musí uložit pouze kabely. Sníží se přenášení vibrací do vnitřního prostoru vozidla, zlepšuje se pasivní bezpečnost. Aktivní mechanismus řízení má schopnost propojit systémy, to vede k jedné z jeho největších výhod: podpoře funkce ESP. Elektronika aktivního mechanismu řízení může na základě vlastních dat od čidel v nebezpečných jízdních situacích natáčet řízení do opačného směru. Systémy ovlivňující dynamiku jízdy tak již mohou ovlivňovat vozidlo nejen přes zásahy do brzd, ale také přes mechanismus řízení. Výhoda: zásah do řízení probíhá rychleji a řidič ho cítí méně než při brždění jednotlivých kol.

**Steer by Wire ještě není dovolen** - automobilu vyžadují bezpečnostní předpisy EU mechanické spojení mezi volantem a koly. Tím je použití čistých systémů Steer by Wire zatím vyloučeno.

**Žádná nejistota při výpadku systému** - v dnešních systémech řízení při poruše dojde k vyřazení podpůrných systémů, zůstává zde však stále pevné spojení mezi volantem a koly, vozidlo lze řídit bez omezení a s konstantním převodem. Tato provozní bezpečnost je velkou výhodou aktivního mechanismu řízení v porovnání s čistým přístupem Steer by Wire, neboť při výpadku nemohou elektronické systémy nabídnout žádnou náhradu pro mechanické spojení. Absolutní bezpečnosti by se dalo dosáhnout u řešení By-Wire jen tehdy, pokud by existoval jeden systém navíc. To by vyžadovalo dvě elektrické sítě a dvě baterie včetně zdvojených čidel, řídicí jednotky a ovládacích prvků ve vozidle nebo přídavné mechanicko-hydraulické řízení jako samostatně přestavitelnou rovinu. Potřebné náklady tak vylučují brzké sériové použití mechanismu řízení Steer by Wire. [10]

**Výhledy systémů Steer by Wire do budoucna** - ještě na poslední Mezinárodní výstavě automobilů IAA v roce 2001 očekávala firma ZF Lenksysteme sériové zavedení Steer by Wire od roku 2005. Mezitím se objevila určitá omezení. S prvním skutečným mechanismem řízením Steer by Wire v osobních automobilech lze na trhu počítat teprve od roku cca 2012. Tento systém vyžaduje na základě své velké komplexnosti vysoké nároky k zajištění potřebné bezpečnosti. To má za následek vysoké náklady. Takové částky však citlivost automobilového průmyslu na náklady v současnosti neumožňuje. Navíc je Steer by Wire systémem pro vozidla vyšší třídy, jejichž zákazníci kladou velmi vysoký důraz na bezpečnost. Tento okruh zákazníků nemá zpravidla důvěru k technologii, která se obejde bez mechanického spojení mezi volantem a koly. Aktivní mechanismus řízení je první krok k funkci Steer by Wire. Neumožňuje sice autonomní jízdu, avšak korekční funkce a více

komfortu. V krátkodobém nebo střednědobém horizontu se aktivní mechanismus řízení široce prosadí. [10]



Obrázek 37: Aktivní zásah do řízení

Zdroj: [10]

## Závěr

Otázce bezpečnosti věnují v současnosti výrobci značnou pozornost, což se odráží i ve stále bezpečnějších moderních osobních automobilech. Jako příklad toho byl popsán systém testování pasivní bezpečnosti v rámci Euro NCAP. Když tento projekt v roce 1997 v Evropě začínal, bylo vynikající hodnocení čtyři hvězdičky. Přitom řada vozů dosáhla tří a méně hvězdiček. Dnes je již 97% vozidel hodnoceno čtyřmi nebo pěti hvězdičkami. To je důkaz, že bezpečnost vozidel se neustále zvyšuje. Byl popsán stručně vývoj základních prvků mající na bezpečnost největší vliv. Dle výsledků nárazových testů se však ukazuje, že možnosti pasivní bezpečnosti mají své limity. Bezpečnostní pásy, karoserie, více než desítky airbagů poskytují relativně vysokou míru ochrany, avšak v době stále zvyšujícího se počtu vozidel a tím i počtu nehod nebude tato ochrana již přijatelná, resp. společnost se s tímto stavem pravděpodobně nespokojí. Ke slovu proto přichází v čím dál větší míře prvky aktivní bezpečnosti. Jejich funkce budou moci v kombinaci s pre-crash systémem obsahující různé senzory pro kontrolu okolí vozidla, systému Car2Car komunikace a dalších kombinací stávajících asistenčních systémů zvýšit úroveň jednak vlastní aktivní bezpečnosti, nebo napomoci i prvkům v oblasti pasivní bezpečnosti pro další snížení následků nehod.

Pokud bychom zapátrali ve statistikách nehodovosti, zjistíme, že za většinou nehod stojí jediný viník. A tím je samozřejmě člověk. Jak dokazuje vyvíjený systém Steer By Wire umožňující zásah do řízení zcela nezávisle na vůli řidiče, nastoupí v budoucnu systém, kdy vozidlo nebude ovládat již člověk, ale počítač. Tento systém se bude schopen kolizi jako takové vyhnout, či spíše ve spolupráci s ostatními vozidly se do nebezpečných situací vůbec nedostat. K tomuto modelu vozidla vede ještě dlouhá cesta. Pokud si odmyslíme technické aspekty takového systému, jeho obrovskou složitost a náročnost na přesnost, hlavním problémem bude pravděpodobně opět člověk, který se nebude chtít nechat spoutávat a nechávat na pospas pouze počítačům. Firma Volvo představila svůj projekt Zero, zero z anglického 0, mající značit 0 dopravních nehod. Tento projekt počítá mimo jiné s výše uvedenými prvky, ale například také se zákazem jízd motocyklů – údajně proto, že jsou příliš nebezpečné. Ve skutečnosti je tento důvod však jiný, motocykl se nedá ovládat na dálku jako automobil. Tento požadavek splňuje pouze moderní, bezpečný automobil.

Co si představit pod pojmem moderní bezpečný automobil lze najít v této práci. Práce poskytuje celkový náhled na prvky bezpečnostní výbavy a usnadňuje v nich orientaci.

Výsledky zde prezentované je možné využít pro výuku jako rešerše o moderním bezpečném vozidlu, dále pro výzkum chování řidičů za volantem, například pro stanovování optimálního způsobu udržování pozornosti řidiče a snížení tak příležitosti ke vzniku krizových situací. Další možností použití této práce je při navrhování dopravní infrastruktury s udržení vzájemné bezpečnostní kompatibility pro všechny účastníky silničního provozu a to jak pro současné vozidla, tak i pro budoucí.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOVANDA, Jan. Konstrukce automobilů : pasivní bezpečnost, Praha : ČVUT, 1996. 50 s. ISBN 80-01-01459-2
- [2] KRAMER, Florian. Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen : Biomechanik - Simulation - Sicherheit im Entwicklungsprozess : mit 32 Tabellen, Wiesbaden : Vieweg, 2006. xii, 429 s. ISBN 3-8348-0113-5 EUR 49.90
- [3] Traffic safety / Leonard Evans. Bloomfield : Science Serving Society, c2004. ISBN 0-9754871-0-8
- [4] Člupek, Jiří: Silniční doprava - pasivní bezpečnost, Vydavatel: České dráhy, ISBN 80-85884-80-1
- [5] Jiří Štika - Jiří Voskovec - Jana Šmolíková, Psychologická prevence nehod (teorie a praxe), Praha : Karolinum, 2006. 218s. ISBN 80-246-1096-5 (brož.)
- [6] časopis MM 2005 / 10, rubrika Odborná příloha / Automobilový průmysl, strana 4
- [7] Závěrečná zpráva projektu FT-TA/24 - Aktivity v oblasti silničních vozidel
- [8] Materiály VolvoCars

### Elektronické dokumenty

- [9] Rubrika Telekomunikace, infrastruktura [online]. [cit 2009-05-04]. Dostupné z < <http://www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-340/radary-a-senzory-pro-vyssi-bezpecnost-dopravy>>.
- [10] Tiskové fórum BOSCH [online]. [cit 2009-05-14]. Dostupné z < <http://www.bosch.cz/press/default.asp>>.
- [11] autolexicon.net [online]. [cit 2009-05-11]. Dostupné z < <http://cs.autolexicon.net/home/>>.
- [12] Vše o autech na jednom místě [online]. [cit 2009-05-13]. Dostupné z < <http://news.auto.cz/>>.
- [13] VolvoCars [online]. [cit 2009-05-20]. Dostupné z < <http://www.volvocars.com/cz/footer/about/NewsEvents/News/Pages/default.aspx>>.
- [14] lexikon techniky [online]. [cit 2009-05-13]. Dostupné z < <http://www.volkswagen.cz/lexikon>>
- [15] Honda Safety [online]. [cit 2009-05-13]. Dostupné z < <http://corporate.honda.com/safety> >
- [16] Airbag – informace [online]. [cit 2009-05-11] < [http://www.zbynekmlcoch.cz/info/automoto/airbag\\_informace\\_a\\_parametry\\_zivotnost\\_oznaceni.html](http://www.zbynekmlcoch.cz/info/automoto/airbag_informace_a_parametry_zivotnost_oznaceni.html) >

## SEZNAM TABULEK

Tabulka č.1 – průběh střetu – boční náraz – figurína

Tabulka č.2 – průběh střetu – boční náraz - vozidlo

Tabulka č.3 – Naměřené hodnoty zrychlení na hlavě

Tabulka č.4 – průběh střetu – čelní náraz – figuríny

Tabulka č.5 – průběh střetu – čelní náraz – vozidlo

Tabulka č.6 – Zrychlení na hlavě figurín

Tabulka č.7 – průběh střetu – čelní náraz 2 – figuríny

Tabulka č.8 – průběh střetu – čelní náraz 2 – vozidla

Tabulka č.9 – průběh střetu – srovnání rychlosti 64 a 80 km/h

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ovlivnění bezpečnosti provozu	Zdroj: Autor	- 8 -
Obrázek 2: Harmonogram průběhu havárie	Zdroj: Autor	- 11 -
Obrázek 3: Obory spojené s pasivní bezpečností	Zdroj: Autor	- 13 -
Obrázek 4: klasifikace druhu nárazu	Zdroj: [2]	- 14 -
Obrázek 5: Popis vzniku poranění po havárii	Zdroj: [1]	- 16 -
Obrázek 6: Porovnání počítačové simulace nárazu se skutečným crash-testem	Zdroj: [11]	- 18 -
Obrázek 7: Srovnání nárazů dvou vozidel stejného typu, ale různého stáří	Zdroj: ADAC	- 19 -
Obrázek 8: schéma nárazových zkoušek prováděných EuroNCAP	Zdroj[2]	- 20 -
Obrázek 9: Rozdělení pasivní bezpečnosti z hlediska vlastní ochrany	Zdroj: Autor	- 22 -
Obrázek 10: Vliv času na kompatibilitu bezpečnostních prvků vozidel	Zdroj: TÜV SÜD	- 22 -
Obrázek 11: Karoserie konvenční konstrukce	Zdroj: [15]	- 25 -
Obrázek 12: Karoserie zohledňující bezpečnostní kompatibilitu	Zdroj: [15]	- 25 -
Obrázek 13: Rozložení deformačních sil v karoserii a rozložení tuhosti	Zdroj: [2]	- 26 -
Obrázek 14: Rozmístění vozidel pro boční střet	Zdroj [7]	- 27 -
Obrázek 15: Moderní systém bezpečnostních pásů	Zdroj: [8]	- 29 -
Obrázek 16: Omezovač tahu	Zdroj: [14]	- 30 -
Obrázek 17: Průběh přetížení testovací figuríny v závislosti na čase po nárazu	Zdroj [2]	- 30 -
Obrázek 18: Systém WHIPS firmy Volvo	Zdroj: [8]	- 31 -
Obrázek 19: Systém airbagů v moderním vozidle	Zdroj: ToyotaPressCentrum	- 33 -
Obrázek 20: Nový airbag pro zadní sedadla	Zdroj: ToyotaPressCentrum	- 34 -
Obrázek 21: Bezpečné nafukování airbagu	Zdroj: ToyotaPressCentrum	- 35 -
Obrázek 22: Deformace vozidla	Zdroj: [7]	- 37 -
Obrázek 23: Průběh celkového zrychlení v hlavě spolujezdce	Zdroj: [7]	- 38 -
Obrázek 24: Průběh celkového zrychlení v hlavě spolujezdce	Zdroj: [7]	- 38 -
Obrázek 25: Náraz chodce do vozidla	Zdroj: [8]	- 40 -
Obrázek 26: Deformace Š120	Zdroj: [7]	- 42 -
Obrázek 27: průběh nárazu Š120	Zdroj: [7]	- 43 -
Obrázek 28: porovnání deformací vozidel	Zdroj: Autor	- 44 -
Obrázek 29: Rozdělení funkce ASR + EDS v závislosti na rychlosti vozidla	Zdroj: [14]	- 47 -
Obrázek 30: Vozidlo se systémem City Safety	Zdroj: VolvoCars	- 51 -
Obrázek 31: Systém DAC udržující vozidlo ve správném směru a zároveň sledující řidičovu pozornost	Zdroj: [8]	- 52 -
Obrázek 32: Posun interiéru vozidla pro plné využití ride-down efektu	Zdroj: VolvoCars	- 57 -
Obrázek 33: Využití senzorů pro predikci nehody	Zdroj: [10]	- 60 -
Obrázek 34: Využití pre-crash senzorů pro bezpečný rozestup vozidel	Zdroj: [8]	- 60 -
Obrázek 35: Zachycení osoby před vozidlem pre-crash senzory	Zdroj:[8]	- 61 -
Obrázek 36: Schéma vzájemné komunikace systému Car2Car	Zdroj: car-to-car.org	- 63 -
Obrázek 37: Aktivní zásah do řízení	Zdroj: [10]	- 65 -



## **SEZNAM ZKRATEK**

EHK – Evropská Hospodářská Komise  
OSN – Organizace Spojených Národů  
EVU - Europäischer Verein für Unfallforschung und Unfallanalyse  
PHMS - Post Mortem Human Subject  
HIC - Head Injury Criterion  
HPC – Head Protection Criterion  
EuroNCAP - European New Car Assessment Programme  
FIA – Federation Internationale de l'Automobile  
ESP – Electronic Stability Programme  
USA – United States of America  
EPP - Electronic Pedestrian Protection  
ABS – Anti-lock Braking  
CBC - Cornering Brake Kontrol  
ASR - Antriebsschlupfregelung  
EDS - Elektronická uzávěrka diferenciálu  
EPCD - Early Pole Crash Detection  
SCM - Secondary Collision Mitigation  
BAS - Brake Assistant Systém  
CMOS – Complementary Metal–Oxide–Semiconductor  
GPS – Global Positron System  
DAC - Driver Alert Control  
RDE - Ride Down Efekt  
PSM - Parking Space Measurement  
ACC – adaptive cruise kontrol  
UWB - Ultrawideband  
C2C – Car2Car