

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

TOMÁŠ KUBÍN

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



**Vývoj aktivních a pasivních bezpečnostních prvků
osobních automobilů**
Bakalářská práce

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

Vypracoval:
Tomáš Kubín

Brno 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Vývoj aktivních a pasivních bezpečnostních prvků osobních automobilů“ vypracoval 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, 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 předmětná 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 rád poděkoval doc. Ing. Jiří Čuperovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a ochotu při konzultacích, které mi pomohly se zpracováním bakalářské práce.

ABSTRAKT

V mé bakalářské práci se zabývám problematikou aktivní a pasivní bezpečnosti osobních automobilů. V úvodní části se věnuji historickému vývoji bezpečnosti motorových vozidel a základnímu rozdělení bezpečnostních prvků. V druhé části uvádím nároky na plnění homologačních předpisů v oblasti bezpečnosti vozidel. V další části se bakalářská práce soustředí na současné prvky aktivní a pasivní bezpečnosti. V poslední části mé práce přibližují trendy v oblasti pasivní bezpečnosti osobních automobilů.

Klíčová slova: aktivní bezpečnost, pasivní bezpečnost, bezpečnostní prvky, elektronické systémy, bezpečnostní pás, airbag, ABS, ASR, ESP

ABSTRACT

In my bachelor thesis I deal with issues of active and passive safety of cars. In the introductory part I deal with the historical development of the safety of motor vehicles and the basic division of security elements. In the second part I present requirements for compliance with homologation regulations in the field of vehicle safety. In the next part the bachelor thesis focuses on the current elements of active and passive security. In the last part of my work, I describe the trends in passive safety of cars.

Keywords: active safety, passive safety, safety features, electronic systems, seat belt, airbag, ABS, ASR, ESP

OBSAH

1 ÚVOD	9
2 CÍL PRÁCE	10
3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ	11
3.1 AKTIVNÍ BEZPEČNOST	11
3.2 PASIVNÍ BEZPEČNOST	11
4 HISTORICKÝ VÝVOJ BEZPEČNOSTI MOTOROVÝCH VOZIDEL	11
4.1 PRVNÍ ZLOM	11
4.2 EVOLUCE BEZPEČNOSTI OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ	12
4.2.1 Tříbodové bezpečnostní pásy	12
4.2.2 Protiblokovací systém abs	13
4.2.3 Dětská bezpečnostní autosedačka	14
4.2.4 Airbag.....	14
4.2.5 Deformační zóny	16
4.2.6 Hlavová opěrka	17
5 HOMOLOGACE	18
5.1 NÁROKY	18
5.2 NÁRAZOVÉ ZKOUŠKY	18
6 EURO NCAP	19
6.1 PROCES TESTOVÁNÍ	19
6.2 TESTOVANÉ OBLASTI	19
6.2.1 Ochrana dospělých cestujících	20
6.2.1.1 Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry	20
6.2.1.2 Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry.....	21
6.2.1.3 Boční náraz	21
6.2.1.4 Boční náraz do sloupu	22
6.2.1.5 Test ochrany krční páteře.....	23
6.2.1.6 Test bezpečnostních systémů AEB	23
6.2.2 Ochrana dětí	24
6.2.3 Ochrana chodců	24
6.2.4 Asistenční systémy	26
6.3 HODNOCENÍ TESTŮ.....	26
7 SOUČASNOST AKTIVNÍ BEZPEČNOSTI	27
7.1 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY	27

7.1.1 Protiblokovací systém ABS	27
7.1.2 Protiprokluzový systém ASR	27
7.1.3 Elektronický stabilizační program ESP	28
7.1.4 Elektronicky řízená uzávěrka diferenciálu EDS	28
7.1.5 Regulace točivého momentu motoru MSR.....	29
7.1.6 DSR (Driver Steering Recommendation)	29
7.1.7 Elektronické rozdělování brzdné síly EBV/EBD	29
7.1.8 Brzdový asistent BAS	29
8 SOUČASNOST PASIVNÍ BEZPEČNOSTI	30
8.1 ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY	30
8.1.1 Bezpečnostní pásy.....	30
8.1.2 Bezpečnostní vaky.....	30
8.1.3 Dětské zádržné systémy	30
8.2 DEFORMAČNÍ ZÓNY	31
8.2.1 Defloelement.....	31
8.2.2 Čelní deformační zóna.....	32
8.2.3 Boční a zadní deformační zóny.....	32
9 TRENDY V OBLASTI PASIVNÍ BEZPEČNOSTI OSOBNÍCH VOZIDEL.....	33
10 ZÁVĚR	34
11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	35
12 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	37

1 ÚVOD

Zpočátku výrobci automobilů neřešili bezpečnost, neboť aut bylo velice málo a dosahované provozní rychlosti byly zásluhou nízkých výkonů a špatného stavu vozovek velmi malé, tudíž byly nehody ojedinělé, a pokud k nim došlo, nebyly většinou nijak vážné. Bezpečnost automobilů se začala dostávat na světlo světa v srpnu roku 1869, kdy byla v Irsku zaznamenána vůbec první smrtelná dopravní nehoda na světě. Tento incident byl prvním impulsem k debatám o potenciálním nebezpečí, které automobily zajisté představovaly, a představují dodnes. [crashtest.org]

Na celém světě dnes důsledkem dopravních nehod ročně přichází o život zhruba 1,3 milionu osob a cca 50 milionů lidí je při nehodách ročně zraněno. V Evropě pak ročně umře cca 28 000 osob, na jednoho usmrceného ale připadá dalších čtyřicet lehce zraněných, deset těžce zraněných a čtyři zranění s doživotními následky.

Intenzita silniční dopravy se na celém světě neustále zvyšuje. V případě nehod jednoznačně převažuje zavinění lidským faktorem. Jedním z účinných řešení, jak snížit počet nehod způsobených lidským faktorem, popř. jak snížit jejich závažnost, je investovat do pasivní a aktivní bezpečnosti vozidel, a tím snížit následky kolize, nebo jí úplně předejít.

Moderní motorová vozidla jsou vybavena inteligentními systémy ochrany posádky, které koordinují činnost mnoha bezpečnostních technologií, jenž reagují ve zlomku sekundy, a dokáží tak účinně zachraňovat lidské životy. V současné době se moderní sofistikované bezpečnostní systémy dostávají nejen do luxusních řad vozidel, ale také do těch nejmenších a nejlevnějších automobilů. Dnes se například všechny osobní automobily na evropském trhu vybavují systémem ABS. Ruku v ruce s ABS pak byly podstoupeny i další kroky pro zvýšení bezpečnosti na silnicích, jako např. Evropským parlamentem zavedené povinné vybavení systémem ESP. (ibesip.cz)

2 CÍL PRÁCE

Moje bakalářská práce má za cíl:

- Seznámit čtenáře se základním rozdělením bezpečnostních prvků
- Popsat historický vývoj bezpečnosti motorových vozidel.
- Uvést nároky na plnění homologačních předpisů v oblasti bezpečnosti vozidel.
- Seznámit se současnými prvky aktivní a pasivní bezpečnosti.
- Pojednat o trendech v oblasti pasivní bezpečnosti osobních automobilů.

3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ

Bezpečnostní prvky motorových vozidel se dělí na dvě skupiny. Tou první jsou prvky aktivní bezpečnosti, a tou druhou skupinou jsou prvky pasivní bezpečnosti.

3.1 Aktivní bezpečnost

Prvky aktivní bezpečnosti jsou systémy, technická zařízení a vlastnosti vozu, které mají za úkol předejít dopravním nehodám. Mezi aktivní prvky patří zejména kvalitní brzdy, přesné řízení a celá řada bezpečnostních elektronických systémů, jako například elektronický protiblokovací, protiprokluzový a stabilizační systém.

3.2 Pasivní bezpečnost

Oproti aktivním prvkům slouží pasivní prvky až v okamžiku dopravní nehody. Jde o konstrukční zařízení, jehož cílem je minimalizovat následky střetu. Mezi prvky pasivní bezpečnosti patří bezpečná konstrukce karoserie, opěrka hlavy, bezpečnostní pás, předpínač bezpečnostního pásu, airbagy atd.

4 HISTORICKÝ VÝVOJ BEZPEČNOSTI MOTOROVÝCH VOZIDEL

Kapitola se zabývá historickým vývojem bezpečnosti osobních automobilů. Moderním bezpečnostním systémům se budu věnovat později v kapitole „Současné prvky aktivní a pasivní bezpečnosti“.

4.1 První zlom

Jak již bylo zmíněno v úvodu, počátečním impulsem, který vedl k debatám o bezpečnosti motorových vozidel, byla první zaznamenaná smrtelná nehoda, která se stala v Irsku roku 1869. Za první konkrétní reakci v historii bezpečnosti vozidel je ovšem považován až hydraulický brzdový systém, který byl do sériové výroby zaveden v roce 1922 automobilkou Deussenberg. Konkrétně se jednalo o automobil Deussenberg Model A. Zajímavostí je, že Fred Deussenberg si svůj nápad nepatentoval, čímž přišel o opravdu velké peníze. (crashtest.org)

4.2 Evoluce bezpečnosti osobních automobilů

Tuto kapitolu věnuji hlavně druhé polovině 20. století, neboť v této době spatřili světlo světa nejvýznamnější bezpečnostní prvky a byla to tak doba obrovského pokroku, co se bezpečnosti týče.

4.2.1 Tříbodové bezpečnostní pásy

Tříbodové bezpečnostní pásy zachránily již nespočet lidských životů. Tento pasivní bezpečnostní prvek byl vynalezen roku 1959 Nilsem Bohlinem, konstruktérem společnosti Volvo. Bohlinův vynález se stal jedním z největších pokroků v historii automobilové bezpečnosti. Účinnost tohoto vynálezu uznal i německý patentový úřad, který v roce 1985 zařadil tříbodové bezpečnostní pásy mezi patenty s největším významem pro lidstvo za posledních sto let (1885 až 1985). Jedná se o důmyslné řešení, jenž je dokonale vhodné kvůli poloze těla cestujícího ve vozidle, neboť dokáže udržet horní i dolní část těla cestujícího v sedadle, a to jedním pásem vedeným přes boky a druhým vedeným přes hrudník.

V roce 1959 byl tříbodový bezpečnostní pás uveden v modelech Volvo Amazon (120) a PV 544 určených pro severoevropský trh. Volvo se tímto stalo prvním výrobcem automobilů, který tento typ bezpečnostních pásů zavedl ve standardní výbavě. (autokaleidoskop.cz)



Zdroj:

<https://www.autokaleidoskop.cz/files-200903/20090319-184800.jpg>

Obr. 1 Ukázka tříbodového bezpečnostního pásu

4.2.2 Protiblokovací systém abs

Elektronicky řízený systém ABS vyvinula firma BOSCH roku 1978. Historie má však kořeny ještě dál. Již na počátku 20. století se uvažovalo o tom, jak by se dalo zabránit blokování kol při prudkém brzdění automobilu. Firma Bosch přihlásila roku 1936 svůj patent na „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Ovšem teprve s nástupem elektronického řízení ABS mohli inženýři vyvinout protiblokovací brzdny systém, který byl dostatečně rychlý a spolehlivý pro použití v automobilech. Své komerční uplatnění našel systém ABS ještě téhož roku jako příplatková výbava vozů Mercedes-Benz třídy S a krátce na to také v BMW řady 7. Na obrázku níže (Obr. 2) můžeme vidět „evoluci“ ABS.



Obr. 2 vývoj a miniaturizace systému ABS

1 – generace; 2 – hmotnost; 3 – počet součástek; 4 – kapacita paměti

Zdroj: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_abs_006.jpg

Firma Bosch rozvíjela systém ABS dále. Výsledkem dalšího vývoje vznikly systémy ASR (protiprokluzovací systém, který zabraňuje protáčení kol při rozjíždění), elektronický stabilizační program ESP, a v posledních letech se ABS objevuje společně s EBV (systém elektronického rozdělování brzdné síly). (autolexicon.net)

4.2.3 Dětská bezpečnostní autosedačka

V roce 1972 představilo Volvo dětskou bezpečnostní autosedačku obrácenou proti směru jízdy. Inspirací pro tyto autosedačky se stal princip převzatý z raketoplánů, kde kosmonauti leželi při startu na zádech, a tím se dokonaleji vypořádali s přetížením díky lepšímu rozložení sil. Díky tomuto řešení dochází nejen k rozložení zatížení, ale i k minimalizaci rizika úrazu. Pokud jde o bezpečnost dětí, přišlo Volvo v roce 1976 s další inovací v podobě dětského podsedačku a následně v roce 1990 s integrovaným výklopným podsedákem zabudovaným přímo do sedadla vozu. Na obrázku níže (*Obr. 3*) je zobrazen první typ dětské bezpečnostní autosedačky obrácené proti směru jízdy. (volvocars.com)



Obr. 3 Dětská bezpečnostní autosedačka obrácená proti směru jízdy

Zdroj: <http://www.volvocars.com/cz/o-nas/o-spolecnosti/dedictvi/inovace>

4.2.4 Airbag

Airbag se řadí mezi prvky pasivní bezpečnosti. Jedná se o látkový vak, jenž se při srážce vozu během několika setin vteřiny naplní vzduchem. Ochrání tak cestující před poraněním o tvrdé části interiéru.

Airbag byl vynalezen roku 1952 Johnem W. Hetrickem, který si jej nechal patentovat o rok později. V roce 1967 prodal Allen Breed, americký vynálezce, firmě Chrysler svůj senzor pro detekci nárazu, který tvoří důležitou součást tohoto systému.

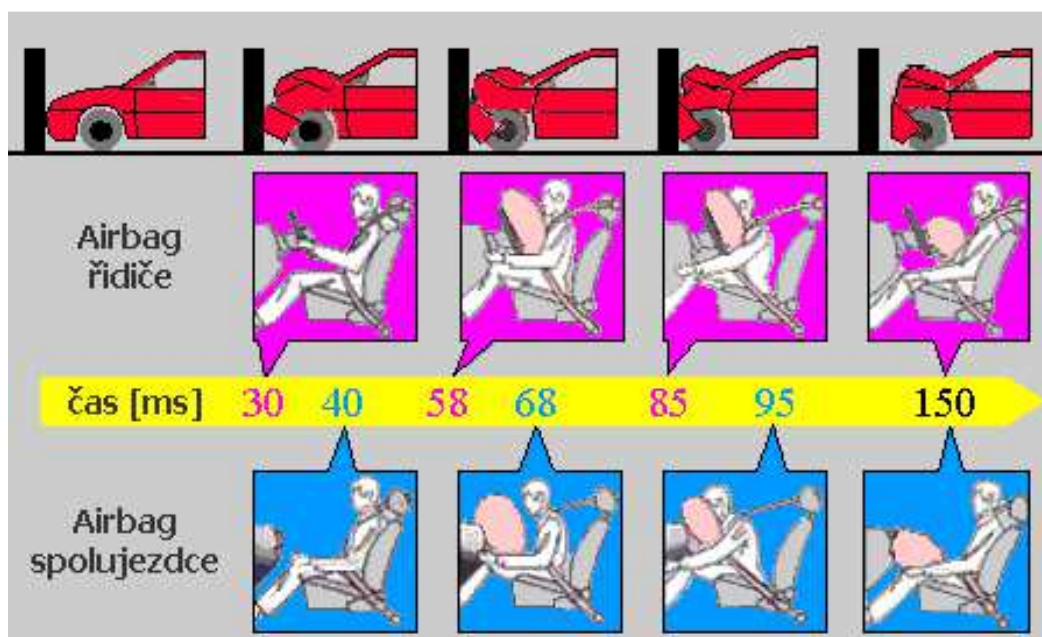
V roce 1972 poslal koncern General Motors do prodeje 1000 experimentálních vozů Chevrolet Impala a Caprice, aby je otestovala v běžném provozu. V této době byl airbag považován za jakousi náhradu bezpečnostních pásů (řidiči v USA bezpečnostní pásy téměř neužívali). Ovšem již v roce 1973 byl zaznamenán první případ úmrtí při použití airbagů.

Značka Mercedes-Benz začala v roce 1980 vybavovat airbasy svůj špičkový model W126. Nyní však již nebyly airbasy prezentovány jako náhrada bezpečnostních pásů, ale jako jejich doplněk zvyšující bezpečnost cestujících.

Porsche 944 turbo se v roce 1987 stalo prvním automobilem se sériově montovaným airbagem řidiče i spolujezdce. V 90. letech zaznamenaly airbasy další obrovský rozmach. Volvo 850 z roku 1995 již nabízelo boční airbasy a BMW v roce 1998 nabízelo hlavové airbasy dokonce ve standardní výbavě.

Je třeba zdůraznit, že dnešní airbasy pracují v součinnosti s bezpečnostními pásy, proto je velmi důležité se ve vozidle připoutat. Bez připoutání se posádka při nárazu pohybuje jinak a účinnost airbagů je snížena. (autolexicon.net)

Na *Obr. 4* je pro představu znázorněna rychlost vystřelení airbagu v milisekundách.



Obr. 4 Rychlost vystřelení airbagu

Zdroj: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_airbag_004.jpg

4.2.5 Deformační zóny

Další velký zlom v bezpečnosti automobilů nastal v roce 1950. V tomto roce si inženýr Béla Barényi, pracující pro Mercedes-Benz, uvědomil, že absorbování kinetické energie nárazu by mohlo výrazně zvýšit bezpečnost pro posádku vozidla. Přišel proto s nápadem deformačních zón, jež měli právě svojí deformací ubránit prostor pro posádku. Došlo tedy k rozdělení karoserie automobilu na tři části. Uprostřed pevná část, jako ochranná buňka s prostorem pro cestující, s deformačními zónami vpředu a vzadu. Za cíl měl vytvořit vůz, který by byl schopný ochránit posádku při nárazech do rychlosti 65 km/h zepředu a 50 km/h zezadu. Výsledný vůz však byl velice velký, těžký a ne zrovna estetický.

Díky následným nárazovým zkouškám se také zjistilo, že některé nevinně vypadající části interiéru se v případě havárie dokáží proměnit ve smrtící zbraň, a z toho důvodu byly opatřeny měkkým povrchem. Časem se zjistilo, že takto rozměrné vozidlo není správnou cestou a tím experiment skončil. Řadu Barényiho poznatků a konstrukčních řešení si Firma Daimler-Benz patentovala a během dalších pěti desetiletí se ukázalo, že tento patent z roku 1952 se stal základním stavebním kamenem pro vývoj pasivní bezpečnosti.

Prvním sériově vyráběným automobilem s deformačními zónami karoserie se stal roku 1959 Mercedes W111, předchůdce modelu S. Interiér tohoto vozu snižoval riziko zranění pasažérů a řidiče při kolizi například posunutím řízení co nejvíce dozadu, použitím měkkého čalounění na volantu, nebo třeba zapuštěním klik dveří a použitím bezpečnostního sloupku řízení podle Barényiho návrhu. Bezpečnost motorových vozidel postupně zvyšovala svůj význam. Testování a vývoj začali brzy přinášet očekávané výsledky. Dalším zdokonalením byla třeba deformovatelná řídicí tyč. (Matějček 2016)



Zdroj:

<http://benz-books.com/blog/346/mercedes-w111-sedan-car-america/>

Obr. 5 Béla Barenyi při inspekci testovaného modelu Mercedes W111

4.2.6 Hlavová opěrka

Poranění míchy a krční páteře je druhým nejčastějším vážným následkem dopravních nehod. Tím se dostáváme k dalšímu velkému přínosu Volva, kterým je hlavová opěrka, zpočátku montovaná na předních sedadlech, jenž byla představena v roce 1968. Správně nastavená opěrka ochrání řidiče a cestující při nárazech zezadu. Počet těchto kolizí už desítky let stoupá úměrně s rostoucí hustotou silničního provozu

V roce 1998 se vývoj posunul mílovým krokem vpřed. Tentokrát to bylo zásluhou automobilky SAAB a její aktivní hlavové opěrce. Celý systém je mechanický a uvádí jej do činnosti tlak horní části těla cestujícího na předním sedadle do opěradla, vyvolaný reakcí na náraz do zadní části vozu. Důmyslný pákový systém ukrytý v opěradle a spojený s opěrkou hlavy ji při nárazu zezadu posouvá (v závislosti na velikosti silového zatížení opěradla) směrem vzhůru až o 20 mm a směrem dopředu až o více než 60 mm – to podstatně zkracuje volnou vzdálenost mezi hlavou pasažéra a opěrkou, což výrazně sníží silové namáhání krční oblasti. (autoperiskop.cz)



Obr. 6 Znárodnění mechanismu aktivní hlavové opěrky

Zdroj: http://pixhost.org/show/600/1784902_aktivni-operka.jpg

5 HOMOLOGACE

Každý nový model vozidla musí před uvedením na trh v dané zemi splnit homologační zkoušky, po jejichž úspěšném absolvování dostane povolení k prodeji v dané zemi.

5.1 Nároky

V rámci homologace se uskutečňují zkoušky bezpečnosti (nárazové zkoušky, zkoušky brzd), funkčnosti (zjišťuje se, zda automobil plní funkce, které má daná kategorie vozidel splňovat), jízdních vlastností (prověřuje se chování vozidla v provozu a zjišťují dynamické vlastnosti) a měření emisí ve výfukových plynech (v zemích EU určuje limitní hodnoty výfukových exhalací emisní norma EURO). Každá země má své vlastní limity, které vozidla musí plnit a to ve všech sledovaných parametrech. Tyto limitní hodnoty jsou v jednotlivých zemích mnohdy značně odlišné. Vozidla jsou tak již od samého začátku konstruována s ohledem na nejpřísnější homologační požadavky ze zemí, kam se předpokládá pozdější vývoz nového automobilu. Jistým doplňkem homologačních zkoušek, který je přínosem pro zákazníka a tudíž budoucího spotřebitele, jsou různé nezávislé spotřebitelské testy (Euro NCAP atd.), které mají přísnější požadavky na vozidla, než jsou požadavky pro splnění homologace a ukazují tak skutečné kvality automobilů.

5.2 Nárazové zkoušky

Nárazové zkoušky (crashtesty) jsou destruktivní zkoušky, které testují pasivní bezpečnost automobilů. Testování probíhá tak, že je vůz podroben několika předdefinovaným nárazům. Výsledek testů určuje několik faktorů - např. síly, které při nárazu působí na jednotlivé části lidského těla. Podle výsledků testů je pak vozu přiděleno hodnocení bezpečnosti (např. počet hvězdiček, nebo počet dosažených bodů). Tyto testy nemusí být totožné s bezpečnostními požadavky pro homologaci vozidla (tzn. jejich absolvování nemusí být podmínkou prodeje na daném trhu).

Nárazové zkoušky provádí několik na sobě nezávislých organizací. Například v USA je to NHTSA (úřad pro bezpečnost silničního provozu), v Austrálii ANCAP (Australský program pro hodnocení nových vozů) a v Evropě pro nás nejdůležitější Euro NCAP (Evropský program hodnocení nových vozidel). Každá z organizací má jinou metodiku testů (např. rychlost vozu při nárazu), z tohoto důvodu si nemusí výsledky testů mezi organizacemi přesně odpovídat. (wikipedia.org)

6 EURO NCAP

Kvůli naší geografické poloze se budu více zajímat především testům konsorcia Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)

Organizace Euro NCAP byla založena v roce 1997, dnes sídlí v Bruselu a sdružuje představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, pojišťoven a zákaznických organizací.

Cílem konsorcia Euro NCAP je nezávislé hodnocení dříve pouze pasivní, nyní již i aktivní bezpečnosti automobilů všech značek. Výsledky jsou vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Možné výsledky se pohybují od 0(nevyhovující) po 5(bezpečné). Výsledky testů jsou na rozdíl od homologačních testů volně dostupné a spotřebitel si tak může jednoduše zjistit na jaké úrovni bezpečnosti je jeho vůz.

Testy Euro NCAP často dokáží ovlivnit prodeje vozů. Pokud dostane vůz velmi špatné hodnocení, jeho prodeje velkým podílem klesají. V dnešní době se tomu ale již tolik neděje, protože výrobci s těmito zkouškami počítají a jsou schopni vyrábět velmi odolná a bezpečná vozidla. (autolexicon.net)

6.1 Proces testování

Nezávislá autorizovaná zkušebna provádějící testy zakoupí anonymně vůz. Čímž je zaručen náhodný výběr vozu a je vyloučeno ovlivnění ze strany automobilky. Poté jsou přizváni zástupci dané značky, kteří následně asistují při přípravě vozu na testy. Samotné zkoušky se pak účastní jako pozorovatelé. Zkouška je provedena pouze jednou. (autolexicon.net)

6.2 Testované oblasti

V roce 2009 zavedl Euro NCAP nové celkové hodnocení bezpečnosti, které se určuje na základě výsledků ve čtyřech hlavních oblastech, kterými jsou:

- ochrana dospělých cestujících
- ochrana dětí
- ochrana chodců
- ochrana asistenčních systémů

Jednotlivé oblasti se podílí na celkovém hodnocení různou procentuální vahou. Zároveň však nemůže testovaný vůz v žádné oblasti zcela selhat. (autolexicon.net)

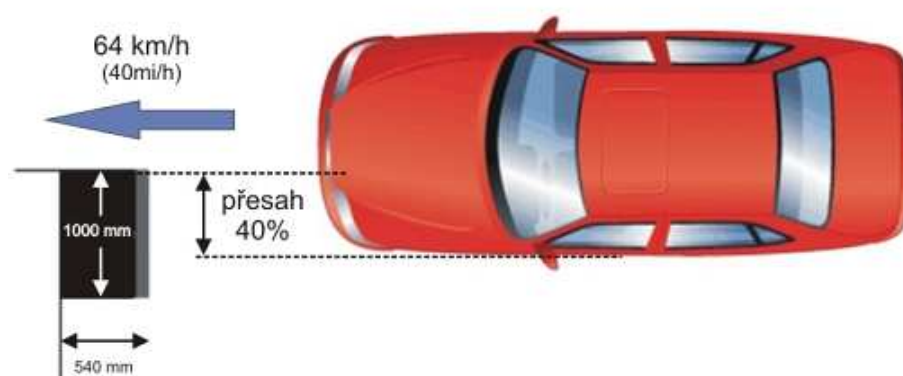
6.2.1 Ochrana dospělých cestujících

Tato zkouška se vyhodnocuje na základě výsledků z šesti dílčích zkoušek:

- částečný čelní náraz s do deformovatelné bariéry
- plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry
- boční náraz
- boční náraz do sloupu
- test ochrany krční páteře
- test bezpečnostních systémů

6.2.1.1 Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry

Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry (anglicky Offset-Deformable Barrier – ODB) reprezentuje nejčastější typ střetu automobilu, který mívá často velmi vážné následky. Zkoušený automobil naráží do deformovatelné bariéry rychlostí 64 km/hod. Oproti homologační zkoušce je rychlost při tomto testu o 8 km/hod zvýšená. Náraz do deformovatelné bariéry má přesah 40%. Cílená deformace bariéry představuje simulaci deformujícího se protijedoucího vozidla. Bariéra je vyrobena z deformovatelné hliníkové překážky s přesnými rozměry, která má podobnou strukturu, jako včelí plástve. Bariéra má šířku 1000 mm a deformace dosahuje až 540 mm. Při testu tvoří posádka dvě dospělé figuríny na předních sedadlech a dvě dětské figuríny umístěné vzadu na dětských sedačkách. Síly vzniklé při nárazu by měly být efektivně absorbovány deformační zónou vozidla. Pro úspěšné absolvování zkoušky se přední deformační zóna musí deformovat kontrolovaným způsobem, přičemž prostor pro posádku nesmí být postižen. Stejně jako u ostatních zkoušek Euro NCAP se vyhodnocují data (naměřená zrychlení) z figurín. (autolexicon.net)



Obr. 7 Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry

Zdroj: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_euro_ncap_frontal_impact_001.jpg

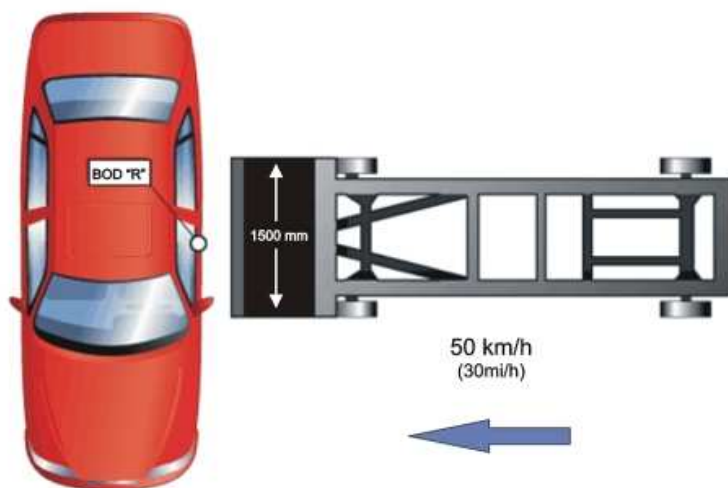
6.2.1.2 Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry

Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry (anglicky Full Width Rigid Barrier) je nově vzniklá zkouška praktikující se od roku 2015 a základ této zkoušky vychází z metodiky homologační zkoušky evropské komise pro bezpečnost. Motivem ke vzniku nové zkoušky byly stále tužší automobilové konstrukce. Ty sice přinesly snížení počtu zranění dolních končetin a hlavy. Vyšší tuhost konstrukce však zároveň znamená menší deformace čili větší záporné zrychlení, které je třeba řešit pomocí zádržných systémů. Velké přetížení vede k vážným zraněním hrudi především u starších cestujících a dětí. Technici tedy rozdělili klasický čelní náraz na dvě nezávislé zkoušky. Ponechali původní „částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry“ a nově přidali „plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry“. Při této nové zkoušce vozidlo jedoucí rychlostí 50 km/h naráží do pevné bariéry se 100% překrytím. (autolexicon.net)

6.2.1.3 Boční náraz

Boční náraz Euro NCAP (anglicky Side Mobile Barrier) představuje druhý nejčastější typ nárazu, který má mnohdy tragické následky. Ve srovnání s čelním nárazem je při tomto testu velice malý prostor pro absorbování energie nárazu a ke vzniku řízené deformace. Proto při nehodách tohoto typu dochází k vážným zraněním na hlavě a hrudi.

Při testu podle metodiky Euro NCAP probíhající v laboratorních podmínkách naráží vozík jedoucí rychlostí 50 km/h kolmo do boku stojícího vozidla. Vozík má v přední části deformovatelnou bariéru simulující přední část druhého automobilu. Hmotnost vozíku je stanovena na 950 kg. Náraz je veden na straně řidiče do tzv. bodu R. V tomto bodě má 95% mužů kyčelní oblast. (autolexicon.net)

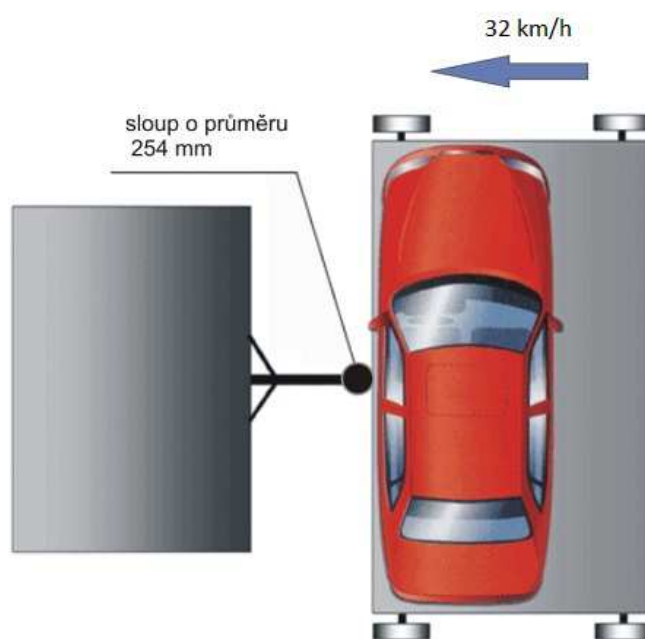


Zdroj:

http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_euro_ncap_side_mobile_barrier_001.jpg

6.2.1.4 Boční náraz do sloupu

Boční náraz vozidla do sloupu Euro NCAP (anglicky Side Pole) je velmi nebezpečná nehoda, při které do boku vozidla, kde jsou minimální deformační zóny, vniká pevný objekt s malou čelní plochou. Síly působící na bok automobilu jsou koncentrovány do jednoho místa, jejich působení je tedy enormní. K takovým nehodám dochází zejména v důsledku ztráty kontroly nad vozidlem končící slykem a nárazem do stromu či sloupu. Tyto pevné překážky mají relativně malou čelní plochu a při nárazu pronikají hluboko do prostoru pro posádku. Při testu bočního nárazu do sloupu je vozidlo umístěno na pohyblivé plošině pod úhlem 15° a je vybaveno pouze figurínou řidiče. Pohyblivá plošina s vozidlem je poslána proti pevné tyči rychlostí 32 km/h. Průměr sloupu je 254 mm. Při srovnání s testem bočního nárazu, při kterém naráží do boku automobilu relativně velká navíc deformovatelná bariéra, dochází při testu bočního nárazu do sloupu k pronikání deformace relativně hluboko do prostoru pro posádku. Při absenci hlavových airbagů tak může dojít k fatálním poraněním. (autolexicon.net)



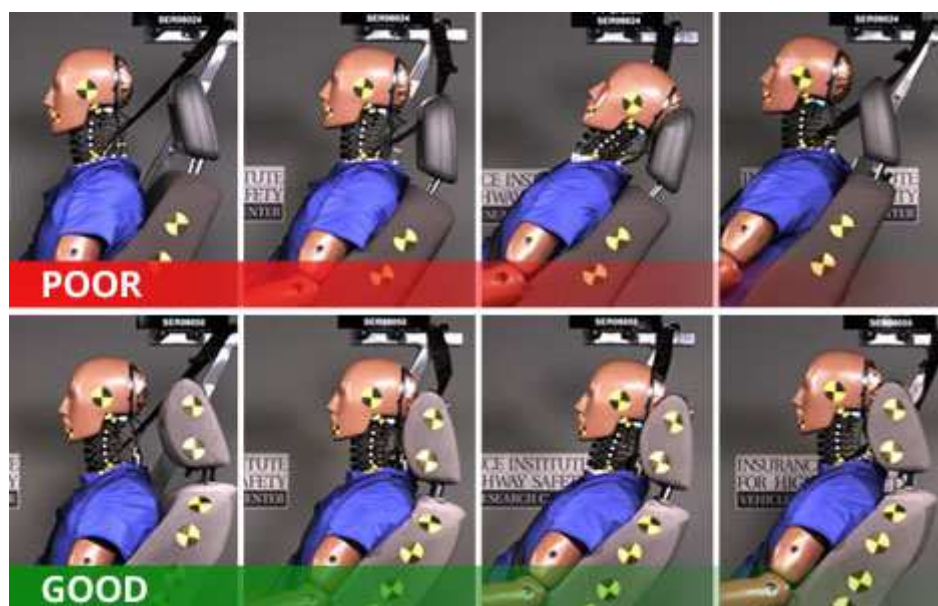
Obr. 9 Test bočního nárazu do sloupu o průměru 254 mm

Zdroj: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_euro_ncap_side_pole_001.jpg

6.2.1.5 Test ochrany krční páteře

Test ochrany krční páteře Euro NCAP má za cíl otestovat ochranu před poraněními krční páteře spojenými s nadměrnou deformací páteře. Je třeba si uvědomit, že tato zranění vznikají už při relativně malých nehodách s nízkou rychlostí, přesto se špatně prokazují i léčí. Tato zranění jsou velmi bolestivá a mívají dlouhotrvající následky. Anglické označení pro hyperextenzi krku je Whiplash, stejný název nese i tato zkouška. K hyperextenzi krku dochází při nárazu zezadu a to již při relativně malých rychlostech. Zřídka při těchto nehodách dochází k úmrtí, ale následky mohou mít obrovský dopad na jednotlivce i jeho okolí. Odhadované náklady na léčení jsou jen v Evropě 10 miliard Eur ročně.

Při této zkoušce jsou sedadla vyjmuta z vozu a umístěna na zkušební stav skládající se z pohyblivých saní a figuríny. Vyhodnocení se provádí na základě třech dynamických testů. Největší vliv na výsledek testu má správná poloha sedačky a opěrky hlavy v okamžiku nárazu. Na obrázku níže (Obr. 10) vidíme rozdíl mezi testováním nevyhovující opěrky hlavy (POOR) a vyhovující opěrky hlavy (GOOD). (autolexicon.net)



Obr. 10 Testování opěrek hlavy

Zdroj: <http://www.iihs.org/media/6f9166d7-8931-49b6-8ba4-64c85eaf86f0>

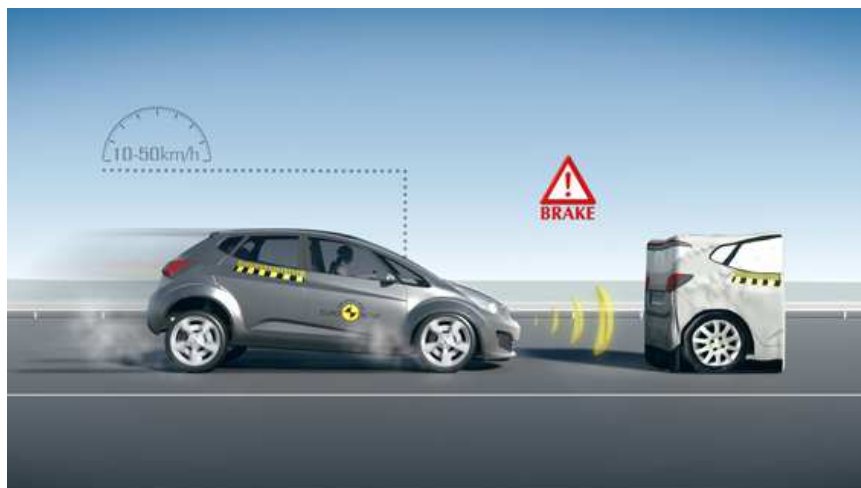
6.2.1.6 Test bezpečnostních systémů AEB

Zkratka AEB vznikla z anglického Autonomous Emergency Braking, tedy autonomní nouzové brzdění. Cílem těchto bezpečnostních systémů je zabránit kolizi v případě, že řidič nereaguje na hrozící nebezpečí. Systémy autonomního nouzového brzdění různých

automobilek nesou různé názvy (Front Assistant, City Safe Drive, Front Assist, Active City Stop, Forward Alert, City Brake Control, Pedestrian Warning with City Brake Activation,...) přesto mají shodný cíl, zabránit kolizi nebo alespoň zmenšit její následky.

Zkouška se skládá z několika scénářů s různými parametry, při kterých se zkoušené vozidlo přibližuje rychlostí 10 – 50 km/h pro městský scénář, nebo 30 – 80 km/h pro meziměstský scénář, k testovací překážce, která simuluje zadní část vpředu jedoucího vozidla. V závislosti na podskupině zkoušky se rovněž mění typ nárazu. Náraz může být veden do stojícího vozidla, do jedoucího vozidla, nebo do brzdícího vozidla.

Maximální počet bodů je udělen, pokud k nárazu vůbec nedojde. Částečný bodový zisk může přinést i pouhé snížení rychlosti nárazu, jelikož toto snížení energie nárazu bývá často rozhodující pro vážnost poranění. (autolexicon.net)



Obr. 11 Test nouzového brždění

Zdroj: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_euro_ncap_AEB-city_002.jpg

6.2.2 Ochrana dětí

Vyhodnocení ochrany dětí se sestává ze tří aspektů:

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

6.2.3 Ochrana chodců

Výsledek zkoušky ochrany chodců se stanovuje na základě testů střetu chodce s přední částí vozidla. Posuzuje se potenciální riziko:

- střetu s hlavou

- střetu s horní částí dolních končetin
- střetu s dolní částí dolních končetin

6.2.4 Asistenční systémy

Výsledek této zkoušky je stanoven na základě testů nejdůležitějších asistenčních systémů, které podporují bezpečné řízení. V těchto testech se ověřuje účinnost a funkčnost aktivních prvků bezpečnosti:

- test elektronického stabilizačního systému
- kontrola zapnutí bezpečnostních pásů
- asistent rychlostních limitů
- test automatického nouzového brzdění
- asistent jízdy v jízdním pruhu

(autolexicon.net)

6.3 Hodnocení testů

Hlavní kritéria pro vyhodnocování testů zajišťují čidla na vozidla a na testovacích figurínách. Hodnotí se, jaké hodnoty decelerace (zpomalení) působily na posádku, nebo zda nebyly některé části těla (krk atd.) vystaveny příliš velkému zatížení, které by mohlo způsobit vážné zranění. Dalším hodnotícím kritériem je stabilita karoserie - jakou sílu bylo nutné vyvinout pro otevření dveří po nárazu, zda zůstal skelet vozu po nárazu stabilní, atd. Výsledné hodnocení (Tabulka 1) vychází z počtu dosažených bodů, které vůz získá součtem bodového hodnocení za jednotlivé druhy nárazu. Dva body mohou testované vozy získat bonusově za signalizaci nezapnutých bezpečnostních pásů. Zajímavostí je, že první vozem v historii, kterému se podařilo získat 5 hvězd se stal roku 2001 Renault Laguna. (wikipedia.org)

Tabulka 1: Hodnocení testování Euro NCAP

Počet bodů	Počet hvězd
1 - 8	1
9 - 16	2
17 - 24	3
25 - 32	4
33 - 40	5

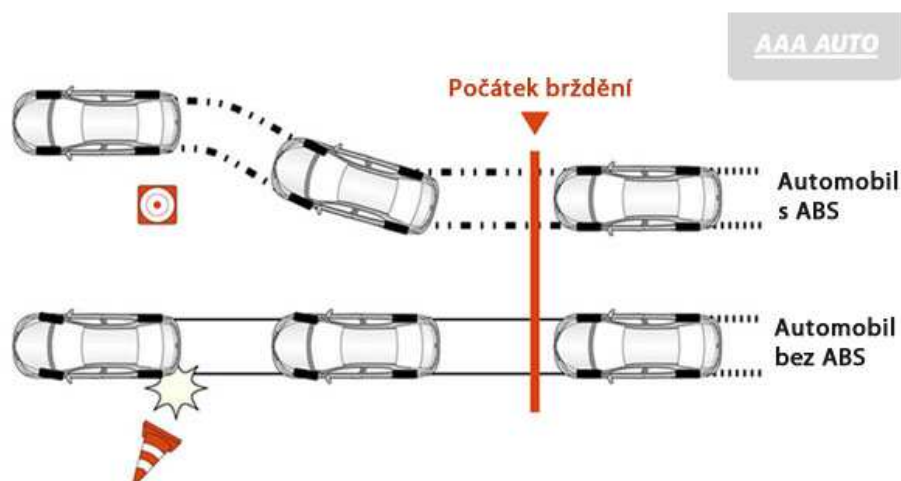
7 SOUČASNOST AKTIVNÍ BEZPEČNOSTI

7.1 Elektronické systémy

Mezi tyto systémy patří například elektronický protiblokovací, protiprokluzový a stabilizační systém. Tyto systémy nedokáží vždy předejít nehodě, jak si hodně lidí myslí, ale dokáží nám pomoci s ovládáním vozidla až po hranice fyzikálních zákonů.

7.1.1 Protiblokovací systém ABS

Jedná se o nejrozšířenější elektronický bezpečnostní systém používaný ve vozidlech. Účelem systému ABS je při intenzivním brždění zachovat směrovou stabilitu a říditelnost vozidla, a co nejvíce zkrátit jeho brzdovou dráhu, ať už na kluzké nebo mokré dráze, tak i při lekavých reakcích řidiče na nepředvídatelné překážky apod. (Vlk 2002; Jan 2009)



Obr. 12 Zachování ovladatelnosti vozidla při brždění.

Zdroj: <http://www.aaaauto.cz/data/photo/15306.jpg>

7.1.2 Protiprokluzový systém ASR

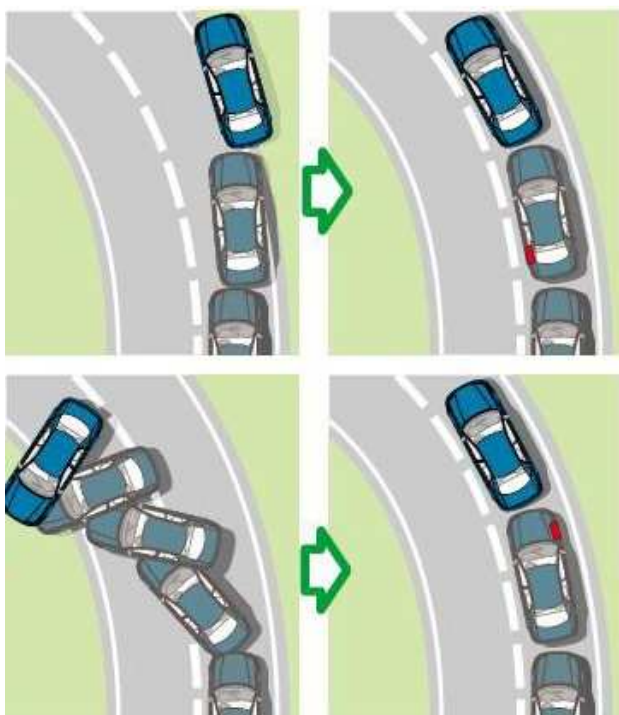
Systém ASR je rozšíření systému ABS. Jeho úkolem je zajistit stabilitu a říditelnost automobilu při zrychlování. Zabraňuje protáčení kol vozidla při zrychlení nebo rozjezdu zejména při náledí, zrychlování v zatáčce a u automobilů s pohonem předních kol také při jízdě do kopce. Navíc tento systém snižuje opotřebení pneumatik a šetří hnací ústrojí. (Jan 2009)

7.1.3 Elektronický stabilizační program ESP

Elektronický stabilizační program je rozšíření funkce systémů ABS a ASR. Program pomáhá stabilizovat automobil pomocí přibrzdění některého z kol a omezením výkonu motoru (tedy snížením krouticího momentu) například při rychlém průjezdu zatáčkou. (Vlk 2006)

Podle nařízení Evropské komise musí být od 1. listopadu 2011 každé nově homologované vozidlo povinně vybaveno systémem ESP. Od roku 2014 musí tímto systémem být vybaveno každé nově prodané vozidlo, tedy i v to, které bylo homologováno před 1. listopadem 2011.

Při nedotáčivosti ESP přibrzdí jedno zadní kolo a natočí vozidlo do požadovaného směru. Při přetáčivosti se přibrzdí jedno z předních kol a tím se vozidlo stabilizuje. Je důležité nezpanikařit a řídit do požadovaného směru. (ibesip.cz)



Zdroj:

<http://www.drive4life.cz/user-data/articles/3/esp.jpg>

Obr. 13 Funkce ESP při nedotáčivosti (nahore) a přetáčivosti vozidla (dole)

7.1.4 Elektronicky řízená uzávěrka diferenciálu EDS

Tento systém je možné použít pouze v kombinaci se systémem ABS. V momentě, kdy dojde k prokluzu hnacích kol, EDS rozdělí hnací moment přiváděný z motoru nerovnoměrně na poháněná kola s využitím řízeného brždění těchto kol za pomoci již existujících částí systému ABS. Systém EDS je přínosný hlavně v zimních měsících a při jízdě na povrchu se špatnou adhezí. (Vlk 2006)

7.1.5 Regulace točivého momentu motoru MSR

Systém MSR zabraňuje smyku na kluzké vozovce, který může vzniknout při prudkém uvolnění plynového pedálu, nebo při zařazení na nižší převodový stupeň. Jsou sledovány otáčky kol na hnané a hnací nápravě, a pokud je vyhodnoceno, že kola na hnací nápravě jsou pomalejší, zvýší otáčky motoru (přidá plyn) tak, aby se zachovala ovládatelnost vozu. Tento systém je často používán u výkonných diesellových motorů s velkým kompresním poměrem. (Vlk 2006)

7.1.6 DSR (Driver Steering Recommendation)

Pokud se stane, že systém ESP potřebuje nejvíce přibrzdit kolo s nejmenší adhezí (sníh, náledí, apod.) musí snížit brzdou sílu jak na tomto kole, tak i na kolech ostatních, čímž se prodlouží brzdná dráha. Pokud bychom zvýšili brzdou sílu na kole s lepší přilnavostí (suchá vozovka), došlo by bez korekce volantem ke stáčení vozidla směrem k tomuto povrchu. Tehdy je nutná korekce volantem. Systém DSR malým momentem do volantu řidiči naznačí, aby ve vhodný moment sám korigoval směr. Díky tomuto systému můžeme zkrátit brzdou dráhu vozidla až o 10 %. (skodaoctavia.cz)

7.1.7 Elektronické rozdělování brzdové síly EBV/EBD

EBD (Electronic Brake Force Distribution) optimálně rozděluje tlak brzdové soustavy mezi obě nápravy. Při brždění je zadní náprava odlehčována, a hrozí tak zablokování zadních kol (přetáčivý smyk). Systém porovnává rychlost kol přední a zadní nápravy. V momentě, kdy zadní kola začnou zpomalovat výrazně rychleji než přední, sníží se tlak v okruzích zadních kol a tím se zabrání smyku dříve, než se uvede v činnost ABS. (ibesip.cz)

7.1.8 Brzdový asistent BAS

Řidiči v krizových situacích většinou sešlápnu brzdový pedál rychle, ale nedostatečnou silou, což prodlužuje brzdou dráhu. Systém BAS má za úkol rozpoznat krizové brždění podle rychlosti stlačení brzdového pedálu, a poté zvýšit tlak v brzdové soustavě pomocí posilovače. Při povolení brzdového pedálu systém BAS přeruší činnost. (ibesip.cz)

8 SOUČASNOST PASIVNÍ BEZPEČNOSTI

8.1 Zádržné systémy

Úkol zádržných systémů spočívá v minimalizování rizika kontaktu pasažérů s interiérem vozidla během nehody. Lze také říci, že mají za úkol snížit riziko poranění pasažérů v případě náhlého snížení rychlosti vozidla omezením jejich dopředného pohybu.

Mezi nejznámější patří např. třibodové a dvoubodové bezpečnostní pásy a dětské autosedačky.

8.1.1 Bezpečnostní pásy

Nejvíce se v dnešní době využívá třibodových bezpečnostních pásů, jež jsou kombinací diagonálního a pánevního pásu. Břišní pásy nejsou zdaleka tak bezpečné, jako třibodové, a proto se využívají zřídka. Čtyř a vícebodové pásy se využívají ve sportovních a závodních automobilech.

U třibodových pásů je možné automatické nastavování a volný pohyb těla za jízdy díky samonavíjecímu systému. Při nárazu se navíjecí cívka s pásem zablokuje proti odvíjení. (Vlk 2006)

8.1.2 Bezpečnostní vaky

Bezpečnostní vak neboli airbag má za úkol ochránit příslušnou část těla pasažéra před nárazem do částí interiéru vozu (palubní deska, volant, apod.), a tím předejít zraněním při kolizi. Airbag pouze zpomalí náraz, je tedy nutností, aby všichni cestující ve vozidle byli připoutáni bezpečnostními pásy. V případech, kdy vozidlo je vybaveno airbagy a jsou správně použity bezpečnostní pásy, dochází při nehodách ke snížení počtu usmrcených řidičů o 25% a cestujících na předním sedadle o 15%. U těchto kategorií dochází také ke snížení vážného poranění hlavy o 75% a poranění hrudníku o 65%. (Vlk 2006; czrso.cz)

8.1.3 Dětské zádržné systémy

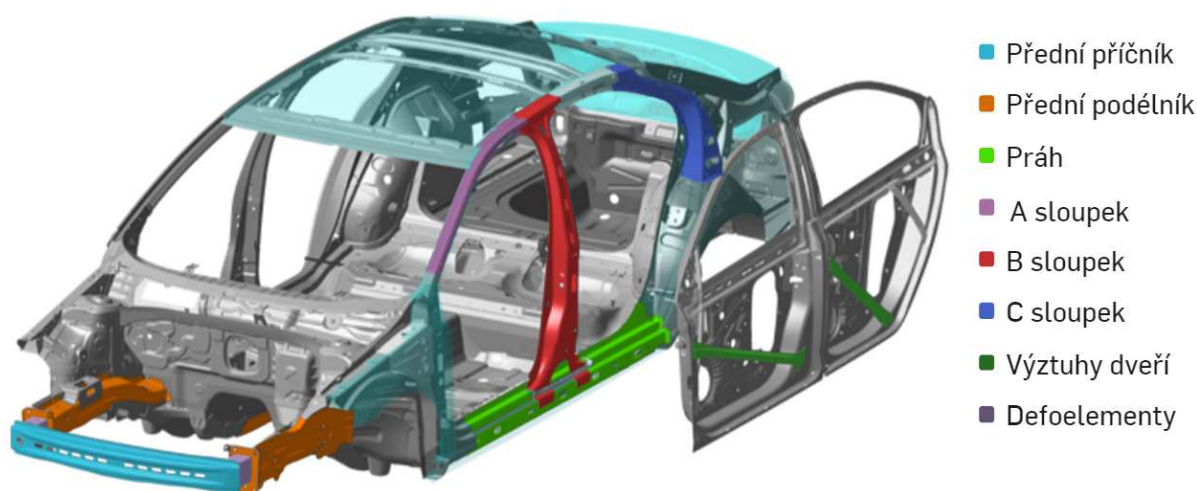
Pojmem dětské zádržné systémy se rozumí dětské autosedačky. Přepravované děti do 150 cm výšky a do 36 kg váhy musejí být usazeny v autosedačce. Podle statistik umírají děti nezajištěné v dětské autosedačce při dopravních nehodách 7x častěji než ty, které jsou bezpečně upevněné v dětské autosedačce.

8.2 Deformační zóny

Základním a nejdůležitějším prvkem ochrany posádky je karoserie automobilu. Karoserie je důmyslně složena z různých materiálů, aby při nehodě co nejlépe uchránila cestující. Skládá se ze stovek dílů dle typu vozidla a můžeme ji rozdělit na dvě funkční části:

- Deformační část
- Prostor pro posádku

Deformační část karoserie má za úkol pohltit a tlumit energii nárazu řízenou deformací (přední a zadní část auta), kdežto prostor pro posádku se naopak deformovat nesmí (kabina). (bezpecnecesty.cz)



Obr. 14 Klíčové části karoserie

Zdroj: <http://www.bezpecnecesty.cz/cz/informace/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>

8.2.1 Defloelement

Je součástí čelní deformační zóny (viz. Níže). Defloelement tvoří první deformační zónu, které absorbuje kinetickou energii z nárazů do rychlosti cca 15 kh/h. Tyto elementy se snadno demontují a nahradí novými, přičemž zbytek karoserie není poškozen, což snižuje servisní náklady. (bezpecnecesty.cz)

8.2.2 Čelní deformační zóna

Čelní deformační zónu tvoří dva podélníky a jeden příčník. Tyto jsou při čelní střetu zatěžovány ve směru podélné osy vozidla. Jako prvek deformační zóny se u vozidel s motorem uloženým vepředu využívá právě i motoru., ovšem při deformaci se nesmí motor ani jeho části dostat do prostoru pro cestující. Jeho zavěšení je tedy provedeno tak, aby při čelní kolizi zajel pod podlahu automobilu. (Vlk 2005)

8.2.3 Boční a zadní deformační zóny

Boční deformační zóna, nebo též boční bezpečnostní zóna, by měla při nárazu pohltit co nejvíce energie při co nejmenší deformaci. Je to z důvodu velikosti deformačních zón, které činí cca 100 – 150 mm oproti předním a zadním deformačním zónám, jejichž velikost je cca 300 – 800 mm. Z tohoto důvodu se zejména pro A a B sloupky používá vysokopevnostních materiálů.

Při zadních nárazech bývá absorbovaná energie menší z důvodu nižší relativní rychlosti kolize. Z tohoto důvodu bývají zadní deformační zóny dimenzovány na menší síly. Součástí zadní deformační zóny může být například i rezervní kolo. (Vlk 2000)



Obr. 15 Testování deformačních zón: počítačová simulace (nahore) vs. reálná zkouška (dole)

Zdroj: <http://www.bezpecneesty.cz/cz/informace/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>

9 TRENDY V OBLASTI PASIVNÍ BEZPEČNOSTI OSOBNÍCH VOZIDEL

S neustále se zhušťujícím provozem se samozřejmě zvyšuje i riziko havárie a následné újmy na zdraví nejen cestujících, ale i kolemjdoucích chodců. V důsledku toho se v posledních desetiletích pracuje nejen na inovaci již vymyšlených systémů, ale přichází se také s novými nápady a vynálezy, jenž zvyšují bezpečnost i komfortnost jízdy.

Jedním z inovativních prvků, který se v dnešní době již dostává do výbavy některých automobilů jsou kromě kolenních, hlavových, bočních a všelijakých možných airbagů, také airbasy v bezpečnostních pásích, které po nafouknutí nabídnou pětikrát větší plochu pro rozložení síly, nebo třeba mezisedačkové airbasy pro vzájemné oddělení zadních pasažérů. Pokud se podíváme na exteriér vozu, můžeme zde zmínit například externí airbag pod přední částí auta z prototypu od automobilky Mercedes-Benz, který zde plní funkci přidavného tření, a tím zkracuje brzdnou dráhu.

Velice častým druhem nehody jsou srážky s chodci. Pro zmírnění následků tohoto typu nehody se využívá například externích airbagů, nebo pyrotechnického vystřelení kapoty.

10 Závěr

V mé bakalářské práci jsem se věnoval historii i současnosti nejpoužívanějších bezpečnostních prvků osobních automobilů. Z historického hlediska jsem popsal evoluci některých důležitých aktivních a pasivních bezpečnostních prvků. Věnoval jsem se homologacím a průběhu testování konsorcia Euro NCAP a následně jsem rozebral současné aktivní i pasivní bezpečnostní prvky a systémy. V poslední obsahové kapitole jsem nastínil současné trendy, co se pasivní bezpečnosti týče.

Po shrnutí mnou zpracovaných informací mohu říci, že nejdramatičtější posun vpřed zažívá pasivní i aktivní bezpečnost v posledních dekadách a nezastavuje ani nadále. Dovolují si tvrdit, že se tak děje díky masivnímu rozšíření automobilů mezi lidi, kteří si to dříve nemohli dovolit, a z toho vyplývajícím zhuštěním dopravy na silnicích, a také díky neustále výkonnějším a dostupnějším výpočetním technologiím, které jsou potřeba pro vývoj, a také pro samotnou funkčnost mnoha systémů.

Nejnovější a nejsofistikovanější systémy se díky ceně nejprve objevují u vozidel luxusnějších řad, a až se zpožděním několika let, pokud vůbec, se dostávají do nižších tříd. Vzhledem k tomu, že ve většině západního světa tvoří většinu trhu automobily střední třídy, tak můžeme vydedukovat, že současné nejnovější bezpečnostní prvky začnou výrazněji ovlivňovat bezpečnost provozu až v horizontu několika let.

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. VLK, F. *Automobilová elektronika*. 1. vyd. Brno,: František Vlk, 2006. 269 s. ISBN 80-239-6462-3.
2. VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel: Díl 1*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002. 298 s. ISBN 80-238-7282-61.
3. VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel: Díl 2*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2002. 299 s. ISBN 80-238-7282-62.
4. VLK, František. *Karosérie motorových vozidel: ergonomika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize : struktura : materiály*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
5. VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, říditelnost a ovladatelnost, životní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2005. 576 s. ISBN 80-239-3717-0.
6. MATĚJÍČEK, Martin. *Diplomová práce : Historie, současné trendy a vize ve vývoji deformačních zón osobních automobilů [dostupné online]*
http://k622.fd.cvut.cz/downloads/zaverecne_prace/DP-2016-Matejicek-Martin.pdf
7. JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily 1: Podvozky*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.
8. *History of car safety* [online][cit. 2017-03-15]
<http://www.crashtest.org/history-car-safety/>
9. *Moderní technologie vozidel* [online][cit. 2017-03-13]
<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel>
10. *Volvo – padesát pět let bezpečného pásu* [online][cit. 2017-03-25]
<https://www.autokaleidoskop.cz/Historie/Volvo-padesat-pet-let-bezpecnostniho-pasu/>
11. *ABS (Anti-lock Braking System)* [online][cit. 2017-03-18]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
12. *Dědictví a tradice inovací* [online][cit. 2017-03-25]
<http://www.volvocars.com/cz/o-nas/o-spolecnosti/dedictvi/inovace>
13. *Airbag* [online][cit. 2017-04-04]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/airbag/>
14. *Aktivní opěrky hlav snižují riziko poranění páteře* [online][cit. 2017-04-04]
<http://autoperiskop.cz/aktivni-operky-hlav-snizuji-riziko-poraneni-patere/>

15. *Nárazová zkouška* [online][cit. 2017-04-20]
https://cs.wikipedia.org/wiki/Nárazová_zkouška
16. *Euro NCAP* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap/>
17. *Euro NCAP – plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-plny-celni-naraz-do-nedeformovatelne-bariery/>
18. *Euro NCAP – částečný čelní náraz* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-castecny-celni-naraz/>
19. *Euro NCAP – boční náraz* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-bocni-naraz/>
20. *Euro NCAP – boční náraz do sloupu* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-bocni-naraz-do-sloupu/>
21. *Euro NCAP – test ochrany krční páteře* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-test-ochrany-krcni-patere/>
22. *Euro NCAP – test bezpečnostních systémů AEB City* [online][cit. 2017-04-20]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap-test-bezpecnostnich-systemu-aeb-city/>
23. *Euro NCAP* [online][cit. 2017-04-20]
https://cs.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP
24. *ESP (Electronic Stability Programme)* [online][cit. 2017-04-21]
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
25. *Zákony fyziky nepřešleš* [online][cit. 2017-04-19]
<http://www.ibesip.cz/cz/pro-media/282-zakony-fyziky-neprepises>
26. *Karoserie* [online][cit. 2017-04-22]
<http://www.bezpecneesty.cz/cz/informace/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ukázka tříbodového bezpečnostního pásu

Obr. 2 vývoj a miniaturizace systému ABS

Obr. 3 Dětská bezpečnostní autosedačka obrácená proti směru jízdy

Obr. 4 Rychlost vystřelení airbagu

Obr. 5 Béla Barenyi při inspekci testovaného modelu Mercedes W111

Obr. 6 Znárodnění mechanismu aktivní hlavové opěrky

Obr. 7 Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry

Obr. 8 Test bočního nárazu Euro NCAP

Obr. 9 Test bočního nárazu do sloupu o průměru 254 mm

Obr. 10 Testování opěrek hlavy

Obr. 11 Test nouzového brždění

Obr. 12 Zachování ovladatelnosti vozidla při brždění.

Obr. 13 Funkce ESP při nedotáčivosti (nahore) a přetáčivosti vozidla (dole)

Obr. 14 Klíčové části karoserie

Obr. 15 Testování deformačních zón: počítačová simulace (nahore) vs. reálná zkouška (dole)