

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Analýza životnosti airbagu

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jan Javůrek

PRAHA 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Javůrek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Analýza životnosti airbagu

Název anglicky

Analysis of airbag's durability

Cíle práce

Vytvořit literární rešerši zabývající se problematikou aktivní a pasivní bezpečnosti vozidel se zaměřením na systémy airbagů.

V rámci experimentů provést sérii testů, jež budou poskytovat podklady pro stanovení závěru ohledně funkčnosti airbagů po skončení oficiální doby jejich životnosti.

Metodika

- prostudovat základní literaturu, normy, internetové odkazy a další dostupné prameny z celého světa a provést literární rešerši v oblasti aktivní a pasivní bezpečnosti vozidel
- kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou,
- na vybraných airbagách se stářím vyšším než 10 let provést otestování jejich funkčnosti
- na základě výsledků experimentů stanovit hypotézu o životnosti airbagů ve vozidlech

Doporučený rozsah práce

50-60 stran formátu A4

Klíčová slova

airbag, žinostnost, pasivní bezpečnost

Doporučené zdroje informací

1. Kovanda J., Šatochin V.: Pasivní bezpečnost vozidel. Vydavatelství ČVUT Praha 2000
2. STRUBLE, Donald E. Side airbags. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, c2005, ix, 288 p. PT (Series) (Warrendale, Pa.). ISBN 07-680-1512-X
3. SEIFFERT, Ulrich a Lothar WECH. Automotive safety handbook. London, UK: Professional Engineering Pub., c2005, x, 283 p. PT (Series) (Warrendale, Pa.), 116. ISBN 07-680-0912-X
4. PETERS, George A a Barbara J PETERS. Automotive vehicle safety: [SAE 2002 world congress, Detroit, Michigan, USA, March 4 – 7, 2002]. New York: Taylor, 2002, x, 283 p. PT (Series) (Warrendale, Pa.), 116. ISBN 04-152-6333-6
5. SEIFFERT, Ulrich a Lothar WECH. Airbag technology 2002: [SAE 2002 world congress, Detroit, Michigan, USA, March 4 – 7, 2002]. Warrendale, Pa: Professional Engineering Pub., 2002, x, 283 p. PT (Series) (Warrendale, Pa.), 116. ISBN 07-680-0937-5

Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

Vedoucí práce

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2014

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Analýza životnosti airbagu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Kotka, Ph.D. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu. Dále prohlašuji, že elektronická forma je shodná s formou tištěnou a nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo jejích částí se souhlasem katedry.

V Praze, dne

.....

.....

Jan Javůrek

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D. za umožnění napsání této diplomové práce, proběhnuté konzultace a přípravu praktické části práce. Také bych rád poděkoval pracovníkům a doktorandům katedry Vozidel a pozemní dopravy na Technické fakultě, zejména Ing. Petru Jindrovi za pomoc při praktické části a přípravu celé zkoušky.

Také bych chtěl poděkovat Ing. Josefu Míkovi z Fakulty dopravní ČVUT za zapůjčení rychlokamery a zpracování výsledků u obou experimentů.

Dále děkuji Danielu Jetenskému za ochotu a hlavně odborné informace okolo výroby a zkoušek airbagů a za zapůjčení materiálů použitých v diplomové práci.

V Praze, dne

.....

.....

Jan Javůrek

Abstrakt:

Cílem teoretické části diplomové práce je objasnit problematiku pasivní bezpečnosti, aktivní bezpečnosti a jednotlivých prvků bezpečnosti, které jsou používané v motorových vozidlech. Zejména se zaměřit na problematiku airbagů a podrobně ji zpracovat. Práce popisuje funkci, typy a vlastnosti moderních airbagů a prvků pasivní bezpečnosti s nimi spolupracujícími. Praktická část práce se věnuje tvrzení o nutnosti výměny airbagů v intervalu 10 let a méně let. Pomocí měření je zjišťován vliv stáří na 5 různých airbagů, které jsou starší než 15 let. Měřeny byly pouze čelní airbasy, tedy airbag řidiče a airbag spolujezdce. Ve výsledcích experimentu jsou zobrazeny grafy rychlosti a síly vyvinuté airbagem.

Klíčová slova:

Airbag, pasivní bezpečnost, životnost

Analysis of airbag's durability**Summary:**

The aim of theoretical part of diploma thesis is clarify the issue of passive safety, active safety and safety elements which are used in motor vehicles. Work is focusing to the issue of airbags and prepares it into details. The work describes the types and properties of modern airbags and safety elements which cooperating with them. Practical part of thesis examines need replacement of airbags after 10 year interval. There are identified of effect of durability of airbags to their right function by testing. Tested was only driver and passenger front airbags. In results of experiment are shown charts of velocity and force of airbag.

Key words:

Airbag, passive safety, durability

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl a metodika diplomové práce	3
3	Bezpečnost	4
3.1	Legislativa a bezpečnost v ČR a EU	6
3.1.1	Směrnice EHS/ES	6
3.1.2	Legislativní historie v ČR	7
3.2	Nehodovost v ČR	9
4	Aktivní bezpečnost	10
5	Pasivní bezpečnost	12
5.1	Testování bezpečnosti Euro NCAP a vliv airbagu na bezpečnost	13
5.1.1	Zkouška čelním nárazem	14
5.1.2	Zkouška bočním nárazem	15
5.1.3	Zkouška bočního nárazu na sloup	16
5.2	Bezpečnostní pás	17
5.2.1	Předepínače bezpečnostních pásů	19
5.3	Opěrka hlavy	20
5.4	Karoserie vozidla	21
6	Airbag	23
6.1	Historie	24
6.2	Funkce a prvky airbagu	24
6.2.1	Modul airbagu	26
6.2.2	Řídící jednotka airbagů	28
6.2.3	Snímače a Early crash sensor	29
6.3	Typy airbagů	29
6.3.1	Airbag řidiče	31
6.3.2	Airbag spolujezdce	32

6.3.3	Boční airbag.....	32
6.3.4	Hlavové airbasy.....	33
6.3.5	Kolenní airbag.....	34
6.3.6	Protiskluzový airbag.....	35
6.3.7	Airbag v bezpečnostním pásu	35
6.3.8	Ochrana cyklistů a chodců	36
6.3.9	Motocyklový airbag	37
6.4	Nezávislé společnosti testující airbasy	38
6.5	Zranění airbasy	39
6.5.1	Aféra s airbasy Takata	40
6.6	Výroba airbagu.....	40
6.7	Využití mimo automobilový průmysl.....	41
7	Experiment	42
7.1.1	Porovnávací deska	43
7.1.2	Popis rychlokamery	44
7.2	1. Test	45
7.3	2. Test	46
8	Vyhodnocení experimentu	47
8.1	Airbag č. 1. – airbag řidiče KIA	49
8.2	Airbag č. 2. – airbag spolujezdce KIA.....	50
8.3	Airbag č. 3. – airbag řidiče KIA	54
8.4	Airbag č. 4. – airbag spolujezdce KIA.....	56
8.5	Airbag č. 5. – airbag spolujezdce SAAB.....	58
10	Závěr.....	61
11	Seznam použité literatury.....	63
12	Seznam internetových odkazů.....	63
13	Seznam obrázků.....	65
14	Seznam příloh	67

1 Úvod

V moderní době, která je naplněna různými technologickými vymoženostmi, si život bez automobilu neumíme představit. Automobil je vnímán jako samozřejmost. Měl by nás dovézt na místo určení nejen spolehlivě, ale i bezpečně. Právě bezpečnost je nyní velmi důležitým kritériem při výběru vozu. Dříve si automobilky mysleli, že bezpečnost se „nedá prodat“, ale dnešní doba ukazuje, že je tomu právě naopak. Velmi často si lidé vybírají vůz podle hodnocení v testech Euro NCAP. Na tom staví zejména automobilka Volvo, která si zakládá na výborné bezpečnosti a vyvíjí technologie, které by mohli cestující chránit před vznikem vážných zranění, či před usmrcením během dopravní nehody. Samozřejmě ani další automobilové společnosti nechtějí být pozadu, a tak vylepšují své systémy pro ochranu posádky.

Avšak oblast bezpečnosti motorových vozidel provází velké množství tvrzení, hypotéz a polopravd. Konkrétně jedno z těchto tvrzení bude tématem této diplomové práce. Jedná se o tvrzení, které uvádí, že airbag se musí v automobilech měnit v závislosti na čase. Tedy, že každý vůz má daný interval výměny všech airbagů. Tento interval je uváděn v manuálu vozu. U konkrétního modelu například ve voze Škoda Octavia I. generace je zde psáno, že servisní interval je 12 let, a měl by být dodržován. Avšak toto se ve většině případů neděje, protože airbag je velmi drahý prvek bezpečnosti. Na internetu jej lze zakoupit z opotřebeného automobilu od 500 korun do desítek tisíc korun, samozřejmě cena je také závislá na značce a typu vozu. Pro nový airbag, pořízený v autorizovaném servisu, se zaúčtovanými náklady za práci se cena téměř vždy vyšplhá do desítek tisíc korun. A tak se nelze divit, že airbagy nejsou měněny ve stanovených intervalech. Také zde v posledních letech vzrostl problém s krádežemi všech druhů airbagů, které se staly velmi zajímavou komoditou pro zloděje náhradních dílů. Toto lze též dávat za vinu snaze airbagy co nejčastěji měnit.

Názory odborníků se liší, někteří tvrdí, že interval je nutné dodržovat a jiní tvrdí, že to není nutné, protože airbagy nepodléhají stáří. Z těchto důvodů tato diplomová práce objasní problematiku stárnutí airbagů. K tomu bude zapotřebí vytvořit teoretickou základnu pro pochopení problematiky bezpečnosti v moderních motorových vozidlech a vyzkoušet funkci airbagů starších než 10 let. Tato zkouška bude natočena kamerou, která má vysokou rychlost záznamu a později budou zpracovány výsledky pro určení správné funkce airbagů

Podle projektového manažera airbagů Daniela Jetenského ze společnosti Toyota Gosei Czech není v dnešní době výměna airbagů na pravidelné bázi, jako prevence proti selhání, nutná a není vyžadována žádným z jejich současných zákazníků, jako jsou Toyota, Honda či BMW. Důvodem je, že

nyní funkce airbagů není přímo úměrná jeho věku a stáří. Pokud popíšeme jednotlivé díly modulu airbagu, tak se zde nachází rozbuška, která je nyní hermeticky uzavřena a její těsnost je zkoušena u každého dílu héliem, kovové pouzdro, které je pozinkováno proti korozi, plastový kryt a samotný airbag z látky (případně silikonu), kteří nepodléhají stáří.

Praktická část této práce se snaží toto tvrzení potvrdit a demonstrovat na jednotlivých pořízených snímcích při experimentu, že airbag nemusí být měněn na pravidelné bázi. Při potvrzení teze pana Jetenského, bude vyvrácena teorie o nutnosti pravidelných intervalů výměny.

2 Cíl a metodika diplomové práce

Po teoretické stránce je cílem této diplomové práce rozebrat problematiku týkající se bezpečnosti v dopravě, popsat ji, okrajově se zmínit o aktivní bezpečnosti a zejména se věnovat pasivní bezpečnosti se zaměřením na jednotlivé prvky, do detailu popsat a rozebrat problematiku bezpečnostního prvku airbag.

V rámci praktické části je za úkol napodobit zkoušku airbagu, která je prováděna v laboratořích společností vyrábějících a testujících airbagy. Při tomto testu je nutná aktivace airbagu a její zaznamenání rychlokamerou. Jsou stanoveny tři podmínky, které airbag musí splňovat.

První podmínka je, že airbag musí být aktivován elektrickým impulzem, stejným, který posílá řídicí jednotka airbagu. Při selhání airbagu a nemožnosti ho aktivovat, bude zjevné, že rozbuška podlehlá procesu stárnutí. Splnění této podmínky bude zjevné již během experimentu.

Pokud všechny airbagy budou aktivovány a u žádného z nich nedojde k selhání, tak se přejde k vyhodnocení, kde snímky z rychlokamery budou zpracovány a bude zde vypočítán čas a rychlost nafouknutí airbagu a vyvinutá síla airbagem. Díky těmto parametrům bude možné porovnat výsledky se standardy výrobců pro čas nafouknutí běžného airbagu. Tímto způsobem bude zjištěno, zda látkový airbag pracuje správně, či podlehl stárnutí a je nafouknut pomaleji než při jeho výrobě. Tím bude splněna podmínka druhá.

Při vyhodnocení budou také jednotlivé snímky zkoumány, a bude vyhodnoceno, zda z airbagu neunikly nežádoucí části, které by člověka mohly zranit. Pokud se tak nestane, bude potvrzeno, že rámeček airbagu nepodléhá stárnutí a bude tím splněna i podmínka poslední.

Při splnění všech tří podmínek, kdy airbagy budou správně aktivovány, budou nafouknuty ve správném čase a na snímcích nebudou od airbagu odlétat nežádoucí části, bude potvrzeno, že airbag nepodléhá stárnutí a nemusí být v průběhu provozu automobilu vyměněn. Výjimku pro výměnu tvoří pouze svolávací akce výrobců vozů.

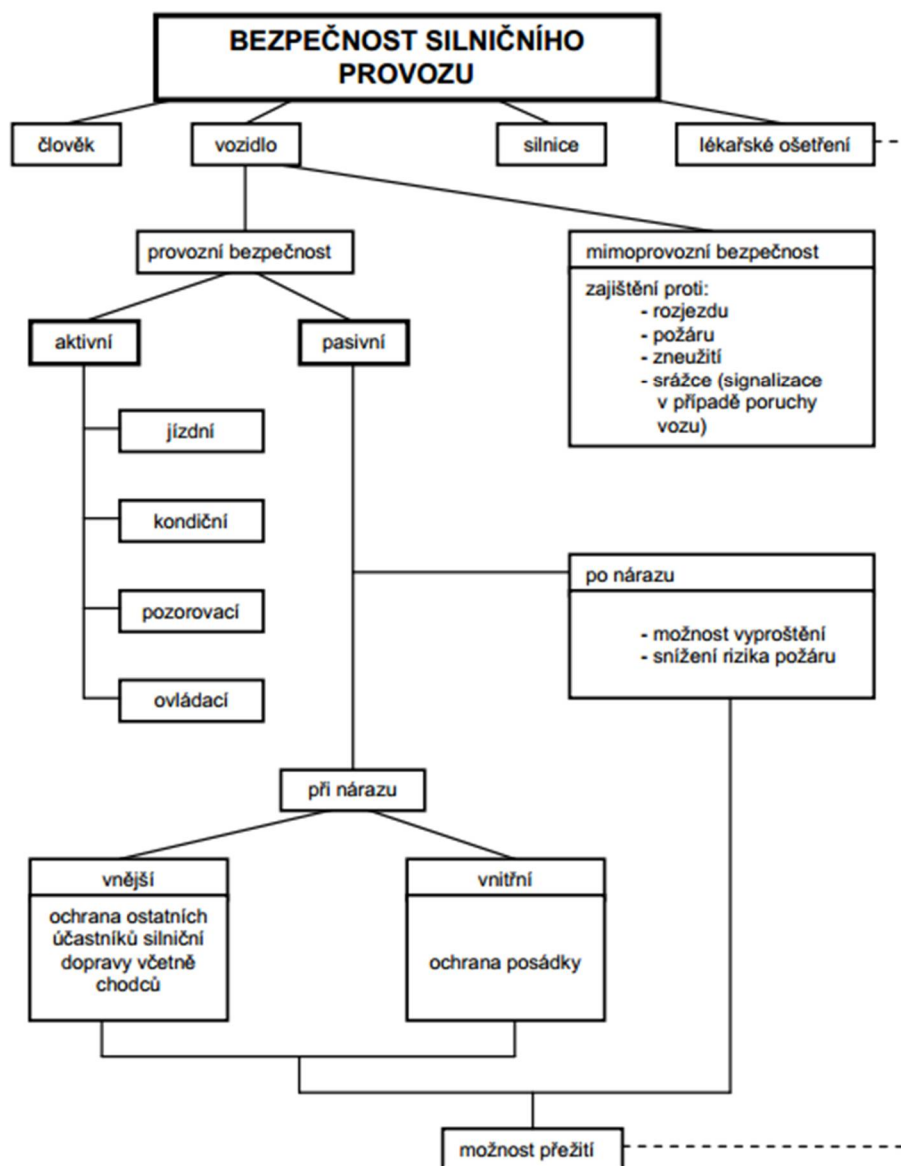
Pro experiment bude nutné použít rychlokameru a komponenty k její správné funkci, porovnávací desku s mírou, samotné airbagy, autobaterii pro zdroj elektrického signálu k aktivaci vaku, spínač pro aktivaci airbagu a elektrické vedení mezi baterií a modulem airbagu. Pro vyhodnocení experimentu bude potřeba použít notebook s programem Microsoft Excel pro vypočtení parametrů airbagu a zachycení parametrů do grafů. Pro celý proces diplomové práce bude použita odborná literatura v českém, ale i anglickém jazyce.

3 Bezpečnost

Pod pojmem bezpečnost je možné si představit mnoho různých věcí. Tato práce se zajímá zejména o automobilovou bezpečnost, nebo také bezpečnost v dopravě. Ta se zabývá hlavně ochranou zdraví, majetku, ale hlavně životů. A to nejen životů posádky automobilu, ale také životů lidí v okolí automobilu.

Bezpečnost automobilů není závislá jen na samotné konstrukci či vybavení vozu, ale samozřejmě také na řidiči a ostatních faktorech, které jsou v jeho okolí. Bezpečnost automobilu je tedy pouze jen jednou z mnoha složek bezpečnosti silničního provozu. Na obrázku č. 1 jsou vidět vlivy, které souvisí s požadavky pro návrh automobilu.

Obr. č. 1. - Bezpečnost silničního provozu



Zdroj: [3]

Bezpečnost automobilu, nebo také provozní bezpečnost můžeme rozdělit do dvou složek. Jednou z nich je schopnost automobilu zabránit nehodě, ještě před tím než nastane. V takovém případě mluvíme o aktivní bezpečnosti. Ale i přes obrovský vývoj aktivní bezpečnosti v posledních letech se v některých případech nehodě zabránit nedá. V takové situaci přichází na řadu bezpečnost pasivní. Která má za úkol snížit následky nehody. Této bezpečnosti se práce věnuje podrobněji. Bezpečnost pasivní, ale i aktivní bude popsána v dalších kapitolách.

V České republice je známé oddělení ministerstva dopravy ČR Besip. Ten je známý především z reklam z televize a dalších podpůrných programů. Toto oddělení se stará o preventivní aktivity

v oblasti bezpečnosti na pozemních komunikacích. Zejména se soustředí na lidského činitele a snaží se ho vychovávat a informovat o postupech v oblasti dopravy. Dále se snaží plnit národní strategii bezpečnosti silničního provozu, která je naplánována od roku 2011 až do 2020. Za úkol má snížit počet usmrčených osob na průměr EU a snížení počtu těžkých zranění o 40%. Besip byl založen před 45 lety v roce 1963. [15]

Všechna vozidla samozřejmě musí projít souborem zkoušek, nazývaným homologace. Tento proces je řízen homologačními předpisy (EHK, EHS, FMVSS) a také předpisy jednotlivých států, kde se automobil bude prodávat. Tyto homologace dělá třeba společnost TÜV SÜD. Zároveň zde existují nezávislé firmy, které testují vozidla za účelem zjištění jejich opravdové bezpečnosti a automobilky se mohou rozmyslet, jestli své vozidlo podrobí testům. Jednou z těchto firem je Euro NCAP. Pokud výrobce podrobí vůz testům, tak dostane počet hvězd podle bezpečnosti. Na základě tohoto hodnocení se může zákazník rozhodovat mezi jednotlivými vozy, což je také účelem Euro NCAP.

3.1 Legislativa a bezpečnost v ČR a EU

Nejdůležitější orgánem ve tvorbě pravidel v oblasti dopravy je Evropská Hospodářská komise. Ta byla založena v roce 1947 radou OSN. Sdružuje okolo 56 států ze všech různých kontinentů. Jedním ze zakládajících členů bylo také Československo. Mimo jiné má na starosti i ochranu životního prostředí a mezinárodní obchod. Rok 1958 přinesl dohodu o přijetí jednotných podmínek pro homologaci, uznávání homologace výstroje a součástí vozidel. Tato dohoda začala platit v roce 1959. [3]

3.1.1 Směrnice EHS/ES

Roku 1970 začala Evropská unie vydávat soubor směrnic EHS/ES. Směrnice stanovují podmínky zkoušení a kritéria hodnocení vozidel. V roce 1970 začala EU vydávat soubor směrnic EHS/ES. Tyto směrnice říkají jaké podmínky a kritéria zkoušení se používají pro hodnocení vozidel. Je zde uvedeno několik případů, které se týkají této práce. [3]

- Předpis EHK č. 11 – Zámky a závěsy bočních dveří
- Předpis EHK č. 12 – Ochrana řidiče při čelním nárazu
- Předpis EHK č. 14 – Pevnost a geometrie úchytů bezpečnostních pásů
- Předpis EHK č. 25 – Pevnost a geometrie opěrek hlavy
- Předpis EHK č. 32 – Náraz na vozidlo zezadu (nevyužívá se)
- Předpis EHK č. 33 Náraz na vozidlo zepředu (nevyužívá se)
- Předpis EHK č. 94 Ochrana proti čelnímu nárazu

- Předpis EHK č. 95 Ochrana proti bočnímu nárazu
- Předpis EHS/ES č. 96/27 Boční náraz
- Předpis EHS/ES č. 96/79; 99/98 Čelní vyosený náraz
- ISO 3560:1975 Pevné bariéry pro crash test
- ISO 3784:1976 Měření nárazové rychlosti
- ISO 3984:1982 Mobilní bariéry pro crash testy- 14 - Obr. 11 Úchyty ISOFIX na zadním sedadle
- ISO 6813:1981 Kolize, terminologie
- ISO 6887:1987 Měřicí technika při nárazových testech
- ISO 7861:2003 Křivky rizika poranění pro vyhodnocení ochrany cestujících při čelním nárazu
- ISO 12350:2004 Křivky rizika poranění pro vyhodnocení ochrany cestujících při bočním nárazu
- ISO 12351:1999 Stanovení kontaktu hlavy s vozidlem při nárazových testech a délka jeho trvání
- ISO 12825:2004 Zkouška ofsetového čelního nárazu[3, 10]

Pro Českou republiku platila vyhláška Ministerstva dopravy a spojů o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích 341/2002 Sb. Ta byla novelizována vyhláškou 341/2002 Sb. [10]

3.1.2 *Legislativní historie v ČR*

Podle výročních zpráv bezpečnosti silničního provozu z roku 2013 a 2014, které byly zpracovány společností International transport fórum, bylo v plánu České Republiky snížit počet nehod o 50% mezi léty 2002 a 2010. Toho podle zprávy nebylo docíleno, ale byl učiněn veliký pokrok. Ve skutečnosti se snížil počet smrtelných nehod o 48%. A mezi rokem 1970 a rokem 2011 ubylo smrtelných nehod o 61% a zranění při nehodách se snížila o 22% a to i přes to, že počet automobilů se zdvojnásobil. Všechna tato data jsou znázorněna v grafu č. 1.

Zpráva dále rozděluje bezpečnostní historii České republiky na čtyři období roky 1970 až 1986, 1987 až 1996, 1997 až 2003 a 2004 až 2015

Mezi léty **1970 a 1986** byl počet smrtelných nehod v Československu snížen a byl podobný jako v zemích západní Evropy. Z pohledu UNECE bylo snížení úmrtnosti v těchto letech jedno z největších v celé Evropě. Bylo toho dosaženo díky těmto krokům:

- Omezení rychlosti na 90 km/h pro osobní automobily, 70 km/h pro užitková vozidla a 80 km/h pro motocykly.

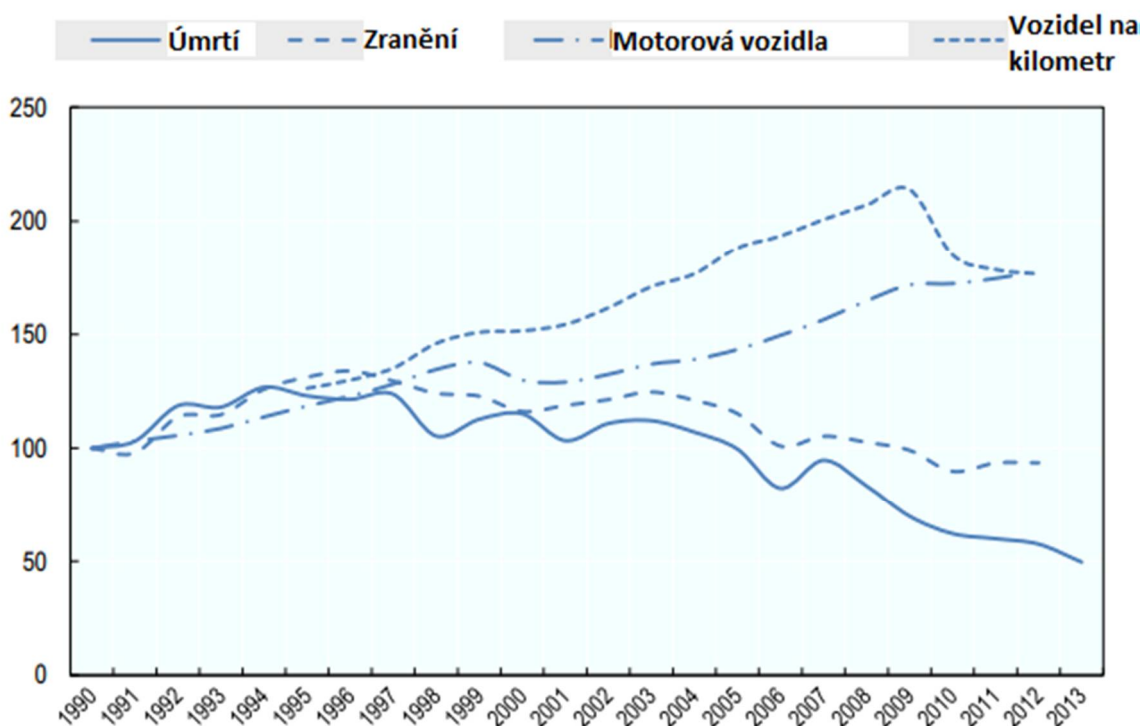
- Zavedení povinnosti použití bezpečnostních pásů v roce 1975, jako jedny z prvních na světě.
- Zákon 101/1981 Sb. O pozastavení řidičských průkazů u řidičů, jež nejsou schopni zaplatit pokutu za dopravní přešupek.
- Zlepšení dálniční sítě v ČSR, zejména cesty mezi Prahou a Brnem.
- Rychlejšímu vývoji automobilů, tedy zlepšení bezpečnosti v moderních automobilech.

Mezi léty **1986 a 1996** se začala zvyšovat nehodovost v České Republice. Zejména po roce 1989, kdy v roce 1994 byla největší nehodovost. Zpráva UNECE si to vysvětluje tím, že byla po Sametové revoluci přenesena „svoboda“ i do motoristického světa a lidé nabyli dojmu, že si mohou dělat, co se jim zlíbí.

V letech **1997-2003** byly provedeny pozitivní změny a to v roce 1997 snížení rychlosti z 60 km/h na 50 km/h, zavedena povinnost denního svícení v roce 2001 a zavedení přednosti chodců.

Mezi léty **2004 a 2015** nastal pozitivní zvrát a to díky Národní strategii bezpečnosti silničního provozu, která byla poté aktualizována v roce 2011. Ta se snaží dostat se na průměr Evropské Unie a snížit počet úmrtí na 360 (-60%) a snížit vážná zranění pod 2100 (-40%). Nejpozitivnějších výsledků bylo dosaženo po zavedení bodového systému v roce 2006. [14, 15]

Graf č. 1. - Historický záznam o bezpečnosti na silnicích v ČR



(zdroj: www.internationaltransportforum.org)

3.2 Nehodovost v ČR

V tabulce č. 1 je vidět kolik bylo usmrceno a zraněno lidí v posledních letech. Každý den v roce 2014 bylo usmrceno 1,7 osoby a 72,4 osoby bylo zraněno. Na každý den pak připadá odhadem 13 515 709,- Kč hmotných škod. Znamená to, že každých 6 minut a 6 sekund došlo k nehodě, kterou šetřila policie ČR. Také je v tabulce vidět pokles dopravních nehod v roce 2009, z důvodu, že 1. ledna 2009 přišla novela silničního zákona. Ta upravila povinnost účastníkům nehody volat policii, pokud nedojde k nehodě v hodnotě vyšší než 100 000 Kč. [11, 16]

Tab. č. 1. - Nehody a jejich následky

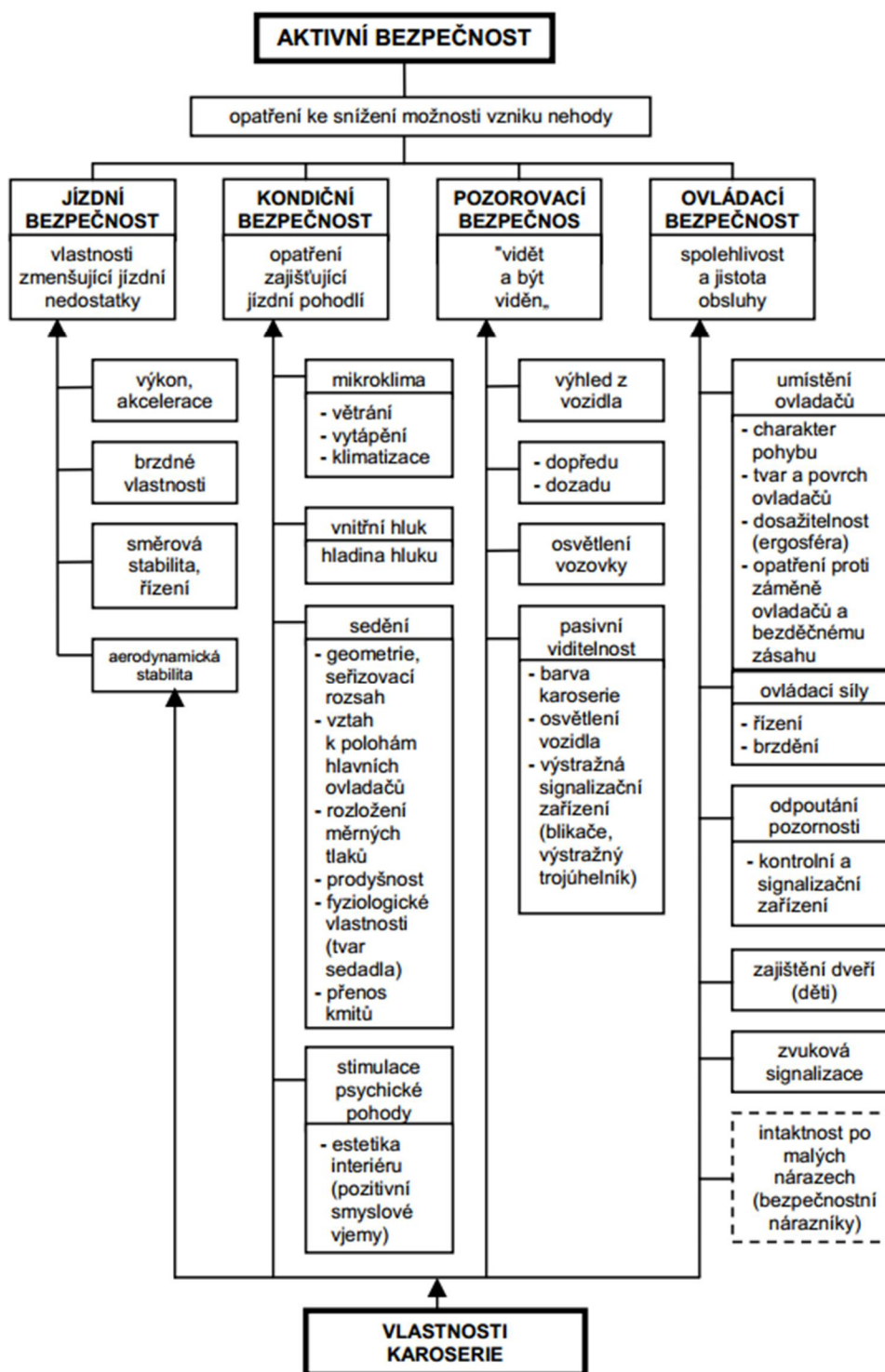
rok	POČET NEHOD	z toho S NÁSLEDKY NA ŽIVOTĚ NEBO ZDRAVÍ	USMRCENO	TĚŽCE ZRANĚNO	LEHCE ZRANĚNO
2003	195 851	27 320	1 319	5 253	30 312
2004	196 484	26 516	1 215	4 878	29 543
2005	199 262	25 239	1 127	4 396	27 974
2006	187 965	22 115	956	3 990	24 231
2007	182 736	23 060	1 123	3 960	25 382
2008	160 376	22 481	992	3 809	24 776
2009	74 815	21 706	832	3 536	23 777
2010	75 522	19 676	753	2 823	21 610
2011	75 137	20 487	707	3 092	22 519
2012	81 404	20 504	681	2 986	22 590
2013	84 398	20 342	583	2 782	22 577
2014	85 859	21 054	629	2 762	23 655

Zdroj: [11]

4 Aktivní bezpečnost

Aktivní bezpečnost jsou všechny prvky, které zabraňují a předcházejí dopravní nehodě. Mezi nejznámějšími součástmi aktivní bezpečnosti jsou zejména prvky ze skupin stability vozidla a brzdných vlastností (ABS, ASR, ESP). Ale do aktivní bezpečnosti patří o mnoho více systémů a prvků. Tato složka bezpečnosti se dělí do čtyř různých skupin a to: jízdní bezpečnost, kondiční bezpečnost, pozorovací bezpečnost a ovládací bezpečnost. Podrobně rozvedenou aktivní bezpečnost můžeme vidět na obrázku č. 3.

Obr. č. 2. - Schéma aktivní bezpečnosti



Zdroj: [3]

V **jízdní bezpečnosti** jsou zařazeny vlastnosti, které zmenšují jízdní nedostatky, jako je přesné řízení, kvalita brzd, výkon, akcelerace, aerodynamika a odpružení vozidla. [2]

Prvky, které zvyšují **pohodlí posádky**, patří do kondiční bezpečnosti. Velmi důležité jsou vlastnosti sedadla, na které jsou kladeny velké nároky. Dále sem patří odhlučnění od motoru, estetický vzhled přístrojové desky, větrání, vytápění a klimatizace. I tyto prvky patří do bezpečnosti, protože člověk má být při řízení v dobré psychické kondici a tyto prvky k tomu napomáhají. [2]

Hlavním heslem **pozorovací bezpečnosti** je „vidět a být viděn“. Podle tohoto hesla do této skupiny patří prvky, jako je dobrý výhled z vozu, osvětlení vozovky, barva automobilu, viditelnost vozidla a výstražná signalizační zařízení. [2]

Ovládací bezpečnost má na starosti spolehlivost ovládání, umístění ovladačů, jejich dosažitelnost a tvar, síly pro brzdění a řízení. [2]

Určující pro **výhled z vozidla** je pozice řidiče, kam se vztahují všechny úhly. Výhled rozlišujeme na tři oblasti:

- Zorné pole,
- monokulární pole,
- pohledové pole. [2]

V posledních několika letech se aktivní bezpečnost velmi rozvíjela. A to hlavně v oblasti elektronických systémů, které kontrolují řidiče, pomáhají mu a dokonce i v některých případech přebírají řízení. Již dnes jsou automobily, které jsou řízené pouze těmito bezpečnostními systémy. Byla provedena simulace v reálném prostředí, ve které Audi A7 projelo ze Silicon Valley do Las Vegas okolo 500 kilometrů bez řidiče. Pouze novináři se na jednotlivých odpočívadlech střídali. Tímto testem automobilka demonstrovala připravenost tohoto systému. A to vše díky prvkům aktivní bezpečnosti, které hlídají odstup mezi vozidly, automaticky brzdí, hlídají jízdní pruhy a mají další užitečné funkce.

5 Pasivní bezpečnost

Pasivní bezpečnost snižuje následky již tak vzniklých nehod ve chvílích až po srážce, tak aby byla zranění účastníků nehody co nejmenší. Na rozdíl od aktivní bezpečnosti neprošla pasivní bezpečnost v posledních letech tak velkým vývojem. Hlavní vývoj pasivní bezpečnosti probíhal v 70., 80. a 90. letech minulého století, zato aktivní bezpečnost prochází obrovským vývojem nyní. Hlavní dělení pasivní bezpečnosti je na vnitřní a vnější bezpečnost.

Vnitřní bezpečnost

Vnitřní bezpečnost se stará zejména o ochranu pasažérů ve voze v okamžiku vzniku dopravní nehody a bezprostředně po ní. O to se starají bezpečnostní zádržné prvky, které jsou aktivovány automaticky při uskutečnění nehody. Cílem vnitřní bezpečnosti je co možná nejvíce snížit, ba dokonce zamezit vzniku zranění posádky ve voze. Existuje několik podmínek, o které se vnitřní pasivní bezpečnost stará. Jednou z nich je udržení velikosti zbylého prostoru po nárazu. Zmenšením tohoto prostoru se snižují šance k zabránění vzniku zranění a také šance na přežití. Také v tomto prostoru nesmí být žádné části, které by mohly přispět ke zranění posádky, tedy nesmí zde být ostré hrany, kdy minimální rádius hran je 2,5 mm. Uvnitř vozu musí být materiály tlumící náraz a sedačky musí být důkladně upevněny. Podmínka prostoru pro přežití jde ruku v ruce s podmínkou připoutání se bezpečnostními pásy. Pokud pasažér není připoután a udržen v sedadle, tak ztrácí smysl podmínka dostatku prostoru pro přežití, protože bude kvůli setrvačnosti nehody, či airbagu zraněn, nebo usmrčen. Samozřejmě platí, že dveře vozu se nesmí při nárazu otevřít, okna nesmí způsobit řezné poranění a v žádném případě nesmí dojít k požáru vozu, proto se ve voze používají nehořlavé materiály.

Vnější bezpečnost

Tato bezpečnost automobilu je zaměřena na ty nejzranitelnější účastníky silničního provozu a na zmírnění jejich následků poranění po dopravní nehodě. Jedná se zejména o chodce a cyklisty, ale také o ochranu posádek v ostatních vozidlech. Jde tu o takzvanou nárazovou kompatibilitu. Ta se používá zejména u nákladních automobilů, aby bylo zabráněno podjetí osobního vozu pod vozidlem nákladním. Aby byla zvýšena bezpečnost chodců, jsou stále vyvíjeny nové systémy a ty stávající vylepšovány, aby nedocházelo k vážným zraněním, či úmrtím, jako je například níže popsáný airbag pro chodce.

5.1 Testování bezpečnosti Euro NCAP a vliv airbagu na bezpečnost

Nejprestižnějším programem zkoušek bezpečnosti je Evropská organizace Euro NCAP. Je jednou z částí NCAP. NCAP znamená New Car Assessment Programs, tedy program pro posuzování nových automobilů. Vozy všech prodávaných značek jsou podrobovány různým typům nárazů. Tyto zkoušky mají simulovat nejčastější případy dopravních nehod, ke kterým dochází. Euro NCAP se snaží o prosazení bezpečnosti mezi hlavní faktory při výběru vozidla. Spotřebiteli dává informaci o míře bezpečnosti vozů. Zároveň také tlačí na výrobce k vývoji a zlepšování v oblasti bezpečnosti. A to se

Euro NCAPu daří, protože výrobci se svými úspěchy rádi chlubí a je to pozitivní reklama pro jejich značku. Například automobilka Volvo si na bezpečnosti svých vozů velmi zakládá.

V případě České Škody je nutné zmínit letošní úspěch Škody Fabie 3. generace, která získala pět hvězd a stala jedním z nejbezpečnějších vozů ve své kategorii. Z toho 81% za ochranu dospělých cestujících, rovněž 81% za ochranu dětí, 69% za ochranu chodců a stejně tak 69% za asistenční služby. Fabia uspěla díky tuhosti karoserie a fungující bezpečnostní soustavě. Zatímco ztrácela díky absenci kolenních airbagů a postranních pánevních airbagů a byly jí vytknuty tvrdé A sloupy a špatný tvar zadní části kapoty. [12]

Podle metodiky Euro NCAP se provádí čtyři různé nárazové zkoušky vozu.

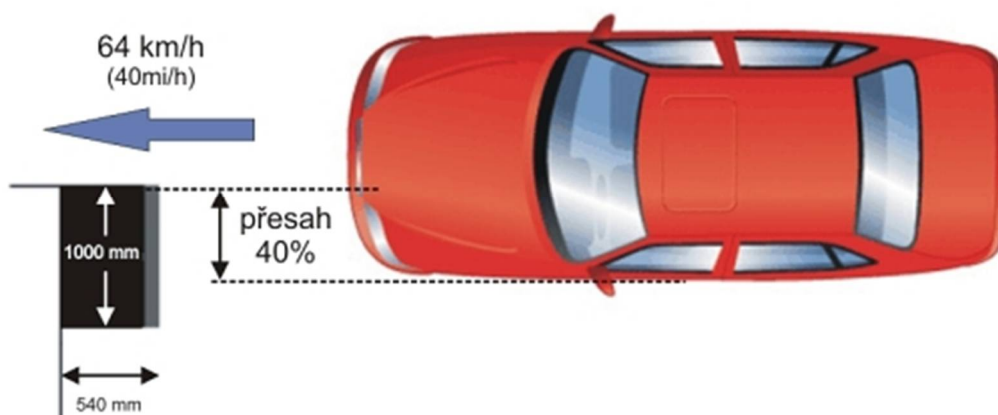
- Čelní náraz
- Boční náraz
- Náraz na sloup
- Střet s chodcem

Střet s chodcem simuluje náraz do chodce v rychlosti 40 km/h. Na kapotu automobilu jsou vystřeleny dva obdélníkové a dva kulovité akcelerometry, které mají změřit sílu nárazu do vozu a simulují jak dospělého člověka, tak dítě. Pro tuto práci není tento test podstatný, proto nebude detailněji popsán. U zbylých třech testů se hodnotí poranění dospělých a zvláště poranění dětí, asistenční záchranné služby ve voze a poranění chodců. Hodnocení testů je podle hodnot z figurín, které jsou na předních a zadních sedadlech vozu. Také je zde jeden test nazývaný se Whiplash v překladu jako šlehnutí, kdy je testována sedačka v malé rychlosti (16 – 24 km/h) pro zadní náraz. [12]

5.1.1 Zkouška čelním nárazem

Tato zkouška simuluje náraz do protijedoucího automobilu. Tento střet je na silnici nejčastějším typem srážky. Čelní náraz je měřen v rychlosti 64 km/h, při které automobil narazí do deformovatelné bariéry. Deformovatelná bariéra má šířku 100 cm a tloušťku 50 cm. Bariéra je vytvořena z hliníkových pláství, podobným jako mají včely. Jak je vidět na obr. č. 3, náraz je s přesahem 40% vozidla. Je to z důvodu, že u majoritního počtu nehod je zasažen pouze úsek části vozu, tedy těch 40%, které simuluje bariéra. V USA bariéra tvoří pouze 20% z celkové šířky vozu a testy jsou více fatální. Prostor pro cestující nesmí být narušen, protože poté je velmi obtížné pro vůz obstát v tomto testu. [12]

Obr. č. 3. - Čelní náraz Euro NCAP



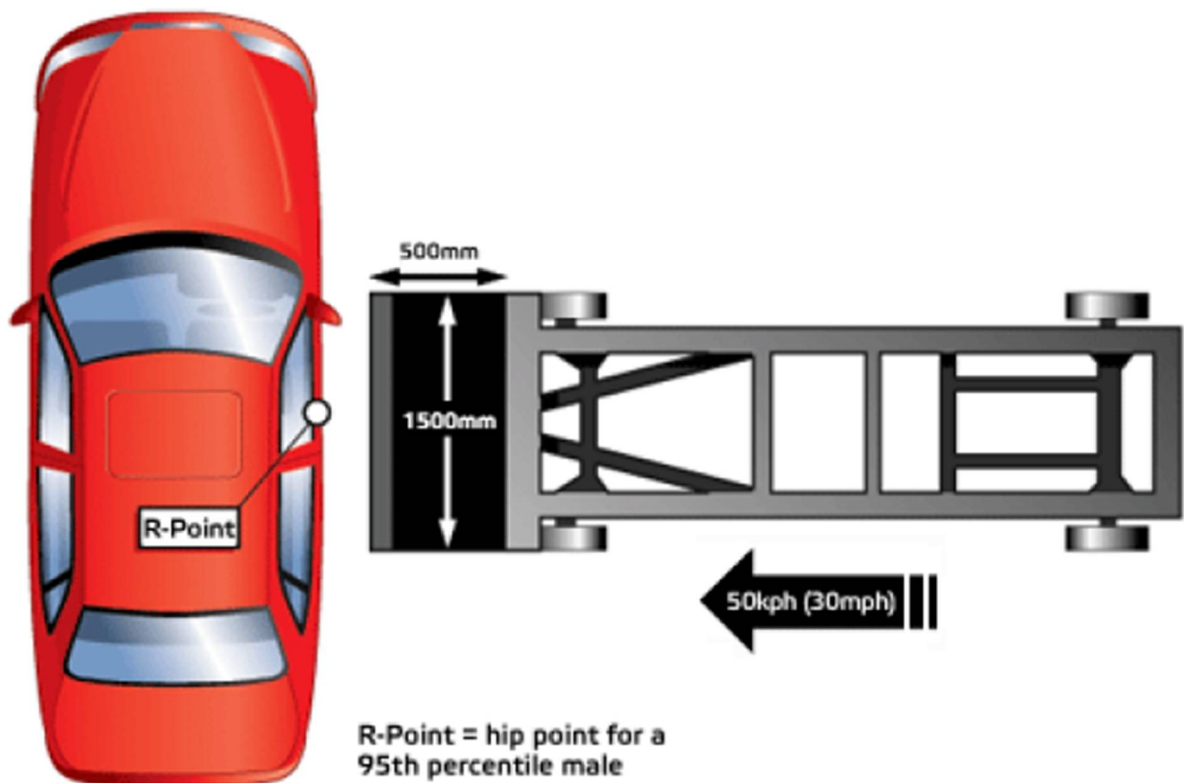
Zdroj: www.euroncap.com

Při tomto testu jsou velmi důležité airbasy pro celý zádržný systém. Euro NCAP doporučuje, aby sedadlo zajišťovalo podporu hlavy řidiče směrem proti airbagu. A aby se nestávalo, že hlava se nachází pod úrovní činnosti airbagu. Během nárazu vznikají setrvačné síly, jež se na člověka přenáší zádržným systémem. Euro NCAP je pro využití dvoufázových airbagů a samozřejmě bezpečnostních pásů. Díky tomu zmírní tyto přenášené síly na cestujícího. Často dochází ke zranění kolen a stehen, ale také pánve, nebo kyčelních kloubů. Ve vozidlech, kde se nenachází airbag pro spodní končetiny je doporučeno odstranění nebezpečných konstrukcí v okolí nohou. Spodní končetiny jsou postiženy často dlouhodobými až trvalými zraněními. [8, 12]

5.1.2 Zkouška bočním nárazem

Tato zkouška je druhým nejdůležitějším testem. V tomto testu figuruje pohybová deformační bariéra. Ta se pohybuje rychlostí 50 km/h a v této rychlosti naráží do boku vozu, ze strany u dveří řidiče, jak je znázorněno na obrázku č. 5. [12]

Obr. č. 4. - Boční náraz Euro NCAP



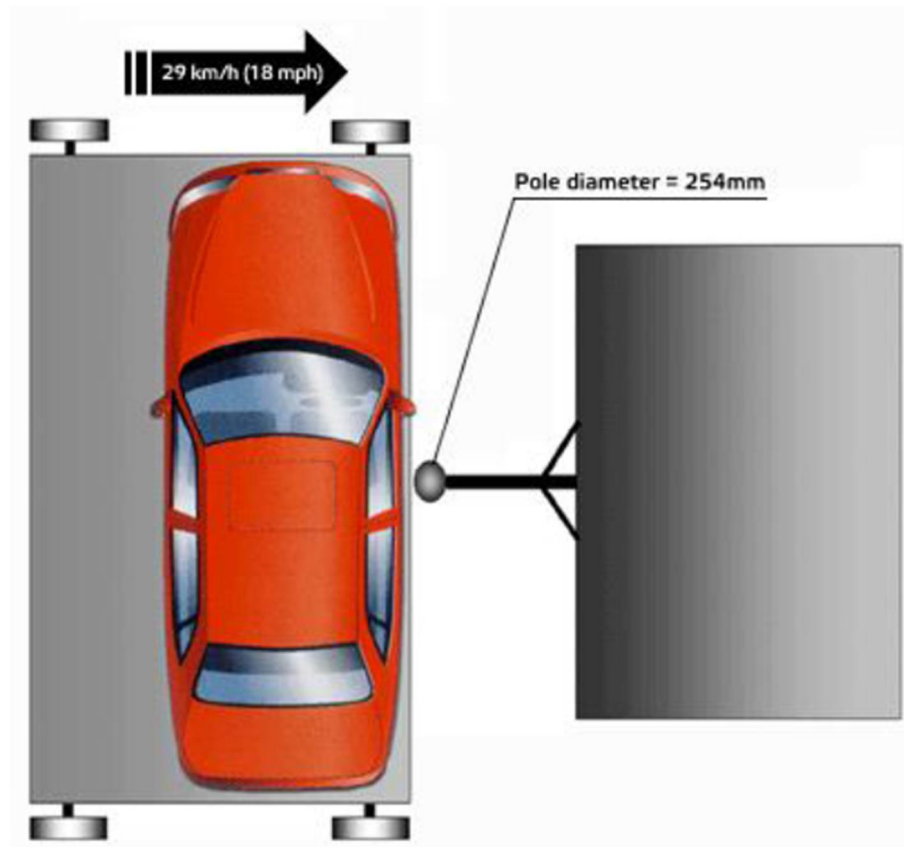
Zdroj: www.euroncap.com

Podle porušení vozu nelze vysledovat bezpecnost, tak je zkoumán průběh srážky a chování vozu při ní. Během této zkoušky bylo zjištěno, že boční airbag je velmi důležitý a několikanásobně zvyšuje bezpecnost cestujícího. Z tohoto důvodu pro zvýšení bezpecnosti Euro NCAP vyžaduje přítomnost bočního airbagu ve vozu. [12]

5.1.3 Zkouška bočního nárazu na sloup

Tato zkouška je také velmi důležitá, protože zhruba jedna čtvrtina nehod s fatálními následky v celém světě je způsobena nárazem z boku. Tato zkouška simuluje náraz úzkého objektu do boku vozu, například sloup, strom, či automobil. Tento test se začal používat v roce 2009, kdy byl poprvé vyzkoušen rozdíl mezi vozy majícími boční airbag a vozy bez tohoto systému. Při tomto testu je automobil unášen rychlostí 29 km/h na tuhý kůl podle obrázku č. 6. Průměr kůlu je 254 mm. To je velmi málo a tak průnik do vozu je jednodušší. [12]

Obr. č. 5. - Zkouška bočního nárazu na sloup



Zdroj: www.euroncap.com

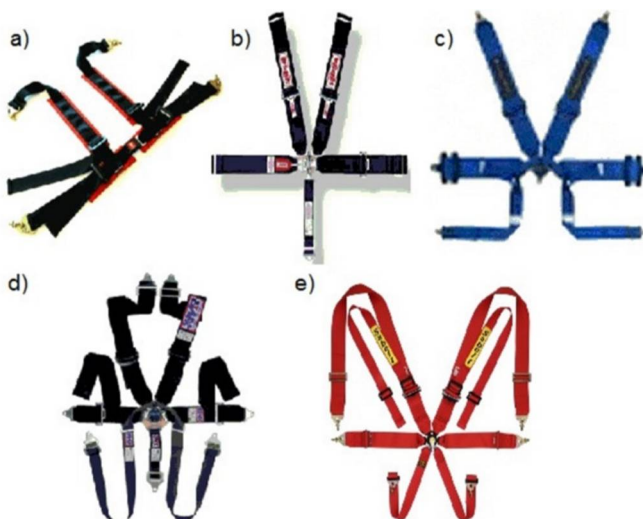
Velmi častým zraněním u tohoto typu nehod je zranění hlavy a horního trupu. Proto je velmi důležité, aby vůz disponoval hlavovými airbagy, které hlavu a trup ochrání a zabraňují průniku hlavy oknem vozu. Pro úspěch v tomto testu je nutné, aby vozidlo mělo tento druh airbagu, protože bez jeho použití je hlava zasažena obrovskou silou, která způsobí smrtelná poranění. Nejvyšší hodnotou, která může nastat bez použití airbagu, je 5000. Což je asi pětinasobná hodnota, kdy nastane vážné poranění mozku. Naopak při použití airbagu se hodnota pohybuje maximálně okolo 300. [12]

5.2 Bezpečnostní pás

Základním prvkem pasivní bezpečnosti je bezpečnostní pás. Ten je pro tuto diplomovou práci velmi důležitý, protože airbagy nemohou pracovat bez bezpečnostních pásů. Pás je využíván v České republice od roku 1967, kdy přišla v platnost vyhláška 139/1968, která přikázala vybavit vozidla bezpečnostními pásy. Původně byly pásy používány v letectví v roce 1913 a až poté se rozšířili do automobilového průmyslu. Pásy dnes dělíme do několika skupin a to podle počtu bodů připoutání cestujícího. Pásy dělíme od dvoubodových, které se využívají na zadních prostředních sedačkách

osobních automobilů, přes běžné tříbodové, až po speciální vícebodové, které jsou využívány v závodních automobilech (F1, NASCAR). Vícebodové pásy jsou zobrazeny na obrázku 8. [3. 4]

Obr. č. 6. - Typy bezpečnostních pásů



Zdroj: <http://www.rz1.cz/c/48/bezpecnostni-pasy>

a – čtyřbodový, b – pětibodový, c – šestibodový, d – sedmibodový, e - osmibodový

Funkcí bezpečnostních pásů je zachytit tělo pasažéra při nárazu a zabránit pohybu setrvačnou rychlostí vpřed. Bohužel při nárazu ze strany jejich účinek je skoro nulový. V současné době se využívají v osobních automobilech tříbodové samonavíjecí pásy. Jejich použití je předepsáno zákonem 361/2000 sb. Mechanismus pásu je opatřen blokovacím systémem, který při zvýšeném zpomalení přestane odvíjet pás. Pás obsahuje tři mechanismy, které jsou spuštěny při různém zpomalení. [1. 4]

Prvním z nich je **kyvadlový mechanismus**. Tento mechanismus reaguje na zvýšené brždění. Člověk je při náklonu zabrzděn zablokováním rohatky navíjecího bubínku. Po ukončení brždění se mechanismus vrátí do původní polohy. Podle EHK má kyvadlový mechanismus reagovat na 0,4 hodnoty g. [3]

Dalším mechanismem je **odstředivý regulátor**. Tento regulátor je závislý na rychlosti odvíjení pásu. Po překročení dané rychlosti odvíjení je aktivován regulátor a bubínek je zablokován. Také bývá použito setrvačnickové kolo. Podle předpisu EHK musí tento mechanismus být spuštěn při vyšším zrychlením než 0,6 hodnoty g. [3]

Dalším stupněm je **kyvadlo**, které reaguje na boční síly a naklonění vozidla. Při určitém náklonu vozidla je pás zablokován. Kyvadlo bývá součástí zařízení kyvadlového mechanismu. [3]

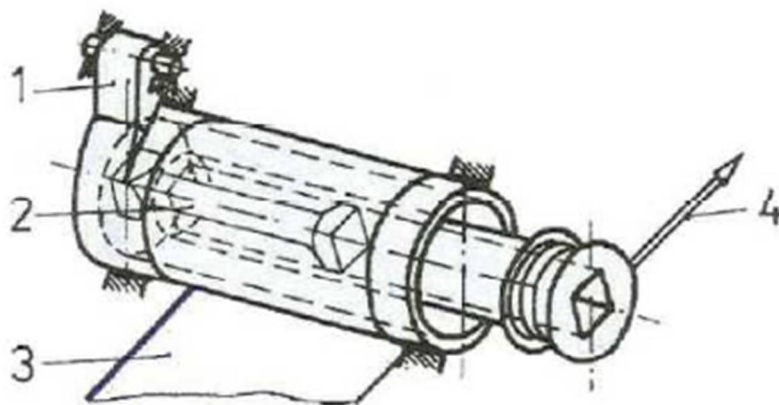
5.2.1 Předepínače bezpečnostních pásů

Tento mechanismus zvyšuje bezpečnost pasažérů a zlepšuje funkci airbagů. Úkolem těchto prvků je napínat bezpečnostní pás, který těsněji doléhá na tělo pasažéra a udrží ho opřené v sedačce. Díky těmto prvkům jsou snižována zranění o pás a je optimalizována vzdálenost od airbagu před pasažérem. Tyto prvky jsou umístěny na navíjecím mechanismu pásu. [3]

Při nárazu určité intenzity jsou předepínače automaticky aktivovány a to i u nepřipoutaných pásů. Aktivace předepínače měla by nastat do 10 ms po nehodě a úplné předpnutí dojde do 20 ms. Pás je stáhnut až o 12 cm a maximální napínací silou 5 000 N. Existují tři druhy předepínačů pásů, které zde budou představeny.

Mechanické předepínače, které využívají principu pružiny, jako zdroj energie. Ta je v případě nehody uvolněna a díky ocelovému lanku je pás přitážen. V mechanismu nalezneme zpětnou záklapku, která zabraňuje opětovnému povolení pásu. Tento typ předepínače je vidět na obrázku č. 7. A byl používán zejména u starších vozidel.

Obr. č. 7. - Mechanický předepínač pásu.



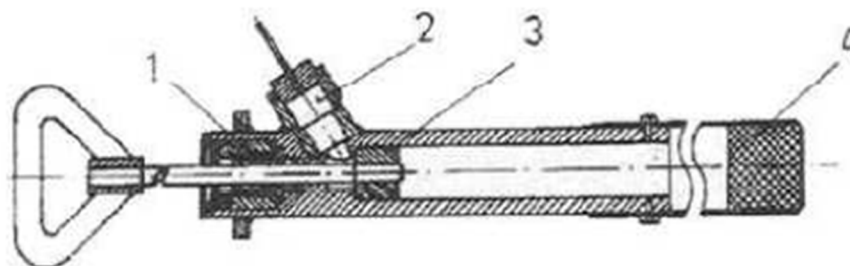
Zdroj: [3]

1 - zpětné blokování; 2 – torzní tyč; 3 - pás; 4 - napínací lanko

Mechanický typ předepínače pásu byl nahrazen **pyrotechnickým předepínačem** pásu. Jak název prozrazuje předepínače pracují na pyrotechnickém principu. Během nárazu řídicí jednotka airbagů vyhodnotí situaci a aktivuje pyrotechnické náložky, které vyvinou tlak plynu, který uvede do pohybu rotační píst a otáčející buben navine bezpečnostní pás. Škoda využívá tohoto mechanismu

s třemi pracovními komorami, třemi plynovými generátory a třemi pootočeními pístu. Tím je dosaženo napnutí pásu o 12 cm během 13 ms. Některé značky používají pyrotechnický napínač s ocelovými kuličkami, které roztáčí ozubenou cívku. Pyrotechnický mechanismus je vidět na obrázku č. 8.

Obr. č. 8. - Pyrotechnický mechanismus



Zdroj: [3]

1 - zpětné blokování (kuželová vložka); 2 - nábojnice; 3 - píst; 4 - blok brzdění pístu

Posledním typem je hydraulický předepínač pásu. Existují i systémy, které předepínají dříve, než dojde k havárii. Pokud systém vyhodnotí, že k havárii dojde, tak předepne pásy a začne zavírat okénka. Takto komunikuje mezi sebou aktivní a pasivní bezpečnost.

V bezpečnostních pásích se využívají také omezovače síly, sloužící ke snížení zádržné síly. Tato síla působící na hrudník může být nebezpečná při překročení biomechanických limitů lidského těla a tyto omezovače síly tomu zabraňují.

Druhy omezovačů síly:

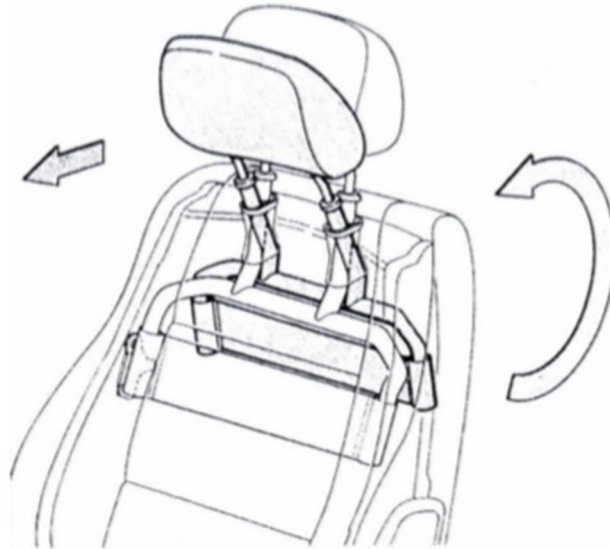
- Destrukci pásu
- Suchým třením
- S plastickou deformací

5.3 Opěrka hlavy

Ke snížení závažnosti poranění krční páteře a míchy slouží aktivní hlavová opěrka, tyto poranění vznikají zejména při nárazech zezadu, kdy se tělo pohybuje směrem vpřed a hlava zůstává na místě a jen díky opěrce je hlava zachycena. Hlavové opěrky jsou také velmi důležité při čelním nárazu, kdy se horní část těla pohybuje dopředným pohybem a zachycena bezpečnostním pásem a airbagem. Poté se tělo vrací zpět a tlakem aktivuje aktivní opěrku hlavy. Ta se nakloní směrem, který

je zobrazen na obrázku č 9. Tímto pohybem je zkrácena volná vzdálenost mezi hlavou a opěrkou. U aktivní hlavové opěrky druhé generace se pohybuje celý vnitřní rám opěrky, který je uložen v sedačce, jak je vidět na obrázku č 10. Díky tomu se celá část těla vzpřímí a sníží se posunutí těla vzhůru do střechy. [2]

Obr. č. 9. - Aktivní hlavová opěrka

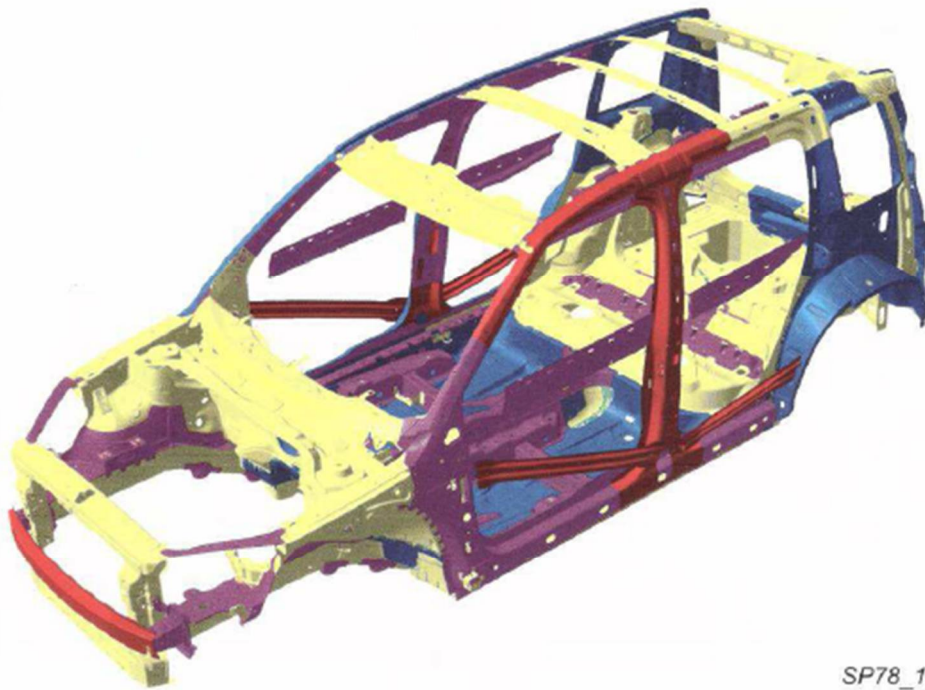


Zdroj: [2]

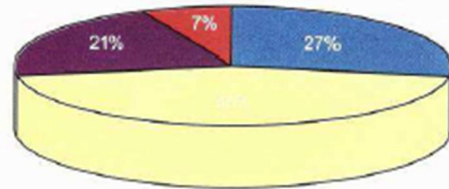
5.4 Karoserie vozidla

Karoserie vozu musí pohltit velikou část deformační energie, která vznikne při nárazu. Proto jsou do vozu umísťovány deformační zóny. To znamená, že v jednotlivých částech vozu jsou plechy různých tloušťek. V kritických místech se používají tuhé a pevné nosníky a profily a také sloupky jsou vyztuženy. Tedy největší podíl vysokopevnostní oceli je okolo prostoru pro posádku, zejména u boční části vozu, kde je minimální prostor pro pohlcení energie. Pevnost plechů na voze Škoda Yeti je zobrazena na obrázku č. 10. Cílem konstruktéra je navrhnout karoserii tak, aby po nárazu vůz uchoval prostor pro cestující bez významných změn, tedy aby bylo pohlceno co nejvíce deformační energie. [5]

Obr. č. 10. - Pevnost plechů Škoda Yeti



Procentuální zastoupení použitých plechů



SP78_20

Pevnosti použitých plechů

- $R_{p0,2} < 180$ MPa
 - $R_{p0,2}$ 190-260 MPa
 - $R_{p0,2}$ 300-500 MPa
 - $R_{p0,2} > 500$ MPa
- $R_{p0,2}$ - mez kluzu v tahu

Zdroj: [5]

Mercedes-Benz přišel v roce 2009 s využitím speciálních kovových profilů, které jsou uloženy ve výztuhách karoserie. Náraz je vyhodnocen řídicí jednotkou a je aktivován generátor plynu, výztuhy jsou nafouknuty a dosáhnou tlaku až 2 MPa. Tato technologie je velmi podobná technologii airbagů, s rozdílem, že tyto výztuhy nejsou opět vyfukovány. [17]

6 Airbag

Airbagy jsou v dnešní době nedílnou součástí bezpečnostního systému vozu a jsou používány jako doplněk bezpečnostních pásů. Jejich hlavním úkolem je zabránit kontaktu částí těla s interiérem vozidla. Je důležité, aby airbag byl nafouknut během co nejkratší doby, aby byl naplněn zdravím neškodným plynem a nezranil cestujícího.

Proto je velmi důležité použití bezpečnostních pásů, protože airbag má účel, pouze pokud jsou použity pásy a nikdy nefunguje, jako jejich alternativa, jak si původně myslel jeho vynálezce. V případě aktivace airbagu za nepoužití bezpečnostního pásu dochází k nesprávnému načasování a airbag může způsobit vážná poranění nebo smrt. V dnešní době je v automobilech použito mnoho druhů airbagů, jsou rozmístěny po celém voze a mají různé funkce. Vždy je zde řídicí jednotka airbagů, která v závislosti na aktivaci senzorů vyhodnocuje, kdy a jaký airbag spustit.

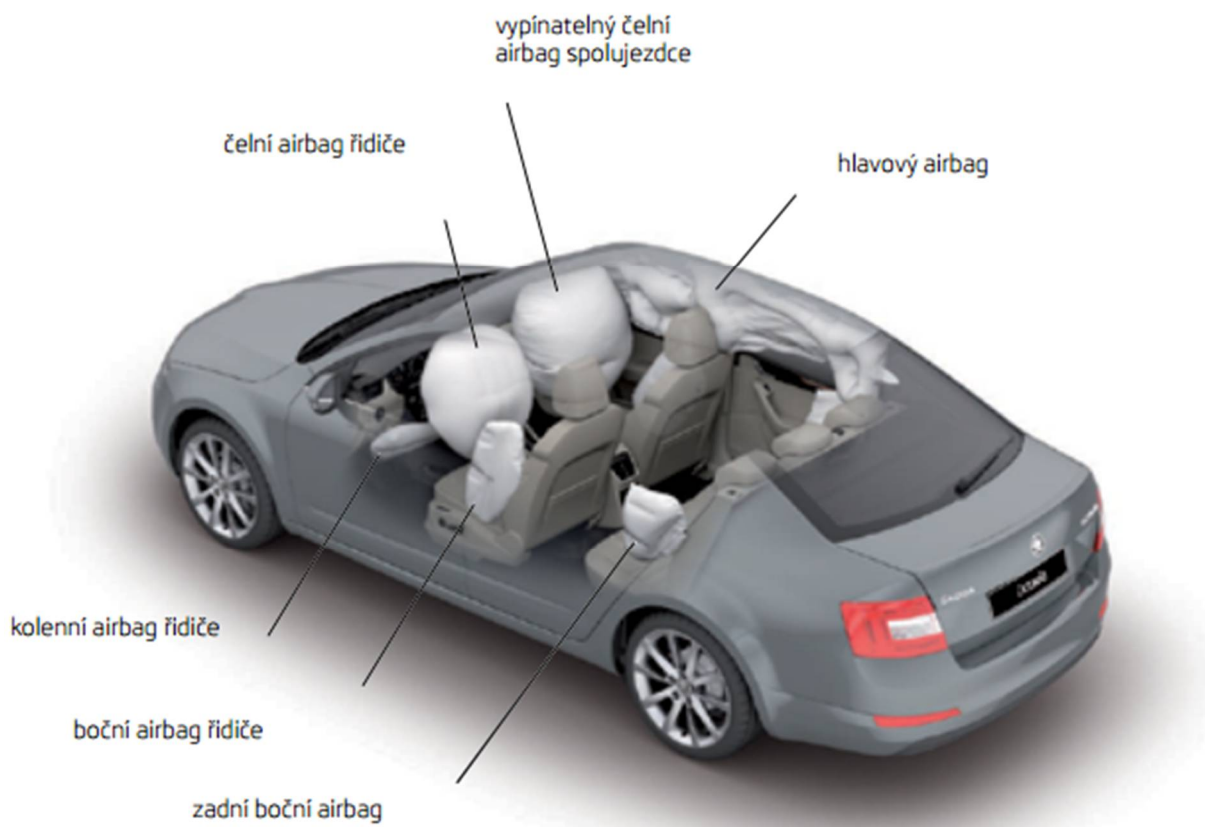
Obr. č. 11. - SRS airbag



Zdroj: vlastní

Na některých vozech lze nalézt nápis SRS (Supplementary Restraint System), jako je vidět na obrázku č. 11. Tato zkratka znamená pomocný zádržný systém. Tento název je pouze americký výraz pro airbag. Další zkratky vyskytující se v automobilech jsou: SIPS (Side Impact Protection System) - Ochranný systém při bočním nárazu, IC (Inflatable Curtain) - Záclonový airbag, DMIC (Door Mounted Inflatable Curtain) - Záclonový postranní airbag umístěný ve dveřích, OWS (Okupant Weight Sensor) - Senzor zjišťující hmotnost cestujících, PLP (Pyrotechnical Laphbelt Pretensioner) - Pyrotechnický předepínač bederních pásů. Na obrázku č. 12 je vidět přehled všech airbagů používaných ve voze Škoda Octavia III. generace. [24]

Obr. č. 12. - Přehled všech Airbagů ve Škoda Octavia



Zdroj: [5]

6.1 Historie

Během historie byly airbagy použity nejprve ve 40. letech 20. století do letadel, až poté v roce 1952 si John W. Hetrick nechal patentovat airbag do automobilu, jako náhradu bezpečnostního pásu. V roce 1967 byl vynalezen senzor detekce nárazu, následně byl tento systém prodán automobilce Chrysler, která také systémy airbagů považovala za alternativu k bezpečnostnímu pásu. Airbag jak ho dnes známe, byl poprvé použit v roce 1981 ve voze Mercedes-Benz W126 a měl již senzory pro detekci nárazu, předepínače pásů a airbag jako doplněk k bezpečnostnímu pásu. Poté přišli výrobci Volvo s bočními airbagy v roce 1995 a BMW s hlavovými airbagy v roce 1998. Použití prvního airbagu předcházelo 250 crash testů, 2500 dalších testů a na testovacích automobilech bylo najeto přes 7 miliónů kilometrů. [13]

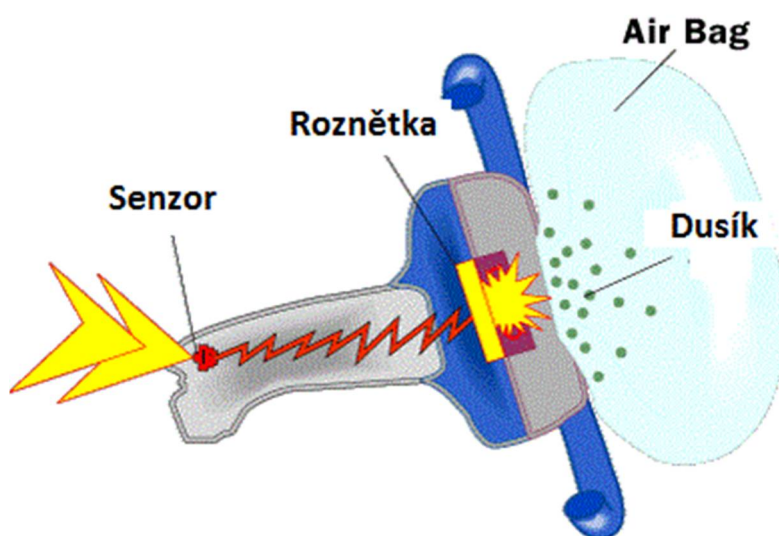
6.2 Funkce a prvky airbagu

Systém airbagu není pouze nafukovací vak s roznětkou, ale je to celý propojený mechanismus všech možných bezpečnostních prvků, které navzájem spolupracují. Při nehodě je u tohoto

mechanismu také důležité snímání situace a její vyhodnocení. V první řadě tu jsou senzory, které se zasílají údaje o zpomalení řídicí jednotce, ta je vyhodnocuje a odesílá informaci do airbagu, předepínačů pásu a dalších systémů pasivní bezpečnosti.

Samotný modul airbagu funguje na principu smíšení dvou látek a tím dojde k explozi, která uvolní plyn, který nafoukne airbag. Pro tento princip je nutný spouštěcí signál, který přichází z řídicí jednotky airbagu, roznětka aktivuje reakci. Nafouknutí je zapříčiněno reakcí například explosivní látky azidu sodného NaN_3 a dusičnanu draselného KNO_3 . Při tomto sloučení dojde k rozkladu azidu sodného a k uvolnění velkého množství dusíku, který nafoukne airbag. [23]

Obr. č. 13. - Schéma airbagu při výbuchu



Zdroj: auto.howstuffworks.com

Také je možné použít pevnou zápalnou hnací látku, která po aktivaci začne prudce hořet a tím vzniká dusík a oxid uhličitý, které proudí přes kovový filtr, kde se čistí a ochlazují a tím se bezpečně nafukuje vak. Tato pevná látka bývá ve formě tablet, granulí nebo proužků. [5]

Další možností je hybridní plynový generátor, kde je uzavřen plyn a postupně je uvolněn do airbagu. Tato možnost se využívá zejména pro hlavové airbasy. Zde se jedná o tlakovou nádobu s plynem stlačeným pod vysokým tlakem a pevnou hnací látkou, která spolu reagují. Tento plyn je směs vzácných plynů (helium a arsen) a je stlačen v nádobě o tlaku od 20 MPa do 60 MPa. Po signálu z řídicí jednotky je zapálena pevná látka, dojde k protržení protrhávacího kotouče a pístem plyn proniká do spalovací komory. Horký plyn vznikající hořením ohřívá unikající stlačený plyn a tím ho rozpíná. Unikající plyn je opět hnán přes filtr a bezpečně do vaku. Tato varianta je vylepšením

plynového generátoru, kde je plyn uložen pouze v komoře, ze které rovnou uniká do airbagu a tím ho nafukuje. [5]

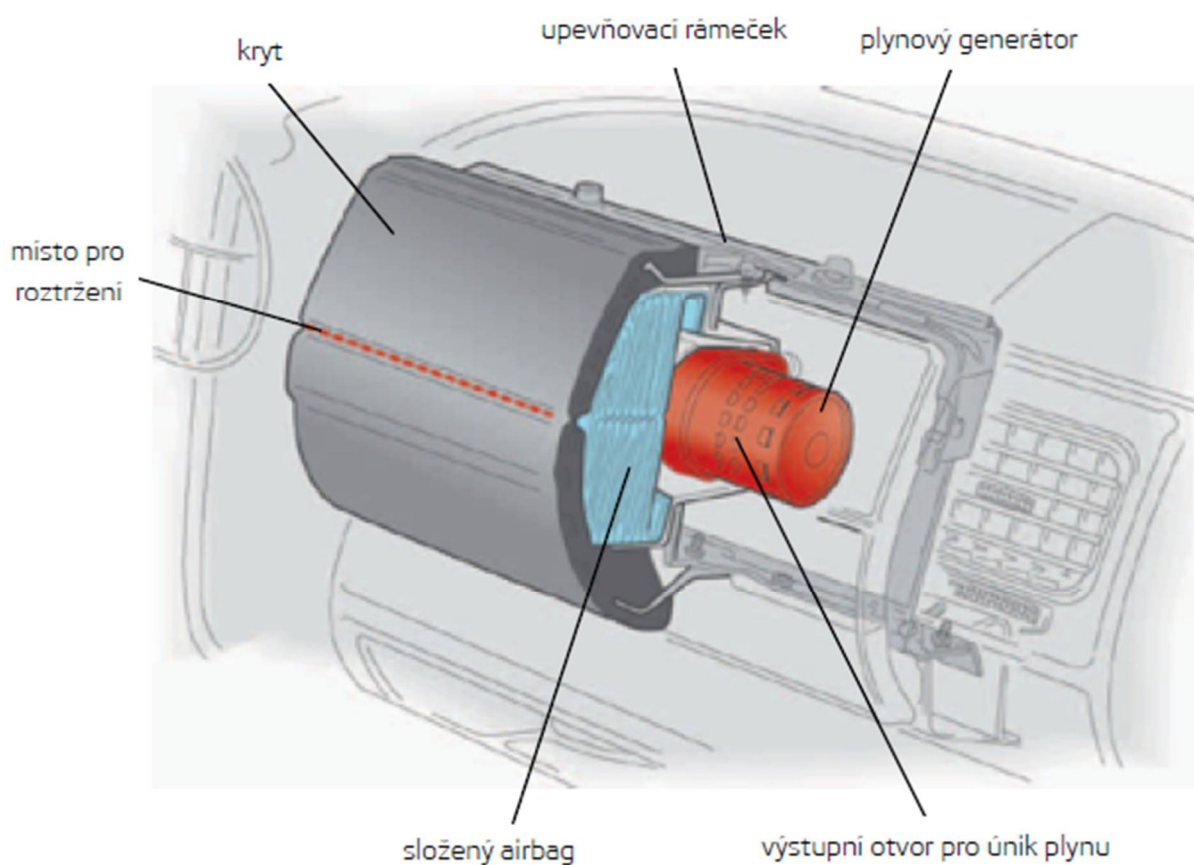
Základní prvky airbagů:

- řídicí jednotka systému
- senzory kolize boční, čelní
- senzory naklopení a zpomalení
- senzory osazení sedadel
- čelní, boční a další airbagy

6.2.1 Modul airbagu

Modul airbagu se skládá z několika hlavních částí, které jsou zobrazeny na obrázcích č. 13. a 14. Mezi hlavní části patří inflátor, viditelný kryt, rámeček a samotný vak. Každý z těchto prvků má svou funkci při aktivaci celého systému.

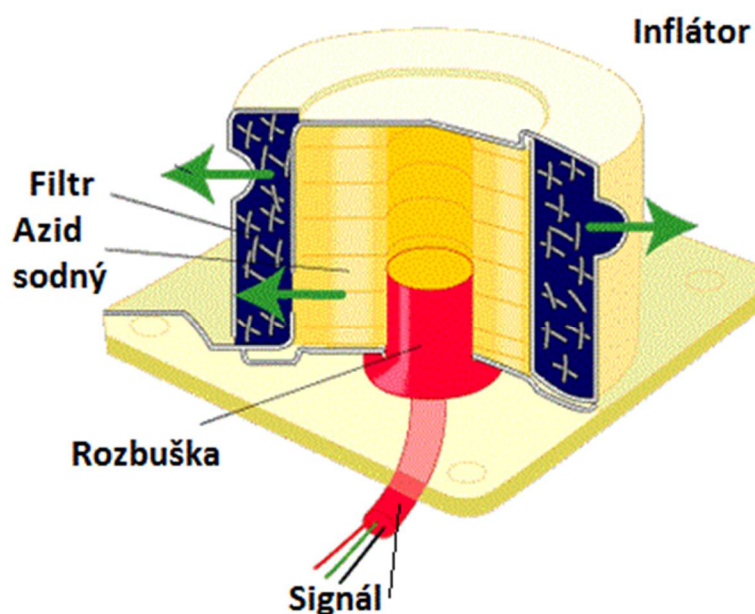
Obr. č. 14. - Schéma modulu airbagu



Zdroj: [5]

Jedním z nejdůležitějších dílů je **inflátor**, který je hermeticky uzavřen svářem a obsahuje granulovanou výbušninu. Těsnost každého inflátoru je při výrobě zkoušena pomocí helia. Schéma inflátoru je vidět na obrázku č. 15.

Obr. č. 15. - Schéma inflátoru



Zdroj: auto.howstuffworks.com

Dále je důležitý samotný **airbag**, který je naplněn dusíkem a je vytvořen ze speciální nylonové látky pro tento účel. V závislosti na typu airbagu může být také potažen silikonovou vrstvou.

V modulu je také **rámeček**, který je v podstatě kovový svařenec nebo plastový díl, který vše drží pohromadě a tvoří tak nosnou kostru airbagů. Tento díl musí pohltit energii, jak airbagu při aktivaci, tak kinetickou energii vozu. Kovové díly jsou opatřeny zinkovou vrstvou jako prevence proti korozi.

Posledním a jako jediným viditelným dílem z pohledu cestujícího je **plastový kryt**, který je při výbuchu zničen (roztržen odklopen nebo utrhnut). Kryt je navržen tak, aby se v přesném místě natrhl, proto má v předem stanoveném místě místo zeslabené stěny.

6.2.2 Řídící jednotka airbagů

Má za úkol vyhodnotit údaje ze snímače zpomalení a rozhodnout o aktivaci airbagu. Po pozitivním vyhodnocení vysílá signál do předepínače bezpečnostního pásu a k modulu airbagu, ten je vypuštěn. Kromě zajištění funkce airbagů má za úkol zapnutí varovných světel, zapnutí vnitřního osvětlení, odpojení palivového čerpadla a nouzové odemknutí centrálního zamykání. U některých typů vozů se začne při dopravní nehodě pootevírat okno o 5 cm z důvodu poškození sluchu explozí. Řídící jednotka airbagů je u většiny vozů v přední části středového nosníku karoserie. Řídící jednotka vyhodnocuje parametry týkající se dopravní nehody, tedy hmotnost a pozice cestujících, poloha

sedadel, sklony opěradel a nejnovější systémy pracující s krátkovlnnými radary. Ty analyzují dopravní nehodu ještě před uskutečněním. Tím mají prvky pasivní bezpečnosti více času na předepnutí pásů, přivření (případně pootevření) oken a další aktivity, jež pomůžou zmírnit následky dopravní nehody.

6.2.3 Snímače a Early crash sensor

Snímače zpomalení mají za úkol měřit hodnoty zpomalení vozidla a tento údaj předat řídicí jednotce pro vyhodnocení. Jsou to malé mikromechanické křemíkové snímače zrychlení, které se skládají z nehybných a pohyblivých jemných struktur a pružinových lamel tvořících systém pružina - hmota. Tento systém je umístěn technikou leptání na povrch křemíkové destičky. Často bývají umístěny v jednom pouzdře s vyhodnocovací jednotkou. Ve voze je velký počet dalších snímačů, které pracují s airbagy, například snímací rohož v sedačce, která snímá informace o cestujících, kteří sedí na sedadlech, zasílá řídicí jednotce informaci o tom, zda je sedadlo obsazeno a poté osobu analýzou zařadí do kategorie. [7]

Velkým problémem z hlediska neoprávněného spuštění airbagu je jejich sepnutí ve správný čas. Pokud snímače si budou myslet, že se jedná o srážku, zatímco půjde jen o velmi intenzivní brzdění, tak bude airbag sepnut. Proto je nutné použít nějakou pojistku. Ta se nachází v řídicí jednotce airbagů. Ta musí být schopna detekovat kolizi během milisekund a určit spuštění airbagů a předepínačů bezpečnostních pásů a rozhodovat v závislosti na povaze závažnosti nárazu. Řídicí jednotka obsahuje senzory, které určují strukturu a závažnost nárazu hned v rané fázi. Dálkové senzory srážky jsou také umístěny na vozidle, aby také pomohly s detekcí nárazu. Princip měření je obvykle založen na působení setrvačnosti. Pokud je vozidlo zastaveno nárazem, tak se všechny předměty budou pohybovat rychlostí nárazu. Snímače jsou navrženy tak aby umožnily měřit toto zrychlení a předat tuto informaci řídicí jednotce. [21]

Některé modely Volkswagen jsou vybaveny čidly ultrarychlého tlaku v předních dveřích z důvodu kolize z boku. Pokud je vozidlo nabouráno ze strany, je vnější panel dveří vtlačen dovnitř a vytváří přetlak uvnitř dveří a při překročení odpovídajícího tlaku je vyslán signál do řídicí jednotky airbagů. Také jsou v C sloupcích snímače zrychlení, takže je kolize detekována i v čase. [21]

6.3 Typy airbagů

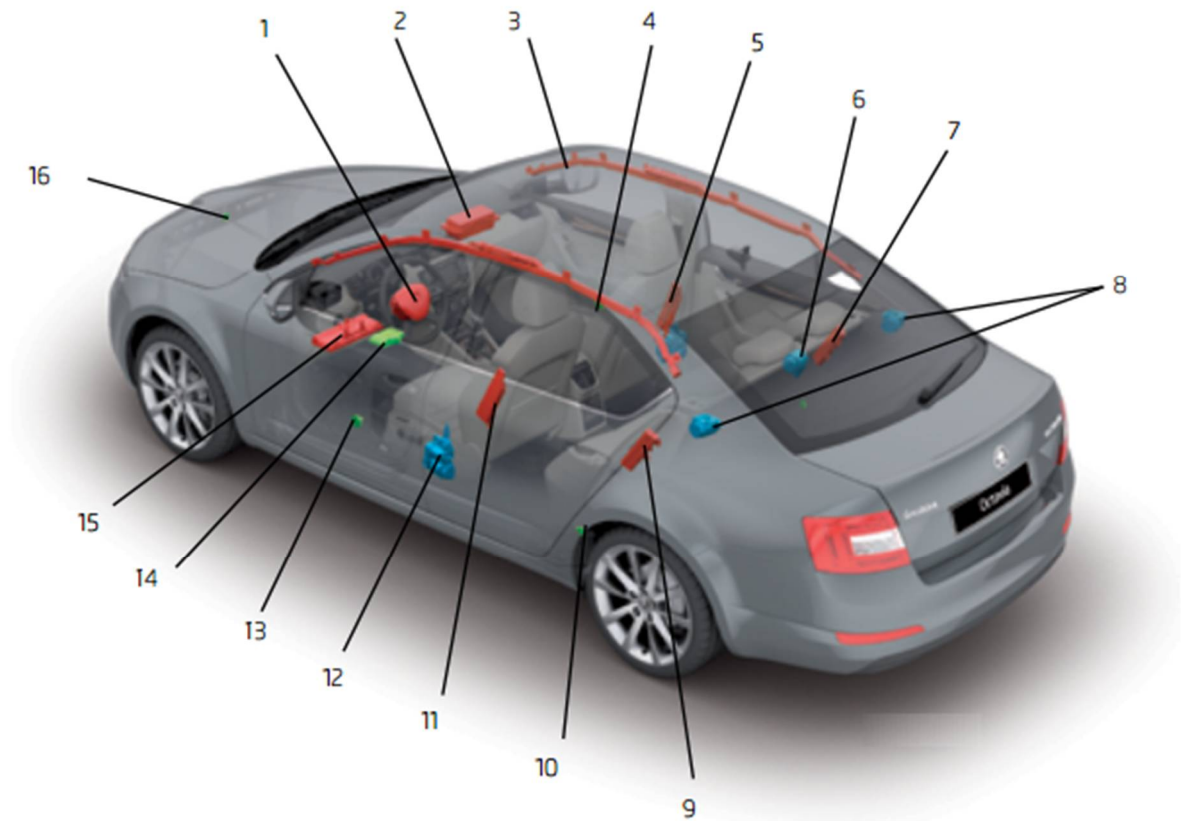
Automobilky se pyšní tím kolik mají ve svých vrcholových modelech airbagů a zákazník si někdy mylně domnívá, že čím více airbagů, tím je automobil bezpečnější. Samozřejmě toto pravidlo neplatí a je důležité si uvědomit, že záleží i na dalších bezpečnostních prvcích. Ale samozřejmě, že

jednotlivé airbagy jsou velmi účinnými pomocníky, kteří bojují proti zraněním a dokonce i úmrtím v dopravních vozidlech. Tato kapitola je věnována jednotlivým typům airbagů a jejich vlastnostem.

Některé airbagy jsou plněny plynem vyvinutým explozí, například čelní airbagy. A některé airbagy jsou plněny výhradně z tlakových nádobek a těmi jsou vždy hlavové a boční airbagy. Zároveň všechny druhy airbagů se liší svou velikostí, která se pohybuje od 30 centimetrů až po jeden metr délky, jak můžete vidět na obrázku č 17. [3. 5]

Důležité je si také říci, při jakých nehodách se aktivují jaké druhy airbagů. Platí, že stálými podmínkami je aktivace čelních airbagů společně a to airbagu na místě řidiče, spolujezdce a kolenního airbagu, pokud ho vozidlo obsahuje. A také jsou společně aktivovány airbagy boční s hlavovými v případě bočního nárazu. Na obrázku č 16. je možné vidět přehled všech prvků pasivní bezpečnosti, které se bezprostředně týkají airbagu. Schéma je demonstrováno na voze Škoda Octavia III. generace.[5]

Obr. č. 16. - Systémy pasivní bezpečnosti ve Škoda Octavia 3. generace



Zdroj: [5]

1. čelní airbag řidiče
2. čelní airbag spolujezdce
3. lišta hlavového airbagu
4. tlakový senzor ve dveřích spolujezdce
5. boční airbag spolujezdce
6. navíječ bezpečnostního pásu bez předepínače
7. zadní pravý boční airbag
8. navíječe bezpečnostních pásů bez předepínačů
9. zadní levý boční airbag
10. akcelerační senzor
11. bočního airbag řidiče
12. navíječ bezpečnostního pásu s pyrotechnickým předepínačem
13. tlakový senzor ve dveřích řidiče
14. řídicí jednotka airbagů
15. kolenní airbag řidiče
16. akcelerační senzor

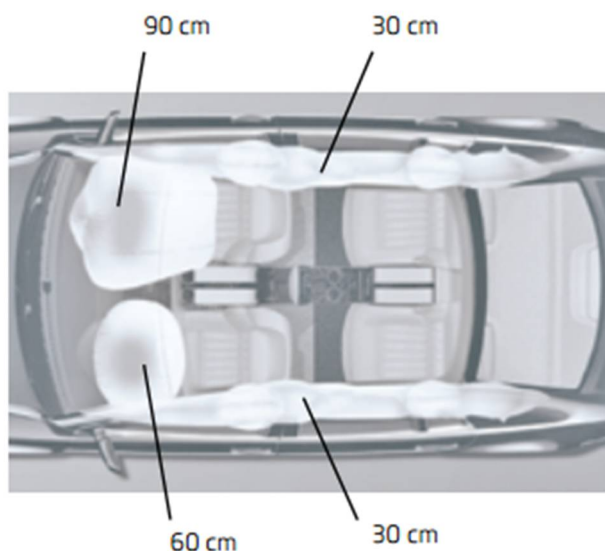
6.3.1 Airbag řidiče

Prvním a nejdůležitějším airbagem je airbag řidiče, který je upevněn ve volantu, jak je vidět na obrázku č. 16. Airbag je zkonstruován, tak aby byl ochranou mezi řidičem a volantem nebo předním sklem. Tento airbag obsahuje vždy pyrotechnickou zápalkou, není tedy nafukován z generátoru. Po nárazu, kdy je tělo ponořeno do airbagu dojde k úniku hnacího plynu otvory na odvrácené straně od řidiče. Většinou má objem okolo 60 litrů. [3]

6.3.2 Airbag spolujezdce

Tento airbag je navržen pro ochranu spolujezdce od palubní desky a čelního skla. Na obrázku č. 17. je možné vidět, jaký prostor vyplňuje nafouknutý airbag spolujezdce oproti airbagu řidiče. Airbag spolujezdce je větší než airbag řidiče, má objem okolo 120 litrů, je to z toho důvodu, že řidič má při jízdě mnohem blíže k volantu, než spolujezdec k palubní desce. A právě tuto vzdálenost se airbag spolujezdce snaží vyplnit. Je zabudován v horní části palubní desky, která je po aktivaci roztržena nebo odklopena. Pro naplnění tohoto vaku je možné použít generátor s pevnou látkou, ale také hybridní plynový generátor. [3]

Obr. č. 17. - Velikost airbagů škoda Octavia III.



Zdroj: [5]

6.3.3 Boční airbag

Existuje více typů bočních airbagů, v závislosti na tom, jakou část těla chrání. Většinou chrání od bederní oblasti přes hrudník až k hlavě. Také se dělí podle toho, kde jsou uschovány. Většinou se nachází v bočnici sedadla, ale také mohou být v konstrukci dveří. Pro zadní sedačky platí, že mohou být v bočním polštáři, který navazuje na C sloupek, nebo v bočním obložení. Tyto airbasy mají chránit cestujícího při bočním nárazu před poraněním hlavy a trupu. Při bočním nárazu mají velmi důležitou funkci, protože je zde minimální vzdálenost mezi cestujícím a bokem vozidla a jsou zde velmi malé deformační zóny. Proto je reakční doba těchto airbagů velmi krátká a airbag zůstává i po dopravní nehodě nafouknutý pro případ převrácení vozidla. Boční airbag dostane signál k nafouknutí cca

během 3 ms a musí být nafouknut během 10 ms, což je několikrát kratší doba oproti době nafouknutí čelních airbagů. [1, 5]

V případě vozů Škoda má základní boční airbag za úkol chránit oblast pánve a rovnoměrně rozkládá zatížení na tělo cestujícího. Jsou zde použity hybridní plynové generátory, nebo generátory s pevnou hnací látkou. V rozšiřující verzi bočních airbagů je možné mít airbag s ochranou hlavy Head-Thorax. [5]

Obr. č. 18. - Boční airbag Škoda s funkcí Head-Thorax

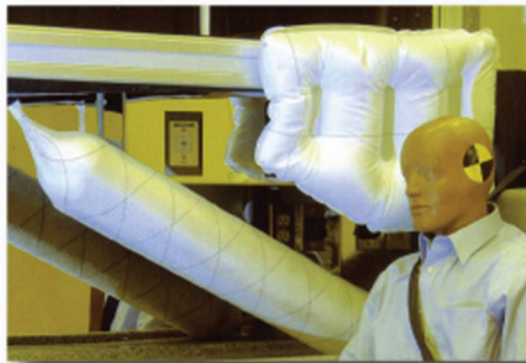


Zdroj: [5]

6.3.4 Hlavové airbasy

Hlavním úkolem hlavových airbagů je ochránit vrchní část těla, oddělit hlavu a krční páteř od nežádoucího okolí, jako je sklo, nebo sloupek a zabránit těžkým zraněním. Hlavové airbasy jsou aktivovány společně s bočními airbasy a mají společné řídicí jednotky a doplňují se navzájem. Tyto airbasy nejsou ihned po nárazu vyfouknuty na rozdíl od ostatních airbagů, ale zůstávají nafouknuty po delší dobu, aby přecházely zraněním při vícenásobném převalení vozů. Proto jsou ve vnitřní straně potaženy silikonovou vrstvou a jsou nafukovány stlačeným plynem (helium a argon) v nádobce. V dnešních vozech se používají hlavové trubkové airbasy, okenní vaky a kombinace obou variant. [17]

Obr. č. 19. - Okenní vak a trubkový airbag



Zdroj: www.znaleckyportal.cz

Okenní vak

Je umístěn okolo střešního rámu vozu a po vyhodnocení nehody řídící jednotkou tento plochý airbag je nafouknut po celé ploše okna. Tento vak chrání pasažéra před vniknutím nežádoucích předmětů do vozu, chrání vrchní části těla a doplňuje hlavový trubkový airbag. [17]

Hlavový trubkový airbag

Tento typ airbagu je umístěn podél střešního rámu a spojuje většinou A a C sloupek. Po nafouknutí má airbag objem až 15 l, síla airbagu při vytržení z rámu je až 1,3 kN. Tento airbag má za úkol ochránit hlavy cestujících. V některých verzích automobilů jsou airbasy, které chrání přední i zadní cestující najednou. [17]

6.3.5 Kolenní airbag

Tento vak zabraňuje kontaktu dolních končetin s přístrojovou deskou a díly pod ní. Tímto přechází zranění kolen a nohou a zabraňuje situaci, kdy by tělo podklouzlo pod přístrojovou deskou. Zabráněním podklouznutí je důležité, protože vylepšuje funkci ostatních zádržných systémů, nebo-li udržuje pasažéra v poloze, kde zádržné systémy nejlépe fungují. Vždy je automaticky aktivován s airbagem řidiče, ale na rozdíl od něj není po nárazu vyfukován. Pro zabránění vyfouknutí airbagu je na vnitřní vrstvě vaku potažen silikon. Důležitá je také minimální styčná plocha, proto je airbag také tvrdší. Nafouknutý kolenní airbag je vidět na obrázku č. 12 a na obrázku č. 20 je vidět jeho uložení. Například u Škody je označení kolenní airbag umístěn na straně řidiče v bočním panelu přístrojové desky. [5]

Obr. č. 20. - Kolenní airbag



Zdroj: [5]

6.3.6 Protiskluzový airbag

Tento airbag se nachází pod přední stranou podsedáku a je aktivován během nárazu. Jeho účelem je zabránit podklouznutí pod bezpečnostním pásem, zároveň zvyšuje účinnost čelního airbagu a snižuje hmotnost nohou, jak je vidět na obrázku č. 21 Tento airbag je používán například ve vozech Renault Megane. Během nafouknutí se také stlačí boční pěnová forma okolo pánve a ta zabraňuje zranění okolí pánve. [18]

Obr. č. 21. - Protiskluzový airbag Renault



Zdroj: [18]

6.3.7 Airbag v bezpečnostním pásu

Airbag v bezpečnostním pásu byl použit poprvé v roce 2009 ve voze Ford Explorer a má za úkol chránit hrudník, krk a hlavu cestujících. Během kolize se pás nafoukne a drží trup pasažéra pevněji a nevyvíjí nepřiměřený tlak. Tento typ airbagu je plněn plynem ze zásobníku pod sedadlem a jde do vaku, který je poskládán jako harmonika. Během plnění se látka pásu začne trhat, jak je vidět

na obrázku č. 22. Airbag musí být naplněn do 40 ms. Airbag je z důvodu teploty plněn ze zásobníku, protože se při expanzi ještě zchladzuje, zato nafouknutí chemickou reakcí teplotu zvyšuje. [19]

Obr. č. 22. - Airbag v bezpečnostním pásu



Zdroj [19]

6.3.8 Ochrana cyklistů a chodců

V roce 2014 bylo v České republice sraženo 3 492 chodců, z toho bylo usmrcených 55. Proto se automobily testují také z hlediska bezpečnosti pro chodce. Systémy jejich ochrany jsou zejména tvarová opatření na přídi, zvýšení poddajnosti materiálů a další, ale některé společnosti šli ještě dále a vyvíjí aktivní variabilní systémy, jako airbagy pro chodce a cyklisty. Airbag pro chodce od značky Volvo je integrován v oblasti rámu čelního skla a je spouštěn senzorem, který vyhodnotí srážku ještě před střetem s chodcem. Zároveň, je také ochráněn řidič, kterému airbag zakryje čelní sklo. Schéma airbagu je zobrazeno na obrázku č. 23. Tento systém byl vyzdvihnut ve zprávě crash testu Volva V40 agenturou Euro NCAP a také proto si tento vůz získalo vysoký počet hvězd v hodnocení bezpečnosti. [12]

Obr. č. 23. - Volvo airbag kapoty



Zdroj: www.volvo.com

Airbag si našel své uplatnění i v cyklistice, kdy byl navržen jako alternativa k cyklistické helmě. Tento airbag je obsažen v límci, který si cyklista upevní okolo krku. V tomto límci je obsažen senzor zpomalení, airbag a zásobník s héliem. Při detekci zvýšeného zpomalení cyklisty je aktivován airbag a nastává jeho naplnění héliem, tím je chráněna hlava, ale i krční páteř.

6.3.9 Motocyklový airbag

V roce 2004 Honda vyvinula airbag pro motocykly. Poprvé byl použit na motorce Honda Gold Wing v roce 2006. Airbag s vyvíječem plynu je umístěn v přední části motocyklu. Jednotka na pravé straně motocyklu analyzuje signály ze senzorů a určuje, zda nafouknout airbag. Jednotlivé senzory jsou umístěny na obou stranách přední vidlice a detekují změny zrychlení způsobené předním nárazem. [11]

Obr. č. 24. - Airbag Honda Gold Wing



Zdroj: www.diseno-art.com

6.4 Nezávislé společnosti testující airbagy

Každá automobilka musí splňovat normy, aby mohla prodávat své airbagy, ale většinou si automobilky zaplatí specializovanou laboratoř pro testování nových ale i používaných airbagů. Mezi takovéto společnosti patří třeba TÜV SÜD, Intertek, APV Tech Centre a další. V České republice otevřel TÜV SÜD již druhou laboratoř na testování airbagů. První z nich je v blízkosti naší největší automobilky Škoda v Mladé Boleslavi a druhou (náhradní) otevřeli v blízkosti dodavatele přístrojových desek Magma v Nymburce. Tyto laboratoře jsou schopny testovat všechny známé i vyvíjené airbagy. Také se zde nachází dvě komory, v nichž je možné nastavit teplotu od $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, nastavit vzdušnou vlhkost a díky tomu se zde může simulovat stárnutí airbagů. Dále existují testy v solné komoře pro ověření odolnosti proti korozi, UV komoře pro ověření odolnosti proti UV záření a další. Každý z těchto testů má různou délku trvání, řádově v desítkách i stovkách hodin. Není výjimkou testovat díl až 3 měsíce. A přímo v komorách lze provádět rovnou výstřelové testy, které budou v praktické části této práce simulovány. Testované airbagy jsou po testech hodnoceny, zda vlivem stárnutí nedošlo ke zpoždění výbuchu. [25, 26]

Ke snímání airbagů jsou použity rychlokamery, které jsou nastaveny na snímací rychlost 9000 snímků za sekundu s rozlišením 1024x1024 pixelů. Pro osvětlení se zde používají reflektory bílé barvy, které jsou navrženy tak, aby vyzařovaly co nejméně tepla. Na obrázku č. 25 jsou vidět rychlokamery snímající průběh testu bočních airbagů a celá laboratoř. [25]

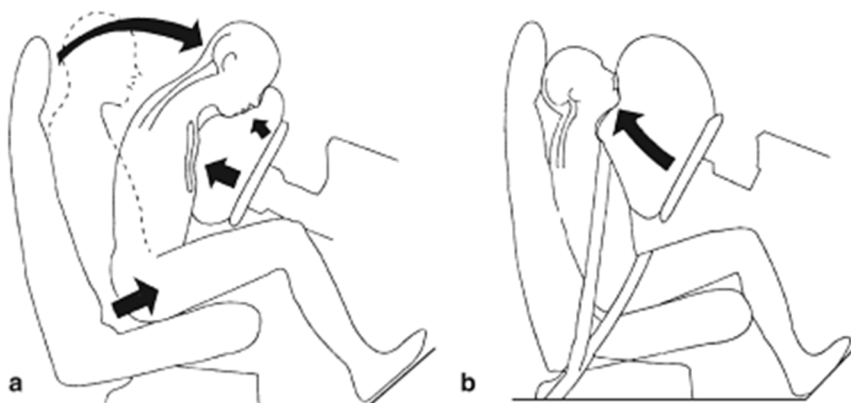


Zdroj: idnes.cz

6.5 Zranění airbagy

Bohužel airbag je také v některých situacích nebezpečný, a to zejména kvůli rychlosti rozvinutí a síle nárazu, které vedou k úrazu. Airbag působí rovnoměrným rozložením síly na cestujícího, ale bývá nebezpečný, pokud se pasažér nepřipoutá bezpečnostním pásem. Ke zraněním také dochází v případech, kdy je velmi malá vzdálenost mezi trupem cestujícího a airbagem, většinou to bývá u vzrůstově menších lidí. Obě situace jsou vidět na obrázku č. 26. [6]

Obr. č. 26. - Schéma poranění airbagy.



Zdroj [6]

Také typickou zátěží hrudníku při dopravní nehodě je síla airbagu v kombinaci se špatnou polohou pasažéra. Časté bývá i poranění horních končetin a zlomení loketní kosti airbagem.

V některých případech dochází ke zranění nečekaným výbuchem airbagu. Stává se to v případech, kdy je vozidlo opraveno po nehodě a uvedeno opět do provozu. V případě, že airbagy nebyly aktivovány, stačí malá vibrace a airbag se sám aktivuje. Je to z toho důvodu, že jeden ze snímačů již nahlásil dříve srážku, ale ostatní ji nepotvrdily, proto airbag nebyl vystřelen. Při opravě není tato hláška vynulována a během jízdy, při vibraci nahlásí další snímače zrychlení prahovou hodnotu a řídicí jednotka aktivuje airbag.

6.5.1 Aféra s airbagy Takata

Častým jevem také bývá svolávací akce nových vozů kvůli nefungujícím airbagům. Toto se stalo v první polovině roku 2013, kdy přišlo několik automobilek s prohlášením, že musí stáhnout do servisu několik milionů vozů z důvodu špatné funkce airbagu od výrobce Takata, postupem času narůstal počet postižených automobilek touto vadou a samozřejmě počet vozů svolaných do servisu.

Problém vadných airbagů Takata je, že při jejich aktivaci jsou utrženy ocelové úlomky airbagu, které letí obrovskou rychlostí proti pasažérům. Je zatím evidováno šest smrtelných obětí a více než sto zraněných, kteří nebyli zraněni nehodou, ale vadným airbagem. Tato aféra vyvrcholila tím, že prezident a výkonný ředitel společnosti Honda Motor Company Takanobu Ito složil svou funkci, právě díky vadným airbagům Takata. Honda v posledních měsících také čelila obvinění za neohlášení 1729 případů poranění a úmrtí ve svých vozech, kdy několik případů se týkalo nebezpečných airbagů Takata. Honda v roce 2015 zaplatila pokutu americké vládě za neohlašování bezpečnostních problémů 70 milionů dolarů. [27]

Nejvíce svolaných automobilů měla zatím automobilka Honda, ale problémy s vadnými airbagy Takata mají i automobily Acura, Audi, BMW, Chrysler, Ford, Honda, Infiniti, Lexus, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Pontiac, Saab, Subaru a Toyota. Toto se týká také automobilů dovezených do České republiky, ale pouze v malé míře (okolo 200 000 vozů). Tento problém mají zejména automobily vyrobené v USA. Celkově se jednalo o stažení více než 16 milionů automobilů. Proto se doporučuje si u servisu zjistit, zda vůz nemá airbagy od tohoto výrobce. [27]

6.6 Výroba airbagu

V České republice bylo v roce 2013 několik výrobců airbagů, ale výrobce GST z Jevíčku přestěhoval do Rumunska, ale stále zde nalezneme výrobce jako Toyoda Gosei Czech, Magna a další.

Tyto firmy vyrábí airbasy pro koncové zákazníky jako je BMW, Toyota, Honda a další. Při návrhu airbasy je velmi důležité si uvědomit, že se nejprve navrhuje a simuluje bezpečnostní pás, předepínač bezpečnostního pásu a až poté, kdy je vše okolo navrženo, se začíná s návrhem airbasy, který je přidán do vozu a celý systém se optimalizuje jako jeden bezpečnostní systém. [26]

Airbasy se vyrábí strojovou výrobou a je nutné zdůraznit, že je velkým rozdílem mezi vnější a vnitřní stranou airbasy. Každá z těchto stran má jinou strukturu, strana vnější je v kontaktu s člověkem a tak ho nesmí poranit a podle toho je navrhována. Jak už bylo zmíněno, některé typy airbagů mají vnitřní stěnu potaženou vrstvou silikonu, aby nebyly vypuštěny. Rychlost rozbalování ovlivňuje složení a sešití airbasy při výrobě, ale to také ovlivňuje jeho vyfukování. [9]

6.7 Využití mimo automobilový průmysl

Airbasy našly uplatnění také i v jiných oborech než jen v automobilovém průmyslu. Například jsou používány při přistání u kosmických sond, aby zmírnily dopad sondy na povrch. Například sondy Luna 9 a Luna 13 byly vybaveny airbasy, aby mohly přistát na měsíci. Stejně tak sonda Mars Pathfinder, Mars Exploration Rover a evropský modul Beagle 2 využily ke zmírnění dopadu také airbasy. Airbasy jsou také používány u vojenských stíhacích letounů F-111 Aardvark. Dalším druhem airbasy je protilavinový airbag, který se používá pro lyžaře uvízlé v lavině. [13]

7 Experiment

Experiment byl velmi podobný zkouškám, které jsou prováděny v laboratořích, kde se zkoumá vliv stáří a dalších faktorů na funkci airbagu. Základem je rychlokamera, která snímá usazený airbag ve svěráku. Díky katedře Vozidel a pozemní dopravy byl vytvořen úchyt do otočného svěráku pro airbasy spolujezdce. Airbasy řidiče byly usazeny s celým volantem a vloženy do svěráku. Airbag byl propojen vodičem s autobaterií a mezi nimi byl umístěn spínač pro spuštění airbagu. Za airbagem byla přidána deska pro porovnání velikosti airbagu v daném momentu. Při spuštění spínače byl vyslán signál do airbagu řidiče, stejný jako vysílá řídicí jednotka airbagů a airbag byl aktivován. Během toho rychlokamera snímala každou 1 milisekundu (respektive 2 ms) pohybu airbagu od jeho aktivace až po jeho naplnění a postupné vyfouknutí. Schéma experimentu je vidět na obrázku č. 27.

Experiment byl rozdělen na dvě části. První část se konala 5.6.2014 a byla zde měřena první série airbagů

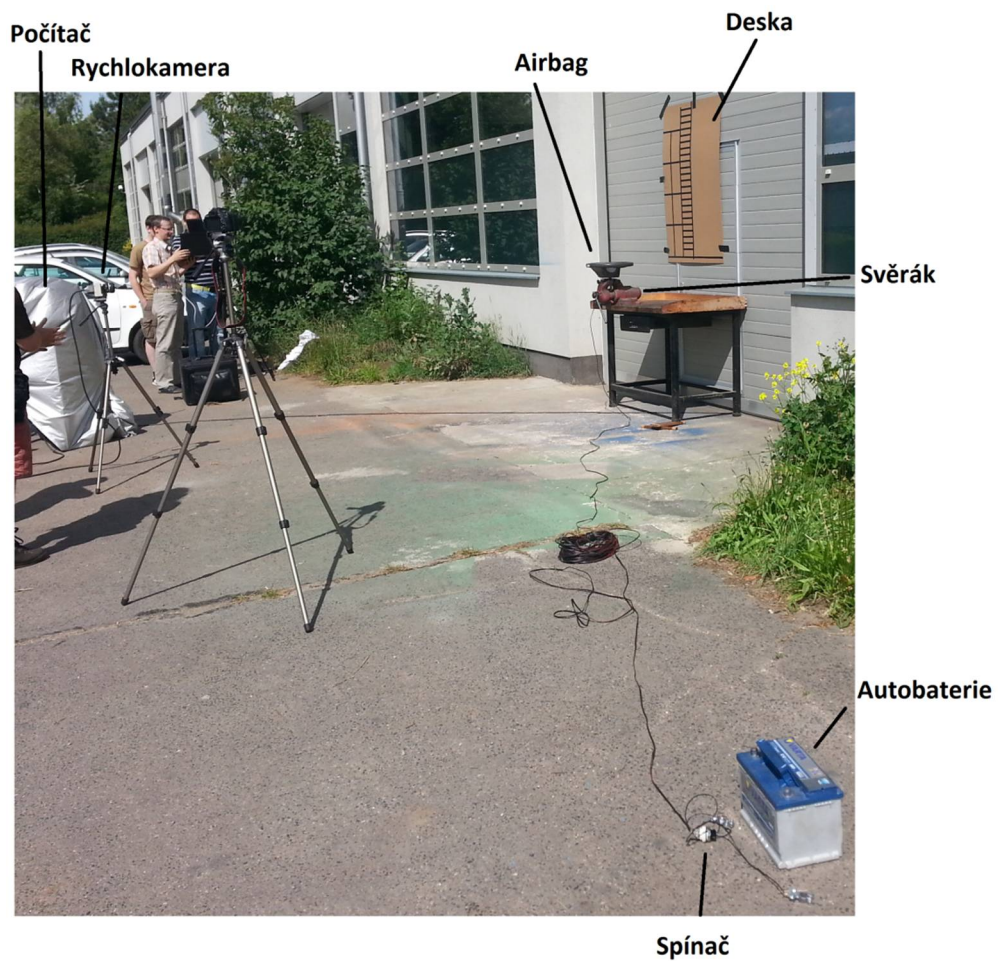
- airbag řidiče Kia,
- airbag spolujezdce Kia.

Druhá část experimentu se konala ve středu 29.10.2014 a testovaly se airbasy tři:

- airbag řidiče Kia,
- airbag spolujezdce Kia,
- airbag spolujezdce Saab 9-5.

Stáří všech airbagů bylo více než 10 let a všechny byly vyrobeny mezi léty 1996 a 1998. U některých není možné zjistit přesná data výroby, jako například u airbagu Saab. Tam odvozujeme datum výroby podle data výroby automobilu. Ale na některých bylo přesné zobrazení výroby, například na airbagu č. 3, který byl vyroben 12.3.1997 v USA. V přílohách 1. až 4. je možné vidět všechny airbasy připravené k aktivaci.

Obr. č. 27. - Schéma experimentu.



Zdroj: vlastní

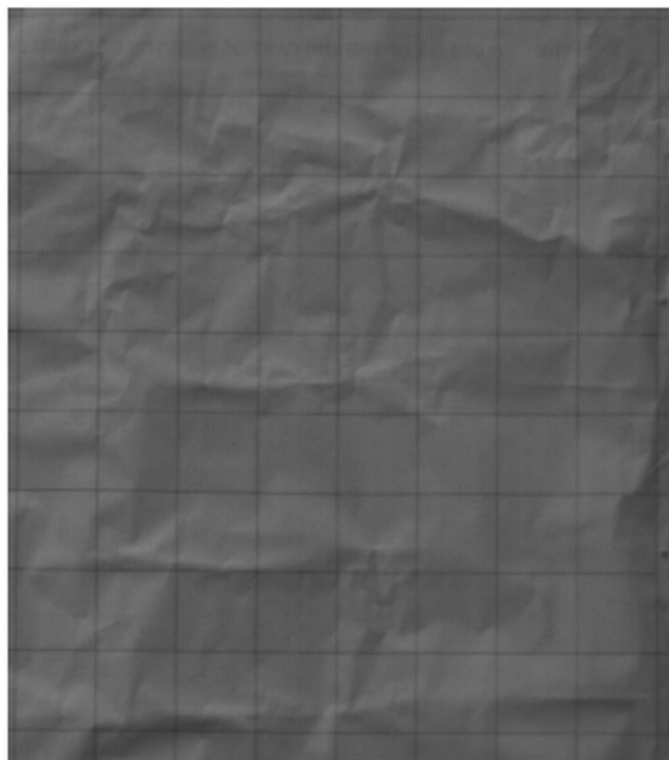
7.1.1 Porovnávací deska

Na pozadí za měřeným airbagem byla vždy deska ke změření uražené vzdálenosti airbagem v daný moment, aby se mohla určit rychlost a síla airbagu. Pro první sérii testů byla použita deska vyrobená z kartonu a byla rozdělena na části po 25 centimetrech na levé straně a 5 centimetrech na straně pravé. V testu druhém byla použita deska z obyčejného papíru, která byla rozdělena na čtverce o výšce a šířce 10 centimetrů. Obě desky je možné vidět na obrázku č. 28.

Obr. č. 28. - Porovnávací desky



1.



2.

Zdroj: vlastní

7.1.2 Popis rychlokamery

Pro experiment byla použita rychlokamera americké značky MotionPro 91000118-001 typ 1000. Kamery Motion Pro dokáží zaznamenat až 10 000 snímků za sekundu s rozlišením až 1280 x 1024 pixelů. U této kamery je samplovací paměť 2 GB. Osvětlení u rychlokamer je velmi důležité a je na něm závislá rychlost snímání. Při snížené viditelnosti a vysoké rychlosti snímání je záznam špatně analyzovatelný. Proto jsme kameru při dobrém osvětlení nastavili na 1000 snímků za sekundu pro první experiment a díky špatnému osvětlení jsme u druhého experimentu museli snížit rychlost na 500 snímků za sekundu. Všechny snímky byly pořízeny v černobílé barvě a v rozlišení 512x 512 pixelů. Námí použitá kamera je na obrázku č. 29.

Obr. č. 29. - Rychlokamera



Zdroj: vlastní

7.2 1. Test

Měření bylo provedeno za dílnami katedry Vozidel a pozemní dopravy na volném prostranství. Test byl realizován ve venkovním prostoru z důvodu rozlehlosti a zejména díky dobému osvětlení při slunečném dni. Za dílnami byla nastavena rychlokamera a všechny potřebné věci, které jsou vidět na obrázku č. 27.

V tomto testu se měřily airbagy vozu Kia Sephia. Tento vůz společnost Euro NCAP netestovala, ale crash testy vůz prošel v americkém institutu IIHC. Podle crash testu a celé zprávy Kia Sephia dopadla velmi špatně a to zejména kvůli špatné karoserii, která se po čelním nárazu celá zkroutila a nezanechala prostor pro přežití. Zpráva se zmiňuje o airbagu krátce, pouze říká, že bylo možné je koupit v tomto voze od roku 1995, kdy byly ve volitelné výbavě a v roce 1997 se staly standardem. [20]

Při tomto testu jsme nastavili rychlokameru na snímání o rychlosti 1000 snímků za sekundu. Bohužel při aktivaci druhého airbagu byla rychlokamera velmi blízko a tak celý proces aktivace není na snímcích vidět. Ale vzhledem k velikému snímanému prostoru je možné docela přesně odhadnout postup konečné části nafouknutí airbagu. Na obrázku č. 30 je vidět airbag, který se do snímku nevešel. Dle snímku odhaduji, že airbag přesáhl snímanou část o 15 centimetrů na výšku.

Obr. č. 30. - Přesah airbagu za snímkem



Zdroj: vlastní

7.3 2. Test

Měření druhé série airbagů bylo provedeno také za dílnami katedry Vozidel a pozemní dopravy. Během tohoto testu jsme použili měřící desku číslo 2 z obrázku č. 28. Vzhledem k novým znalostem z předchozí série testů jsme byli poučeni o velikosti airbagu spolujezdce a rychlokameru jsme nainstalovali do správné vzdálenosti od místa měření. Bohužel při této sérii testů bylo počasí pod mrakem a světlost nebyla tak intenzivní jako při prvním měření. Proto musela být snížena rychlost snímání na 500 snímků za sekundu. Také zde bylo špatné usazení airbagu spolujezdce Saab do svěráku, které je vidět na obrázku č. 38. Díky tomu ale můžeme vidět simulaci aktivace airbagu při selhání rámečku, který má za úkol udržet airbag a pohltit veškerou energii.

V tomto testu byly měřeny oba airbasy vozů Kia Leo a airbag spolujezdce vozu Saab 9-5, ten jako jediný námi testovaný vůz prošel testy Euro NCAP v roce 1998, proto můžeme popsat i průběh testů nového vozu. Zpráva říká, že automobil zaručuje nejlepší bezpečnost pro řidiče a spolujezdce při čelním nárazu. Podle záznamu systém airbagů pracuje správně a airbag spolujezdce je zde dobře vidět. Tento vůz byl v době svého testování nejlepším testovaným vozem do té doby, ale vzhledem k tomu, že Euro NCAP byl založen v prosinci 2006, nebylo do té doby testováno mnoho vozů. Tato zpráva se zmiňuje pouze o bočním airbagu a airbagu hlavy, který jsme bohužel neměli příležitost testovat. [12]

8 Vyhodnocení experimentu

Vyhodnocení experimentu jsem rozdělil do pěti kapitol, každá z těchto kapitol se věnuje každému měřenému airbagu zvlášť. Tedy všechny airbagy budou posuzovány a počítány jednotlivě, také u každého airbagu bude uvedeno, zda se na snímcích objevují nežádoucí předměty. Každý měřený airbag jsem pro orientaci označil číslem podle pořadí testování. Tedy první zkoušený airbag dostal číslo 1, poslední airbag dostal číslo 5. Kapitoly jsou rozděleny následujícím způsobem.

- Airbag č. 1. – airbag řidiče KIA
- Airbag č. 2. – airbag spolujezdce KIA
- Airbag č. 3. – airbag řidiče KIA
- Airbag č. 4. – airbag spolujezdce KIA
- Airbag č. 5. – airbag spolujezdce SAAB

Pro výpočet byly použity základní fyzikální vzorečky, jako je výpočet rychlosti při znalosti, jakou dráhu urazil airbag za dobu dvou milisekund. K výpočtu zrychlení byl použit vzoreček zrychlení tělesa při znalosti rychlosti airbagu a času. A k výpočtu síly byl použit druhý Newtonův zákon síly, kdy jsme již znali zrychlení a váhu airbagu a počítali sílu.

Vzorec č. 1. - Výpočet rychlosti:

$$v = \frac{s}{t} \quad [m/s; m, s]$$

Vzorec č. 2. - Výpočet zrychlení:

$$a = \frac{v}{t} \quad [m/s^2; m/s, s]$$

Vzorec č. 3. - Výpočet síly:

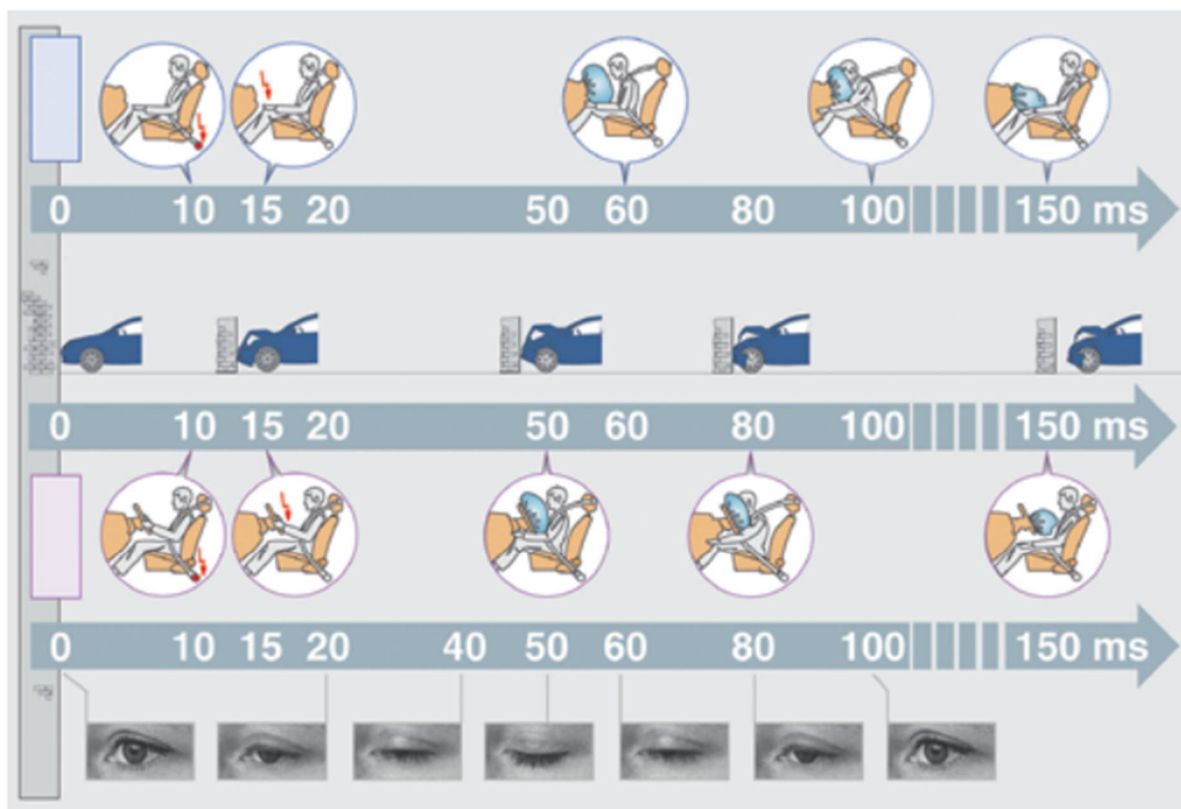
$$F = m \cdot a \quad [N; kg, m/s^2]$$

Výpočet síly je v tomto případě jen orientační, protože známe pouze hmotnost celého látkového airbagu, ale neznáme hmotnost středu airbagu, který se pohybuje proti cestujícímu a v případě nepřipoutání tento střed může cestujícího poranit. Do toho je také započítána hmotnost stran vaku, které drží připoutány k rámečku, nebo neletí směrem k cestujícímu a tedy nemohou vyvíjet žádnou sílu proti němu, proto je zde síla pouze, jako doplňkový údaj. Jednotlivé údaje o momentálních stavech airbagu (čas, vzdálenost, rychlost, zrychlení a síla) je možné vidět pro každý airbag v tabulkách, které jsou připojeny v příloze 5. až 9.

Pro tuto diplomovou práci je nejdůležitějším údajem čas nafouknutí airbagu, který je porovnán s údaji od automobilky Škoda Auto, které můžeme vidět níže. Pro přehlednost jsou vidět jednotlivé momenty srážky v grafické podobě na obrázku č. 31.

Průběh aktivace čelních airbagů - čelním náraz Škoda

Obr. č. 31. - Průběh aktivace čelních airbagů při čelním nárazu



Zdroj: [5]

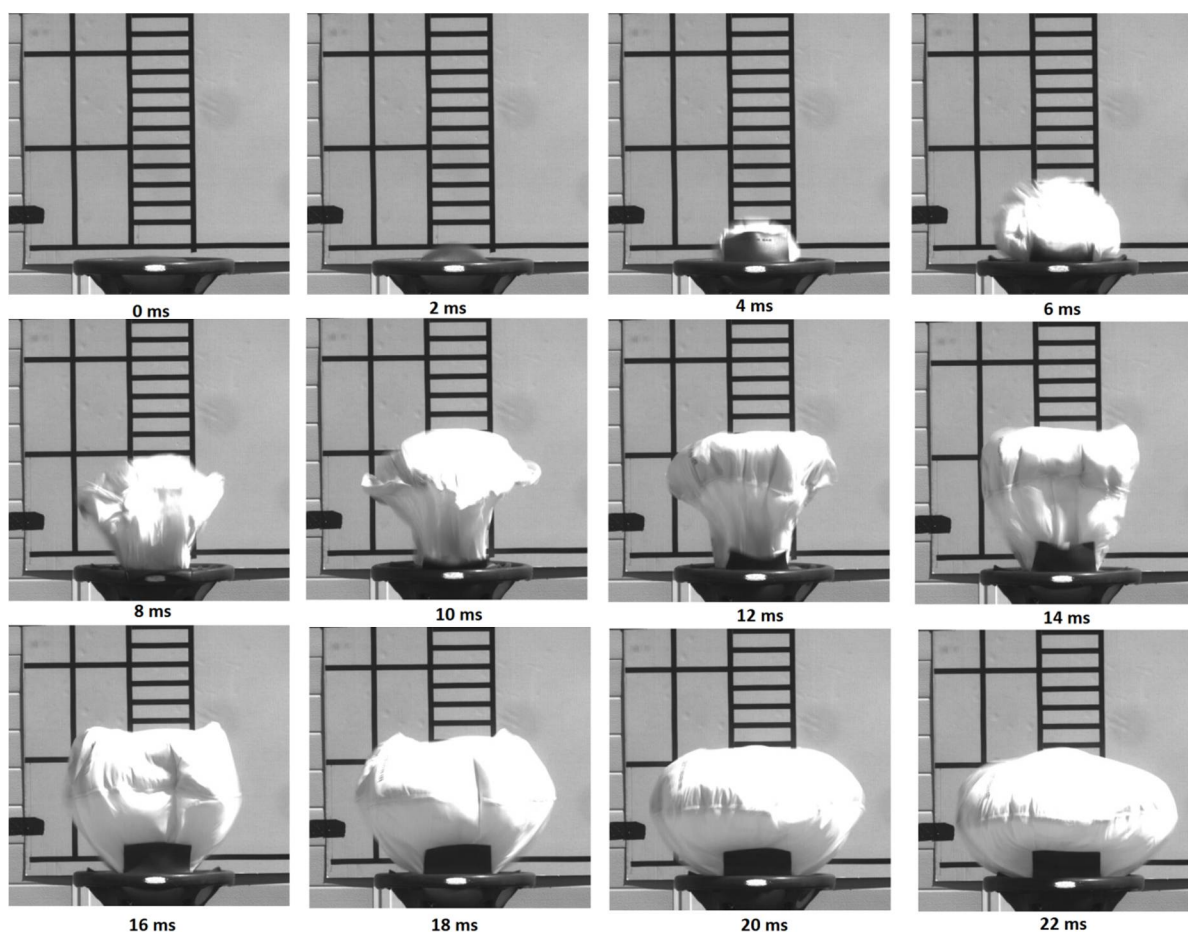
- 0 ms - Kolize - Vozidlo se dotkne překážky.
- 10 ms - Aktivace předepínače pásu.
- 15 ms - Nastane aktivace čelního airbagu řidiče řídicí jednotkou, ten se začíná naplňovat.
- 20 ms - Nastane aktivace čelního airbagu spolujezdce řídicí jednotkou, ten se začíná naplňovat.
- 50 ms - Airbag řidiče je zcela nafouknutý a řidič začíná dopadat do airbagu.
- 60 ms - Čelní airbag spolujezdce je zcela nafouknutý a řidič začíná dopadat do airbagu.
- 80 ms - Řidič se zcela zabořil do airbagu a začíná se opět napřimovat zpět.
- 100 ms - Spolujezdec se zcela zabořil do airbagu a začíná se opět napřimovat zpět.
- 150 ms - Všichni již sedí v sedačkách vzpřímeně a airbasy jsou již skoro vyprázdňené.

Z těchto údajů vyplývá, že airbag by měl být schopný plnit svou funkci a být naplněn plynem do 50 ms (respektive 60 ms) po srážce s cizím objektem. Pokud vezmeme v potaz prodlevu řídicí jednotky airbagů, tak moderní airbag řidiče má na nafouknutí 35 ms. Vzhledem k velikosti airbagu spolujezdce je čas nafouknutí o 5 ms větší oproti airbagu řidiče. Pro airbag spolujezdce tedy platí hodnota 40 ms. A tyto hodnoty budeme porovnávat s naší naměřenou hodnotou v experimentu. V případě překročení hodnoty by nastala situace, kdy cestující by se střetl s vakem dříve, což by pro jeho funkci bylo nežádoucí, tedy by jeho funkce nebyl správná.

8.1 Airbag č. 1. – airbag řidiče KIA

Test prvního testovaného airbagu vyšel velmi dobře. Ve 2 ms je vidět, jak je vyvíjen tlak na plastový kryt airbagu, ve 4 ms je již kryt otevřen a airbag může být plynule vypuštěn. V 8 ms se airbag dostává nad 30 cm své délky, což je jeho maximální délka při plném nafouknutí, ale vzhledem k tomu, že plyn proudí nejdříve směrem kolmo na volant, tak se airbag ještě natahuje až do vzdálenosti 35 cm ve 14 ms. Airbag se pomalu stahuje zpět na délku 30 cm, tím že jeho strany jsou také vyplňovány plynem. Plyn vyplní celý objem vaku ve 22 ms.

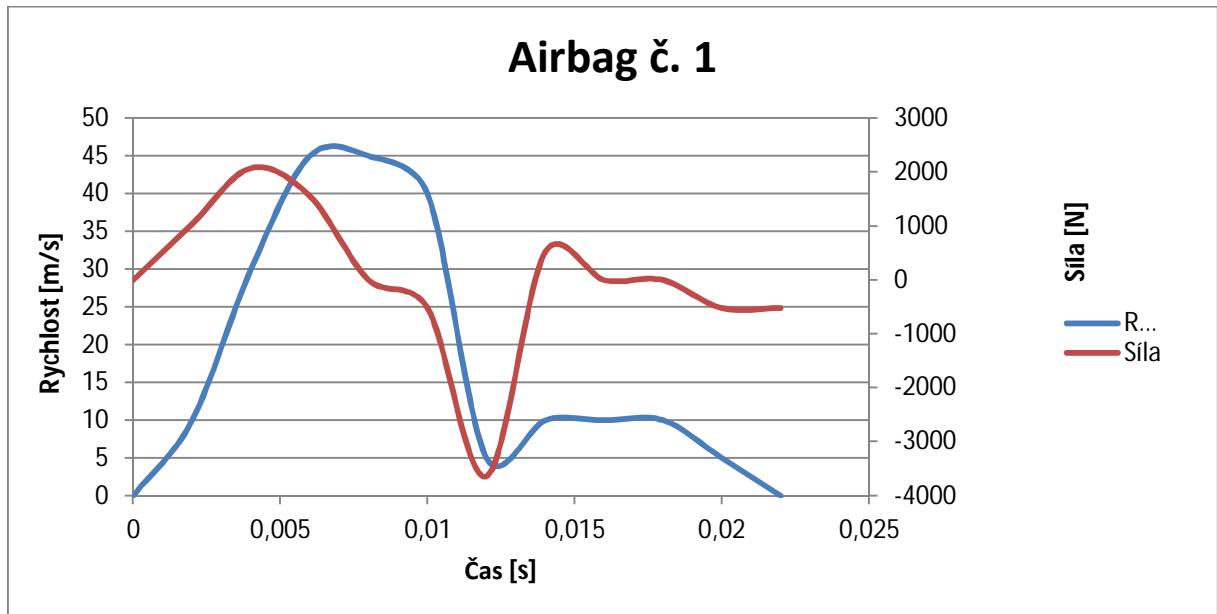
Obr. č. 32. - Průběh experimentu - airbag č. 1.



Zdroj: vlastní

Airbag můžeme považovat za zcela nafouknutý ve 22. ms, což je údaj nižší než námi stanovený maximální čas 35 ms pro nafouknutí airbagu řidiče. Vzhledem k tomu, že na snímcích nebyly zaznamenány žádné nežádoucí předměty, které by letěly směrem od airbagu, tak airbag splnil všechny tři zadané podmínky a my jej můžeme považovat za správně fungující.

Graf č. 2. - Graf airbagu č. 1.



Zdroj: vlastní

Maximální rychlosti airbag dosáhl na počátku procesu plnění, kdy mezi 6. a 8. ms dosahoval rychlosti 45 m/s, což je rovno 162 km/h. Váha tohoto airbagu byla 0,208 kg a tak vyvinul maximální sílu 3,64 kN.

8.2 Airbag č. 2. – airbag spolujezdce KIA

Při testu druhého airbagu nastal již zmíněný problém, tím problémem byla malá vzdálenost mezi kamerou a testovaným airbagem. Proto bohužel nemůžeme přesně spočítat konec testu. Jak je vidět na obrázku č. 33 od 12 ms dále nevidíme na celý airbag. Proto jsem odhadl, že airbag se nafukoval následujícím způsobem:

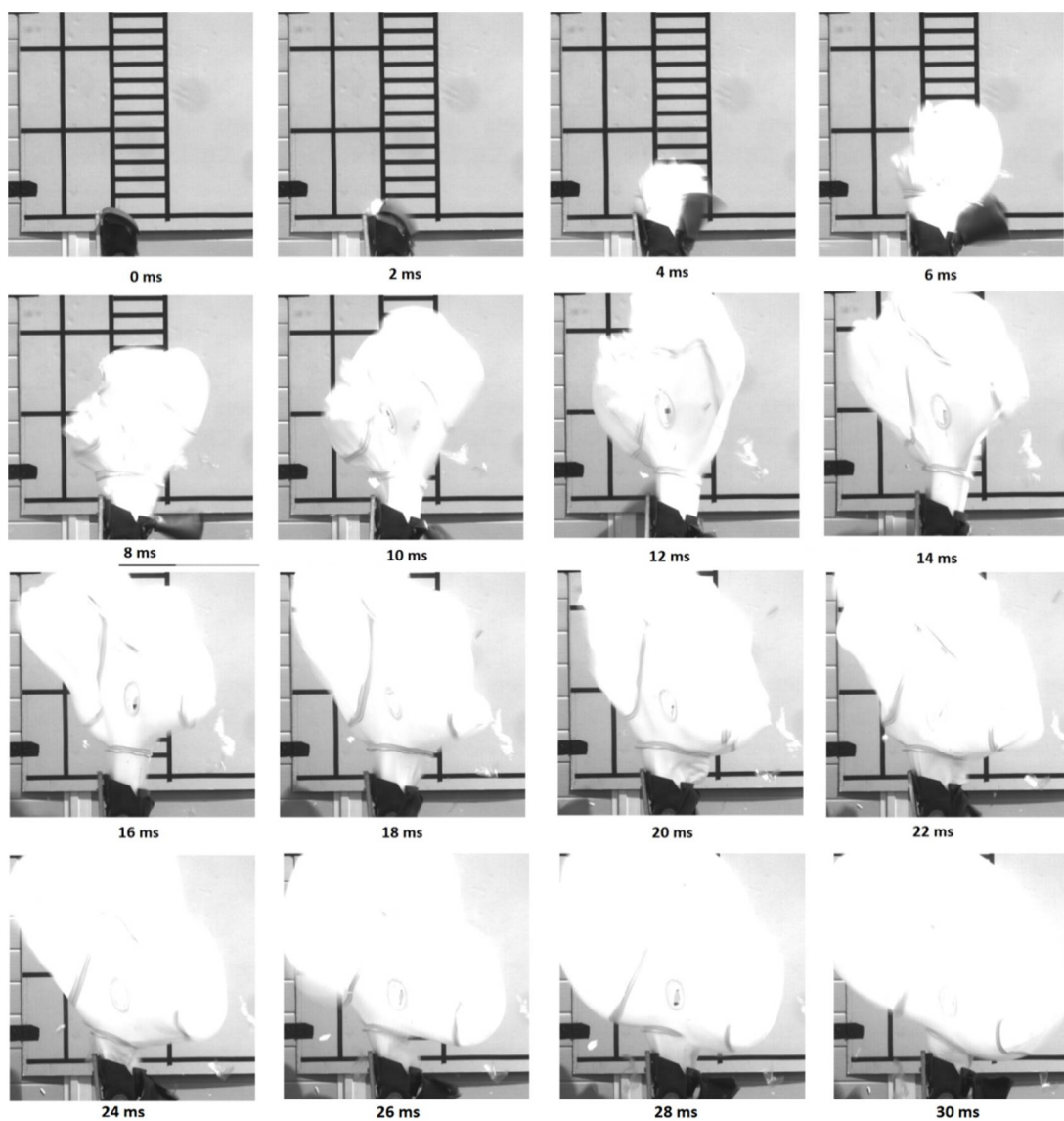
Tab. č. 2. - Tabulka času, délky a rychlosti nafouknutí airbagu č. 2

čas [ms]	délka [cm]	Rychlost [m/s]
0	0	0
0,002	5	25
0,004	15	50
0,006	33	90
0,008	45	60
0,01	56	55
0,012	65	45
0,014	67	10
0,016	66	5
0,018	71	25
0,02	71	0

Zdroj: vlastní

Ve 20 ms se podle mého odhadu airbag dostal na maximální délku, avšak podle obrázku č. 33. je vidět, že v tomto čase se airbag stále nenafoukl do maximálního objemu. I přes to, že neměl maximální objem, tak jeho délka se již nezvyšovala, proto je od toho času rychlost nulová a tedy přestává být údaj relevantní. Maximálního objemu airbag dosáhl mezi 24 a 28 ms. Bohužel je velmi těžké odhadnout přesný čas kvůli rozkmitání airbagu, ale je jisté, že vak v 28 ms má maximální objem a přestal se kmitat, jak je vidět ve 30 ms. Proto hodnotu 28 ms můžeme brát, jako čas maximálního nafouknutí airbagu.

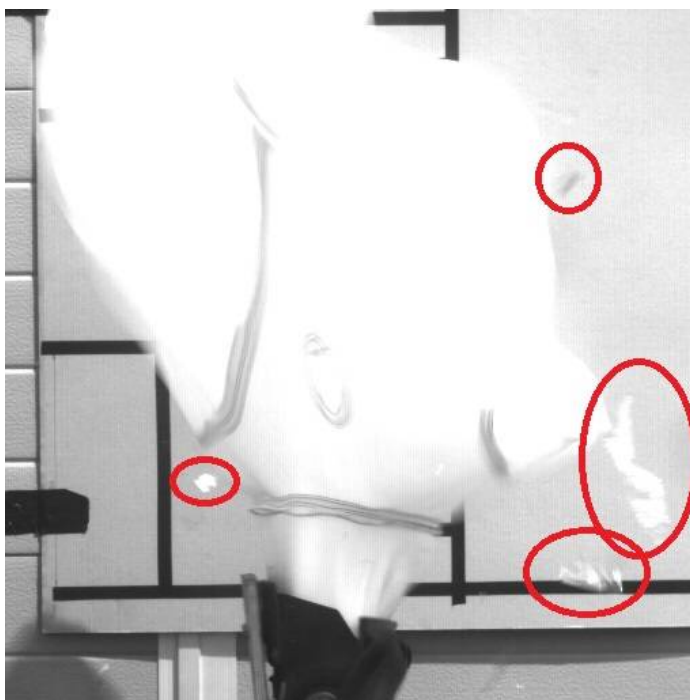
Obr. č. 33. - Průběh experimentu – airbag č. 2.



Zdroj: vlastní

Nafouknutí tedy trvalo 28 ms, což je méně než 40 ms stanovených pro nafouknutí vaku. Z toho vyplývá, že z hlediska rychlosti nafouknutí můžeme považovat tento airbag za funkční.

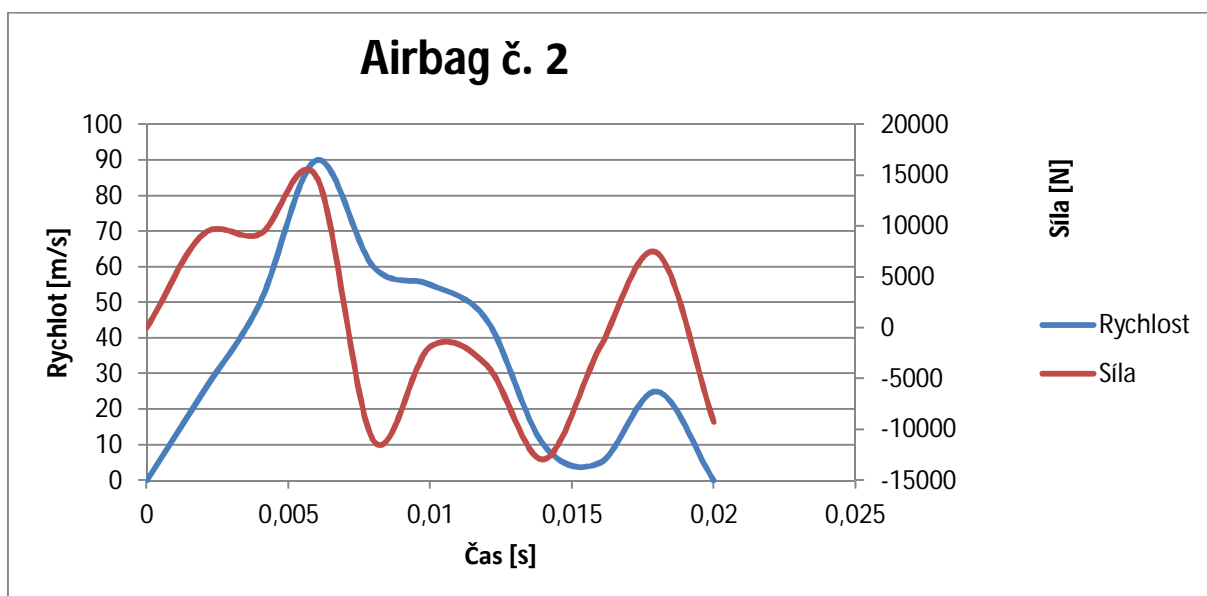
Obr. č. 34. - Materiál odletující od airbagu č. 2.



Zdroj: vlastní

Při analýze snímků na odletující součásti airbagu jsou vidět malé kousky letícího materiálu ve vzduchu. Na obrázku č. 34 je vidět nafukující se airbag s vyznačenými součástmi airbagu odletující směrem od palubní desky. Jedná se o roztržený igelitový obal airbagu. Tato slabá fólie má tak malou hmotnost, že je pro člověka neškodná a nemůže mu způsobit zranění. Při bližším pohledu na snímek je vidět, že většina fólie se pohybuje směrem doprava, tedy na čelní sklo vozu, proto se také ani nedostane do kontaktu se spolujezdcem.

Graf č. 3. - Graf airbagu č. 2.



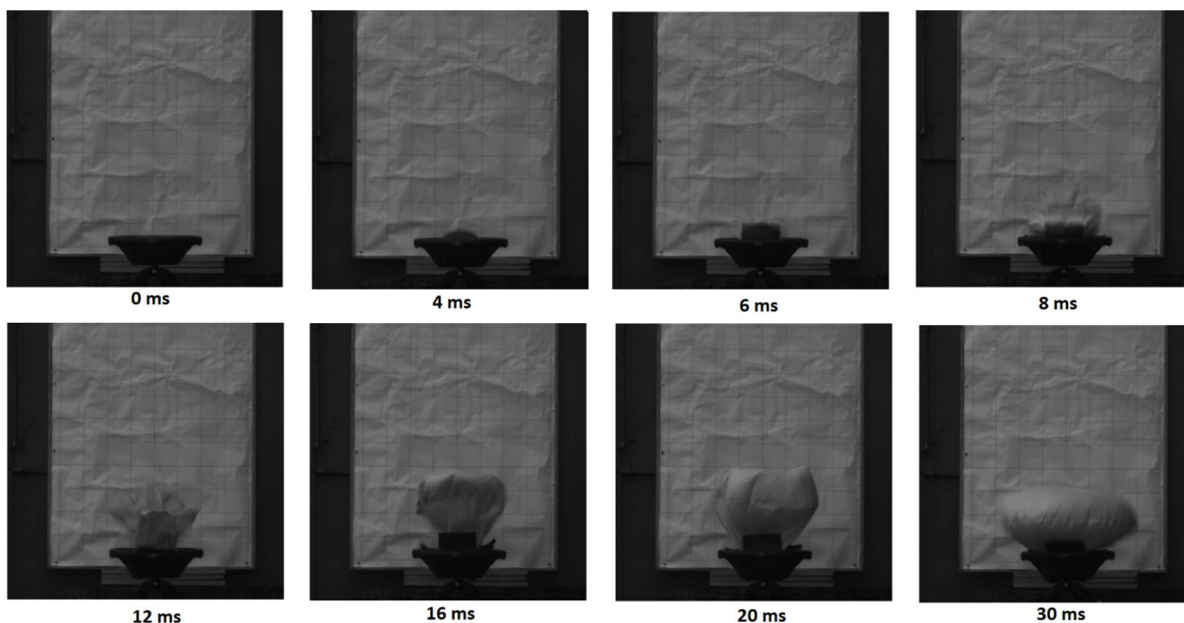
Zdroj: vlastní

V grafu a tabulce můžeme vidět, že airbag se pohyboval maximální rychlostí 90 m/s, což odpovídá rychlosti 324 km/h. Pro srovnání je to více než jedna polovina rychlosti výstřelu ze vzduchovky. Této rychlosti dosahuje vak v počáteční fázi nafouknutí, okolo 6 ms. Maximální síla je také mnohem vyšší než u airbagu řidiče a to 14,2 kN při váze 0,71 Kg.

8.3 Airbag č. 3. – airbag řidiče KIA

U tohoto airbagu podle obrázku č. 35 dochází ke zvýšení tlaku na vrchní plastový kryt airbagu během 2. a 4. ms a ten vypadá jako by se nafukoval. U tohoto typu krytu airbagu se látka neprotrhává, ale dochází k odklopení krytu, jak je vidět v 6 ms. V 8 ms je již můžeme pozorovat otevírající se airbag, který narůstá směrem k řidiči. Okolo 20 ms se dostává do své maximální délky a vzniklý plyn proudí do stran a stahuje airbag zpátky. Ve 30 ms je airbag již zcela nafouknut.

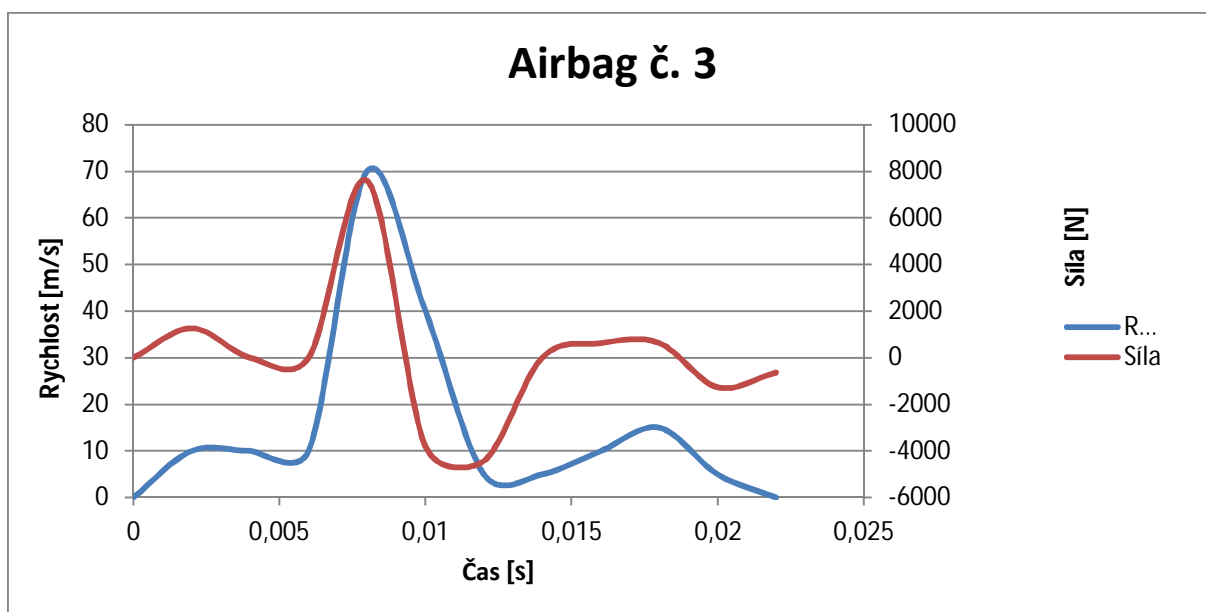
Obr. č. 35. - Průběh experimentu - airbag 3.



Zdroj: vlastní

Plně nafouknutí airbagu trvalo 30 ms, což je méně než stanovená maximální hodnota 35 ms. Díky tomu můžeme airbag považovat z tohoto pohledu za funkční. Při bližším zkoumání snímků zjistíme, že od airbagu neodletují, žádné části materiálu, tedy je z tohoto hlediska také v pořádku. Díky splnění všech podmínek můžeme říci, že airbag byl plně funkční.

Graf č. 4. - Graf airbagu č. 3.



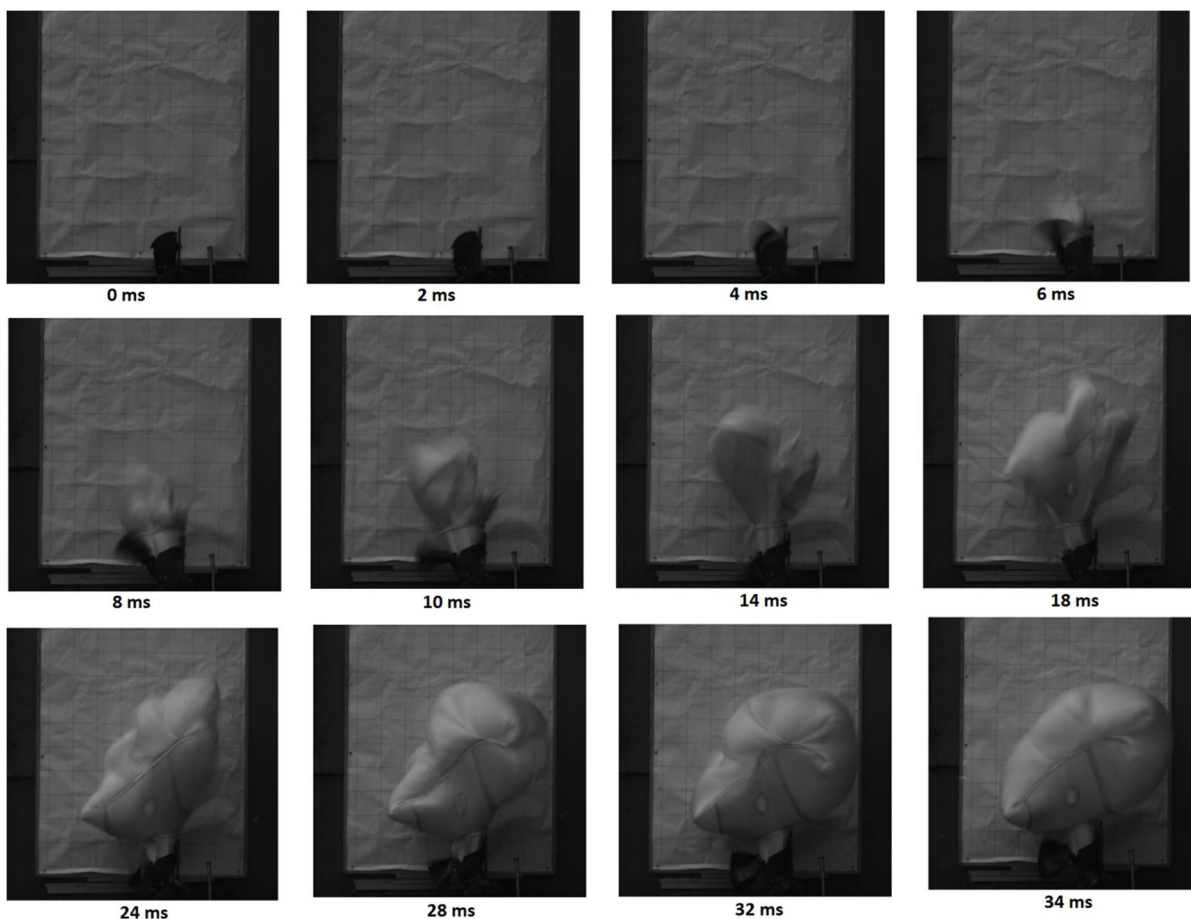
Zdroj: vlastní

Tento airbag vyvinul maximální rychlost až v 8 ms, kdy se dostal až na 70 m/s , při síle 7,5 kN. Hmotnost tohoto airbagu byla 0,253 kg. Tento airbag vyvinul vyšší rychlost i sílu oproti prvnímu testovanému airbagu řidiče.

8.4 Airbag č. 4. – airbag spolujezdce KIA

U tohoto airbagu je velmi dobře vidět deformace rámečku při výbuchu rozbušky. Díky této deformaci rámeček pohltí energii vzniklou při aktivaci airbagu, jak je vidět ve 2ms. Železný rámeček airbagu vypadá, jako by se nafoukl a poté ve 4 ms je tlakem odklopen plastový kryt a vak se začíná nafukovat. Airbag se nafukuje do délky mezi 6 a 18 ms, kdy dojde k jeho maximální délce, poté se nafukuje do objemu a vyplňuje vak plynem do všech zbylých stran. Konečného nafouknutí dosáhne ve 34 ms, kterou můžeme považovat za koncovou hodnotu.

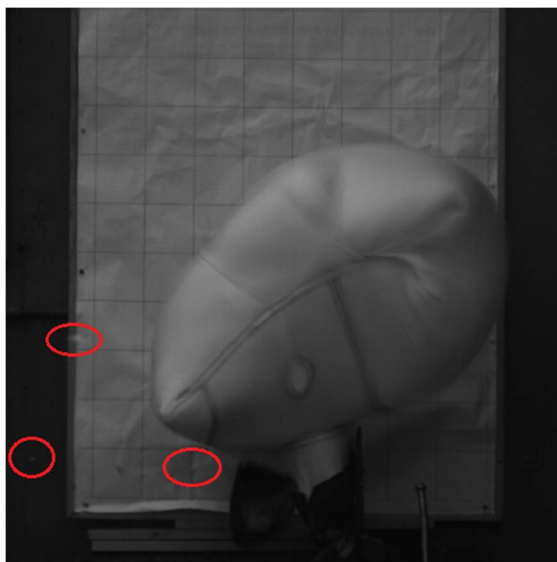
Obr. č. 36. - Průběh experimentu - airbag 4.



Zdroj: vlastní

V tomto případě byl airbag nafouknut za 34 ms. To je nižší hodnota než námi stanovená hodnota 40 ms pro airbag spolujezdce. Proto můžeme z tohoto pohledu považovat airbag za plně funkční.

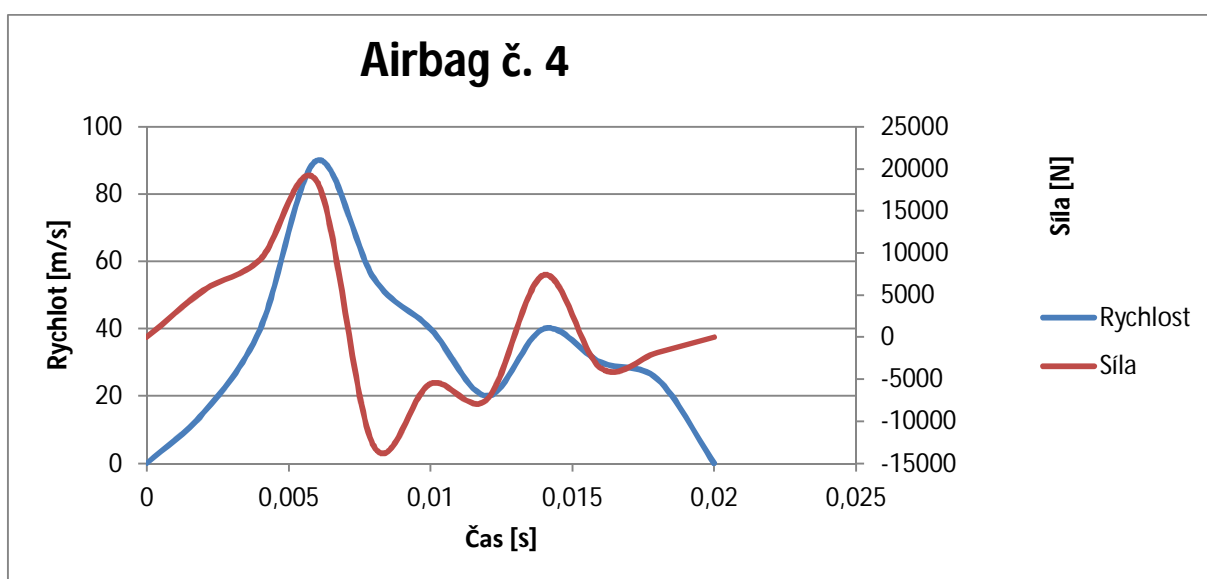
Obr. č. 37. - Materiál odletující od airbagu č. 4.



Zdroj: vlastní

Z hlediska odletujícího materiálu bylo na snímcích nalezeno několik prvků letících směrem od airbagu. Stejně jako u 2. airbagu se jedná o igelitovou folii, která díky své hmotnosti není nebezpečná pro člověka. Proto tedy můžeme říci, že airbag je i z tohoto hlediska plně funkční a nepodlehá stáří.

Graf č. 5. - Graf airbagu č. 4.



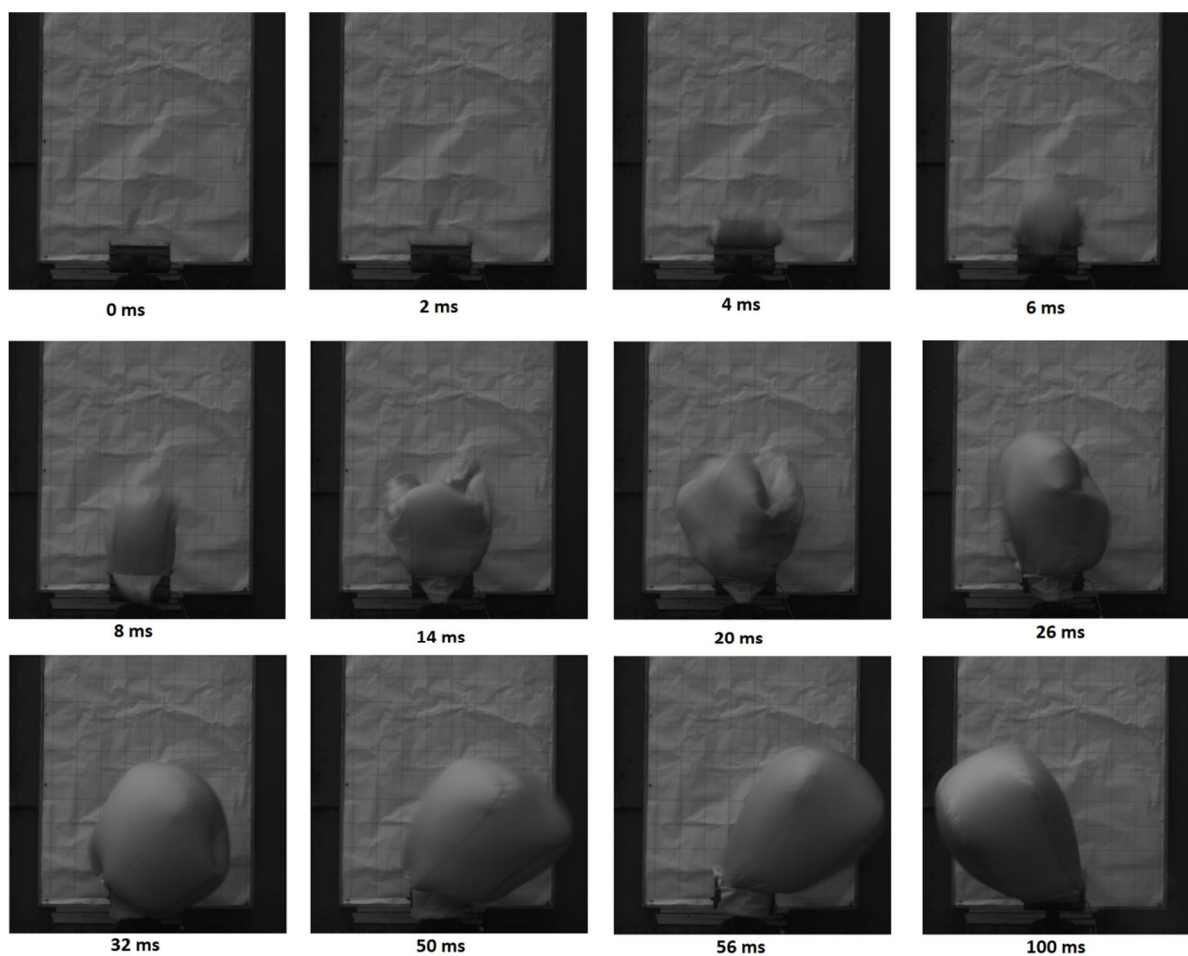
Zdroj: vlastní

Z grafu je opět patrné, že airbag dosáhl maximální rychlosti 90 m/s v 6 ms, kdy se nejrychleji naplňoval plynem, ve stejném čase vytvořil největší sílu a to 18,47 kN, což je největší naměřená síla u všech testovaných airbagů.

8.5 Airbag č. 5. – airbag spolujezdce SAAB

Tento test byl specifický zejména díky náhodné chybě, která byla způsobena špatným ukotvením airbagu do svěráku. Na tomto airbagu je velmi dobře vidět, jak je ukotvení rámečku airbagu důležité. Je zde vidět, jak mezi 6 a 20 ms se začne posunovat úchyt airbagu nad svěrák. Ve 26 ms je vidět, jak rámeček airbagu je cca 5 cm výš než byl ve výchozí pozici, tento problém rozkmital rámeček airbagu, který nejprve směřoval na levou stranu osy a později na stranu pravou, jak je velmi dobře vidět v 56 ms. Tento jev byl pak přenesen na samotný vak, který se tak nemohl dofouknout správně a plyn směřoval nejprve do levé strany airbagu a až poté do strany pravé, místo toho aby byl plyn napouštěn středem a vak nafukoval rovnoměrně. Toto zapříčinilo pozdější dofouknutí airbagu, které nastalo až okolo 56 ms. V dalším průběhu je vidět jak airbag kmitá na levou stranu a zpět na pravou. Také je vidět, že airbag není nafouknut proti spolujezdci, ale díky vychýlení je nafouknut do jiné polohy. V praxi by se to dalo přirovnat k situaci, kdy by airbag byl špatně uchycen v palubní desce, například kdy by byl povolený jeden ze šroubů, nebo špatně uložený rámeček airbagu. Proto je nutná při opravách a výměnách airbagu dbát na správné uložení modulu airbagu.

Obr. č. 38. - Průběh experimentu - airbag 4.

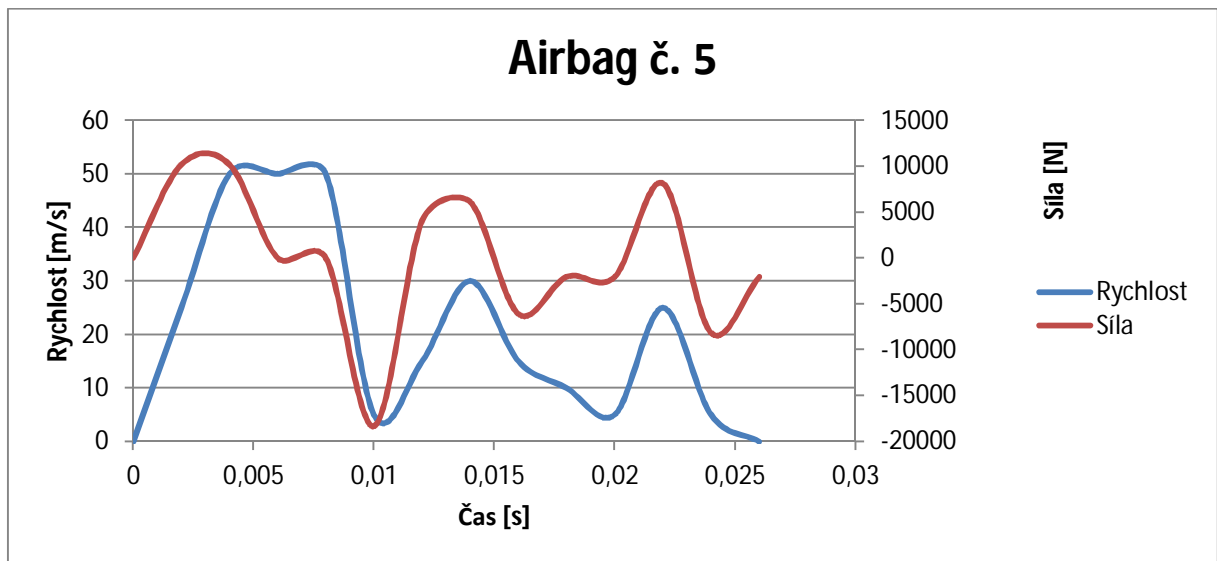


Zdroj: vlastní

V tomto případě na snímku nebyl viděn žádný jiný materiál odletující od airbagu oproti airbagům spolujezdce vozů Kia. Je to z toho důvodu, že vak není v ochranném igelitovém pouzdře, ale je zde pouzdro látkové, které je opatřeno suchým zipem, který je vidět v příloze č. 1. Otevírání suchého zipu je vidět ve 4. ms aktivace.

Vzhledem k tomu, že airbag byl nafouknut v 56. ms, tak nesplnil předem danou podmínku, kdy airbag spolujezdce musí být nafouknut během 40. ms. Ale tento čas byl zapříčiněn špatným uchycením, nemůžeme tedy tento airbag hodnotit jako vadný a podléhající stáří. Stejně tak tento test nemůžeme hodnotit jako úspěšně provedený.

Graf č. 6. - Graf airbagu č. 5.



Zdroj: vlastní

Airbag vozu Saab se na rozdíl od airbagů Kia pohyboval nižší rychlostí a to rychlostí 50. ms, ale tato rychlost byla konstantní mezi 4. a 8. ms. Hmotnost tohoto airbagu byla největší ze všech měřených, ale vzhledem k tomu, že rychlost se neměnila v tak velké míře, jako u předchozích airbagů bylo zrychlení nižší a tudíž i síla nižší. Maximální síla vyvinutá airbagem byla 10 kN.

10 Závěr

V rámci experimentu bylo provedeno 5 měření airbagů. Po vyhodnocení mohly být použity pouze 4 měření, protože airbag č. 5 nemůže být použit pro ověření hypotézy z důvodu špatného průběhu měření. Zato tímto testem bylo možné názorně demonstrovat průběh aktivace špatně uloženého airbagu v palubní desce.

Všechny čtyři zbylé airbagy splnily všechny tři zadané podmínky a to, že všechny musí být aktivovány elektrickým impulzem, vak bude nafouknut před určenou dobou a z airbagu nevylétne materiál, který by mohl zranit cestující. Splněním všech těchto podmínek je potvrzeno tvrzení, které říká, že airbag nepodléhá stáří a nemusí být během provozu měněn z důvodu stárnutí.

S takovýmto tvrzením přišlo i Britské Sdružení výrobců a obchodníků s automobily a říká, že starosti se selháním airbagu nejsou na místě. Je tedy jasné, že tvrzení o pravidelné výměně jsou mylná a tím je tedy naznačeno, že výrobci nechtějí ručit za airbag v celé své životnosti. Také jsou tato tvrzení způsobena tím, že když byly zaváděny airbagy ve vozech, nemohli výrobci odhadnout, kolik let vydrží airbagy plně funkční. Také se spekulovalo o tom, že vlhkost má negativní vliv na rozbušku, ale vývojem času se ukázalo, že tyto obavy byly mylné, což potvrzuje náš test.

Z výsledků experimentu také vyplývá, že airbag spolujezdce se plní o mnoho rychleji, než menší airbag řidiče a dosahuje u toho rychlosti až 324 km/h (90 m/s). Pokud se k této rychlosti připočte rychlost vymrštění člověka směrem proti airbagu během srážky, tak jde opravdu o smrtelné nebezpečí. Proto je velmi důležité použití při každé jízdě bezpečnostních pásů, které sníží rychlost pasažéra a ten dopadne do vaku v přesný čas, na který je zkonstruovaný airbag. Také je v grafech vidět, že maximální rychlost je nárazová a nastává na začátku procesu aktivace a dále rychlost jen klesá až do úplného zastavení kmitání airbagu.

V experimentu bylo také velmi zajímavé sledovat zvýšení teploty celého modulu airbagu, kdy při výbuchu se rapidně zvýší teplota celého systému. Například po výbuchu nebylo možné se dotknout kovové části airbagu bez popálení a bylo vidět, jak rozbuška roztavila obal elektrického svazku, který vytekl ven v kapalné formě.

Ve všech případech se jednalo o airbagy spolujezdce a řidiče, takže po procesu nafouknutí následoval proces vypuštění plynu z airbagu. Ten nastal několik sekund po plném nafouknutí vaku a plyn začal ucházet otvory pro to určenými. Průběh aktivace airbagu provázal akustický efekt, který vždy provází výbuch. Tento efekt v blízkosti opravdu může zranit ucho člověka. Mimo jiné je na

porovnávací desce měření 3., 4. a 5. airbagu vidět šíření tlakové vlny, která prohýbá papír desky směrem od airbagu.

V dnešní době jsou airbagy v každém vyrobeném automobilu a vesměs do každého vozu je možné si zvolit, jaký airbag požadujeme. Samozřejmě za to se také připlácí vyšší cena. Ale důležité je, že každý si může vybrat, zda bude chtít investovat do svojí bezpečnosti, či zvolí levnější variantu a bude riskovat zranění při dopravní nehodě. Airbagů bude stále přibývat, jak je vidět v současnosti, kdy se společnosti pracují na mezihlavovém airbagu a dalším. Ale jeho funkce a základní prvky se měnit nebudou. V budoucnu se bude kombinovat technologie airbagů s aktivní bezpečností, kdy se systémy budou snažit předcházet nehodám.

11 Seznam použité literatury

- [1] SEIFFERT, Ulrich a Lothar WECH. *Automotive safety handbook*. London, UK: Professional Engineering Pub., c2003, x, 283 p. ISBN 076800912x.
- [2] VLK, František. *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. vyd. Vlk, 2005, 344 s. ISBN 80-239-5416-4.
- [3] VLK, František. *Karosérie motorových vozidel: Ergonomika, biomechanika, struktura, pasivní bezpečnost, kolize, materiály*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 243 s. ISBN 80-238-5277-9.
- [4] KOVANDA, Jan. *Konstrukce automobilů: pasivní bezpečnost*. Dotisk 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 8001014592.
- [5] Škoda Auto a.s. *Bezpečnostní prvky Škoda Yeti*. Prospekt k vozu Škoda Yeti. 2009, 1, s. 55-61.
- [6] MAZÁNEK, Jiří. *Traumatologie orofaciální oblasti*. 2. přepr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2007, 177 s., 20 s. obr. příl. ISBN 978-802-4714-448.
- [7] ZABLER, Erich. *Snímače v motorových vozidlech*. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch odbytová s.r.o. - Automobilová technika [distributor], 2003, 148 s. Technické vzdělávání. ISBN 80-903-1325-6.
- [8] HUANG, Matthew. *Vehicle crash mechanics*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, c2002, xvi, 481 p. ISBN 0849301041.
- [9] SHISHOO, R. *Textile advances in the automotive industry*. Cambridge, England, 2013. ISBN 978-1-84569-331-2.

12 Seznam internetových odkazů

- [10] MPO - Evropská hospodářská komise OSN. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. 2005 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument7744.html>
- [11] Statistika nehodovosti / Policie ČR. *Policie ČR* [online]. 2015 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>

- [12] EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME. *Euro NCAP: European New Car Assessment Programme* [online]. 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en>
- [13] Airbag - Wikipedia, The free encyclopedia. *Wikipedia, The free encyclopedia* [online]. 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Airbag>
- [14] International transport forum. *Road Safety Annual Report 2013, 2014* [online]. Francie, 2014, 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.internationaltransportforum.org/>
- [15] MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. *BESIP* [online]. 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: www.ibesip.cz
- [16] Vehicle Safety. EU. *European Commission* [online]. 2009 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/>
- [17] Pre-Safe Structure. SAJDL, Jan. *Autolexicon.net* [online]. 2009 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/pre-safe-structure/>
- [18] Autoliv focuses on pedestrian safety. BIRCH, Stuart. *SAE International* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://articles.sae.org/4682/>
- [19] Ford: Airbag v bezpečnostním pásu zlepšil ochranu cestujících na zadních sedadlech. VAVERKA, Lukáš. *Auto.cz* [online]. 2009 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/ford-pas-airbag-3400>
- [20] 1997 Kia Sephia. IIHS-HLDI. *IIHS-HLDI* [online]. 1997 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/kia/sephia-4-door-sedan>
- [21] Early Crash Sensors. *Volkswagen International* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://en.volkswagen.com/content/vw_international/brand/en/innovation-and-technology/technical-glossary/early-crashsensorsen.html
- [22] *Autolexicon.net* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/>
- [23] How Airbag works. BRAIN, Marshall. *How stuff works* [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/airbag.htm>
- [24] Problematika vyprošťování z havarovaných automobilů. HUML, F. *Pozary.cz* [online]. 2007 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/6911-problematika-vyprostovani-z-havarovanych-automobilu-i-dil/>
- [25] ŠMÍD, Libor. Airbagy. TÜV SÜD. *TÜV SÜD Czech* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.tuv-sud.cz/cz-cz/odvetvi/automobilovy-prumysl/vyrobcu-vozidel-oem/airbagy>
- [26] Airbags. TOYODA GOSEI. *Toyoda Gosei* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.toyoda-gosei.com/seihin/safety/>

[27] Vadné airbagy Takata. ŽÁK, Dalibor. *Autorevue.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/podivejte-se-jak-velky-problem-jsou-vadne-airbagy-takata>

13 Seznam obrázků

Obrázky

Obr. č. 1. - Bezpečnost silničního provozu	5
Obr. č. 2. - Schéma aktivní bezpečnosti	11
Obr. č. 3. - Čelní náraz Euro NCAP	15
Obr. č. 4. - Boční náraz Euro NCAP	16
Obr. č. 5. - Zkouška bočního nárazu na sloup	17
Obr. č. 6. - Typy bezpečnostních pásů	18
Obr. č. 7. - Mechanický předepínač pásu.....	19
Obr. č. 8. - Pyrotechnický mechanismus.....	20
Obr. č. 9. - Aktivní hlavová opěrka.....	21
Obr. č. 10. - Pevnost plechů Škoda Yeti	22
Obr. č. 11. - SRS airbag.....	23
Obr. č. 12. - Přehled všech Airbagů ve Škoda Octavia	24
Obr. č. 13. - Schéma airbagu při výbuchu	25
Obr. č. 14. - Schéma modulu airbagu	27
Obr. č. 15. - Schéma inflátoru	28
Obr. č. 16. - Systémy pasivní bezpečnosti ve Škoda Octavia 3. generace.....	31
Obr. č. 17. - Velikost airbagů škoda Octavia III.....	32
Obr. č. 18. - Boční airbag Škoda s funkcí Head-Thorax	33
Obr. č. 19. - Okenní vak a trubkový airbag.....	34
Obr. č. 20. - Kolenní airbag.....	35
Obr. č. 21. - Protiskluzový airbag Renault	35
Obr. č. 22. - Airbag v bezpečnostním pásu	36
Obr. č. 23. - Volvo airbag kapoty	37
Obr. č. 24. - Airbag Honda Gold Wing.....	38
Obr. č. 25. - Testování TÜV SÜD laboratoře	39
Obr. č. 26. - Schéma poranění airbagy.....	39

Obr. č. 27. - Schéma experimentu.....	43
Obr. č. 28. - Porovnávací desky	44
Obr. č. 29. - Rychokamera.....	45
Obr. č. 30. - Přesah airbagu za snímkem.....	46
Obr. č. 31. - Průběh aktivace čelních airbagů při čelním nárazu	48
Obr. č. 32. - Průběh experimentu - airbag č. 1.	49
Obr. č. 33. - Průběh experimentu – airbag č. 2.	52
Obr. č. 34. - Materiál odletující od airbagu č. 2.....	53
Obr. č. 35. - Průběh experimentu - airbag 3.....	55
Obr. č. 36. - Průběh experimentu - airbag 4.....	56
Obr. č. 37. - Materiál odletující od airbagu č. 4.....	57
Obr. č. 38. - Průběh experimentu - airbag 4.....	59

Tabulky

Tab. č. 1. - Nehody a jejich následky.....	10
Tab. č. 2. - Tabulka času, délky a rychlosti nafouknutí airbagu č. 2.....	51

Grafy

Graf č. 1. - Historický záznam o bezpečnosti na silnicích v ČR	9
Graf č. 2. - Graf airbagu č. 1.....	50
Graf č. 3. - Graf airbagu č. 2.....	54
Graf č. 4. - Graf airbagu č. 3.....	55
Graf č. 5. - Graf airbagu č. 4.	57
Graf č. 6. - Graf airbagu č. 5.....	60

Vzorce

Vzorec č. 1. – Výpočet rychlosti.....	47
Vzorec č. 2. – Výpočet zrychlení.....	Chyba! Záložka není definována.
Vzorec č. 3. – Výpočet síly.....	47

14 Seznam příloh

Příloha 1. – Airbag číslo 5.



Zdroj: vlastní

Příloha č 2. – Airbag číslo 1. Ve svěráku



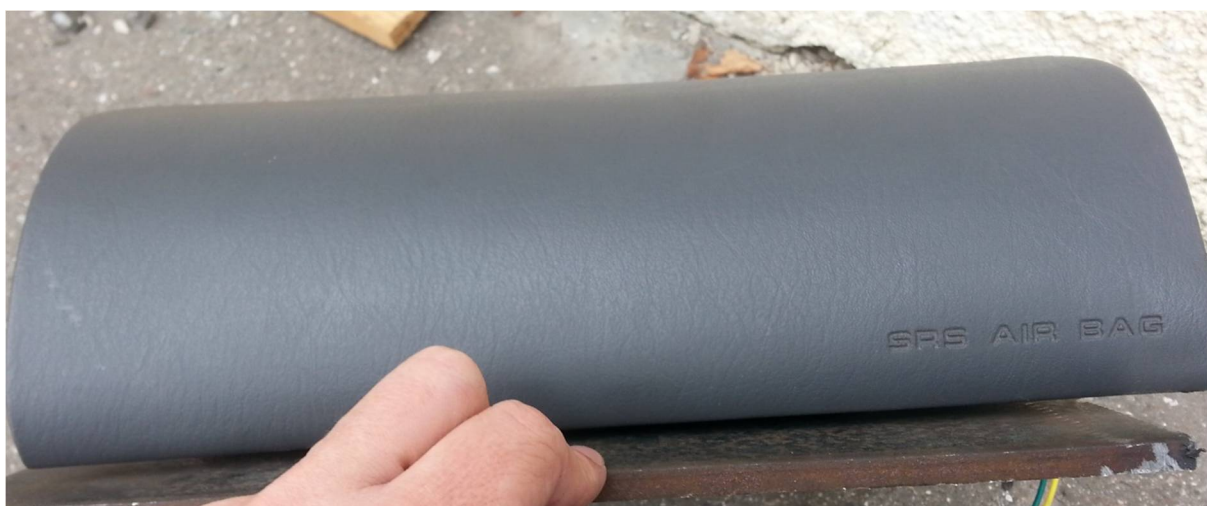
Zdroj: vlastní

Příloha č. 3. – Airbag číslo 2. Ve svěráku



Zdroj: vlastní

Příloha č. 4. – Airbag číslo 3. Ve svěráku



Zdroj: vlastní

Příloha č. 5. – Tabulka ke grafu airbagu č. 1

čas v s	vzdálenost v cm	vzdálenost v m	rychlost v m/s	zrzhleni v m/s ²	Síla v N
0	0	0	0	0	0
0,002	2	0,02	10	5000	1040
0,004	8	0,08	30	10000	2080
0,006	17	0,17	45	7500	1560
0,008	26	0,26	45	-3,6E-12	-7,4E-13
0,01	33	0,33	35	-5000	-1040
0,012	34	0,34	5	-15000	-3120
0,014	35	0,35	5	0	0
0,016	35	0,35	0	-2500	-520
0,018	35	0,35	0	0	0
0,02	34	0,34	5	2500	520
0,022	34	0,34	0	-2500	-520

Zdroj: vlastní

Příloha č. 6. – Tabulka ke grafu airbagu č. 2

čas v s	vzdálenost v cm	vzdálenost v m	rychlost v m/s	zrzhleni v m/s ²	Síla v N
0,002	5	0,05	25	12500	9235
0,004	15	0,15	50	12500	9235
0,006	33	0,33	90	20000	14776
0,008	45	0,45	60	-15000	-11082
0,01	56	0,56	55	-2500	-1847
0,012	65	0,65	45	-5000	-3694
0,014	67	0,67	10	-17500	-12929
0,016	66	0,66	5	-2500	-1847
0,018	71	0,71	25	10000	7388
0,02	71	0,71	0	-12500	-9235

Zdroj: vlastní

Příloha č. 7. – Tabulka ke grafu airbagu č. 3

čas v s	vzdálenost v cm	vzdálenost v m	rychlost v m/s	zrzhleni v m/s ²	Síla v N
0	0	0	0	0	0
0,002	2	0,02	10	5000	1266,5
0,004	4	0,04	10	-3,5E-11	-8,8E-12
0,006	6	0,06	10	-8,9E-13	-2,2E-13
0,008	24	0,24	90	40000	10132
0,01	28	0,28	20	-35000	-8865,5
0,012	29	0,29	5	-7500	-1899,75
0,014	30	0,3	5	1,38E-11	3,49E-12
0,016	32	0,32	10	2500	633,25
0,018	35	0,35	15	2500	633,25
0,02	36	0,36	5	-5000	-1266,5
0,022	36	0,36	0	-2500	-633,25

Zdroj: vlastní

Příloha č. 8. – Tabulka ke grafu airbagu č. 4

čas v s	vzdálenost v cm	vzdálenost v m	rychlost v m/s	zrzhleni v m/s ²	Síla v N
0	0	0	0	0	0
0,002	3	0,03	15	7500	5541
0,004	11	0,11	40	12500	9235
0,006	29	0,29	90	25000	18470
0,008	40	0,4	55	-17500	-12929
0,01	48	0,48	40	-7500	-5541
0,012	52	0,52	20	-10000	-7388
0,014	60	0,6	40	10000	7388
0,016	66	0,66	30	-5000	-3694
0,018	71	0,71	25	-2500	-1847
0,02	71	0,71	0	-12500	-9235

Zdroj: vlastní

Příloha č. 9. – Tabulka ke grafu airbagu č. 5

čas v s	vzdálenost v cm	vzdálenost v m	rychlost v m/s	zrychlíni v m/s²	Síla v N
0	0	0	0	0	0
0,002	5	0,05	25	12500	10187,5
0,004	15	0,15	50	12500	10187,5
0,006	25	0,25	50	-3,9E-11	-3,2E-11
0,008	35	0,35	50	4,97E-11	4,05E-11
0,01	36	0,36	5	-22500	-18337,5
0,012	39	0,39	15	5000	4075
0,014	45	0,45	30	7500	6112,5
0,016	48	0,48	15	-7500	-6112,5
0,018	50	0,5	10	-2500	-2037,5
0,02	51	0,51	5	-2500	-2037,5
0,022	56	0,56	25	10000	8150
0,024	57	0,57	5	-10000	-8150
0,026	57	0,57	0	-2500	-2037,5

Zdroj: vlastní