

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2016**

**JAN DOBIÁŠ**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav techniky a automobilové dopravy**

---



**Aktivní a pasivní bezpečnost automobilů**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Jan Dobiáš

---

Brno 2016

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:.....vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předemtná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Jiřímu Čupěrovi, Ph.D., za rady a veškerý čas, který mi věnoval.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá problematikou aktivních a pasivních bezpečnostních prvků automobilů. V úvodní části popisuje historii těchto bezpečnostních prvků. Ve druhé části se práce zabývá biomechanikou ke vztahu bezpečnosti automobilů. Třetí část se věnuje popisu jednotlivých aktivních a pasivních bezpečnostních prvků s důrazem na zadržné systémy. Ve čtvrté části se stručně věnuje metodice hodnocení bezpečnosti automobilů. A v závěru naznačuje předpokládaný budoucí vývoj bezpečnostních prvků.

**Klíčová slova:** aktivní bezpečnost, pasivní bezpečnost, elektrické systémy

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with active and passive safety features of cars. In the first part describes the history of these safety features. The second part deals with the biomechanics related to vehicle safety. The third part describes the various active and passive safety features, with an emphasis on restraint systems. In the fourth part briefly introduces the methodology of evaluation of the safety car. And at the end indicates the expected future development of security features.

**Keywords:** active safety, passive safety, electrical systems

## OBSAH

1	Úvod .....	10
2	Cíl práce .....	11
3	<b>Historie bezpečnostních prvků</b> .....	12
3.1	Počátky vývoje .....	12
3.2	Historický vývoj bezpečnostních prvků.....	14
4	<b>Biomechanika</b> .....	16
5	<b>Aktivní bezpečnostní prvky</b> .....	19
5.1	Karoserie .....	20
5.1.1	Výhled z vozidla .....	20
5.1.2	Hlídání mrtvého úhlu .....	21
5.2	Brzdy .....	21
5.2.1	Protiblokovací systém (ABS) .....	22
5.2.2	Brzdový asistent (BAS) .....	25
5.2.3	Protiprokluzový systém (ASR).....	26
5.2.4	Regulace dynamiky jízdy (ESP).....	26
5.2.5	Automatická parkovací brzda (APB).....	28
5.2.6	Asistent pro rozjezd do svahu.....	28
5.3	Osvětlení .....	28
5.3.1	Adaptivní světlomety (AFL).....	29
5.3.2	Laserová světla .....	29
5.3.3	Automatické rozsvěcení a přepínání dálkových světel.....	30
5.3.4	Systém nočního vidění.....	31
5.3.5	Systém rozpoznání chodců .....	32
5.4	Fyziologie řidiče.....	32
5.4.1	Alkoholový zámek.....	32

5.4.2	System sledování bdělosti řidiče.....	32
5.4.3	Klimatizace .....	33
5.5	Ostatní .....	33
5.5.1	Automatická aktivace stíračů.....	33
5.5.2	Samozatmívací zpětné zrcátko.....	33
5.5.3	Signalizace nezapnutého bezpečnostního pásu.....	34
5.5.4	System sledování tlaku v pneumatikách.....	34
5.5.5	Pneumatiky k nouzovému dojetí.....	35
5.5.6	System sledování jízdního pruhu.....	36
5.5.7	Adaptivní tempomat (ACC).....	36
<b>6</b>	<b>Pasivní bezpečnostní prvky .....</b>	<b>36</b>
6.1	Karosérie automobilů – deformační zóny.....	37
6.1.1	Čelní část automobilu .....	38
6.1.2	Boční část automobilu .....	38
6.1.3	Zadní část automobilu.....	39
6.2	Zádržné systémy.....	39
6.2.1	Bezpečnostní pásy.....	40
6.2.2	Přitahovače pásů .....	41
6.2.3	Airbagy .....	43
6.2.3.1	Čelní airbagy .....	45
6.2.3.2	Boční airbagy .....	46
6.2.3.3	Okenní airbagy .....	47
6.2.3.4	Kolenní airbagy.....	48
6.2.3.5	Nafukovací bezpečnostní pásy .....	48
6.2.4	Bezpečnostní pásy pro těhotné ženy .....	49
6.2.5	Dětské zádržné systémy.....	50
6.3	Aktivní hlavové opěrky.....	51

6.4	Bezpečnostní sloupek volantu .....	52
6.5	Ostatní .....	53
6.5.1	Bezpečnostní sklo .....	53
6.7	Ochrana chodců.....	54
6.6.1	Vnější airbagy .....	55
6.6.2	Aktivní kapota.....	56
<b>7</b>	<b>Systémy predikce nárazu .....</b>	<b>57</b>
7.1	Varování před čelním nárazem (FCW) .....	58
7.2	Prediktivní brzdový asistent (PBA) .....	58
7.3	Prediktivní varování před kolizí (PCW) .....	58
7.4	Prediktivní nouzová brzda (PEB).....	58
7.5	Systém ochrany cestujících PRE-SAFE.....	58
7.6	Propojení systémů aktivní a pasivní bezpečnosti.....	59
<b>8</b>	<b>Zkoušení bezpečnosti automobilů .....</b>	<b>60</b>
8.1	Ochrana posádky .....	60
8.1.1	Čelní náraz .....	61
8.1.2	Boční náraz .....	61
8.1.3	Zadní náraz .....	62
8.1.4	Ochrana dětí .....	62
8.2	Ochrana chodců.....	63
8.3	Figuríny .....	63
8.4	Asistenční systémy.....	64
8.5	Hodnocení bezpečnosti .....	64
<b>9</b>	<b>Budoucnost vývoje bezpečnostních prvků .....</b>	<b>65</b>
9.1	Telematika.....	65
9.2	Osvětlení .....	66
9.3	Aktivní plynový pedál.....	67



9.4	Airbagy.....	68
10	<b>Závěr</b> .....	69
11	<b>Seznam použité literatury</b> .....	70
13	<b>Seznam obrázků</b> .....	73

# 1 ÚVOD

Automobil se nám stává každodenním dopravním prostředkem. Lidé požadují od vozidla čím dál větší komfort, vybavenost a snadnou ovladatelnost. A právě tímto směrem kladli priority vývoje svých vozidel výrobci. Postupem času jak se zvyšoval počet dopravních nehod, tak lidé začali požadovat po vozidlech i vyšší bezpečnost. To vedlo výrobce automobilů vyvíjet i tuto oblast. Vznikají díky tomu dnes stále nové bezpečnostní prvky, které mají zachránit lidské životy a snížit materiálové škody. Vyšší bezpečnost vozidel se využívá také v marketingu a konkurenčním boji automobilových značek. Nejčastějším důvodem vzniku dopravní nehody je lidský faktor. Každý rok na světě přijde o život 1,3 milionů osob na následky dopravní nehody a asi 50 milionů osob je zraněno. V Evropě ročně takto umírá 28 000 lidí. Z pohledu ekonomiky jsou způsobené škody ve výši 2 % HDP. [29] V poslední několika letech výrobci přichází s plně automatickými a asistenčními systémy, které mají hlavně předcházet kolizím, způsobeným právě chybným chováním účastníků silničního provozu. Přitom se stále klade velký důraz na ochranu cestujících a chodců, když už k dopravní nehodě dojde.

Moderní automobily jsou dnes vybaveny celou řadou bezpečnostních prvků zvyšující jejich bezpečnost. Robustní karoserie je již z větší části vyrobena z vysokopevnostní oceli a o bezpečnost posádky se stará sestava několika airbagů, která chrání cestující vozu ze všech stran. Sloupek řízení a pedálová skupina se již při dopravní nehodě řízeně deformují směrem mimo řidiče a tak snižují riziko poranění. Vozidla disponují také systémy inteligentní ochrany cestujících, které koordinují činnost mnoha bezpečnostních technologií ve vozidle. Tyto bezpečnostní systémy jsou schopny zareagovat za zlomek sekundy a tím připravit cestujícího těsně před nárazem. Sofistikované bezpečnostní prvky bývaly donedávna doménou hlavně u vozidel vyšších kategorií, ale již dnes je stále častěji vidíme i u těch nejmenších a levnějších automobilů.

## **2 CÍL PRÁCE**

Má bakalářská práce má za cíl vytvořit přehled a popis bezpečnostních prvků používaných v automobilech:

- Historický vývoj bezpečnostních prvků automobilů.
- Popis biomechaniky a její koncipování vzhledem k bezpečnostním prvkům.
- Charakteristika používaných aktivních a pasivních bezpečnostních prvků.
- Metody hodnotící bezpečnost automobilů.
- Další vývojové trendy bezpečnostních prvků.

## 3 HISTORIE BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ

### 3.1 Počátky vývoje

Od počátku se automobily konstruovaly jako dopravní prostředky, jejichž účelem bylo přepravit osoby nebo náklad rychleji, než do té doby koněspřežky nebo vlakové soupravy. Ze začátku mělo vozidlo hlavně přepravní funkci, až později se začala vybavovat vytápěním a odhlučněním kabiny pro vyšší komfort. Počet vozidel byl stále nízký a rychlosti dosahované nebyly nikterak vysoké, což ani neumožňoval stav vozovek. Automobil byl luxusním zbožím, které si nemohl každý dovolit. Celkově bylo méně dopravních nehod v přepočtu na ujeté kilometry vzhledem k dnešní době. Když už k dopravní nehodě došlo, vzhledem k nízkým rychlostem se až tak nic vážného nestalo. Více zraněných osob bylo mimo vozidlo, díky střetu s pohyblivým se vozidlem a tak se nikdo nestaral o zdravotní stav osob uvnitř vozidla. Proto se nikdo nezajímal o bezpečnost vozidel pro přepravované osoby a přicházelo se na trh s novými technickými řešeními, které hlavně zvyšovaly výkon, spolehlivost a komfort. [8]

Problematika bezpečnosti posádky se začala řešit až v padesátých letech 20. století v USA. V té době byla vozidla velmi nebezpečná svou konstrukcí pro cestující. Často docházelo k oddělení části automobilu a průniku konstrukčních skupin do vozu, které způsobovaly smrtelná zranění. Přibývajícím počtem vozidel se zvyšoval počet mrtvých. Americký vědec J. P. Stapp začal se statistickým zkoumáním a výzkumem dopravních nehod, jako, kdo nehodu způsobil, kolik bylo zraněných a usmrcených osob. Na základě svého pozorování došel k závěru nebezpečné konstrukce většiny tehdejších vozidel a položil základní kritéria pro ochranu přepravovaných osob, které platí dodnes. Své tvrzení podložil tím, že zkonstruoval několik měřících přístrojů, kde demonstroval odolnost lidského těla vůči nárazu. Sám osobně se nechával na těchto přístrojích testovat. Byl posledním živým člověkem, který zkoušky absolvoval. Podle těchto výsledků byla stanovena odolnost jednotlivých orgánů lidského těla a automobily prošly prvními konstrukčními úpravami. Ze začátku se výrobci automobilů bránili změnám z důvodu zvyšování výrobních vývojových nákladů, ale nakonec se podařilo přesvědčit výrobce o smyslu konstrukce bezpečného automobilu. Pokrok se pak rozšířil do celého světa. [1]

Vyvozená základní kritéria platná dodnes:

- Dostatečný prostor pro přežití posádky ve vozidle, a to i v případě převrácení vozidla na bok či střechem.
- Nesmí do prostoru pro posádku nadměrně pronikat žádná část vozidla.
- V prostoru nesmí být žádné části, které by mohly způsobit poranění posádky, ostré výstupky a hrany, musí být zaobleny (minimální rádius hran 2,5 mm podle předpisu EHK-R 26). [15]
- Vnitřní část prostoru posádky by měla být polstrována materiály tlumící náraz a plochy, které by mohly přijít do styku s lidským tělem, musí mít co největší plochu (např. střed volantu).
- Prostor pro posádku musí být co nejužší, a při havárii by se měl minimálně deformovat.
- Umožnit otevřít alespoň jedny dveře bez pomoci nástrojů.
- Sedačky musí být pevně upevněny a při nárazu setrvat na svém místě.
- Posádka musí být zafixována v sedadlech speciálním zařízením, které zachytí energii při nárazu a nedovolí tak kontakt těla cestujícího s pevnou částí interiéru.
- U dveří nesmí dojít k samovolnému otevření, posádka nesmí z auta vypadnout.
- Přední a zadní část vozidla musí zajistit pohlcení energii nárazu a to na určitý minimální čas, aby se nepřekročily kritické hodnoty zpoždění posádky.
- Okna musí být konstruována tak, aby při roztržení nezpůsobily řezné poranění.
- Při kolizi vozidla nesmí vzniknout požár a dojít k úniku paliva z nádrže.
- Materiály použité uvnitř vozidla by měly být nehořlavé, nebo minimálně s omezenou hořlavostí. [15]

Na základě těchto kritérií byly stanoveny předpisy, podle kterých se konstruovaly vozidla. Rychlost byla zvolena na 48 km/h, v současné době je rychlost stanovena na 56 km/h. [1]

### 3.2 Historický vývoj bezpečnostních prvků

S první myšlenkou použití bezpečnostního pásu přišel vynálezce George Cayley (1773 – 1857) v 19. století. Jeho první využití bylo v leteckém průmyslu. V roce 1903 vynalezl Louis Renault 5-ti bodové bezpečnostní pásy, které automobilka Volvo převzala a vyvinula z nich dnešní 3 bodový pás, který byl ve standardní výbavě jejich vozů (obr. 1). Jejich vynálezcem byl Nils Bohlin. Byly pokusy integrovat pás do dveří a tím došlo po usednutí a zavření dveří k připoutání cestujícího k sedadlu. Tento systém se však moc neosvědčil. [2]

Do roku 1928 byly všechny automobily otevřené bez čelního skla, to se změnilo až od Fordu modelu A. [19]

V roce 1960 přišla společnost Volvo s polstrovanou palubní deskou pro snížení poranění v oblasti hlavy a hrudníku.



*Obr. 1 První tříbodový bezpečnostní pás ve voze Volvo, zdroj:  
[http://amhistory.si.edu/onthemove/themes/story\\_86\\_1.html](http://amhistory.si.edu/onthemove/themes/story_86_1.html)*

Od roku 1965 všechny nově vyrobené automobily měly legislativně nařízeno mít kotevní body pásů na předních sedadlech. Roku 1966 přichází britská automobilka s kupé třídy GT Jensen Interceptor FF vybavené čistě mechanickým systémem ABS, které převzalo z letadel. Volvo v roce 1968 jako první přichází s hlavovými opěrkami na předních sedadlech pro ochranu hlavy a krku při zadním nárazu. V roce 1978 vybavil

Mercedes-Benz svůj brzdový systém již elektronickým ABS, jednalo se o model S-Class. [20]

A stejná značka v roce 1981 dovybavila volant airbagem v luxusním modelu Mercedes-Benz W126, již roku 1972 vyjel první sériový vůz Chevrolet Impala s airbagem, ale bez velkého tržního úspěchu. [14]

V roce 1983 bylo povinné ve Velké Británii používat bezpečnostní pásy a v roce 1987 všechny prodávané vozy musely být vybaveny i pásy na zadních sedadlech. V Evropě tato platnost zákonně vyšla v roce 1991. [20] V roce 1991 přišla automobilka Audi se systémem Proco-ten, jednalo se o první systém přitahovačů pásů. Došlo-li k nárazu takové intenzity, že se posunul motor, tak se s motorem napnula i skupina ocelových lanek, která přitáhla volant směrem od řidiče, a přitáhly se samonavíjecí pásy předních sedadel. [15] Volvo opět jako první přišlo s novinkou v oblasti bezpečnosti, s bočními airbagy u modelu 850. Mercedes společně s firmou Bosch v roce 1995 vyvinuli elektrickou kontrolu stability. O rok později přidává Kia se svým SUV modelem Sportage kolení airbagy. Ve stejném roce vznikl zkušební orgán Euro NCAP. V roce 1997 proběhly první nárazové testy a na vrchol se dostává se čtyřmi hvězdičkami značka Volvo s modelem S40. Další švédská automobilka, které udělala pokrok, byla značka Saab a to s aktivními hlavovými opěrkami. Prvním pětihvězdičkovým automobilem v Euro NCAP se stal Renault Laguna modelový rok 2001 (obr. 2). První asistenční systémy odstartoval Citroen C4, C5 a C6 a to se systémem varování opuštění jízdního pruhu v roce 2005. V roce 2007 přidává Volvo kontrolu mrtvého úhlu za automobilem a o rok později autonomní brzdový systém. Vlivem rychlého vývoje bezpečnostních prvků se v roce 2009 změnilo hodnocení Euro NCAP. [20]



Obr. 2 První pětihvězdičkový automobil v Euro NCAP Renault Laguna, zdroj: <http://www.autoexpress.co.uk/car-news/90221/the-evolution-of-car-safety-a-history>

## 4 BIOMECHANIKA

Ve snaze předcházet vážným zdravotním, ekonomickým a sociálním dopadům z dopravních nehod, bylo potřeba vzájemně rozebrat vliv základních dvou činitelů. Mezi tyto dva činitele patří člověk a vozidlo. Aby byla provedena vhodná technická řešení, musely být pochopeny komplikované mechanismy úrazů. Experimenty s figurínami a vozidlem ztrácejí na svém významu, když neznáme přesné hranice zatížení lidského těla, které by člověk přežil ve zdraví. Nejdůležitějšími daty se staly pevnosti tkání, orgánů, končetin, trupu a hlavy. Bylo potřeba vytvořit novou vědeckou disciplínu, která by byla na hraně mezi mechanikou a lékařstvím. Ze začátku vznikl pojem dopravní lékařství, které bylo nedostatečné, a vznikl z fyzikálně anatomických měření obor biomechanika. Biomechanika získává údaje z experimentálních pokusů a z analýz mechanismů nehod. Seskupuje stavy orgánů, tkání a jiných částí lidského těla vystavených zatížení při dopravních nehodách (zrychlení, zbrzdění, rázy, vymrštění, komprese, švihy).

Obecně se dá říct, že biomechanika je vědní obor zkoumající odolnost lidského těla a popisující mechanismy poranění. Stanovuje mezní hodnoty zatížení lidského těla, tak aby byly otestovány bezpečnostní prvky ve vozidlu. Bezpečnostní limity se stanovují z pokusů na zvířatech a lidských mrtvolách, kdy se zkoumá poškození kostí a orgánů. Takzvané kritérium poranění je hranice mezi přípustnou a nepřístupnou hranicí poranění. Z kritéria poranění je pak stanoven bezpečnostní limit (kritérium ochrany), který vyjadřuje mezní hodnotu mechanického zatížení (zrychlení, síly) na zkušebních figurínách, které nesmí být při nárazových zkouškách přesáhnuty.

Průkopníkem biomechaniky byl Američan J. P. Stapp, který v letech 1946 až 1958 prováděl testy sám na sobě, dobrovolnících a zvířatech. Jeho kritéria položila základ pro konstrukci raket, nadzvukových letadel a vozidel. [15]

Nejdůležitější biomechanická kritéria:

- maximální zatížení člověka při zpoždění,
- poranění hrudníku a některých vnitrohrudních orgánů,
- poranění hlavy s průměrnými a kritickými hodnotami pevnosti lebky a odolnosti mozku vůči poranění,
- poranění vnitrobřišních orgánů,



- hraniční hodnoty pevnosti obratlů, páteře a pánve, rozsah a kritické hodnoty pevnosti kostní pánve.

Všechny mezní hodnoty zohledňují variabilitu jednotlivců, pohlaví, věk a vytváří základ při vývoji vozidel. [15]

Sledující faktory:

- výsledné zrychlení,
- střední zrychlení,
- doba trvání zrychlení,
- zpomalení a zrychlení ve špičce,
- změny hodnot zrychlení vůči času,
- místo působící síly na tělo řidiče,
- plošné působení síly na tělo,
- závislost síly a času,
- závislost síly a dráhy,
- rezonanční frekvence vnitřních orgánů.

V 70 % při dopravní nehodě dojde k úrazu hlavy, které jsou nejčastější příčinou úmrtí na silnicích. Špičkové zpomalení lidského hlavy je určeno na základě WSU – křivky (Wayne State University), která vyjadřuje postupné zpomalení hlavy v závislosti na době účinku (obr. 3). Tato křivka byla stanovena pokusy na mrtvých lidských tělech a zvířatech o tvrdý rovný povrch. Hodnoty nacházející se nad křivkou jsou brány jako životu nebezpečné a hodnoty pod křivkou za únosné. Limit byl stanoven na  $80 \text{ m.s}^{-2}$  po dobu 3 ms hlavy ve všech směrech i přesto, že křivka byla stanovena pro čelní náraz hlavy o rovnou plochu. [15]

Na základě WSU – křivky byl experimentálně odvozen index zatížení (Severity Index). Hodnotu špičkového zpoždění hlavy ( $a_r = 80 \text{ m.s}^{-2}$  působící po dobu 3 ms) vyjadřující hranici přežití udává v indexu zatížení  $SI = 1000$ .

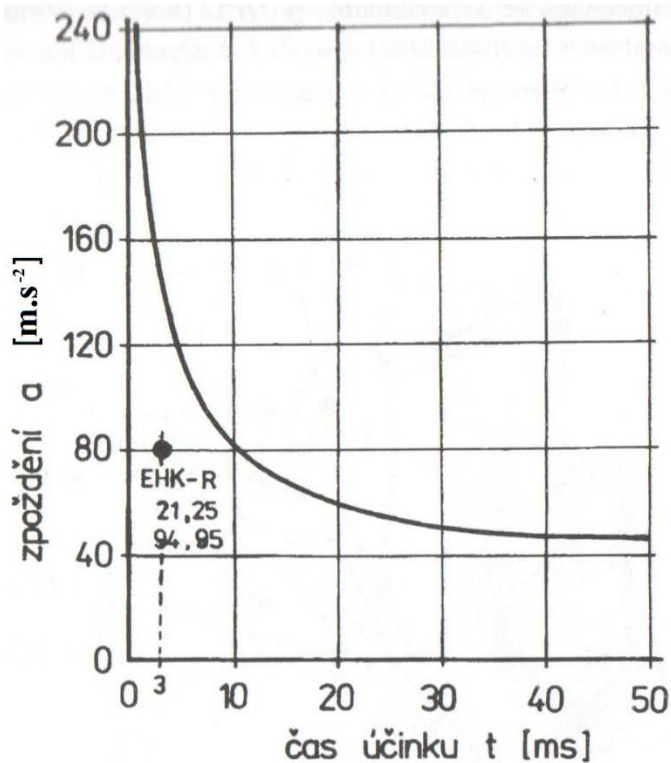
Výpočet skutečné hodnoty indexu SI:

$$SI = \int_0^t a_r^{2,5} dt, \quad (4.1)$$

kde  $a_r [\text{m.s}^{-2}]$  je výsledné negativní zrychlení ve všech směrech souřadných os x, y, z působící na zkušební figurínu

$$a_r = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (4.2)$$

a čas  $t$  [s] vyjadřuje dobu účinku.



Obr. 3 WSU – křivka hranice snesitelnosti zpoždění pro lidský mozek [15]

Pasivní bezpečnost na základě biomechanických kritérií je uváděna v Předpisu EHK-R 94 (čelní náraz vozidla) a Předpisu EHK-R 95 (boční náraz vozidla). Kdy pro čelní náraz se používá figurína HYBRID III a pro boční náraz EUROSID I. V USA se používá jiná figurína podle normy FMVSS č. 208. [15]

## 5 AKTIVNÍ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY

Pod prvky aktivní bezpečnosti rozumíme všechna technická zařízení, systémy a vlastnosti vozidla, která pomáhají předejít nebo zabránit vzniku dopravní nehody. Aktivní bezpečnost lze rozdělit do čtyř základních částí.

Bezpečnost jízdy, např.:

- neutrální jízdní chování v zatáčkách,
- stabilní přímá jízda vozidla (ESP),
- přesné řízení s lehkým chodem,
- co největší možné zpomalení bez zablokování kol (ABS),
- optimálně sladěné pérování a tlumení se zavěšením kol,
- protiprokluzové systémy (ASR, FDR).

Zajištění bezpečného vnímání, např.:

- velké prosklené plochy, zaclonitelné zpětné zrcátko,
- světlomety, které dostatečně osvětlují jízdní dráhu,
- akustická a světelná výstražná zařízení,
- vyhřívaná okna.

Zajištění fyzické pohody, např.:

- ergonomie tvaru sedadla řidiče,
- komfortní pérování,
- dobré větrání vnitřního prostoru, klimatizace,
- snížení akustického hluku.

Bezpečnost obsluhy, např.:

- přehledné rozmístění spínačů, přepínačů a kontrolků,
- dobré uspořádání řídicích prvků.

Některé prvky automobilky řadí do komfortní výbavy, ale ve své podstatě slouží k zvýšení bezpečnosti vozidla. Takovým příkladem je například klimatizace. Udržuje

příjemnou teplotu uvnitř kabiny pro pohodlné cestování, čímž zároveň zajišťuje dobrou fyzickou a psychickou kondici řidiče pro bezpečné řízení vozidla. [5]

## 5.1 Karoserie

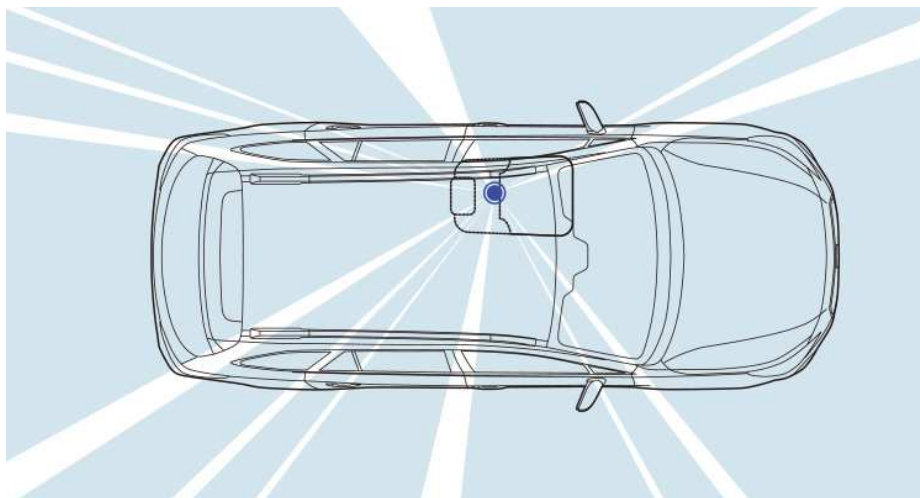
Karoserie vozidla vytváří vnitřní prostor pro cestující a náklad, její konstrukce nejen ochraňuje posádku před okolními vlivy a nehodami, ale i ovlivňuje prostředí pro cestování. Svým tvarem ovlivňuje pozorovací úhly při řízení vozidla. [5]

### 5.1.1 Výhled z vozidla

Při konstrukci vozidla se řeší nejprve výhled ze sedadla řidiče, až pak z ostatních míst ve vozu. Řidič musí mít přehled o dění kolem vozidla, proto je snaha konstruovat kabinu tak, aby měla co nejméně úhlů, ve kterých řidič nevidí prostor před ním, jsou to tzv. mrtvé úhly (obr. 4). Jen tak může řidič reagovat na dané situace v provozu. Výhled z vozidla se rozděluje do tří kategorií:

- zorné pole, je oblast prostoru, který zachytíme okem v nehybné poloze
- pohledové pole, je oblast, kterou vidíme pohybem oka bez pohybu hlavou
- rozhledové pole, je oblast, kterou vidíme i při otáčení hlavy.

Každé oko má určitý prostor vidění, monokulární pole má asi 150°. Tyto monokulární pole se překrývají a vzniká asi 120° binokulární pole. Zbýlých 30° se označuje jako temporální srpek. [16]



Obr. 4 Výhled z místa řidiče v Subaru Outback

zdroj: <http://www.subaru.cz/outback-2015-eu-bezpecnost.html>

### 5.1.2 Hlídaní mrtvého úhlu

Při nepřímém výhledu z vozidla dozadu vnějšími zrcátky a vnitřním zpětným zrcátkem vznikají tzv. mrtvé (slepé) úhly. V tomto úhlu nevidíme například pohybující se vozidlo. Je snaha tento úhel snížit na minimum a tím zajistit bezpečný výhled. Základním opatřením je na straně řidiče použít asférické vnější zrcátko. Asférické zrcátko má dělenou zrcadlovou plochu, kdy dvě třetiny délky zrcátka je plochá a zbylá vnější jedna třetina plochy má tvar proměnného rádiusu. Zakřivená plocha zrcátka zvětšuje pole výhledu. Na straně spolujezdce se používá sférické vypouklé zrcátko. I takto upravená boční zrcátka nejsou dokonalá a můžeme u nich stále nevidět určité prostory kolem vozu. Nejnebezpečnější situace jsou při najíždění z přípojovacího pruhu do průběžného pruhu na dálnici, řidič musí sledovat dění před sebou a zároveň hlídat vozy za sebou a vedle sebe. [18]

Proto byl vytvořen systém BLIS (Blind Spot Information Support), u kterého ultrazvuková čidla na boku vozidla hlídají vozy v nebezpečné blízkosti, které by řidič nemusel vidět ve vnějších zpětných zrcátkách. Jejich přítomnost upozorňuje řidiči rozsvícení varovné kontrolky v zrcadlové ploše zrcátka. Tento systém se poprvé objevil u vozu Volvo V70 z roku 2004. Jiný způsob eliminace mrtvého úhlu je instalace druhého přídatného vypouklého zrcátka mimo, nebo přímo na původní zrcadlovou plochu vnějšího zrcátka. [18]

## 5.2 Brzdy

Brzdy slouží ke zpomalení, zastavení a zajištění automobilu. Při brzdění se pohybová energie vozu mění na tepelnou energii. Provozní brzda je ovládaná plynule nohou a automobil by měl při brzdění udržovat jízdní stopu. K udržení zvolené stopy se systém brzd doplňuje zařízením ABS. Na systém ABS navazují další systémy, které například snižují prokluz kol nebo stabilizují směr jízdy vozidla. Za posledních několik let se v oblasti elektronických systémů brzd udělal velký pokrok. Automobily v dnešní době umí nejen bezpečně brzdit, ale i dokáží samy zastavit nebo alespoň zpomalit bez zásahu řidiče. Tyto systémy se označují jako autonomní (nezávislé) brzdy. [5]

### 5.2.1 Protiblokovací systém (ABS)

Protiblokovací systémy ve zkratce ABS (Antiblock Bracking System) jsou samočinné omezovače blokování kol (ABV) používané u hydraulických i pneumatických brzdových systémů. Podstatou je regulování brzdného tlaku na všech kole tak, aby docházelo k neustálému odvalování po vozovce. Pouze odvalující kolo zajišťuje dobrou přilnavost k povrchu, říditelnost a boční vedení. ABS se skládá z následujících hlavních prvků:

- elektronická řídicí jednotka,
- hydraulický agregát s elektromagnetickými ventily,
- snímače otáček kol s impulzními koly,
- elektrická vedení.

Protiblokovací systémy se rozdělují podle počtu regulačních kanálů:

- čtyřkanálový systém,
- tříkanálový systém,
- individuální regulační systém,
- systém regulace select-low (SLR).

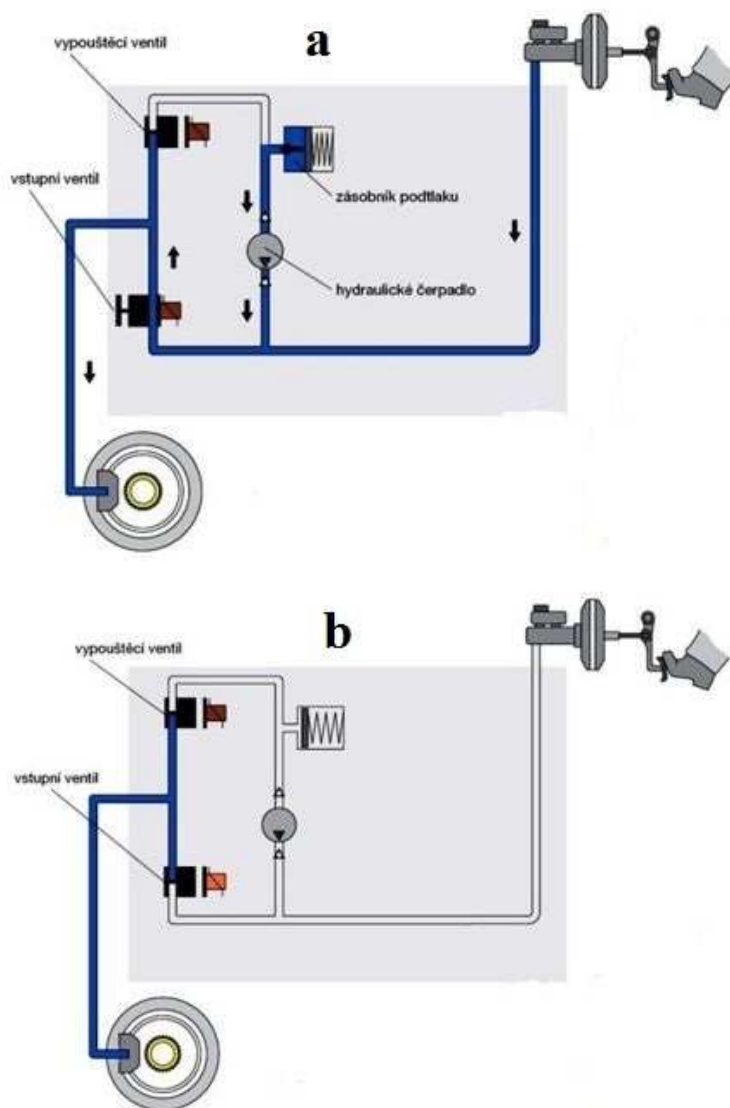
U čtyřkanálového systému je každé kolo řízeno zvlášť a používá se u diagonálního zapojení brzdného okruhů nebo u okruhů „přední náprava – zadní náprava“. Tříkanálový systém reguluje na přední nápravě kola zvlášť a kola na zadní nápravě dohromady. Individuální systém nastavuje na každé kolo maximální brzdný tlak a tím dosahuje největšího možného zbrzdění. Ale v případě jízdy jedné strany automobilu po zledovatěném povrchu může nastat točivý moment vozidla kolem svislé osy. Regulace select-low udržuje brzdný tlak na všech kolech podle kola s nejmenší přilnavostí. Tím je snížen efekt točivého momentu kolem svislé osy. [5]

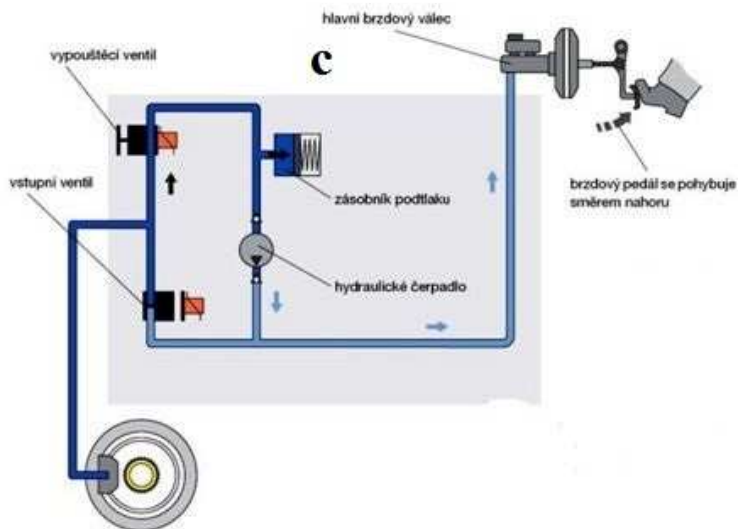
V principu činnosti se brzdění odehrává jen s nepatrným skluzem, kdy ABS není v činnosti. Teprve až při velmi intenzivním brzdění dochází k většímu skluzu a ABS zareaguje a zamezí blokování kol. Oblast skluzu, kdy ABS reguluje brzdný tlak na kola je od 8 do 35 %. Do rychlosti 6 km/h se většinou ABS vypíná, aby mohlo dojít k zastavení vozidla. Každé kolo má ozubený impulzní kroužek, který indukuje ve snímači ABS střídavé napětí. [5]

Kmitočet indukovaného střídavého napětí odpovídá počtu otáček daného kola. Řídicí jednotka podle tohoto kmitočtu vyhodnocuje, zdali kolo zrychluje nebo zpomaluje.

Regulace probíhá 4–10krát za sekundu při sešlápnutém brzdovém pedálu. ABS má tři regulační fáze (obr. 5):

- Nárůst tlaku, tlak vytváří hlavní brzdový válec, přičemž vstupní elektromagnetický ventil je otevřen a vypouštěcí elektromagnetický ventil uzavřen.
- Udržení tlaku, v případě, že kolo má tendenci k blokování, řídicí jednotka ABS uzavře vstupní a vypouštěcí elektromagnetický ventil. Hodnota tlaku v brzdovém systému, tak zůstane stejná.
- Snížení tlaku, pokračuje-li blokování kola a roste skluz. Vstupní elektromagnetický ventil se uzavře a vypouštěcí elektromagnetický ventil otevře, vratné čerpadlo odčerpá brzdovou kapalinu od válečku brzdových čelistí. [5]





Obr. 5 Regulační fáze ABS, a – nárůst tlaku, b – udržení tlaku, c – snížení tlaku  
 zdroj: <http://net-auto.cz/moodle/mod/resource/view.php?id=121>

Od uvedení prvního systému ABS prošel tento systém do dnešní doby několika verzemi. Během jízdy snímají snímače ABS rychlost otáček kol. V případě zablokování kol, dojde k aktivaci elektromagnetického ventilu příslušného kola v hydraulické jednotce ABS. Každé kolo na přední nápravě je ovládáno elektromagnetickým ventilem tak, aby přenášelo maximální možný brzdový účinek nezávisle na ostatních kolech (individuální regulace). Kolo zadní nápravy s nejnižším součinitelem tření určuje brzdový tlak u obou brzd zadní nápravy (Select–Low). Jestliže je rozdělení přední/zadní náprava, tak ovládá brzdový tlak zadní nápravy jeden elektromagnetický ventil, u diagonálního rozdělení jsou zapotřebí dva elektromagnetické ventily. U diagonálního rozdělení se záměrně prodlužuje brzdná dráha, která je kompenzována lepší jízdou stabilitou. [7]

U verze ABS 2E je rozdíl oproti předchozí verze v tom, že řídicí jednotka je součástí hydraulické jednotky. Tímto odpadlo elektrické vedení a snížila se hmotnost. ABS 5.0 se začalo používat v roce 1993. Princip regulace zůstává stejný, ale o funkci se starají dvoucestné elektromagnetické ventily. Dále přibyla funkce rozdělení brzdových sil, která nahradila zátěžové regulátory a redukční ventily zadní nápravy. Verze systému ABS 5.3 má stejné funkce jako verze 5.0 jen má mnohem menší zástavbové rozměry a slouží pro menších brzdové soustavy. Elektromagnetické ventily jsou umístěny odděleně, hydraulická část v hydraulické jednotce a elektrická část (vinutí) v řídicí jednotce. ABS 8 je stávající systémem ABS s rozšířením o systémy ESP, ASR. [7]



### 5.2.2 Brzdový asistent (BAS)

Brzdový asistent slouží při panickém brzdění v krizových situacích k maximálnímu zesílení brzdné síly, čímž dojde ke zkrácení brzdné dráhy. V krizových situacích většinou řidič zareaguje rychle, ale ne dost intenzivně, řídicí jednotka situaci vyhodnotí a sama zvýší brzdnou sílu. Hlavními konstrukčními částmi je řídicí jednotka BAS, spínací magnet, snímač dráhy pedálu a uvolňovací spínač. Všechny části kromě řídicí jednotky jsou součástí podtlakového posilovače brzd.

Pomocí změny odporu snímače dráhy pedálu, snímá řídicí jednotka rychlost sešlápnutí. Rychlé sešlápnutí vyhodnotí jednotka jako nouzovou situaci a pomocí spínacího magnetu zavzdušní pracovní komoru posilovače brzd, tím dojde k vytvoření posilovací síly k maximálnímu zabrzdění. Po uvolnění brzdového pedálu spínač pošle signál k vypnutí spínacího magnetu zavzdušnění a tím dojde k odbrzdění vozidla. Řídicí jednotky ABS a BAS jsou propojeny sběrníci CAN. [5]

Brzdový asistent se používá jen se systémem ABS, protože intenzita brzdění je na hranici blokování kol.

Hlavními úkoly brzdného asistentu jsou:

- rozeznat panické brzdění a zvýšit tlak v brzdném systému na takovou úroveň, aby došlo k mezi blokování všech kol, kdy zasáhne systém ABS,
- rozeznání konce panického brzdění a uvolnění brzdného tlaku na úroveň přání řidiče.

Jiným typem brzdového asistentu je „Dual Rate“. Je to dvoustupňový posilovač brzdné síly, který je založen na čistě mechanickém principu, kdy při mírném brzdění se chová jako běžná brzdová soustava, ale při intenzivním brzdění dochází ke skokovému nárůstu brzdného tlaku při stejné síle sešlápnutí pedálu brzdy. Další systém EVA (Electronic Valve Assistance) od značky Citroën znásobí brzdný účinek při prudkém zabrzdění pomocí uzavření ventilu pístu pedálu brzdy, čímž dojde ke zmenšení plochy mezi pedálem a brzdovou kapalinou. Sníží se tím reakční doba a pedál se rychleji posune k brzdné činnosti. [18]

### **5.2.3 Protiprokluzový systém (ASR)**

Systém ASR (Acceleration Slip Regulation) zabraňuje prokluzu hnacích kol při rozjezdu a akceleraci a tím zajišťuje co největší trakci vozidla k vozovce. Vozidlo se stane stabilní v podélném směru při zachování bočního vedení a tím se zvýší jeho bezpečnost. ASR je nástavba systému ABS. Mají společná všechna zařízení, rozdíl je většinou pouze v softwaru systémů. ASR se dělí do několika kategorií podle zásahu, který může provést v rámci regulace prokluzu. Prvním systémem je ASR se zásahem do výkonu motoru, druhým je ASR se zásahem do brzd a posledním systémem je ASR se zásahem jak do brzd vozidla, tak do výkonu motoru. V případě, že řídicí jednotka zjistí z indukčního snímače protáčející se kolo, spustí hydraulické čerpadlo a blokovací ventil a tím dojde k brzdění daného kola. Když se kolo přestane protáčet, dojde k otevření vstupního a blokovacího ventilu. [5]

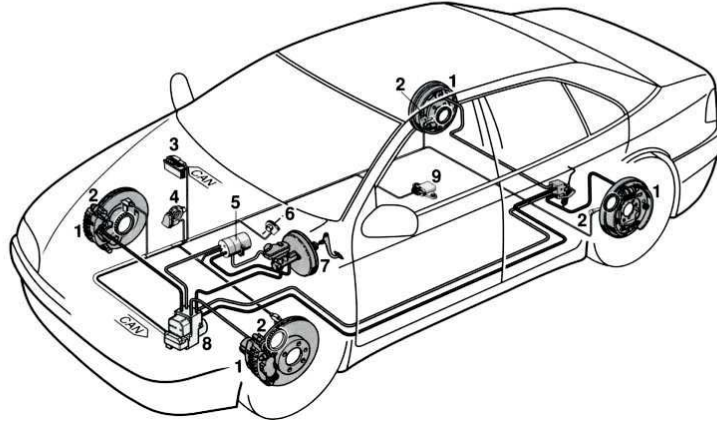
Systém ASR se může doplnit funkcí regulace točivého momentu motoru MSR (Motor-Schleppmoment-Regelung). Například při řazení na nižší převodový stupně nebo při prudkém ubrání plynu, může dojít k zablokování hnacích kol vlivem brzdného účinku motoru. Aby se tak nestalo, systém MSR zvýší točivý moment motoru pomocí řídicí jednotky motoru a tím sníží blokování kol. [18]

### **5.2.4 Regulace dynamiky jízdy (ESP)**

ESP slouží ke stabilizaci vozidla v podélném a příčném směru tak, aby nedocházelo k otočnému momentu kolem svislé osy. Elektronický stabilizační systém pracuje ve spojení s několika systémy, ABS, ASR, ABV (automatická regulace rozdělení brzdné síly), MSR (regulace točivého momentu motoru) a GMR (automatická regulace stáčivého momentu). Řídicí jednotka ESP vyhodnocuje počet otáček kol, brzdný tlak, rychlost stáčení, úhel natočení volantu, podélné a příčné zrychlení (obr. 6) a na základě těchto informací provádí přibrzdění nebo odbrzdění daného kola v určité míře. Pokud dochází u vozidla k nedotáčení, tak řídicí jednotka pomocí hydraulického čerpadla zvýší tlak a přibrzdí zadní vnitřní kolo. V opačném případě, kdy vůz má snahu k přetáčivosti, dojde k většímu přibrzdění předního vnějšího kola. [5]

**Úplný regulační systém ESP (umístění komponent)**

- |  |  |
|--|--|
| 1 Brzdy kol  | 6 Snímač úhlu natočení volantu                           |
| 2 Snímače otáček,  | 7 Posilovač brzdného účinku s hlavním válcem,            |
| 3 Řídící jednotka,   | 8 Hydraulická jednotka (Bosch 5.3),                      |
| 4 Nastavovač škrtkic klapky                                    | 9 Snímač stáčívé rychlosti se snímačem bočního zrychlení |
| 5 Předřádné čerpadlo se snímačem neregulovaného brzdného tlaku |  |



Obr. 6 Součásti systému ESP [17]

ESP sice přispívá ke snížení rizika dopravní nehody, ale v rámci zvýšení aktivní bezpečnosti vozidla přestal být zásah pomocí brzdové soustavy dostatečný. Proto se vyvinul systém ESP II, který mimo brzdové soustavy umí zasahovat aktivně do řízení vozu. Samotná stabilizace jízdy je uskutečňována brzdným zásahem do jednotlivých kol a změnou točivého momentu motoru. Značka Lexus používá řízení stability vozidla VSC. Tento systém například umožňuje bezpečné nenadálé brzdění vozidla před odbočováním. ECU stabilizačního systému monitoruje každý průjezd zatáčkou a v případě potřeby pomocí řídicí jednotky motoru sníží točivý moment na určitou mez a případně určí které kolo a jak intenzivně bude moci při sešlápnutí brzdového pedálu brzdit. Vyšším fází předešlého systému je VDIM (Vehicle Dynamics Integrated Management). Jedná se o propojení všech bezpečnostních systémů, jako jsou ABS, EBD, TRC, VSC, EPS (elektronický posilovač řízení). Tímto spojením se optimalizuje výkon, stabilita a plynulost jízdy. Nejzásadnější je použití elektrického posilovače řízení EPS a posilovače řízení VGRS, tedy posilovače s proměnlivým účinkem, pomocí kterého může systém VDIM upravit řízení při nerovnováze způsobené zrychlováním nebo zpomalováním vozidla a tím zajistit jeho přímý směr, bez zásahu řidiče do řízení. [17]

Systém DSR (Drive Steering Recommendation) vyvinutý značkou VW vylepšuje systém ESP. V situaci, kdy se zvýší brzdný účinek na povrchu s lepší přilnavostí (např. suchá vozovka) dochází ke stáčení vozidla směrem k přilnavějšímu povrchu. V tomto

případě systém DSR navede malým točivým momentem volantů řidiče, k patřičné korekci a tím aktivně podpoří stabilizaci jízdy. [18]

### **5.2.5 Automatická parkovací brzda (APB)**

Jedná se o systém s integrovanými elektromotory přímo ve třmenech brzd nebo servomotorem ovládaná lanka, jako u klasické ruční brzdy. Výhodou prvního provedení je, že se jedná o systém bez mechanické vazby, jediné spojení je pomocí elektrického vedení k brzdám. Parkovací brzda APB je ovládaná tlačítkem, odpadá klasická paka ruční brzdy a tím je více místa například pro odkládací prostory nebo ovládací prvky. Ovládní je velmi komfortní, bezhlučné a rychlé. Systém APB výhodně podporuje elektronický stabilizační systém (ESP), když automobil stojí ve svahu, může ESP udržovat tlak v brzdách a tím automobil nesjede. V případě, že se spalovací motor vypne, nebo řidič opustí vozidlo, automatická parkovací brzda zabrzdí až po nastartování a přidání plynu se samostatně uvolní. Za jízdy se dá použít jako nouzová brzda. [17]

### **5.2.6 Asistent pro rozjezd do svahu**

Zkratka HSA vznikla z anglických slov (Hill-Start Assist) a označuje asistent pro rozjezd do kopce bez nutnosti použít ruční brzdu. Tento systém zabraňuje samovolnému couvnutí při rozjezdu ve svahu. Systém drží tlak v brzdovém okruhu ještě 1 sekundu po uvolnění brzdového pedálu a tím umožní plynulý rozjezd. Systém HSA nenahrazuje běžnou ruční brzdu, k zajištění vozidla jí musí nadále používat. U vozidel s elektronickou parkovací brzdou je vozidlo automaticky zajištěno. Funkce tohoto systému je shodná u obdobných asistentů konkurenčních výrobců: např. Škoda Auto (HHC). Rozdíl systému HHC je v tom, že tlak v brzdové soustavě je držen do doby, než řidič šlápne na plynový pedál, nebo po dobu 2 sekund po uvolnění brzdového pedálu. Ford svůj asistent pro rozjezd do kopce označuje HLA. Vozidla SUV (např. Toyota RAV4) mají systém doplněný o stejnou funkci při couvání do kopce, který nese označení HAC. Všechny zmíněné asistenty nijak trvale neomezují jízdu při couvání. [18]

## **5.3 Osvětlení**

Osvětlení vozidla plní významnou funkci při zhoršených světelných podmínkách. Za snížené viditelnosti klesá vnímavost řidiče téměř na 4 %, přitom z 90 % řidič přímá in-

formace ze zrakového vjemu. Proto osvětlení hraje velmi významnou roli v bezpečnosti vozidla, potažmo jeho řízení. Ve světelné technice se za posledních pár let udělal velký pokrok vpřed, který se promítl i do automobilové techniky. Stále častěji se například budeme setkávat s LED technologií. [18]

### **5.3.1 Adaptivní světlomety (AFL)**

Adaptivní světlomety jsou soustava světlometů, které se dynamicky přizpůsobují jízdní situaci. Systém stranového natáčení nebo optický systém umožňuje automatické natáčení světlometu podle úhlu natočení volantu a rychlosti jízdy vozidla. Osvětlení vozovky v zatáčce je tak dokonalejší a bezpečnější. Některé adaptivní světlomety jsou doplněny o odbočovací pevné světlomety, pro osvětlení v ostrých zatáčkách a na křižovatkách. Zapnou se tehdy, když je dlouho zapnutá směrovka nebo jsou kola vytočená do velkého úhlu. V praxi se setkáme s dvěma typy adaptivních světlometů, s natáčením celého projekčního světlometu (čočky s výbojkou) nebo se statickou výbojkou a pohyblivou clonkou. [5]

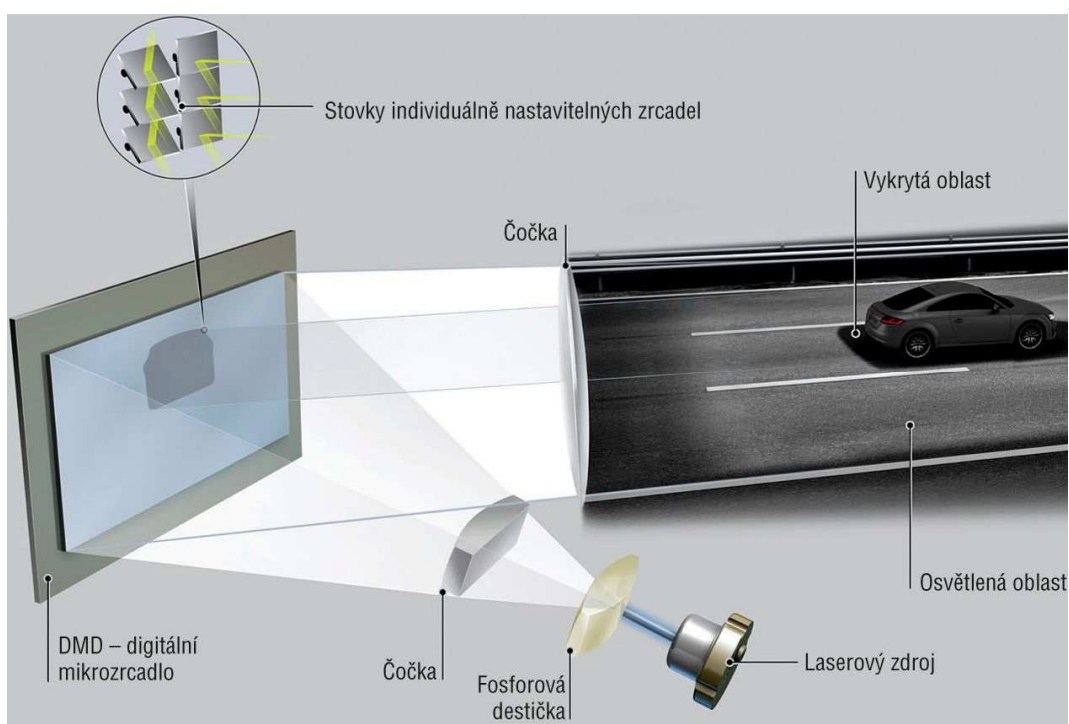
U většiny adaptivních světlometů řídicí jednotka získává informace i z čidel naklání vozidla, úrovně osvětlení okolí a zatížení vozu, které využívá pro dynamické nastavování světlometů. Adaptivní světlomety od Opelu se přizpůsobují jízdním podmínkám, například při jízdě po dálnici světla svítí více do dálky, naopak ve městě svítí více do stran, aby osvětlily temná zákoutí vozovky. Některé adaptivní světlomety mají funkci automatického rozsvícení v závislosti na intenzitě osvětlení okolí. Například při soumraku nebo vjezdu do tunelu dojde k jejich aktivaci a tím odpadá starost řidiče o jejich obsluhu. [18]

Světlomety s LED technologií jsou ve svém principu téměř totožné s adaptivními světlomety, rozdíl je pouze ve zdroji světla a způsobu ovládání dálkových světel. K přepínání dálkových světel se používá rozsvěcování a zhasínání určitých jednotlivých LED. Aby se zabránilo oslňování protijedoucích vozidel je každá z LED diod světelně regulovatelná. [6]

### **5.3.2 Laserová světla**

S novinkou v oblasti světelných systémů přišla v roce 2015 německá automobilka Audi. Jejich světlomety nesou název Matrix Laser. Hlavní světelným zdrojem těchto světlometů je laserový modul. Laserový modul je složený ze čtyř laserových LED diod,

kteří vyzařují monochromatické koherentní světelné paprsky, jejichž vlnová délka je 450 nm (modré světlo). Jednotlivé paprsky z LED diod jsou svedeny do jednoho místa s fosforečnou destičkou, která mění původně modré světlo na světlo blízké dennímu (barevná teplota 5500 K). Světlo z modulu nevychází přímo, ale je pomocí statisíců zrcadel odráženo před automobil (obr. 7), kde vytváří výsledný světelný obraz. Díky speciálnímu zrcadlu DMD (Digital Micromirror Device) je možné nezávisle regulovat polohu každé jednotlivé zrcadlové plošky. Poloha zrcátek se mění pomocí elektrického pole a to až pět tisíckrát za sekundu. Světlomety se tak umí přizpůsobit různým okolním podmínkám a mohou například vytvářet informační symboly na vozovce. [6]



Obr. 7 Princip funkce Matrix Laser [6]

### 5.3.3 Automatické rozsvícení a přepínání dálkových světel

Po nastartování motoru se automaticky zapnou potkávací světla nebo světla pro denní svícení pokud je jimi vozidlo vybaveno. To zajistí, že automobil je vždy osvětlený. U světel pro denní svícení může docházet při snížené viditelnosti k automatickému přepnutí na světla potkávací. To se děje pomocí dvou senzorů v čelním skle, jeden snímá okolní osvětlení a druhý snímá intenzitu světla přímo před vozem. Pokud oba senzory zaznamenají nízkou intenzitu osvětlení (např. v tunelu nebo za tmy), tak se aktivují světla, v případě, že oba senzory zaznamenají dobré světelné podmínky, dojde k jejich

vypnutí s určitou časovou prodlevou (např. z důvodu podjezdů mostů). I dálková světla můžou mít funkci automatického přepínání, když vozidlo jede mimo osvětlený prostor (např. město) nebo před vozem není žádné jiné vozidlo, tak se zapnou dálková světla, v opačném případě dojde ke zpětnému přepnutí na potkávací světla, zajišťuje se tak bezpečnost před oslněním ostatních vozidel. [18]

#### 5.3.4 Systém nočního vidění

Systém nočního vidění pracuje na principu infračerveného záření. Řidič díky němu má dokonalejší přehled o dění na silnici před ním a dává mu možnost zpozorovat dříve účastníky provozu nebo překážky. Monitorovaná vzdálenost se pohybuje od 150 m do 300 m a je promítána na LCD display na přístrojové desce (obr. 8). [18]

Existují dva systémy nočního vidění, aktivní a pasivní. Mercedes-Benz, Toyota a Lexus používá aktivní systém nočního vidění. Vozy jsou vybaveny speciálními světlo-mety, které vyzařují neviditelný infračervený paprsek, který je snímán kamerami citlivými na frekvenční pásmo tohoto odrazovaného světla. Pasivní systém používají automobilky Audi, BMW, Cadillac a Honda. U tohoto systému se žádné záření nevysílá, ale pouze se snímá tepelné záření předmětů v okolí. Lepší rozlišovací schopnost je dosahována u aktivních systémů, ale pasivní systémy mají výhodu v delší vzdálenosti projekce, a to až 300 m. [11]



Obr. 8 Systém nočního vidění u vozu Mercedes-Benz [11]

### **5.3.5 Systém rozpoznání chodců**

Nejmodernější systémy nočního vidění jsou vybaveny systémem rozpoznávání chodců a zvířat v blízkosti před vozem. Systém je založen na náročném vyhodnocování a zpracování obrazu. Postavy na promítaném obrazu jsou zvýrazněny a označeny pro lepší přehlednost řidiče. [11]

## **5.4 Fyziologie řidiče**

### **5.4.1 Alkoholový zámeček**

Je běžný hlavně u vozidel ve skandinávských zemích, nebo u nákladních vozů. Jeho účel je hlavně výchovný. Před nastartováním vozu musí řidič fouknout do bezdrátového přístroje velikosti dálkového ovladače, který analyzuje dech a předá rádiovým signálem informaci řídicí jednotce, jestli umožní nastartování vozidla. Analyzátor dechu bývá umístěn za středovou konzolou přístrojové desky a má stálé nabíjení. [18]

### **5.4.2 Systém sledování bdělosti řidiče**

Systém sledování bdělosti řidiče prvních 15 minut jízdy analyzuje chování řidiče na základě úhlu natočení volantu. Po uplynutí této doby porovnává aktuální data s daty uloženými a to pouze při rychlostech nad 65 km/h. Prudké pohyby volantem, četnost korekcí a aktuální denní dobu vyhodnotí systém indexem únavy. Po překročení určitého limitu indexu únavy dojde ke zvukovému a světelnému varování, rozsvícený varovný symbol na přístrojové desce má tvar šálku kávy. [16]

Asistenční systém Awake je bezpečnostní prvek vyvinutý ve spolupráci s předními automobilovými firmami v rámci projektu EU. Základem systému je několik senzorů, které předávají informace o psychickém stavu řidiče a způsobu jeho jízdy. Data jsou zpracovávána a průběžně vyhodnocována v řídicí jednotce palubního počítače. Systém například registruje přivírání řidičových očí z důvodů jeho únavy, nedodržování odstupů od vpředu jedoucích vozidel nebo odchylování z jízdního pruhu. Awake umí ve vzniklých nebezpečných situacích zvýšit bdělost řidiče akustickým, optickým nebo hmatovým varováním. [18]

Předpokládá se, že asi 20 % nehod v Evropě zapříčinila právě ospalost. Podle odhadů by mohl systém zabránit téměř 1 875 nehodám osobních automobilů. [28]



### **5.4.3 Klimatizace**

Udržení výkonnosti a pozornosti člověka je závislé na teplotě a kvalitě vzduchu. Proto se vzduch vnitřní karoserie upravuje tak, aby byl čistý, čerstvý a teplotně upravený podle vnějšího okolí vozidla. Kromě teploty lze uvnitř vozidla upravovat klimatizační jednotkou vlhkost vzduchu, a tím snížit zamlžování oken, což zvyšuje aktivní bezpečnost vozidla (zlepšení výhledu). Při teplotách nižších než 18 °C vnějšího prostředí se používají k úpravě vnitřní teploty běžné vytápěcí a ventilační zařízení. Pro vyšší teploty jak 23 °C případně vyšší relativní vlhkosti vzduchu > 70 % (např. při dešti) se vnitřní klima upravuje ochlazováním případně jeho odvlhčováním pomocí klimatizačního systému. Klimatizační systém ochlazuje vzduch vstupující do větracího zařízení pomocí odpařující se chladicí kapaliny ve výparníku. Chladicí kapalina je v klimatizačním okruhu poháněna kompresorem od motoru vozidla. [17]

U mechanické klimatizace se teplota uvnitř vozu nastavuje otočným ovladačem a rychlost proudění vzduchu ovladačem rychlosti ventilátoru topení. Mechanická klimatizace se nastavuje na konstantní teplotu, takže měnící se podmínky vnějšího okolí musí cestující regulovat manuálně podle svých pocitů. U automatické klimatizace se teplota stále udržuje podle předem nastavené hodnoty. Pomocí řídicí jednotky klimatizace se reguluje teplota přiváděného vzduchu a rychlost proudění na základě požadavků cestujících a rozdílu vnitřní a vnější teploty. [17]

## **5.5 Ostatní**

### **5.5.1 Automatická aktivace stíračů**

Pracuje na principu odrazu infračerveného paprsku od kapiček vody na čelním skle. Využívá se fyzikálního zákona lomu vlnění při přechodu přes dvě optická prostředí. Senzor je umístěn v prostoru zpětného zrcátka. Jednotka je ze senzoru dešťových kapek schopna vyhodnotit množství dopadající vody na sklo a podle toho nastavit odpovídající rychlost stírání. To zaručuje dobrý výhled řidiče za každého počasí. [17]

### **5.5.2 Samozatmívací zpětné zrcátko**

Při detekci oslňujícího světla v oblasti zpětného zrcátka dojde k samozatmavení zrcadlové plochy. Řidič je díky tomu méně unavený z jízdy a zcela neoslňován vzadu

jedoucími vozidly. Při provozu ve dne je tento systém automaticky vyřazený z provozu nebo je ho možné manuálně vypnout tlačítkem. [16]

### **5.5.3 Signalizace nezapnutého bezpečnostního pásu**

Systém hlídá nezapnuté bezpečnostní pásy ve vozidle a upozorňuje řidiče světelnou někdy i zvukovou signalizací. Snímání v zámku pásů zajišťuje mikrosvítilna nebo hallův snímač. Nezapnuté bezpečnostní pásy jsou zároveň informací pro řídicí jednotku airbagů, aby se snížily prahové hodnoty spuštění bezpečnostních vaků. [5]

### **5.5.4 Systém sledování tlaku v pneumatikách**

Tlak v pneumatikách je důležitým faktorem pro bezpečnou jízdu vozidla, systém sledování tlaku v pneumatikách má za úkol včas varovat řidiče o jeho nízkém stavu a tím odvrátit případné nebezpečí. Používají se následující typy sledování tlaku, přímo měřící systémy a nepřímo měřící systémy. Nepřímo měřící systémy pracují na principu porovnávání počtu otáček snímači ABS, kdy ztrátou tlaku se zmenšuje obvod pneumatiky, čímž se zvětšuje oproti jiným kolu počet otáček. Nepřímo měřící systém má tu nevýhodu, že upozorňuje řidiče při rozdílu tlaku větším než 30 %. [5]

Přímo měřící systém měří tlak přímo v pneumatikách snímači. Systém se skládá ze snímačů tlaku v jednotlivých pneumatikách, antény pro příjem signálu, řídicí jednotky systému sledování tlaku pneumatik a kontrolního panelu systému. Snímač tlaku je sešroubován s ventilkem pneumatiky, jehož součástí je i integrovaný teplotní snímač, neboť tlak v pneumatice se mění změnou teploty vzduchu. [5]

Systém od značky Renault má snímače v kolech doplněny snímačem zrychlení, to umožňuje kontrolovat tlak v pneumatikách v závislosti na rychlosti vozidla. Informace o tlaku jednotlivých kol jsou vysílány rádiovým signálem (433 Hz) do řídicí jednotky, která textově informuje stav (podhuštěná, přehuštěná, defekt, tlak neodpovídá rychlosti) pneumatik na přístrojové desce. Systém TPMS A se liší použitím čtyř vysílacích antén v blízkosti kol, ostatní systémy používají jen jednu vysílací anténní jednotku. Vysílací antény mají krátkovlnný dosah a jsou připojeny na elektrickém vedení snímačů kol ABS. [18]

### 5.5.5 Pneumatiky k nouzovému dojetí

V dnešní době jsou velmi rozšířené pneumatiky umožňující jízdu po defektu bez nutnosti výměny kola. Často jsou již součástí základní výbavy vozidla. Dojezdové pneumatiky CSR (Conti Safety Ring) umožňují jízdu do vzdálenosti 200 km při nejvyšší rychlosti 90 km/h. Pneumatiky SSR (Self Supporting Run-Flat) mají zesílené bočnice (obr. 9), které zajistí, že pneumatika není deformována mezi ráfkem a vozovkou, jízda se koná po prstenci pneumatiky. Podmínkou je, že řidič jede opatrněji a nižší rychlostí (do 80 km/h) do vzdálenosti 80 km. Systém SSR od Continentalu zajišťuje vysoký komfort i při vyfouklé pneumatice, proto nezbytnou součástí je systém kontroly tlaku pneumatik, aby nenastala situace, že řidič přehlídne defekt kola. Dunlop svůj systém označuje jako DSST (Dunlop Self-Supporting Technology), který dodává s vlastním monitorováním tlaku Warnair. Pneumatika DSST má zesílenou oblast boků a patky. Dovolená provozní rychlost při defektu je stanovena na 80 km/h do vzdálenosti 80 km. Na rozdíl od konkurence jejich konstrukce dovoluje montáž pneumatik na běžné ráfky a to bez nutných speciálních přípravků. Všichni významní výrobci pneumatik mají ve své nabídce nějaký typ nouzové dojezdové pneumatiky. [18]



Obr. 9 Rozdíl mezi konvenční (nahore) a Run-Flat pneumatikou (dole)

zdroj: <http://runflat.ru/runflat/>

### **5.5.6 Systém sledování jízdního pruhu**

Situace před vozidlem je monitorována dvěma kamerami v přední části vozu. V případě přiblížení se pruhu dojde ke světelnému a zvukovému varovnému signálu. Při přejetí jízdního pruhu dojde k aktivnímu zásahu posilovače řízení dodáním malého točivého momentu a tím navedení řidiče k zásahu do řízení. [16]

### **5.5.7 Adaptivní tempomat (ACC)**

Patří mezi asistenční systém řidiče, který udržuje bezpečnou vzdálenost a zvolenou rychlost jízdy. Systém tvoří radarový snímač, snímač stáčivé rychlosti, snímač příčného zrychlení, snímač počtu otáček kol, snímač úhlu natočení volantu a kontrolní jednotka detekce vlastního pohybu vozidla s rozeznáním a přiřazením objektu. ACC rozeznává dva stavy, volnou jízdu a jízdu za vozidlem. Ve volné jízdě pracuje jako tempomat. Při jízdě za vozidlem ve stejném pruhu, přizpůsobí rychlost vpředu jedoucího vozu. Udrží se předem nastavená vzdálenost řidičem, automatickým zrychlováním a přibrzdováním vozidla. [5]

Tempomat udržuje stálou rychlost nastavenou řidičem a tím ulehčuje řízení na dlouhých trasách s podobnou členitostí, které je unavující. Nastavení požadované rychlosti se provádí pomocí páčky pod volantem nebo přepínači na přístrojové desce. K udržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem se využívají radarová čidla, která monitorují vepředu jedoucí vozidla a jiné překážky. V případě, že by systém vyhodnotil vzdálenost od vozu za kolizní, dojde k nárůstu brzdného tlaku v systému brzd a tím ke zpomalení vozidla nebo jeho úplnému zastavení. Pokud se ve zvolené vzdálenosti před vozidlem nevyskytuje žádný jiný vůz, zvýší se rychlost na předem nastavenou nejvyšší rychlost. Tímto systémem ACC usnadňuje řízení a udržuje pozornost řidiče. [18]

## **6 PASIVNÍ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY**

Pod pojmem pasivní bezpečnost se rozumí všechna konstrukční opatření na vozidle, která snižují v případě nehody její následky, jestliže aktivní bezpečnostní prvky selhaly. V případě nehody vždy mají svůj smysl existence na voze. Rozlišujeme vnější a vnitřní bezpečnost. Vnější bezpečnost vyjadřuje nebezpečnost vozu vůči okolním účastníkům silničního provozu. [5]

Vnější bezpečnost, např.:

- bezpečnost ostatních, např. chodců a cyklistů, při střetu použitím snadno deformovatelných materiálů v přední části vozidla (soft face),
- bezpečnost vůči cestujícím jiných vozidel, části karoserie se bezpečně deformují,
- ochrana (kryty) podvozku,
- zapuštěné stěrače skel
- zaoblení hran karoserie.

Vnitřní bezpečnost, např.:

- deformační chování karoserie: absorpční oblasti, zpevněný prostor kabiny,
- zádržný systém: bezpečnostní pásy, napínače pásů a omezovače síly pásů,
- nárazové systémy: čelní airbagy, boční airbagy, bezpečnostní sloupek volantu,
- bezpečnostní lepená skla oken a bezpečnostní tvrzená skla,
- protipožární ochrana,
- možnost vyproštění cestujících.

## **6.1 Karosérie automobilů – deformační zóny**

Karoserie se skládá z pevné kabiny a deformačních zón. Deformační zóny se nacházejí v přední a zadní části vozu. Při nehodě kabina zachovává svůj vnitřní prostor a umožňuje tak přežití cestujících. V místech deformačních zón se používají podélné a příčné nosníky, které se jako první při nehodě deformují. Jejich deformace probíhají podle vytvořených prolisů. Při intenzivnějších nehodách se využívají i další části karoserie pro absorbování nárazové energie. [5]

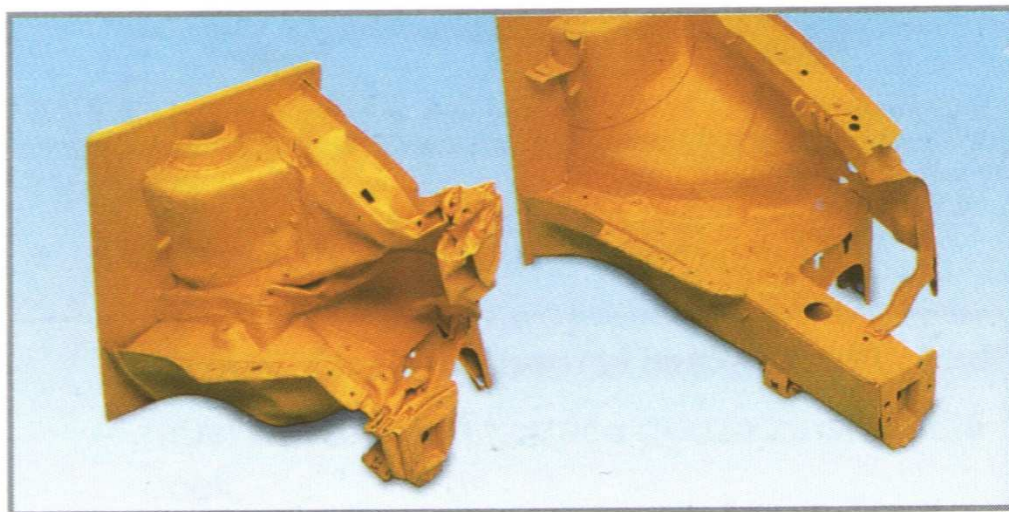
Dnešní moderní karoserie jsou lehké a pevné díky použití za tepla tvářených vysokopevnostních ocelí a nových výrobních technologií. Materiál se zahřeje na 950 °C a ještě žhavý se vylisuje do požadovaného tvaru. Po vylisování dojde k prudkému zchlazení během cca 5 s na teplotu 180 °C. Takový díl v porovnání s dílem z běžné oceli je tenčí, lehčí se stejnou kolizní odolností. Například Škoda Octavia II je z 26,1 % vyrobena ze za tepla tvářených vysokopevnostních ocelí. Pro zvýšení pevnosti a snížení hmotnosti se ocelové profily také vyrábějí s proměnou tloušťkou. [30]

Linie pasu (středová linie) se využívá u vozidel, kde nestačí k přeměně energie deformační zóny. Linie pasu vede od předního blatníku přes horní uchycení blatníku, A

sloupek, výztuže dveří, B sloupek a podle konstrukce až k sloupku C. Díky tomu jsou deformace nad podlahovým rámem vozidla. [19]

### 6.1.1 Čelní část automobilu

Z průzkumu nehod vyplývá, že nejčastější příčinou zranění osob je čelní náraz s 60 - 65 %. Proto je na čelní část vozidla, co se týče bezpečnosti, kladen velký důraz. Často se dostává do rozporu se snahou vytvořit nový tvar karoserie. [5] Čelní část je tvořena většinou dvěma podélníky, které se při nárazu deformují v podélném směru (obr. 10). U vozidel vpředu uloženou pohonnou jednotkou se využívá motor, převodovka a jiné funkční skupiny jako absorbéry energie, které musí být uchyceny tak, aby při nárazu nevnikaly do prostoru pro posádku, ale pod podlahu vozidla. Docílení požadovaných deformačních vlastností, je možné prvky, které se při čelním nárazu zlomí nebo prolomí. Před vozidla by měla mít čtyř stupňový progresivní průběh charakteristiky deformace: ochrana v nízkých rychlostech (parkovací manévry, najetí na patník), kompatibilita (ochrana spoluúčastníka nehody), vlastní ochrana (dodržení biomechanických kritérií přípustného zpoždění), prostor pro přežití. V případě chodců a cyklistů je ještě pátý stupeň, „měkký stupeň“ malé deformační síly a malé deformační dráhy. [15]



Obr. 10 Deformace předního podélného nosníku po nárazu [5]

### 6.1.2 Boční část automobilu

Nehod s bočním nárazem je 20 – 25 %, ale vzhledem k menším deformačním zónám je těžce zraněných cestujících o cca 36 % více než při čelním střetu. Při boční deformaci

jsou díly struktury (prahy dveří, nosníky dveří) namáhány na ohyb ve směru příčné osy vozidla. Materiál namáhaný na ohyb má menší schopnost pohltit energii, než je tomu při čelním nebo zadním nárazu, kdy dochází ke stlačování nosníků. Deformační část boku vozidla se pohybuje od 100 až 150 mm. Je snaha, aby vozidlo najíždějící ze šikma do boku druhého vozidla, bylo odraženo. A při kolmém najetí do boku, vniklo co nejméně do prostoru pro cestující. Boční tuhost kabiny se řeší příčnými výztuhami v podlaze a střeše. Boční strukturu doplňují dveře pevné na tah a ohyb, tak aby tvořily uzavřenou vazbu. V případě nárazu nad výšku prahu dveří musí být pevnost zajištěna tuhým proli-sem. Vybavení dveří jako jsou zámky a panty musí vydržet boční náraz bez vytržení a při čelním nárazu zůstat funkční (nevzpříčené). Jako výztuha vnitřní struktury dveří se používá ocelová trubka nebo vodící výztuha se zesíleným prahem. V neposlední řadě se o bezpečnost při bočním nárazu podílí vhodně tvarovaná sedadla. [15]

### **6.1.3 Zadní část automobilu**

V zadní části je absorbovaná energie díky menším rychlostem nárazu nižší, proto je zadní struktura konstruována s nižší pevností. Převážně automobily s vepředu uloženým motorem mají tuto část méně dimenzovanou, protože jako deformační zóna je poskytnuta celá zadní část vozu [15].

Při deformaci zádě se někdy využívá na plochu uložené rezervní kolo v podlaze zavazadlového prostoru. Zadní náraz tvoří 6 – 10 % z celkového počtu nehod. [5]

## **6.2 Zádržné systémy**

Zajistit bezpečnost cestujících není možné pouze strukturou karoserie a vybavení uvnitř vozu. Zádržné systémy zabraňují zranění cestujících při kontaktu o části interiéru. Při nárazu do pevné překážky je pohybová energie přeměněna na deformaci přední části vozu, ale cestující uvnitř vozidla pokračují o stejné rychlosti, jako byla na začátku srážky směrem dopředu. Jejich úkolem je dodržet biomechanické limity pro přežití. K dodržení těchto limitů se právě používají zádržné systémy, které udrží člověka pevně na místě se stejným zpožděním, jako má vozidlo. Zpoždění vozidla je menší, než by bylo u nepřipoutaného cestujícího, protože vůz se pohybuje po deformační dráze. Lidské tělo se při čelním nárazu zachycuje za hrudník, pánev (břicho) nebo spojení kolena – stehna – pánev. [15]

Základní požadavky na zádržné systémy jsou:

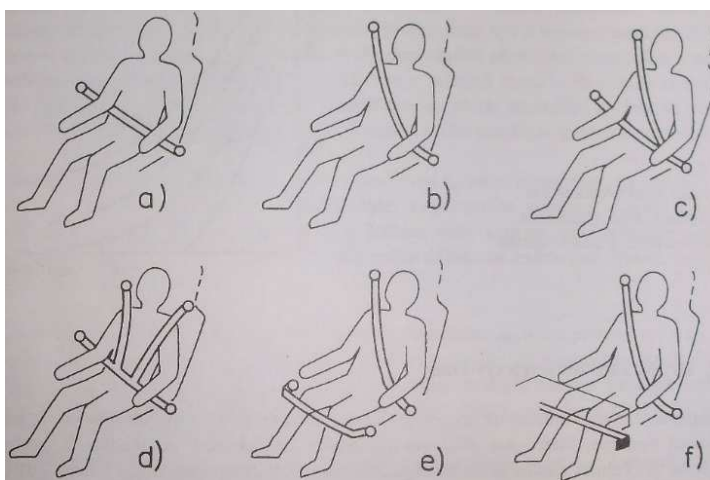
- rychlý účinek zádržného systému po začátek zpoždění vozu s co nejmenším zpožděním posádky při totožném přemístění směrem dopředu,
- nízké zpoždění posádky, musejí být dodrženy biomechanické limity,
- mimo náraz (systém není v činnosti) musí být zaručeno pohodlí pro cestující, aby ho používali i na krátké vzdálenosti.

Zádržné systémy se dělí na:

- aktivní, musí cestující sami obsluhovat,
- pasivní, jsou připraveny vždy k funkci bez zásahu cestujících.

### 6.2.1 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy, též popruhové systémy jsou nejvíce používané zádržné systémy. Mohou být aktivní nebo pasivní, ale nejčastěji se setkáváme s aktivním typem bezpečnostních pásů. Základní druhy aktivních pásů jsou na obr. 11. Většinou se používá aktivní tříbodový pás, je to kombinace diagonálního a pánevního pásu. V USA se můžeme setkat s pásem, jehož diagonální (ramenní) část se uzavírá samostatně. Ale obvykle tvoří obě části smyčka, která vede skrz zasouvací část závěru pásu. U závodních a sportovních vozů se používají čtyřbodové pásy. K odepínání pásů se nejčastěji používá tlačítko. Při správné poloze zámku pásů je možné obsluhovat (poutat a uvolňovat) pás pouze jednou rukou. Zámek pásu je připevněn na rám sedadla u předních sedadel a u zadních sedadel nejčastěji do karoserie vozu. [15]



Obr. 11 Základní druhy bezpečnostních pásů [15]: a – dvoubodový břišní, b – dvoubodový diagonální, c – tříbodový, d – čtyřbodový (šle), e – ramenní a kolenní, f – diagonální s kolenní opěrkou



Přizpůsobení délky pásu tělesným proporcím a pohybu těla za jízdy zajišťuje samonavíjecí mechanismus. Další jeho funkcí je automatické navinutí po odjištění pásu ze zámku. Diagonální (ramenní) část pásu probíhá většinou přes úchyt (průvlek) na středním sloupku (B sloupku) karoserie a vede do navíjecí cívky. Navíjecí zařízení se montuje do spodní části dutiny středového sloupku. Aby při nárazu tělo nepokračovalo ve směru dopředu, má samonavíjecí mechanismus funkci blokace, kdy se pás chová jako pevně kotvený. K blokaci se používá setrvačnickové kolo na hřídeli cívky nebo vykývnutí kyvadla při nárazu vozidla vlivem zpoždění. Velmi často se obě varianty blokace slučují. Blokovací zařízení má být uvedeno v činnost při zpoždění vozidla  $0,4 \text{ g}$  ( $3,92 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Pro nastavení výšky ramenní části pásu dle výšky postavy cestujícího se používá posuvný průvlek. Ovládání se provádí pomocí vyklopení nebo zatlačení průvleku vzhledem k středovému sloupku. [15]

### 6.2.2 Přitahovače pásů

Pro nejefektivnější účinnost bezpečnostních pásů je důležité, aby pás přiléhal co nejtěsněji k tělu cestujícího a síly byly zachyceny hrudní kostí a pánví. Toho je dosaženo např. třibodovými pásy s napínači. Právě napínače slouží k dokonalému přilehnutí pásu a omezení volné dráhy pohybu cestujícího během nárazu. Při nárazu čidla aktivují napínače během 8 až 12 ms se silou 3–5 kN a pás se přitáhne až o 150 mm. [5]

Napínací zařízení může být:

- hydraulické,
- mechanické,
- pyrotechnické.

Hydraulický napínací mechanismus pracuje na principu energie kapaliny. Při nárazu dojde ke stlačení pístu nárazníkem, to vyvolá tlakovou energii, která se pomocí potrubí přenáší pod píst u napínacího zařízení, které přitáhne pás. U mechanického napínače se využívá energie předepnuté pružiny, která při uvolnění zatáhne přes lanovod za zámek bezpečnostního pásu až o 80 mm. Součástí je zpětná západka pro udržení pásu v předepnuté poloze. [15]

Pyrotechnické napínače pásů pracují s explozivní látkou, která je zažehnutá elektrickým impulzem přes roznětku nebo mechanicky pomocí úderníku a nárazového zapalo-

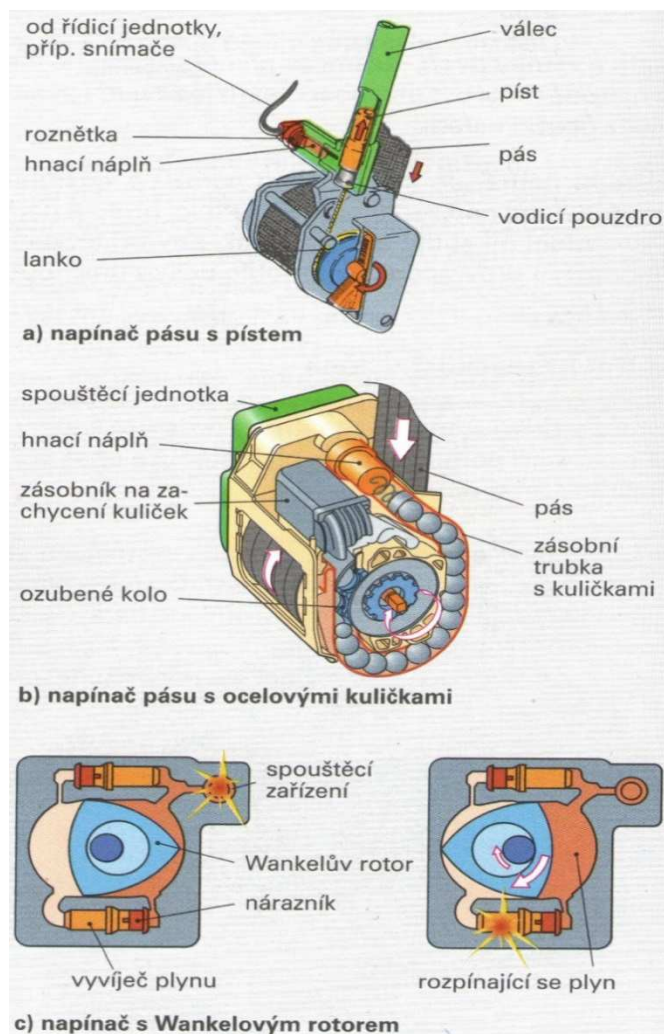
vače. Elektrický impulz je ovládán řídicí jednotkou na základě hodnot snímačů zrychlení. Je-li zpomalení větší než 2 g a rychlost se sníží o více jak 15 km/h dojde k zapálení pyrotechnické nálože a vyvinutí tlaku plynu. [5]

Působení tlaku plynu podle konstrukce:

- na píst ve válci,
- na ocelové kuličky,
- na Wankelův rotor.

Rotační pístový napínač (Wankelův rotor) má tři pyrotechnické náplně a tři pracovní komory, které se aktivují postupně. První pyrotechnická náplň je aktivována roznětkou a další jsou aktivované přepuštěním tlaku plynů z předchozí komory vlivem pootočení rotoru. Aktivace druhé a třetí náplně je pomocí nárazníků. Rotor otáčí přímo s hřídelí navíječe pásu. U pístového napínače působí tlak plynů na píst, který přes lanko zatáhne za zámek pásu nebo pomocí lanka a navijáku otočí s navíječem pásu. [15]

Můžeme se setkat s napínači, kde působí tlak plynů na ocelové kuličky, které svým pohybem otáčí s ozubeným kolem a tím i navíječem pásu. Pyrotechnické napínače pásu jsou na obr. 12. [5]



Obr. 12 Pyrotechnické napínače pásů [5]

Všechny systémy napínačů pásů jsou po jednom spuštění nefunkční a musí se vyměnit za nové. [15]

Síla působící na lidské tělo napínačem může způsobit poranění v oblasti hrudníku a ramen, proto se používají omezovače síly pásu. Při překročení určité velikosti síly dojde např. k překroucení torzní tyče v navijáku a tím omezení zádržné síly. Další možností jak tuto sílu omezit je, třecí obložení nebo trhací šev na bezpečnostním pásu. [15]

### 6.2.3 Airbagy

Airbagy nebo také bezpečnostní nafukovací vaky patří společně s bezpečnostními pásy k nejdůležitějším pasivním zádržným prvkům v automobilu. Hlavní výhoda airbagů oproti bezpečnostním popruhům je, že zajišťují přímou ochranu hlavy a horní části těla (hrudní koš a bederní oblast) před nárazem do vnitřního vybavení vozu. Funkce

airbagů je nejefektivnější ve spojení s použitím bezpečnostních pásů a patří spolu s přitahovači pásů k sériové výbavě moderních vozů. [15]

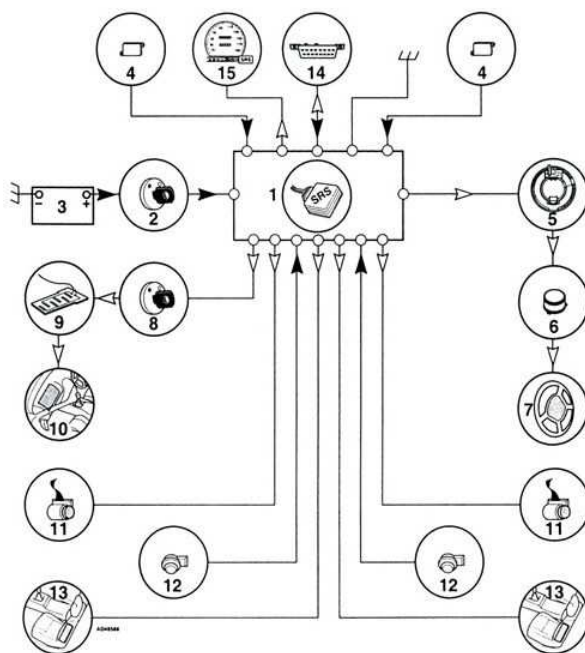
Z hlediska řízení se airbagy dělí:

- mechanické,
- elektronické.

Mechanické airbagy jsou plně nezávislé jednotky, které nepotřebují zdroj proudu pro svou činnost. Jednotka airbagu se skládá ze složeného tkaninového vaku, vyvíječe plynu (plynového generátoru), čidla zrychlení a mechanického spouštěcího zařízení. Někdy je součástí i bezpečnostní zařízení pro deaktivaci airbagu při jeho demontáži. Dojde-li k nárazu, jsou ocelové kuličky při pohybu vpřed vrženy na spouštěcí kolíček s pružinkou, který aktivuje zapalovač. Zápalný prášek se přemění na plyn, který přes filtr plní vak airbagu a tak se nafoukne. [17]

Elektronicky řízené airbagy jsou napojeny na společnou řídicí jednotku, která snímá čidla zrychlení, čidla nárazu, bezpečnostní čidla a čidlo obsazení sedadla spolujezdce (obr. 13). A podle toho dává jednotka impulz k aktivaci pyrotechnických patron airbagů. Uvolňující plyn (zejména dusík a oxid uhličitý) z pyropatrony plní vak je zdravotně neškodný. Airbagy jsou umístěny pod kryty, které se snadno roztrhnou a umožní uvolnit prostor k jejich naplnění. Materiál vaků je většinou polyamid, který zaručí pevnost, nízkou hmotnost a prostorovou nenáročnost. Naplnění vaku dojde řádově v milisekundách a následný plyn uniká výstupními otvory odvrácenými od cestujícího. Správnou funkci airbagu signalizuje kontrolka na palubní desce, která v případě bezvadného stavu po zapnutí klíčů zapalování za 8 s zhasne. V opačném případě trvale svítí. [17]

Pro nafouknutí vaku elektrickým impulzem se může použít i tzv. hybridní vyvíječ plynu. Který se skládá z roznětky, malého množství hořlavé látky a plynové lahve. Lahve je naplněná pod tlakem (20-50 MPa) vzácným plynem, nejčastěji argonem nebo heliem. Koncový stupeň řídicí jednotky elektrickým impulzem zažehne roznětku, od které se zapálí pevná hořlavá látka, což způsobí otevření výstupního otvoru tlakové lahve s plynem. Uvolněný plyn naplní vzduchový vak během krátké doby. Výhodou hybridního vyvíječe je, nižší teplota vzniklého média pro naplnění. [15]



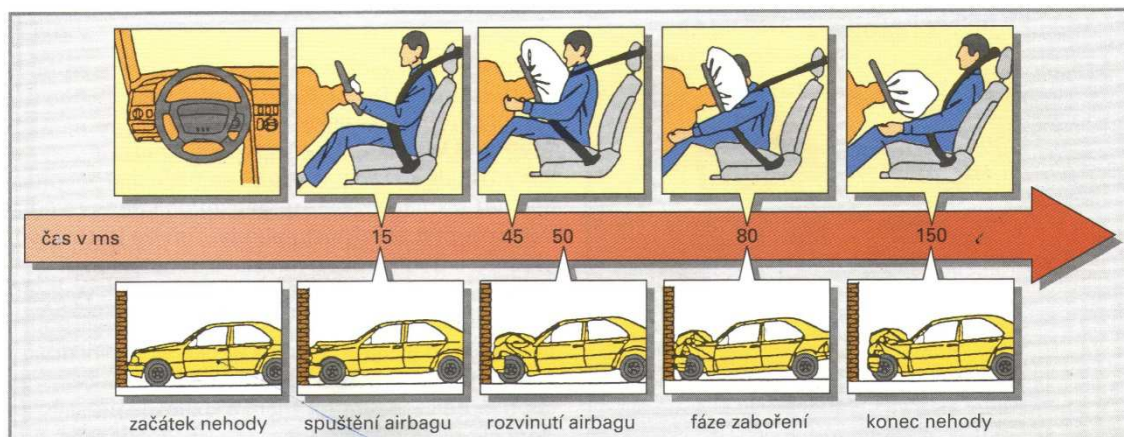
Obr. 13 Schématické znázornění systému airbagů [17]: 1 - řídicí jednotka airbagů, 2 - spínací skříňka zapalování, 3 - akumulátor, 4 - čelní čidla nárazu, 5 - kroužek se spirálovým vodičem, 6 - zapalovací jednotka/plynový generátor, 7 - airbag řidiče, 8 - deaktivční spínač airbagu spolujezdce, 9 - čidlo obsazení místa spolujezdce, 10 - airbag spolujezdce, 11 - napínač bezpečnostních pásů, 12 - boční čidla nárazu, 13 - boční airbagy, 14 - diagnostická zásuvka motoru, 15 - kontrolka airbagu.

### 6.2.3.1 Čelní airbagy

Čelní airbagy se ve většině případů instalují do hlavičky volantu před řidiče a před spolujezdcem do palubní desky. Elektrické vedení mezi řídicí jednotkou a vyvíječem plynu je ve volantu vytvořeno kroužkem se spirálovým vodičem. Bezpečnostní vaky působí v oblasti horní části těla. Spodní část těla (nohy) je volná nebo se chrání kolenním polštářem případně kolenním pásem. [15] Objem airbagů řidiče bývá 30–75 litrů a u spolujezdce 60–180 litrů [5]

Podmínkou pro aktivaci čelních airbagů je čelní náraz nebo náraz pod úhlem v rozsahu  $\pm 30^\circ$  od podélné osy vozidla, kdy dostane jednotka signál od nárazových čidel. Další důležitou podmínkou je zpomalení vozu při nárazu. Teprve splněním obou podmínek dojde k aktivaci airbagů, jestliže rychlost je vyšší jak 20 km/h. To znamená, že např. při zadním nárazu nedojde k aktivaci vaků, i když hodnoty zpomalení jsou splněny, ale nedošlo ke kontaktnímu signálu od předních nárazových čidel. [14]

Časový průběh od počátku nehody, spuštění airbagu, nafouknutí airbagu a úniku plynu z airbagu proběhne asi za 150 ms (obr. 14). [5]



Obr. 14 Časový průběh funkce čelního airbagu [5]

### 6.2.3.2 Boční airbagy

Boční airbagy slouží k ochraně hrudníku a bederní oblasti lidského těla. Tyto airbagy jsou umístěny z vnějších stran předních sedadel (obr. 15), blíže dveřím, nebo jsou za výplněmi ve dveřích. U sedadel jsou ukryty pod čalouněním opěradel, které se v případě aktivace snadno roztrhnou (trhací šev). Mohou chránit cestující na předních sedadlech nebo také cestující na zadních sedadlech. Objem airbagů je 10 – 15 litrů. [15]



Obr. 15 Boční airbag,

zdroj: <http://www.havex.cz/cz/popis-skoda-superb>



Aktivačními podmínkami jsou, zpomalení o dané hodnotě, která je nastavena v řídicí jednotce a kontaktní signál od nárazových čidel v boku vozu. Kontaktní signál nastane při bočním nárazu, jehož úhel je pod  $\pm 30^\circ$  k příčné ose vozu. Boční airbagy se neaktivují, jestliže rychlost nárazu byla menší jak 20 km/h, nebo náraz byl veden nad hodnotou úhlu  $\pm 30^\circ$ , případně jedná-li se o čelní náraz, zadní náraz či převrácení. [15]

### 6.2.3.3 Okenní airbagy

Okenní airbagy, též někdy označované hlavové airbagy, doplňují boční airbagy při bočním nárazu. Tyto airbagy jsou asi 2 m dlouhé, 35 cm široké a 6 cm silné. Skládají se z několika vzduchových komor. Jsou umístěny zesponu v rámu střechy a při jejich aktivaci zasahují od předního sloupku k zadnímu sloupku (obr. 16). Jejich nafouknutí dojde ve stejném okamžiku jako u bočních airbagů, tudíž jejich aktivační podmínky jsou totožné. Tím se vytvoří airbagová záclona, která chrání hlavu před nárazem do bočních skel dveří a sloupků. Ochrání i cestující na zadních sedadlech díky své délce. Zároveň slouží jako ochrana před vniknutím cizích těles a skleněných střepů do vozidla a tím omezí řezná zranění. [17]



Obr. 16 Hlavový airbag

zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=tbqflG8FDjw>

#### **6.2.3.4 Kolenní airbagy**

Doplňují čelní airbagy a aktivují se současně s nimi. Jejich úkolem je chránit oblast dolních končetin před nárazem do spodní části přístrojové desky, sloupku volantu, aj. (obr. 17). [13]



*Obr. 17 Kolenní airbag*

*zdroj: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/kolenni-airbag/>*

#### **6.2.3.5 Nafukovací bezpečnostní pásy**

Jedná se o kombinaci běžného bezpečnostního pásu s integrovaným nafukovacím vakem v diagonálním popruhu tříbodového pásu. Spojení obou bezpečnostních prvků významně zvyšuje bezpečnost cestujících na zadních sedadlech, obzvláště dětí a seniorů. Nafukovací pás zlepšuje ochranu hlavy, krku a hrudníku osob. Při aktivaci nafukovacího bezpečnostního pásu dochází ke zvětšení plochy, která je pětkrát větší než u konvenčního pásu, tím se nárazová energie lépe rozloží na tělo cestujícího. Iniciací ke spuštění jsou nárazové senzory vozidla, které v případě nehody odešlou signál k uvolnění stlačeného plynu uloženého v zásobnících pod zadními sedadly. Tento uvolněný plyn pak přes sponu bezpečnostního pásu plní vak v pásu. Rozvinutí pásu je otázkou méně jak 40 ms. Nafukovací bezpečnostní pásy nijak neovlivňují komfort cestování a lze je kombinovat s dětskými autosedačkami (obr. 18). [9]





*Obr. 18 Nafukovací bezpečnostní pás v kombinaci s dětskou autosedačkou  
zdroj: <http://www.zavolantem.cz/ford-predstavil-nafukovaci-bezpecnostni-pasy>*

#### **6.2.4 Bezpečnostní pásy pro těhotné ženy**

Správné použití tříbodových bezpečnostních pásu je u těhotných žen velmi důležité. V případě havárie hrozí poškození plodu a vážným zdravotním následkům matky. Při nastavování pásu je důležité, aby ramenní pás vedl pohodlně nad vrcholem břicha, přes hrudník. Spodní pás (břišní) musí vést co nejnižší pod břichem. Právě spodní pás má snahu sklouzávat směrem nahoru a tím ohrožovat plod matky. Mnoho výrobců nabízí systém, který právě spodní část pásu přitahuje směrem k sedáku sedadla a tím fixuje jeho bezpečnou polohu mimo plod matky. [12]

Fixační systém je popruhem připevněný kolem opěradla sedadla. Následně se matka na sedačku posadí a připoutá tříbodovým bezpečnostním pásem. Pak se stáhne dolní část pásu a zacvakne se do úchytu fixačního systému (obr. 19). [23]



Obr. 19 *Bezpečnostní pás pro těhotné, zdroj: <http://www.autoforum.cz/zivot-ridice/bezpecnostni-pas-pro-tehotne-besafe-pregnant/obrazek/3>*

### **6.2.5 Dětské zádržné systémy**

Dětské zádržné systémy jsou odlišné v konstrukci od zádržných systémů pro dospělé. Hlavním rozdílem mezi dospělým tělem a dětským tělem je v rozložení hmotnosti těla. Většina výrobců automobilů používají společný kotevní systém ISOFIX (obr. 20), který slouží k upevnění autosedačky od různých výrobců. Výhodou tohoto upevnění je spolehlivost, jednoduchost a dokonalé spojení autosedačky s rámem automobilu. V USA je podobný systém fixace autosedaček, který se označuje LATCH. ISOFIX tvoří k rámu sedadla připevněná dvě oka, která zapadají do háčků na dětské sedačce, a tím jí fixují. Některé typy sedaček používají bezpečnostní pás jako fixaci, ale oproti ISOFIXU jsou méně bezpečné a náročnější na instalaci. Kotevní místa jsou na obou krajních místech vzadu v automobilu a při možnosti deaktivovat airbag před spolujezdcem, tak i na předním sedadle spolujezdece. Některé systémy ISOFIX disponují třetím okem pro zamezení rotace a vychylování autosedačky, jak v poloze čelem nebo zády ke směru jízdy. Dětské autosedačky používají ve své konstrukci vždy pětibodové poutání. [17]



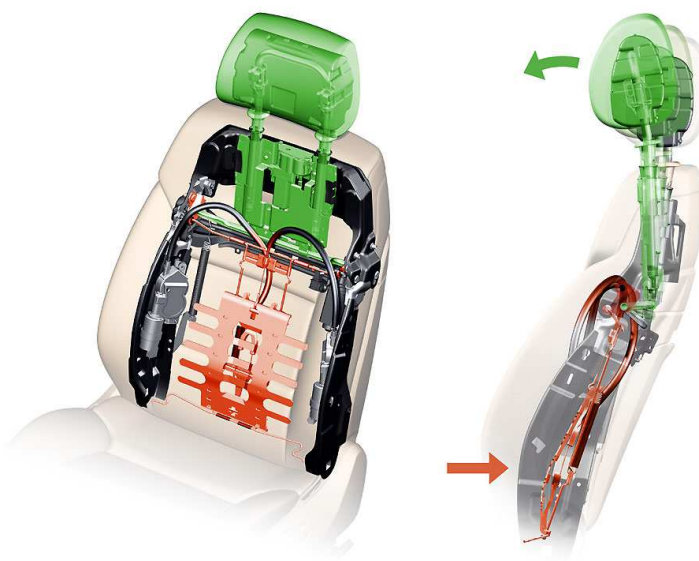
Obr. 20      *Systém kotvení ISOFIX, zdroj:*

*[http://www.volkswagen.cz/modely/up/vlastnosti/48030\\_isofix](http://www.volkswagen.cz/modely/up/vlastnosti/48030_isofix)*

### **6.3      Aktivní hlavové opěrky**

Jejich úkolem je snížit riziko poranění v oblasti krku (krční páteře) a míchy. Tyto poranění hrozí zejména při zadních nárazech do vozidla. Systém pracuje mechanicky, kdy ho do činnosti uvádí tlak těla cestujícího na opěradlo sedadla. V opěradle sedadla se ukrývá pákový systém, který je spojený s hlavovou opěrkou, která při nárazu vykonává pohyb nahoru a dopředu (obr. 21). Díky tomuto pohybu se výrazně zkracuje volná dráha mezi hlavou a opěrkou, což snižuje namáhání krku a jeho okolí. Aktivní opěrky se montují na přední sedadla řidiče a spolujezdce. [16]

Druhá generace hlavových opěrek ještě více snižuje riziko poranění krční páteře. Důvodem je, že se s hlavovou opěrkou zároveň i pohybuje vnitřní rám uvnitř opěradla, který při nárazu zezadu vzpřímí tělo cestujícího a tím zamezí nebezpečnému posunu těla nahoru a dozadu směrem ke střeše. Pohyblivý element v opěradle je též spojený s pákovým mechanismem hlavové opěrky, který se pohybuje směrem dopředu. Opěrný element, který ovládá hlavové opěrky a pohyblivou strukturu v opěradle byl posunut z oblasti ramen do oblasti pánve. Protože se zjistilo, že pánevní oblast začne tlačit do opěradla dříve než oblast ramen. I tento detail v posunutí opěrného elementu může snížit riziko poranění míchy. [17]



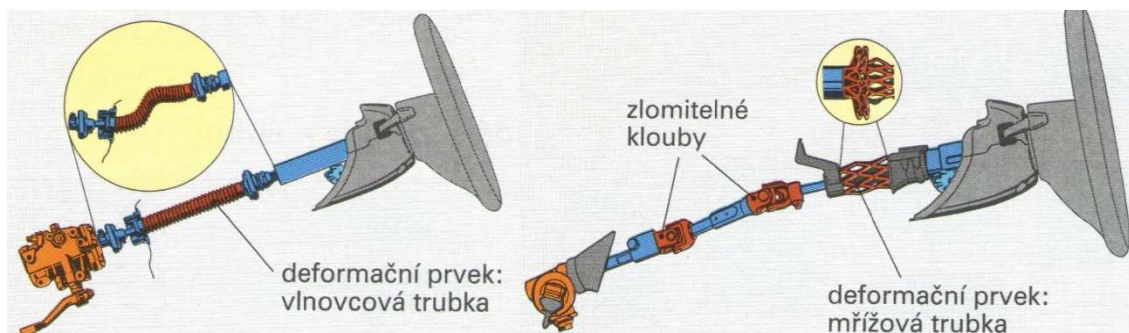
Obr. 21 Pohyb aktivní opěrky hlavy, zdroj:

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

## 6.4 Bezpečnostní sloupek volantu

Při konstrukci řídicího mechanismu se musí v případě nehody zabránit jeho vniknutí do vnitřního prostoru vozidla, přičemž musí být zachována poddajnost ve všech směrech a při všech typech nárazů. Řídicí ústrojí způsobuje velké procento poranění při dopravních nehodách. Hlavním ohrožením řidiče je volant a volantová hřídele při čelní srážce. Řídicí ústrojí má několik bezpečnostních prvků. Prvním je měkké polstrování středu volantu nebo umístění středu volantu níže než věnec a tím funkci deformace plní ramena spolu s věncem volantu, tak aby se pohltila kinetická energie těla narážejícího na volant. Druhým bezpečnostním prvkem je, co možná největší plocha volantu, pro rozložení síly. Poslední a nejdůležitějším bezpečnostním prvkem je zamezit vniknutí řídicího ústrojí do prostoru pro posádku pomocí deformačních členů volantové hřídele. Jako deformační členy se používají tvary mísy, měchu a mřížkovaného válce. Bezpečné kinematiky volantové hřídele se dá i docílit, horním uložením hřídele se střížnými kolíky. Podstatou systémů bezpečnostních členů volantových hřídelí je zkracování délky, vybočení nebo oddělení. [15]

K vybočení volantové hřídele se používá lomený hřídel. Pro zkracování délky zase deformační člen jako je válec vinutý z perforovaného plechu, do sebe zasouvající se hřídele, nebo hřídel s pružným vlnovcem o velké torzní tuhosti (obr. 22). Spodní strana pod volanem je často doplněna polstrováním pro pohlcení nárazu koleny. [15]



Obr. 22 Bezpečnostní hřídele volantů s deformačními členy [5]

## 6.5 Ostatní

### 6.5.1 Bezpečnostní sklo

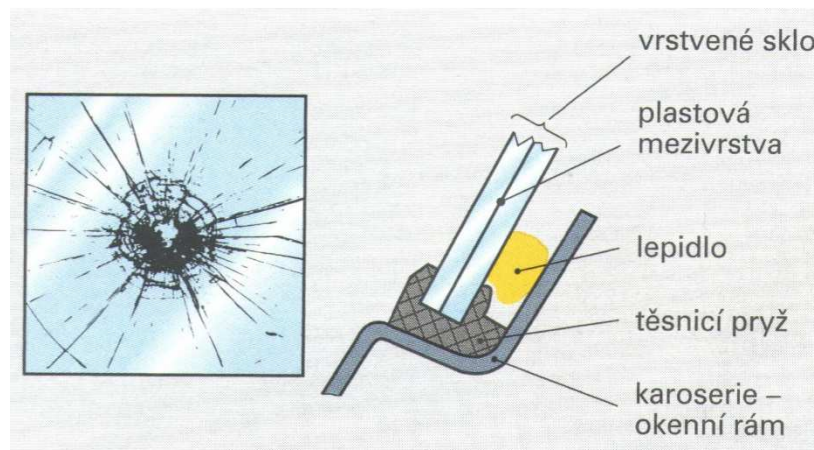
Úkolem bezpečnostních skel je omezit vznik skleněných úlomků při nehodě, které by mohly poranit cestující uvnitř vozidla nebo mimo něj. Bezpečnostní skla rozdělujeme na jednovrstvá a vrstvená. Jednovrstvá bezpečnostní skla vyplňují boční a zadní okna. Sklo je vyráběno rychlým zchlazením po odlití, tím vznikají po roztržení skla tupé úlomky, vlivem předpětí ve skle. Nevýhoda jednovrstvého skla je, že praskne po celé ploše, takže se nehodí pro použití na čelním okně. [5]

Požadavky na čelní okno:

- při prasknutí zachovat alespoň minimální výhled,
- zabránit vniknutí skleněných úlomků do prostoru pro cestující.

Na základě požadavků na čelní okno, vzniklo vrstvené sklo, které se často používá i u zadního okna. Vrstvené sklo je složeno ze dvou nebo více vrstev nepředpjatého skla, mezi kterými jsou plastové mezivrstvy (obr. 23). Při nehodě se okno neroztříští, ale je drženo pohromadě plastovými mezivrstvami a tvoří se tzv. pavoukovité praskliny. Při drobných prasklinách, například od nárazu kamínku je možné sklo bez výměny opravit. [5]





Obr. 23 Struktura vrstveného bezpečnostního skla [5]

## 6.7 Ochrana chodců

Srážka s chodcem patří mezi velmi nebezpečné situace v silničním provozu. Následky srážky se dají snížit technickými úpravami přední části vozu a bezpečnostními systémy. Při nehodě chodce s vozidlem dochází k větší přeměně energie, než je tomu uvnitř vozidla na cestující. Chodec se při nárazu na vozidlo pohybuje téměř stejnou rychlostí jako automobil. První část těla chodce, která přijde do kontaktu s vozidlem je oblast nohou, pak následuje náraz pánve na hranu přední kapoty a končí nárazem hlavy o kapotu nebo část čelního okna. V důsledku brzdění vozu se chodec od automobilu uvolní a dopadá na vozovku (sekundární ráz) nebo na okolní překážky (obrubníky, jiná vozidla, sloupy, atd.), to jsou tzv. terciální rázy. Řešení problematiky srážky s chodce je tedy velmi obtížné a komplexnější. [15]

Následky poranění jsou dány těmito okolnostmi:

- místem nárazu,
- druhem nárazu.

Místem nárazu je myšlena oblast styku části těla s částí přídě vozidla nebo s povrchem vozovky. Primární náraz je závislý na geometrii přídě vozidla a na tělesné výšce chodce případně rozdělení jeho hmotnosti. Srážku ovlivňuje i jeho poloha vzhledem k vozidlu. Druh nárazu je ovlivněn tuhostí místa a tvarem místa karoserie, kam chodec narazil a o jaké nárazové rychlosti. Náraz o stejné rychlosti do tvrdší části vozu (rám okna) má větší následky, než náraz do měkčí části vozidla (kapota). Pohyb chodce

po nárazu je dán profilem přídě vozu. Základní rozdělení profilů je lichoběžníkový, pontonový a klínový. Nejčastější profil přídě je pontonový, jeho náraz je nejintenzivnější na pánev, poté chodce převrací (u bočního nárazu bez zlomení) a klouže po kapotě. S rostoucí rychlostí styk s kapotou trvá kratší dobu a hlava naráží na čelní sklo. U klínovitého profilu nastává náraz na pánev později a po kratší dobu. Dochází k nadzvednutí těžiště těla a tím zvětšení točivého impulsu. To vede k vyššímu dopadu na kapotu. Náraz hlavy na čelní sklo nastává již při nižší rychlosti, než tomu bylo u pontonového profilu. Doba styku těla s vozidlem je také nižší. U skříňového tvaru karoserie je styk těla s vozidlem víceméně po celé výšce. K nadzvednutí těla nedochází a doba styku s vozidlem je nejkratší. Rychlost uvolnění je větší než u pontonového a klínového profilu. [15]

Požadavky na pohyb chodce po nárazu:

- pořadí nárazu jsou nohy – pánev – hrudník hlava,
- doba styku chodce a povrchu vozidla co nejdelší (odvalování, smýkání, deformace),
- výška dopadu co nejnižší,
- omezení vrhnutí dětí od vozu dolů (nebezpečí přejetí).

Postupem času už nestačily vhodně tvarované přídě, poddajné nárazové plochy, aj. k omezení následků střetu chodce s vozidlem a přišlo se s nafukovacími vaky a aktivními kapotami vozidla. [15]

### **6.6.1 Vnější airbagy**

Tento zádržný systém pro chodce je řízen signálem čidel. Při jejich aktivaci mohou bezpečnostní vaky zakrývat příd, kapotu nebo čelní sklo. Některé automobily jsou vybaveny i více jak jedním vakem, který chrání plochu přední části vozu. [15]

Před aktivací airbagu čelního okna se zadní část kapoty u závěsů zdvihne a tím uvolní místo pro nafouknutí vaku (Obr. 24). [10]



Obr. 24 Airbag pro chodce, zdroj:

<http://www.autoblog.com/2012/06/12/2013-volvo-v40-first-drive-review-video>

### 6.6.2 Aktivní kapota

Stejně jako tomu je v případě bezpečnostních pásů, není aktivní kapota sama o sobě dostatečný řešení následků při střetu chodce s automobilem. Pouze provázání jednotlivých bezpečnostních technologií sníží tyto následky. Podstatou aktivní kapoty je její vyzdvižení v místě závěsů, ještě před dopadem chodce na ní. Nadzvednutím kapoty vznikne volný prostor pod ní, který poslouží jako deformační prostor k pohlcení nárazové energie těla chodce. V opačném případě se v prostoru pod kapotou nachází tvrdé a nepoddajné části (motor, aj.), které způsobují těžká zranění. Spouštěcími signály aktivní kapoty jsou senzory zrychlení nebo tlakový senzor v předním nárazníku (pásek vytvořený optickým vláknem nebo folií). Na základě tohoto signálu řídicí jednotka aktivuje pyrotechnickou patronu nebo pomocí elektromagnetu uvolní předpjatou pružinu v závěsu kapoty. Výhodou řešení s předpjatou pružinou (např. Mercedes-Benz Třídy E) je, že v případě nepoškození kapoty si jí může řidič vrátit do původní polohy a obnovit její funkci. Aktivní kapota s pyropatronou (např. Citroën C6) se zdvihne o 65 mm za dobu 40 ms. Vyzdvihnutá kapota se též využívá u vozidel s airbagem pro chodce k uvolnění prostoru k jeho nafouknutí. [10]



## 7 SYSTÉMY PREDIKCE NÁRAZU

Veškeré bezpečnostní systémy, které byly doposud probrány, využívaly centrální snímače nebo snímače s různým umístěním ve vozidle. Tyto snímače okamžitě při srážce předávali informaci řídicí jednotce, která učinila daná opatření. Ovšem pro optimální zásah bezpečnostních systému je potřeba informovat řídicí jednotky ještě před nárazem (tzv. Precrash). Proto byl vyvinut systém PSS (Predictive Safety System). Společnost Bosch dělí v prediktivním bezpečnostním systému snímače podle své funkce do tří skupin (fází činnosti) [18]:

- Preset (Precrash Setting of Algorithm Thresholds),
- Prefire (Precrash Firing of Reversible Restraints),
- Preact (Precrash Engagement of Active Safety Devices).

Snímače pracují na principu radaru a měří vzdálenosti a úhly vzhledem k překážkám, které mohou hrozit. Snímače tvoří virtuální oblast kolem vozu ve vzdálenosti  $\leq 14$  m. Používané radarové snímače se označují Short Range Radar (SRR), tedy snímače s krátkým dosahem. [5]

Fáze “Preset“ poskytuje např. informaci o relativní rychlosti vozu vůči překážce a stanoví předpokládanou dobu nárazu. Celý systém se připraví na aktivaci bezpečnostní prvků na základě snímačů zrychlení. Radarové snímače nejsou schopny rozeznat vlastnosti překážky (hmotnost, velikost). Příkladem funkce “Preset“ je například napnutí bezpečnostních pásů nebo určení chvíle aktivace airbagů bezprostředně před nárazem. Hlavní výhodou je, že se aktivace airbagů nekoná při nevýznamných nárazech. “Preset“ umí charakterizovat nehodu a podle toho rozhodnout její závažnost.

“Prefire“ fáze spustí odpovídajícím způsobem bezpečnostní prvky na základě informací “Precrash“. Pro optimální využití získaných informací před nárazem, jsou vyvíjeny nové bezpečnostní prvky, například reverzibilní pásy s napínači, které jsou schopny vratného pohybu, tudíž několikrát opakovat svojí činnost.

“Preact“ je fáze, která aktivně zabrání nárazu nebo ho zmírní. Patří sem různé autonomní systémy řízení nebo brzdění. [18]

Zjistilo se, že dopravní situaci lze jako nehodu rozeznat 1 s před nárazem. Již během tak krátké doby se dá předpovědět, zda dojde k havárii. Jestliže řidič nezasáhne do 1 s před nárazem, vyhodnotí to systém jako nevratný bod. [18]

### **7.1 Varování před čelním nárazem (FCW)**

Frontal Collision Warning (FCW) je podobný systému ACC (tempomatu). Jedná se o varovný systém před čelním nárazem. Pomocí radaru je řidič upozorněn na hrozící nebezpečí. [18]

### **7.2 Prediktivní brzdový asistent (PBA)**

Predictive Brake Assist (PBA) je první vývojový stupeň prediktivních bezpečnostních systémů. Systém snímá pomocí radarových čidel ACC (Adaptive Cruise Control) situaci kolem vozu, jestliže vyhodnotí stav za krizový, tak připraví brzdové destičky do těsné blízkosti brzdových kotoučů, pro případ nouzového brzdění. V případě sešlápnutí brzdového pedálu, lze u takto připravených brzd, ušetřit cenné desetiny sekund do celkového zpomalení. Poprvé tento systém byl použit v roce 2005 u vozidla Audi A6. [18]

### **7.3 Prediktivní varování před kolizí (PCW)**

Predictive Collision Warning (PCW) rozšiřuje předchozí systém PBA. Funkcí tohoto systému je včas upozornit řidiče, tak aby mohl rychleji reagovat na danou situaci a případně zabránit dopravní nehodě. Nejčastěji systém zareaguje silným a krátkým zabrzděním (cuknutím). Jestliže je vozidlo vybaveno reverzibilními bezpečnostními prvky, tak je může aktivovat. [18]

### **7.4 Prediktivní nouzová brzda (PEB)**

Predictive Emergency Brake (PEB) je prediktivní systém, který kromě radarových čidel využívá videosenzory. V případě nouze začne tento systém samočinně brzdit, pokud řidič nereaguje nebo reaguje málo na předchozí výzvy prediktivních systémů. Nezávisle na řidiči dojde k maximálnímu zpomalení vozidla. Ve spojení se zádržnými systémy výrazně snižuje nouzová brzda následky dopravní nehody. [18]

### **7.5 Systém ochrany cestujících PRE-SAFE**

Technologie PRE-SAFE v nebezpečných situacích připraví řidiče a spolujezdce na případný náraz. Preventivně napne bezpečnostní pásy, a pokud je vozidlo vybaveno elektricky seřiditelnými sedadly, tak jsou nastaveny do optimální polohy (sedák a opě-

radlo) pro pohlcení nárazové energie. U automobilu se střešním oknem je v případě hrozícího převrácení toto okno automaticky zavřeno. V neposlední řadě je PRE-SAFE schopno společného působení, aktivní a pasivní bezpečnosti. Například propojuje protiblokovací systém brzd (ABS), elektronický stabilizační systém (ESP) a brzdový asistent. Z jejichž čidel se rozpozná nebezpečná situace. [18]

## 7.6 Propojení systémů aktivní a pasivní bezpečnosti

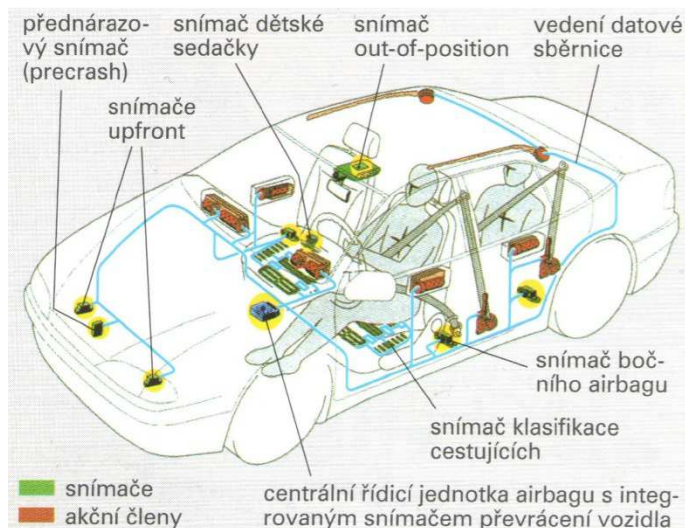
Active Passive Integration Approach (APIA) je propojení sítí aktivních a pasivních bezpečnostních systémů. Systém APIA sleduje prostor dozadu, dopředu a do stran. Při přehlédnutí hrozícího nebezpečí řidičem, aktivně zasahuje APIA [18]:

- opticky a hmatově upozorní řidiče,
- předběžné natlakování brzdové soustavy pro okamžitou odezvu,
- aktivace reversibilních napínačů pásů,
- uzavření všech bočních oken včetně střešního okna,
- aktivní brzdění do hodnoty 0,3 g,
- nastavení sedadla a jeho posunutí k airbagům.

Systém CAPS (Combined Active and Passive Safety) kombinuje aktivní a pasivní bezpečnostní systémy s předvídajícími asistenčními systémy. Funkce CAPS využívá systémy, které jsou již sériově vyráběny, v případě potřeby se dají postupně rozšiřovat o systémy na stejném rozhraní. Již na základě spojení elektronického stabilizačního systému (ESP), asistenčního systému brzd a řídicí jednotky airbagů lze vytvořit funkce pro zvýšení bezpečnosti. Velmi často se nebezpečné situace poznají podle silného přetočení nebo nedotáčení motoru nebo počátku nouzového brzdění. ESP, popřípadě asistent brzd rozpoznají tento kritický stav z pohledu jízdní dynamiky a aktivují pasivní bezpečnostní systémy. Například se napnou bezpečnostní pásy a optimalizuje se poloha sedadla cestujícího. [18]

Snímač out-of-position pomocí ultrazvuku nebo videokamery kontroluje pozici cestujícího vůči airbagu a v případě nehody systém ví, jak správně nastavit vzdálenost sedadla a úhel opěradla. Přestavování sedadla se většinou provádí pomocí silných elektromagnetů. Snímače out-of-position jsou součástí skupiny snímačů PRE-SAFE (obr. 25). Upfront jsou snímače, kterými je možné lépe rozeznat závažnost nehody, než se

snímači nárazu (crash) na středovém tunelu. Přesněji a dříve lze aktivovat např. zádržné systémy a v případě dvoustupňového vyvíječe plynu airbagu aktivovat při mírném nárazu pouze první stupeň vyvíječe plynu. [5]



Obr. 25 Rozmístění snímačů PRE-SAFE [5]

## 8 ZKOUŠENÍ BEZPEČNOSTI AUTOMOBILŮ

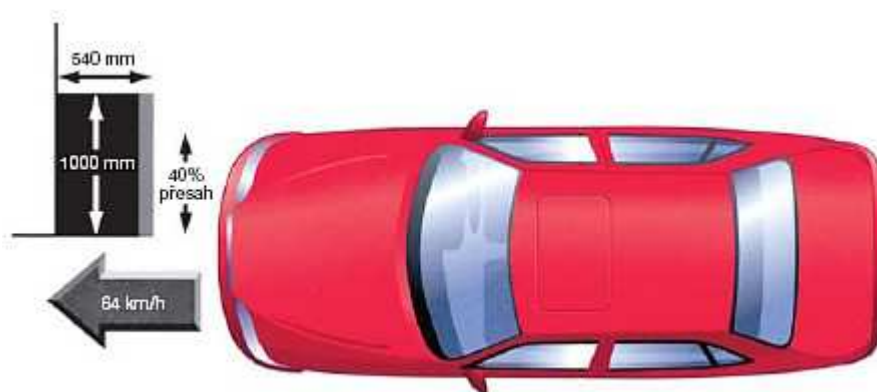
Každý nově vyvinutý automobil, musí být testován z hlediska bezpečnosti podle požadavků Euro NCAP (European New Car Assessment Programme), jinak nemůže být prodáván. Euro NCAP zároveň patří k nejdůležitějším spotřebitelským testům v Evropě. Testy bezpečnosti jsou velmi nákladné, proto je snahou automobilových firem tyto testy úspěšně absolvovat napoprvé. V neposlední řadě je výsledek v Euro NCAP prestižní vizitkou značky a její marketingovou reklamou. [16]

### 8.1 Ochrana posádky

Automobily se z hlediska bezpečnosti posádky hodnotí podle různých nárazových zkoušek (crash testů). Nárazové zkoušky simulují srážky vozidel při čelním, bočním a zadním střetu. Bariéra nárazu je podle Předpisu R 33 vyrobená z železobetonu (tuhá) s šířkou 3 m a výškou 1,5 m. Za každý dílčí nárazový test získá automobil body, které se poté sečtou a výsledkem je celkové skóre. [15]

### 8.1.1 Čelní náraz

Při čelní nárazové zkoušce podle Předpisu R 94, je čelo bariéry kolmé na směr jízdy, se 40% překrytím šířky vozidla bez zrcátek (předsazená bariéra), bariéra je deformovatelná s definovanou deformační charakteristikou (obr. 26). Vůz na tuto bariéru naráží rychlostí 64 km/h. Podle výzkumu je právě tato rychlost nejčastější příčinou těžkých dopravních nehod. Vozidlo může získat maximálně 16 bodů v tomto testu. Používá se také nárazová zkouška s přesazenou tuhou bariérou (offset – crash). [15]

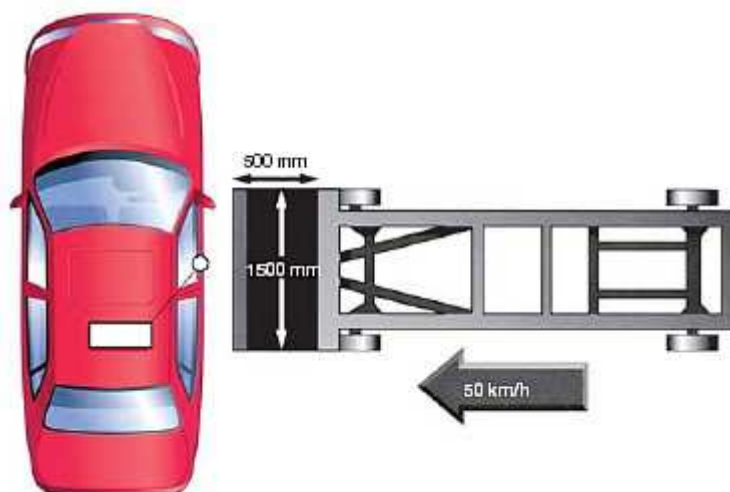


Obr. 26 Čelní náraz s překrytím

zdroj: [http://auto.idnes.cz/jakou-sanci-mate-prezit-jak-jsou-bezpecne-skodovky-f8g-/automoto.aspx?c=A050505\\_080125\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/jakou-sanci-mate-prezit-jak-jsou-bezpecne-skodovky-f8g-/automoto.aspx?c=A050505_080125_automoto_fdv)

### 8.1.2 Boční náraz

U bočních nárazových zkoušek se dle Předpisů R 95 používají pohybující se deformační bariéry, jejíž rychlost ve chvíli nárazu je 50 km/h (obr. 27). Boční náraz je druhým nejdůležitějším nárazovým testem. Testovaný automobil může získat maximálně 18 bodů. [15] Dalším typem boční nárazové zkoušky je vymrštění vozidla na sloup o průměru 25,4 cm rychlostí 29 km/h, za zkoušku může vůz získat maximálně 2 body. Tento test simuluje náraz do úzkého pevného předmětu, jako je strom nebo sloup. [21]



Obr. 27 Boční náraz

zdroj: [http://auto.idnes.cz/jakou-sanci-mate-prezit-jak-jsou-bezpecne-skodovky-f8g-/automoto.aspx?c=A050505\\_080125\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/jakou-sanci-mate-prezit-jak-jsou-bezpecne-skodovky-f8g-/automoto.aspx?c=A050505_080125_automoto_fdv)

### 8.1.3 Zadní náraz

Zejména u zadních nárazů v nízkých rychlostech dochází k tzv. hyperflexi krku neboli velkému prohnutí krčních obratlů. To vede k dlouhodobým bolestem v oblasti krku. Tyto poranění se těžce léčí a špatně rozpoznávají. Na základě těchto poranění se do testu Euro NCAP zařadil zadní náraz. Ochrana krční páteře při zadním nárazu se dá zajistit vhodným tvarováním sedadla a hlavovou opěrkou. Test se provádí přímo na sedadle, které se pohybuje na saních při nízkých, středních a vysokých nárazových rychlostech. [27]

### 8.1.4 Ochrana dětí

Bezpečnost dětí se u čelního a bočního nárazu zkouší na figuríně 18 měsíčního a 3 letého dítěte. Děti jsou připoutány v dětských sedačkách na zadních sedadlech, dětské autosedačky pro test jsou doporučeny výrobcem automobilu. [22]

Vyhodnocení ochrany dětí se skládá ze tří aspektů:

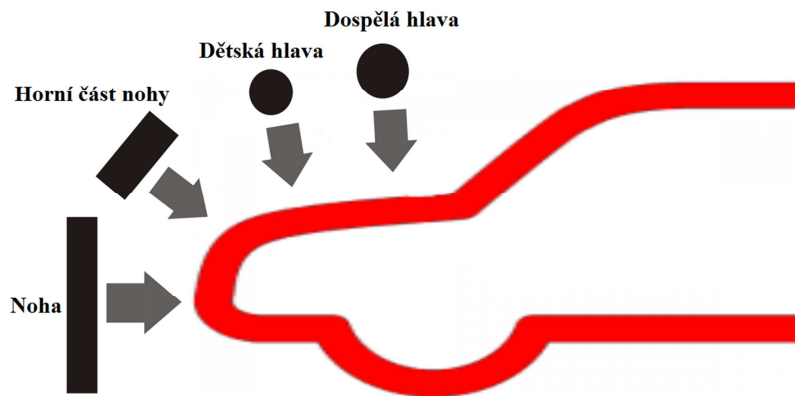
- ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu,
- schopnost vozidla instalovat dětské zádržné systémy různých velikostí a provedení,
- ověření správného uchycení dětských zádržných systémů.

## 8.2 Ochrana chodců

Srážky vozidla s chodcem jsou zkoušeny v rychlosti 40 km/h a jsou prováděny zvlášť na dětském a dospělém těle. Při nárazu se dá určit bod střetu nárazníku s nohou, ale další body jako je dopad hlavy se určit přesně nedá. Proto se provádí náraz hlavy na kapotu vozu zvlášť. [26]

U bezpečnosti chodců se hodnotí (obr. 28):

- střet s hlavou,
- střet s horní částí dolních končetin,
- střet s dolní částí dolních končetin.



Obr. 28 Test bezpečnosti chodců

zdroj: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Euro\\_NCAP](https://cs.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP)

## 8.3 Figuríny

Při nárazových testech se používají figuríny, které mají ocelovou konstrukci a gumový povrch. Každá figurína je vybavena několika snímači. Používají se dva typy figurín, Hybrid III a EuroSID II. Hlava u obou typů je shodně vyrobená z hliníku a doplněna třemi snímači zrychlení, které jsou vůči sobě v pravém úhlu. Tyto snímače předávají data o působících silách a zrychleních na mozek při srážce. Krk figurín je vybaven zařízením měřící ohyb, smyk a tah v době nárazu. Při čelním nárazu se používá Hybrid III a u bočního nárazu EuroSID II. Rozdíl u obou figurín je v oblasti hrudníku, přičemž se u obou figurín měří stlačení hrudního koše. U čelního nárazu hrozí poranění dolních končetin a pánve o spodní část palubní desky, proto sbírají snímače data z této oblasti

figuríny Hybrid III. EuroSID II má snímače v oblasti břicha a pánevního pletence, kde hrozí při bočním nárazu zlomenina pánve a vykloubení kyčelního kloubu. [28]

## **8.4 Asistenční systémy**

Patří sem elektronické asistenční systémy, které ovlivňují bezpečnost vozidla. Hodnotí se například:

- signalizace nezapnutých bezpečnostní pásů (SBR),
- test stabilizačního systému (ESP, ESC),
- kontrola asistentů rychlostních limitů (ACC),
- test autonomního nouzového brzdění (AEB),
- asistent jízdy v jízdním pruhu.

Aby vozidlo získalo body za asistenční systémy, musí jimi být vybaven každý prodávaný vůz v Evropě. [25]

## **8.5 Hodnocení bezpečnosti**

Do roku 2009 se každý nárazový test hodnotil zvlášť, od toho roku se hodnocení z jednotlivých testů sčítá do celkového skóre. Z celkového hodnocení náleží 40 % bezpečnosti dospělých, 20 % bezpečnosti dětí, 20 % bezpečnost chodců a 20 % bezpečnostním systémům. Z jednotlivých bezpečnostních kategorií se určí podle získaných bodů procentuální číslo z maximálně možných bodů, podle něhož se udělí počet hvězd (tab. 1). [24]



Tab. 1 Procenta maximálních bodových hodnocení pro získání hvězd v Euro NCAP

[24]

2016 / 2017	Ochrana dospělých	Ochrana dětí	Ochrana chodců	Asistenční systémy
Pro 5 hvězd nejméně	80 %	75 %	60 %	50 %
Pro 4 hvězdy nejméně	70 %	60 %	50 %	40 %
Pro 3 hvězdy nejméně	60 %	30 %	40 %	25 %
Pro 2 hvězdy nejméně	50 %	25 %	30 %	15 %
Pro 1 hvězdu nejméně	40 %	15 %	20 %	10 %

## 9 BUDOUCNOST VÝVOJE BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ

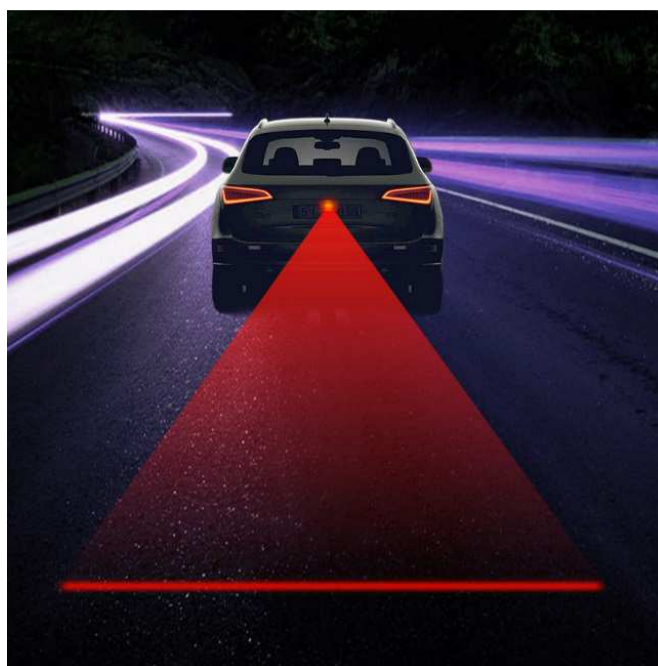
I když jsou dnešní nové automobily vybaveny velkým množstvím elektronických systémů, tak vývoj jde stále dopředu a výrobci přicházejí s novými technologiemi v oblasti bezpečnosti vozidel. V budoucí době se budou dále rozvíjet zejména autonomní systémy řízení, systémy pro podporu jízdy a komunikační systémy vozidel.

### 9.1 Telematika

Telematika je složená ze dvou slov a to z telekomunikace a informatiky, je to technologický obor, který se zabývá kombinací přenosu a zpracování dat se zobrazovacími a jinými sdělovacími systémy a prostředky. Například data jsou přijímána ve vozidle systémem GPS a jsou předávána řidičovi. Telematika inteligentních dopravních systémů by měla v budoucnu vytvářet pomocí vozidel mapy, vozidla by vysílaly informace o nehodách, hustotě provozu, stavu vozovek, meteorologickém stavu, uzavírkách a dalším. Na základě této technologie by se pak informace zobrazovali na proměnných tabulích nebo proměnných značkách. Další výhodou by bylo, že informace by se zobrazovaly řidiči přímo na zařízení GPS a byl by tím předem informován o vzniklé dopravní situaci. [16]

## 9.2 Osvětlení

Oblast osvětlení vozidel ovlivní vyvíjený systém komunikace mezi automobilem a infrastrukturou Car-to-X, tím získá posádka mnohem více informací. Pro systémy Matrix LED a Matrix Laser se předpokládá použití asistentu pro jízdu v zúžených pružích. Světlomety budou promítat před automobil ve vzdálenosti asi 15 metrů dvojici podélných čar s roztečí totožnou se šířkou automobilu, podle těchto čar bude mít řidič přesný přehled o bezpečném průjezdu svého vozu. Značka Audi chce udělat další pokrok v osvětlovací technice, a proto vyvíjí koncová světla se světelným zdroje z OLED, což jsou organické světelné diody. Výhodou OLED je plošné vyzařování světla, nikoliv bodové jako u LED technologie. To dává volnou ruku v návrhu tvaru světla a jeho grafiky a to vše při minimální tloušťce v řádu mikrometrů. Blízkou budoucností jsou i laserová mlhová světla (obr. 29), která za vozidlem vytvoří ve vzdálenosti 30 metrů příčnou červenou čáru, která bude pro vozidlo jedoucí vzadu značit bezpečný odstup. Mlhové světlo bude doplněno projekcí světelného trojúhelníku na částech vody při mlze nebo intenzivním dešti. Trojúhelník tak bude upozorňovat na přítomnost vozidla za snížené viditelnosti. Audi v Ingolstadtu vybudovala vlastní vývojové centrum Lighting Assistance Center, kde bude vyvíjet nové světelné technologie pro vnější i vnitřní aplikace na vozidlech. [6]



Obr. 29 Laserové mlhové světlo

zdroj: <http://www.aliexpress.com/w/wholesale-auto-laser.html>

### 9.3 Aktivní plynový pedál

Výrobce Bosch přišel s inteligentním plynovým pedálem, který umí varovat řidiče a zároveň ho vést k úsporné jízdě. Tento systém už je nějakou dobu vyvinut, ale ještě se nedočkal rozšíření. V budoucnu se s tímto pedálem plynu počítá, jako dílčím prvkem aktivní bezpečnosti vozidla. Aktivní pedál předává řidiči haptickou (hmatovou) zpětnou vazbu, kterou pomocí obrazovek nebo světelných signalizací řidiči nepředáme. Vibrující pedál plynu zaujmou řidiče dříve než světelná nebo akustická varování. Dá se předpokládat, že ve vozidlech budou přibývat další vibrující části jako volant a sedačka. Už značka Citroën u své první generace modelu C4 použila vibrace bočnic sedadla, pro upozornění při neúmyslném vyjetí z jízdního pruhu. Podobnou funkci plní boční vodičí čáry s příčnými výstupky na silnicích. [4]

Automobil bude varovat řidiče přes pravou nohu v případě, že překročí v daném úseku maximální povolenou rychlost nebo se bude přibližovat k místu s nebezpečnou dopravní situací. Systém tudíž bude propojený se zařízením pro rozpoznávání značek, GPS, nebo telematickým systémem. Pedál plynu může řidiče informovat různými způsoby, lehkou vibrací, pulzováním, nebo například protitlakem. Bude otázkou času zjistit na jaké podněty a jakým způsobem řidič reaguje. Bosch není jediným výrobcem, který se zabývá aktivním pedálem plynu, další přímý konkurent je německá společnost Continental a jejich pedál s označením AFFP (obr. 30), což znamená Accelerator Force Feedback Pedal. [4]



Obr. 30 Aktivní pedál plynu společnosti Continental

zdroj: [http://auto.idnes.cz/foto.aspx?r=automoto&foto1=FDV60dfad\\_conti.jpg](http://auto.idnes.cz/foto.aspx?r=automoto&foto1=FDV60dfad_conti.jpg)

## **9.4 Airbagy**

V oblasti nafukovacích vaků se dá předpokládat, že jejich počet bude dále přibývat, v interiéru vozidla jejich nárůst už nebude takový, jako v exteriéru vozidla. Uvnitř vozu jsou místa k instalaci airbagů téměř vyčerpána. Do roku 2020 by měly přibýt externí boční airbagy, které zakryjí celý bok automobilu. V pokusném prototypu Seat Leon jsou airbagy nainstalovány napodél v prahu dveří. Společnost TRW vyvíjející boční airbagy karosérie testuje několik variant provedení. Zaobírají se otázkou, jestli použít vaky s větší tloušťkou, ale nižším tlakem plnění, nebo tenčí vaky, ale ze silnějšího materiálu. Prototypní vak má objem 200 litrů a jeho nafouknutí obstarávají dva vyvíječe plynu za dobu 20 až 30 ms. [3]

## 10 ZÁVĚR

Má bakalářská práce popisuje v dnešní době nepoužívanější bezpečnostní prvky, s kterými se můžeme setkat u automobilů. Předtím jsem nastínil historii bezpečnosti prvků osobních automobilů. Jednotlivé soudobé bezpečnostní prvky jsem rozdělil podle jejich charakteristiky na aktivní a pasivní bezpečnostní prvky. Aktivní bezpečnostní prvky zaujímají největší část bezpečnostních prvků v automobilu, což je způsobeno rychlým technickým rozvoje v oblasti elektrotechniky a elektroniky za posledních několik let. Téměř na všech funkčních skupinách moderního automobilu najdeme nějaký elektronický systém. Proto jsem se snažil sestavit přehled nejdůležitější elektronické systémy aktivní bezpečnosti. Mnoho systému se liší jen názvem nebo dílčím komponentem výrobce automobilu.

V oblasti pasivních bezpečnostních prvků je tempo vývoje o něco pomalejší, než je tomu u aktivních bezpečnostních prvků. Je snahou výrobců nehodám především předcházet, než řešit jejich následky z toho důvodu se hodně úsilí vynakládá například na vývoj autonomních systémů řízení vozidel. A v případě, že dopravní nehoda nastane, co nejlépe připravit cestující před nárazem. Z tohoto pohledu řeší tuto problematiku část práce o prediktivních bezpečnostních systémech. K tomu, abychom správně ochránili lidské zdraví, je potřeba znát velmi složitou oblast medicíny zvanou biomechanika, která se promítá do důležité části pasivní bezpečnosti, a tou jsou zádržné systémy. Proto zádržné systémy tvoří obsáhlejší část mé práce. Abychom dobře posoudili bezpečnost automobilů, poslouží nám výsledky z nezávislého konsorcia Euro NCAP, jehož testovací metodiky popisují. Na závěr práce jsem probral trend, jakým se budou pravděpodobně bezpečnostní prvky automobilů vyvíjet.

Průměrné stáří vozidel ČR v kategorii M1 (osobní vozidla) bylo k 30. 9. 2015 14,53 roků. [31] Většina moderních bezpečnostních prvků je součástí novějších vozidel střední třídy a do vozidel nižší střední třídy se dostávají se zpožděním. To znamená, že i přes pokrok v oblasti bezpečnosti vozidel můžeme očekávat přínos těchto systému na českých silnicích až v horizontu deseti let. Tomu faktu přispívá i skutečnost, že největší část vozového parku ČR tvoří vozidla nižší střední třídy. I přesto všechno je stále nejdůležitějším činitelem člověk a jen naše chování a ohleduplnost může ovlivnit situaci na silnicích.

## 11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČECH J., 2003: Pasivní bezpečnost. In: ŠKODA techweb [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://skoda.panda.cz/clanek.php?id=419>
- [2] DUCHOŇ J., 2009: Bezpečnostní pás slaví padesát let. In: AutoRevue.cz [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: [http://www.autorevue.cz/bezpecnostni-pas-slavi-padesat-let\\_3](http://www.autorevue.cz/bezpecnostni-pas-slavi-padesat-let_3)
- [3] DVOŘÁK F., 2013: Auta budou mít airbagy i zvenku na dveřích. In: Auto iDNES.cz [online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/airbagy-venku-0dk-/automoto.aspx?c=A131007\\_165223\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/airbagy-venku-0dk-/automoto.aspx?c=A131007_165223_automoto_fdv)
- [4] DVOŘÁK F., 2016: Chytrý pedál vyléčí těžkou nohu a zabrání nehodě. In: Auto iDNES.cz [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/chytry-pedal-c9t-/automoto.aspx?c=A160126\\_175457\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/chytry-pedal-c9t-/automoto.aspx?c=A160126_175457_automoto_fdv)
- [5] GSCHEIDLE R., 2007: Příručka pro automechanika. 3. vyd. Praha: Europa-Sobotáles. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [6] HANKE P., 2015: Audi Matrix LED & Laser – Ještě účinnější. In: Automobil Revue [online]. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: [https://automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/audi-matrix-led-laser-jeste-ucinnejsi\\_44442.html](https://automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/audi-matrix-led-laser-jeste-ucinnejsi_44442.html)
- [7] HOREJŠ K., MOTEJL V., 2008: Příručka pro řidiče a opraváře automobilů: Podvozek motorového vozidla. 4. vyd. Brno: Littera. ISBN 978-80-85763-42-3.
- [8] KOVANDA J., ŠATOCHIN V., 2000: Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-02235-8.
- [9] MATĚJKA J., 2012: Ford nabídne Mondeo s nafukovacími bezpečnostními pásy. In: Autorevue [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/ford-nabidne-mondeo-s-nafukovacimi-bezpecnostnimi-pasy>
- [10] OLIVÍK P., 2011: Aktivní kapota: měkčí dopad pro chodce. In: Autorevue [online]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: [http://www.autorevue.cz/aktivni-kapota-mekci-dopad-pro-chodce\\_1/?showforum&addforum=1](http://www.autorevue.cz/aktivni-kapota-mekci-dopad-pro-chodce_1/?showforum&addforum=1)
- [11] OLIVÍK P., 2011: Systémy nočního vidění? Zatím exkluzivita. In: Autorevue [online]. [cit. 2016-03-16]. Dostupné z: [http://www.autorevue.cz/systemy-nocniho-videni-zatim-exkluzivita\\_1](http://www.autorevue.cz/systemy-nocniho-videni-zatim-exkluzivita_1)

- [12] PAŘÍZEK A., 2009: Kniha o těhotenství a dítěti: český průvodce těhotenstvím, porodem, šestinedělím - až do dvou let dítěte. 4. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-653-3.
- [13] a) SAJDL J., 2011: Kolenní airbag. In: Autolexicon.net [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/kolenni-airbag/>
- [14] b) SAJDL J., 2011: Airbag. In: Autolexicon.net [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/airbag/>
- [15] VLK, F., 2000: Karosérie motorových vozidel. 1. vyd. Brno: VLK. ISBN 80-238-5277-9.
- [16] VLK, F., 2005: Lexikon moderní automobilové techniky. 1. vyd. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-5416-4.
- [17] a) VLK, F., 2006: Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy. 1. vyd. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-7062-3.
- [18] b) VLK, F., 2006: Automobilová elektronika 1: Asistenční a informační systémy. 1. vyd. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-6462-3.
- [19] WHITE R., 2012: Auto Safety History. In: America on the Move [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: [http://amhistory.si.edu/onthemove/themes/story\\_86\\_1.html](http://amhistory.si.edu/onthemove/themes/story_86_1.html)
- [20] The evolution of car safety: a history. In: Auto Express [online]. 2015 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.autoexpress.co.uk/car-news/90221/the-evolution-of-car-safety-a-history>
- [21] Side Pole. In: Euro NCAP [online]. 2015 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/side-pole/>
- [22] Assessment Protocol – Child Occupant Protection. In: Euro NCAP [online]. 2015 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://euroncap.blob.core.windows.net/media/21508/euro-ncap-assessment-protocol-cop-v701.pdf>
- [23] Bezpečnostní pás pro těhotné: BeSafe Pregnant. In: Autoforum.cz [online]. 2011 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zivot-ridice/bezpecnostni-pas-pro-tehotne-besafe-pregnant/>
- [24] Assessment Protocol – Overall Rating. In: Euro NCAP [online]. 2016 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://euroncap.blob.core.windows.net/media/22094/euro-ncap-assessment-protocol-overall-rating-v70.pdf>

- [25] Assessment Protocol – Safety Assist. In: Euro NCAP [online]. 2015 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://euroncap.blob.core.windows.net/media/20876/euro-ncap-assessment-protocol-sa-v70.pdf>
- [26] Pedestrian Testing Protocol. In: Euro NCAP [online]. 2015 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://euroncap.blob.core.windows.net/media/21384/euro-ncap-pedestrian-testing-protocol-v82-november-2015.pdf>
- [27] Whiplash. In: Euro NCAP [online]. 2009 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/whiplash/>
- [28] Assessment Protocol – Adult Occupant Protection. In: EuroNCAP [online]. 2015 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z <http://euroncap.blob.core.windows.net/media/20869/euro-ncap-assessment-protocol-aop-v703.pdf>
- [29] Moderní technologie vozidel. In: BESIP [online]. 2012 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel>
- [30] Karoserie. In: BESIP [online]. 2012 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/pasivni-bezpecnost-prvky-pasivni-bezpecnosti/karoserie>
- [31] Složení vozového parku v ČR. In: Autosap [online]. 2015 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/zakladni-prehledy-a-udaje/slozeni-vozoveho-parku-v-cr/>



## 13 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	První tříbodový bezpečnostní pás ve voze Volvo	14
Obr. 2	První pětihvězdičkový automobil v Euro NCAP Renault Laguna	15
Obr. 3	WSU – křivka hranice snesitelnosti zpoždění pro lidský mozek	18
Obr. 4	Výhled z místa řidiče v Subaru Outback	20
Obr. 5	Regulační fáze ABS	24
Obr. 6	Součásti systému ESP	27
Obr. 7	Princip funkce Matrix Laser	30
Obr. 8	Systém nočního vidění u vozu Mercedes-Benz	31
Obr. 9	Rozdíl mezi konvenční a Run-Flat pneumatikou	35
Obr. 10	Deformace předního podélného nosníku po nárazu	38
Obr. 11	Základní druhy bezpečnostních pásů	40
Obr. 12	Pyrotechnické napínače pásů	43
Obr. 13	Schématické znázornění systému airbagů	45
Obr. 14	Časový průběh funkce čelního airbagu	46
Obr. 15	Boční airbag	46
Obr. 16	Hlavový airbag	47
Obr. 17	Kolenní airbag	48
Obr. 18	Nafukovací bezpečnostní pás v kombinaci s dětskou autosedačkou	49
Obr. 19	Bezpečnostní pás pro těhotné	50
Obr. 20	Systém kotvení ISOFIX	51
Obr. 21	Pohyb aktivní opěrky hlavy	52
Obr. 22	Bezpečnostní hřídele volantu s deformačními členy	53
Obr. 23	Struktura vrstveného bezpečnostního skla	54
Obr. 24	Airbag pro chodce	56
Obr. 25	Rozmístění snímačů PRE-SAFE	60
Obr. 26	Čelní náraz s překrytím	61
Obr. 27	Boční náraz	62
Obr. 28	Test bezpečnosti chodců	63
Obr. 29	Laserové mlhové světlo	66
Obr. 30	Aktivní pedál plynu společnosti Continental	67