



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Martin Mikulka

NÁRAZ VOZIDLA DO PEVNÉ PŘEKÁŽKY

Bakalářská práce

2016



K622 Ústav soudního znalectví v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Martin Mikulka

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Náraz vozidla do pevné překážky**

Název tématu (anglicky): Vehicle Collision with a Rigid Barrier

Zásady pro vypracování

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

- Úvod
- Historie konstrukce automobilů, zkoušky pasivní bezpečnosti
- Trend současné konstrukce bezpečnostních prvků osobních automobilů
- Statistické vyhodnocení dopravních nehod, dělení pevných překážek
- Nehody osobních vozidel s čely samostatných sjezdů
- Legislativa k výstavbě samostatných sjezdů
- Závěr

Rozsah grafických prací: určí vedoucí práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: BRADÁČ, A. a KOL.: Soudní inženýrství. Brno. 1997. ISBN 80-7204-057-X

ŠACHL. J, ŠACHL. J (ml), SCHMIDT. D, MIČUNEK T., FRYDRÝN M.: Analýza nehod v silničním provozu. Praha 2008

Šachl, J.; Problematika měření protismykových kvalit povrchu vozovek; VÚD Praha

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš MIČUNEK, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **12. října 2015**

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

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**

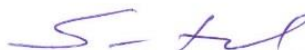
- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.

vedoucí

Ústavu soudního znalectví v dopravě



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Martin Mikulka

jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 12. října 2015

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu projektu doc. Ing. Tomášovi Mičunkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

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

V Praze dne 31. července 2016

.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÉ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

NÁRAZ VOZIDLA DO PEVNÉ PŘEKÁŽKY

Bakalářská práce

Červenec 2016

Martin Mikulka

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Náraz vozidla do pevné překážky“ je vyhodnocení dopravních nehod, u kterých figuruje pevná překážka, dále popis jednotlivých druhů pevných překážek, které se vyskytují kolem pozemních komunikací, nebezpečí těchto překážek a rizika při nárazu. Dále je zde popsán vývoj konstrukce automobilů a popis nárazových testů, které provádí nezávislé organizace. Více jsou zde rozebrána čela samostatných sjezdů, problematika, konstrukce, dopravní nehody a legislativa.

ABSTRACT

The subject of bachelor thesis „Náraz vozidla do pevné překážky“ is of evaluation traffic accident, where is main problems a rigid barriers, description of kinds rigid barriers in the vicinity roads, dangers of rigid barriers and risk in accident. Father, there is description evolution construction cars and description crash tests, which performs independently organizations. There is more description front separate exits, problems, construction, traffic accident and legislation.

Obsah

Obsah	4
1. Seznam použitých zkratek	6
2. Úvod	7
3. Historie konstrukce automobilů	8
3.1. Pojmy	8
3.1.1. Aktivní bezpečnost	8
3.1.2. Pasivní bezpečnost	8
3.2. Historie a vývoj konstrukce automobilů	8
4. Zkoušky pasivní bezpečnosti	9
4.1. Euro NCAP	10
4.2. IIHS	11
4.3. Nárazové testy (crash testy)	12
4.3.1. Čelní náraz do deformovatelné bariéry se 40 % překrytím	12
4.3.2. Čelní náraz do nedeformovatelného výstupku s 25 % překrytím	13
4.3.3. Boční náraz do stojícího vozidla rychlostí 50 km/h	17
4.3.4. Boční náraz vozidla na sloup rychlostí 32 km/h	20
5. Trend současné konstrukce bezpečnostních prvků osobních automobilů	21
5.1. Vysokopevnostní oceli	21
5.2. Kompozity	22
5.3. Asistenční systémy	23
5.3.1. Systém vedení v jízdních pruzích	23
5.3.2. Systém nouzového brzdění	23
5.3.3. Adaptivní tempomat	23
5.3.4. Automatické přepínání světlometů	24
5.3.5. Systém nočního vidění	24
5.3.6. BLIS – systém hlídání mrtvého úhlu	24
5.3.7. Ponehodový systém eCall	24
6. Statistické vyhodnocení dopravních nehod týkajících se pevné překážky	25
7. Dělení pevných překážek	26
7.1. Přírodní	26
7.1.1. Strom	26
7.1.2. Svah	29
7.2. Umělé	30
7.2.1. Sloup	30
7.2.2. Zeď	32
7.2.3. Svodidlo (plot, zábradlí)	33

7.2.4. Samostatné sjezdy	35
8. Nehody osobních vozidel s čely samostatných sjezdů	36
8.1. Druhy samostatných sjezdů	36
8.1.1. Samostatný sjezd s rovným čelem	36
8.1.2. Samostatný sjezd se šikmým čelem	38
8.2. Reálné nehody osobních automobilů s čely samostatných sjezdů	41
8.2.1. Náraz vozidla Peugeot 206 do čela samostatného sjezdu u obce Divec	41
8.2.2. Náraz vozidla Škoda Fabia II do čela samostatného sjezdu u obce Starý Bydžov	45
8.3. Opatření zmírňující náraz do čel samostatných sjezdů	49
8.3.1. Svodidla	49
8.3.2. Speciální segmenty umístěné před čely	50
8.3.3. Samostatný sjezd s integrovanou deformační zónou	53
9. Legislativa k výstavbě samostatných sjezdů	54
9.1. Podmínky pro vybudování samostatného sjezdu	54
9.2. Vyhláška MDS č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	54
9.3. ČSN 736 101 - Projektování silnic a dálnic	55
10. Závěr	57
11. Použité zdroje	59
12. Seznam obrázků	64
13. Seznam tabulek	70
14. Seznam příloh	71

1. Seznam použitých zkratk

ABS	Antiblokovací systém
ASR	Systém regulace prokluzu kol
AFL	Adaptivní přední světlomety
ČSN	Česká státní norma
EBD	Elektronické rozdělování brzdné síly
EDS	Elektronická uzávěrka diferenciálu
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
ESP	Elektronicky stabilizační program
GM	General Motors
HBA	Hydraulický brzdový asistent
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
IZS	Integrovaný záchranný systém
MDS	Ministerstvo dopravy a spojů
SUV	Sportovně užitkový vůz
SRS	Supplemental Restraint System
SSZ	Světelné signalizační zařízení
TP	Technické podmínky

2. Úvod

Téma bakalářské práce „Náraz vozidla do pevné překážky“ jsem si vybral z důvodu toho, že se zajímám o bezpečnostní prvky v automobilech, dále dopravní nehody, bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a bezpečnost automobilů. Dalším důvodem, proč jsem si vybral takovéto téma, je skutečnost, že jsem na projektu Analýza dopravních nehod.

Tato bakalářská práce ve své první části popisuje vývoj bezpečnostních prvků v osobních automobilech, poukazuje na důležité milníky ve vývoji bezpečnosti vozidel. Dále jsou zde podrobně popsány laboratorní nárazové testy, kterými prochází automobily díky nezávislým organizacím a zákazník má možnost dozvědět se o výsledcích těchto testů. Součástí popisu testů je zde vyzdvihnuta problematika těchto laboratorních testů a to jak se výrobci automobilů snaží o co nejlepší hodnocení. Další kapitola se zaměřuje na současný trend vývoje konstrukce bezpečnostních prvků u osobních automobilů, zejména elektronických asistentů. Nedílnou součástí této práce je i statistika nehodovosti na území České Republiky ve vybraném období, procentuální zastoupení pevných překážek, které figurují v nehodách a nejčastější pevná překážka se kterou se vozidla střetávají.

Velká část práce je věnována rozdělení a popisu pevných překážek, které se vyskytují v obvodu pozemních komunikací. Popisuje se zde problematika při nárazu, umístění těchto překážek, jejich nevhodná konstrukce a následky při nárazu vozidla do těchto překážek. Dále jsou zde detailně popsány kolize vozidel s čely samostatných sjezdů, které jsou doplněny o reálné dopravní nehody, na jejichž místech jsem se byl podívat. Popsán je zde i návrh řešení, který by eliminoval, nebo zmírnil tragické následky těchto kolizí.

Na závěr je tato práce doplněna o legislativní předpisy, které souvisí s výstavbou samostatných sjezdů.

3. Historie konstrukce automobilů

3.1. Pojmy

Nejprve si uvedeme význam dvou rozdílných pojmů. Pasivní a aktivní bezpečnost vozidel.

3.1.1. Aktivní bezpečnost

Prvky aktivní bezpečnosti vozidel jsou systémy, technická zařízení a vlastnosti vozu, které pomáhají zabránit nebo předejít vzniku dopravním nehodám. Mezi prvky aktivní bezpečnosti patří například: kvalitní brzdový systém, přesné řízení, dobrý výhled z vozidla, vhodné osvětlení, elektronické bezpečnostní systémy (ABS, ESP, ASR, aktivní tempomat, automatické nouzové brzdění a další), dostatečně výkonný motor, vhodné pneumatiky, apod. [1]

3.1.2. Pasivní bezpečnost

Prvky pasivní bezpečnosti vozidel přicházejí do činnosti až v okamžiku dopravní nehody. Jedná se o konstrukční zařízení a systémy, které mají za cíl minimalizovat následky nárazu. Mezi prvky pasivní bezpečnosti patří například: tuhá karoserie, deformační zóny, bezpečnostní pásy, airbagy, předepínače bezpečnostních pásů, eCall, automatické odpojení přívodu paliva po nárazu apod. [1]

3.2. Historie a vývoj konstrukce automobilů

Nárazové zkoušky automobilů probíhaly již v 30. letech 20. století. Hlavní slovo však dostaly až po druhé světové válce. Do 50. let 20. století byla konstrukce automobilů velmi jednoduchá a nezahrnovala téměř žádné deformační zóny, které by ochránily posádku před následky nehody. Deformační zóny vyvinul rakousko-uherský inženýr a vynálezce Béla Barényi (1907 – 1997). Béla Barényi pracoval pro automobilku Daimler Benz (dnešní Mercedes-Benz) a v roce 1951 se začal zabývat pasivními bezpečnostními prvky v automobilech, především konstrukcí deformačních zón.

K datu 11. srpna 1959 byl představen první sériový automobil na světě, který měl ve své konstrukci výrazné deformační zóny. Jednalo se o model Mercedes-Benz W110, W111/112. Předchůdce dnešní třídy S. Trojcípé hvězdě patří v tomto ohledu světové prvenství. Béla Barényi se zasloužil také o instalaci sklopného sloupku řízení, který při nehodě snižoval riziko zranění řidiče. Rovněž je autorem bezpečnější odnímatelné střechy. V interiéru tehdejších Mercedesů se objevily měkčené prvky jako například čalouněné výplně dveří, vnitřní madla nebo střed volantů. Barényiho činnost měla velký dopad na automobilový průmysl. Pomohl popularizovat myšlenku pasivní bezpečnosti tak, že ji i ostatní výrobci automobilů začali brát vážně. [2]

Postupným vývojem se začalo do automobilů montovat větší a větší množství systému pasivní a aktivní bezpečnosti. Velkým milníkem je vynález tříbodového bezpečnostního pásu od Švéda Nilse Bohlina, jehož vynález poprvé použil v roce 1959 Švédský výrobce automobilů Volvo. Bezpečnostní pás byl nabízen jako prvek standartní výbavy vozidla a doposud zachránil tisíce životů při autonehodách. Dále automobilka použila čalouněnou přístrojovou desku, která měla zmírnit následky nárazu. V roce 1966 představilo světu model Volvo 144, první sériově vyráběný vůz s kotoučovými brzdami na všech 4 kolech a dvouokruhovou soustavou brzd. [1]

V 70. letech se objevil další důležitý prvek pasivní bezpečnosti, airbag. V USA se montoval do automobilů na přání, ale prodeje nebyly takové, jak by se na první pohled mohlo zdát. Další novinku aktivní bezpečnosti, kterou Mercedes-Benz uvedl na trh v roce 1978, byl elektronický systém ABS. Původně byl určen pro letadla, aby byla lépe říditelná při brzdění. V 80. letech přišla společnost Mercedes-Benz s novinkou, kdy se při nárazu detekovaným pomocí senzorů předepjaly bezpečnostní pásy a aktivovaly se airbagy, které byly v součinnosti pouze se zapnutým bezpečnostním pásem. Tato novinka byla montována do modelu W126 a na rozdíl od amerického výrobce GM, montoval Mercedes systém airbagů SRS. Jedná se o airbagy, které jsou brány jako podpora bezpečnostních pásů a nikoliv jako jejich náhrada. [1]

V roce 1986 Volvo představilo inovaci brzdových světel – třetí brzdové světlo. Umístěné bylo na zadním skle, přesně v zorném poli řidiče jedoucího bezprostředně za vozidlem. Toto světlo bylo vybaveno LED diodami, které se vyznačují velmi krátkou reakční dobou, a tak mohli řidiči reagovat rychleji na situaci. Dále se začaly do automobilů dostávat prvky pasivní bezpečnosti, jako jsou samočinně stavitelné bezpečnostní pásy, hlavové opěrky s ochranou hlavy, krku a páteře při nárazu zezadu, hlavové airbagy, asistenční systémy (ABS, ASR, ESP, HBA, EBD, EDS, AFL, a další), airbag pro chodce. [1]

Vývoj a pokrok prodělávají také karoserie vozidel a to především v použití vysokopevnostních ocelí a materiálů z lehkých slitin. Jsou zároveň lehčí a mají mnohonásobně vyšší tuhost než ocel používaná v dřívější době. Použity jsou na výztuhách v motorovém prostoru, nosníky vozidla, bočnice karoserie a profily ve dveřích pohlcující boční náraz, dále příčníky ve střeše a podlaze vozidla.

4. Zkoušky pasivní bezpečnosti

Nárazové testy nebo zkoušky pasivní bezpečnosti provádí samostatné automobilky v rámci homologačních testů automobilů. Výsledky těchto testů však nejsou veřejně přístupné a pro

každý trh mohou být rozdílné. Z tohoto důvodu vznikají organizace, které provádí nezávislé nárazové testy (crash testy).

4.1. Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)

Evropská organizace, založená v roce 1997, která provádí evropský spotřebitelský test bezpečnosti nových vozů. Cílem Euro NCAP je nezávislé hodnocení pasivní a aktivní bezpečnosti automobilů různých továrních značek. Výsledky jsou následně vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Hodnocení se pohybuje od 0* - (nevyhovující) po 5* - (bezpečné). Výsledky jsou volně přístupné pro veřejnost a spotřebitel se tak může jednoduše informovat o úrovni bezpečnosti vozů. Zkušebna, která provádí tyto testy, koupí anonymně vůz. Je tím tak zaručen náhodný výběr vozu a neovlivnění výsledků ze strany automobilky. Po té jsou přizváni k testu zástupci daného výrobce, kteří se podílejí na přípravě. Samostatné zkoušky se zúčastní jako pozorovatelé. Zkouška se provádí pouze jednou. [3]

Do roku 2001 byly automobily hodnoceny nejvyšším počtem hvězdiček 4*. Po tomto roce přišly změny a hvězdičky se navýšily na konečný počet 5*. [3]

V roce 2009 přišlo další předělání systému hodnocení. Nárazové testy byly zaměřeny především na ochranu dospělých a dětí při nehodě. Nově se však začaly zabývat asistenčními systémy, které mají za úkol předejít nehodě, nebo zmírnit její následky. Jedná se o zkoušky elektronických stabilizačních systémů, systém pro ochranu krční páteře, automatické nouzové brzdění apod.. [3]

Celkové hodnocení se skládá z následujících částí: [3]

1) Ochrana dospělých cestujících:

- čelní náraz do deformovatelné bariéry se 40 % překrytím
- čelní náraz do nedeformovatelné bariéry se 100 % překrytím
- boční náraz rychlostí 50 km/h
- boční náraz na sloup
- test ochrany krční páteře
- test bezpečnostních systémů

2) Ochrana dětí:

- ochrana dětí při čelním a bočním nárazu
- schopnost vozu pojmout dětské autosedačky různých velikostí
- ověření správného uchycení dětských autosedaček

3) Ochrana chodců:

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

4) Asistenční systémy:

- test elektronického stabilizačního systému
- kontrola zanutí bezpečnostních pásů
- asistent rychlostních limitů
- test automatického nouzového brzdění
- asistent jízdy v pruzích

Nevýhodou těchto testů je skutečnost, že výrobci automobilů už počítají s těmito nezávislými zkušebními a začali vyrábět vozidla, která jsou konstrukčně dělaná tak, aby prošla těmito testy s hodnocením 5*. Dále se musí brát v potaz, že se jedná o laboratorní testy, které se v reálném provozu a při reálných nehodách hodně liší. Při laboratorních testech jsou nastaveny zádržné systémy a sedadla do optimální polohy a nastaveny na hmotnost testované figuríny. V reálném světě má však každý řidič své pracoviště za volantem nastavené dle svých potřeb a často tak nevhodně, že zádržné systémy nemohou pracovat na 100%. Proto se stává, že i při relativně nižší rychlosti do 70 km/h v automobilu s 5* od Euro NCAP, můžeme při nárazu do pevné překážky s 25 % přesahem utrpět těžká zranění. Takovýmto crash testem se však zabývá další nezávislá organizace v USA, kterou je IIHS.

4.2. IIHS (Insurance Institute for Highway Safety)

Jedná se o obdobu evropského Euro NCAP. IIHS je nezávislá nezisková organizace zabývající se nárazovými zkouškami a pojišťovacími nárazy v USA. Je financována pomocí pojišťoven, které tak získávají informace o bezpečnosti jednotlivých automobilů a nákladů na jejich opravu. Byla založena v roce 1959. Samostatné nárazové zkoušky provádí od 90. let a její metodika je podobná metodice Euro NCAP. Hodnocení automobilů není formou hvězdiček, ale rozřazení automobilů do jednotlivých tříd. [4]

Instituce IIHS provádí následující druhy testů na vozidlech: [4]

- 1) Čelní náraz do deformovatelné bariéry se 40 % překrytím
- 2) Čelní náraz do nedeformovatelného výstupku s 25 % překrytím
- 3) Boční náraz rychlostí 50 km/h
- 4) Odolnost střechy proti deformacím
- 5) Prevence před čelním nárazem (nouzové brzdění)

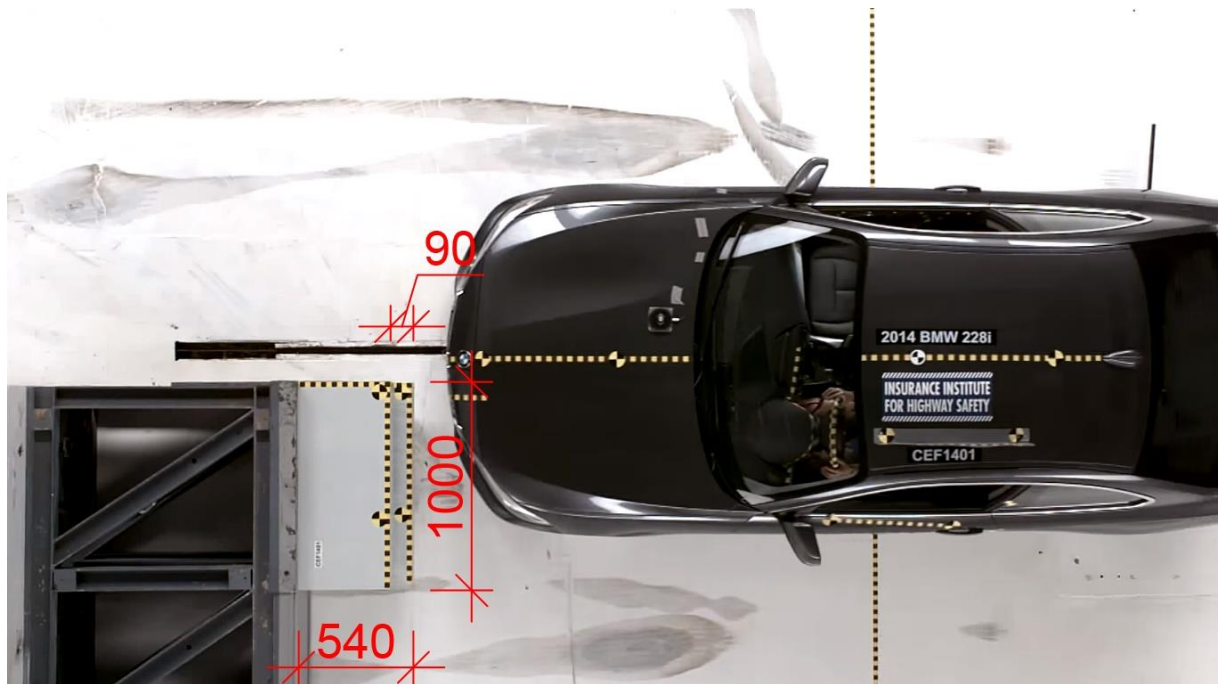
- 6) Opěrky hlavy a sedadla
- 7) Hodnocení světlometů

4.3. Nárazové testy (crash testy)

4.3.1. Čelní náraz do deformovatelné bariéry se 40 % překrytím

Když instituce IIHS začala s testováním vozidel na tento druh nárazu, většina vozidel byla hodnocena jako nevyhovující. Vlivem vývoje však dnešní drtivá většina automobilů vyjde z tohoto nárazového testu s hodnocením vynikající. Je to dáno zásluhou, že prostory pro posádku jsou více odolnější deformacím, než tomu bylo dříve a činnost zadržných systémů společně s airbagy je na nejvyšší úrovni. Legislativou byl tento náraz se 40 % překrytím zaveden jako povinný v roce 1996. [4]

Společnost Euro NCAP tento druh nárazového testu zavedla v roce 1997, při jejím vzniku. [3]



Obr. [1] Čelní náraz vozidla BMW 228i do deformovatelné bariéry se 40 % překrytím

Tento crash test simuluje náraz dvou stejně vážících a podobných automobilů, z nichž se každé pohybuje rychlostí 64 km/h. Vozidlo je navedeno na deformovatelnou bariéru tvořenou hliníkovými profilovanými plechy. Rozměry bariéry jsou: šířka: 1000 mm, hloubka: 540 mm. [5]

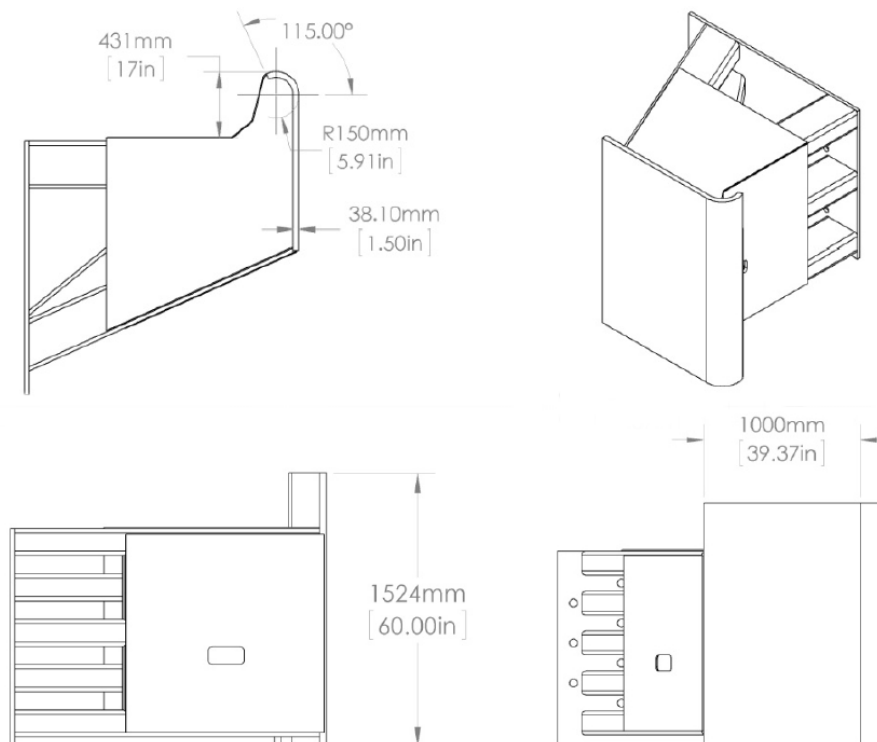


Obr. [2] Čelní náraz vozidla Fiat 500L do deformovatelné bariéry se 40 % přesahem

4.3.2. Čelní náraz do nedeformovatelného výstupku s 25 % překrytím

Tento typ nárazového zkušebního testu byl představen institucí IIHS v roce 2012, v rámci zlepšení ochrany cestujících při čelním nárazu. Oficiálně byl nazván jako Small Overlap Frontal Test – čelní náraz s malým překrytím. Test představuje náraz automobilu svou čelní částí s přesahem 25 % šířky příďe, rychlostí 64 km/h, do nedeformovatelné překážky vysoké 1524 mm. Jedná se tzv. o náraz na „roh“ vozidla a daná překážka představuje strom, sloup, nároží domu, betonový samostatný sjezd nebo srážku dvou vozidel, která se střetnou svými „rohy“. Zkouška prověřuje především deformační zóny v oblasti vnějších částí předních rohů vozidla a funkci zádržných systémů, protože se při nárazu cestující pohybuje šikmo vpřed. [4]

Náraz je orientován na příď vozidla, tak aby byl minut hlavní nosník v motorovém prostoru a veškerá energie byla směřována na přední kolo, jeho zavěšení, výztuhu v předním blatníku a přední A-sloupek spolu s prahem vozidla, kde jsou deformační zóny velmi malé. [4]



Obr. [3] Nedeformovatelná překážka

Při nárazu často dochází k zaražení a následnému průniku předního kola do prostoru pro nohy řidiče, posunu přístrojové desky do prostoru pro cestující a ztráty pevnosti A-sloupku a prahu v oblasti nohou řidiče. Následkem toho je tlačení pedálů, mechanismu řízení a motorové stěny proti řidiči a vzniku těžkých zranění v oblasti dolních končetin. Velký posun mechanismu řízení má za následek nesprávnou činnost airbagů, s kterou souvisí zranění v oblasti hrudníku a hlavy cestujících. Jako další slabinou se ukazuje ztráta tuhosti A-sloupku v oblasti střechy, kdy dojde k jeho zlomení a následnému hroucení bezpečného prostoru pro cestující.

Značná část vozidel, která prošla tímto nárazovým testem v době jeho uvedení, byla hodnocena jako nevyhovující. Jednalo se o světoznámé výrobce vozidel jako např. Audi, BMW, Fiat, Hyundai, Lexus, Mercedes-Benz, Volkswagen, Toyota. Jedná se o automobily, které byly vyráběny v letech 2010 – 2015. Test s ohodnocením výborný zvládla vozidla značky Volvo a to i model XC90 vyráběný od roku 2003 – 2015, na kterém je vidět, že výrobce vozu bere v potaz různé druhy nárazů a svoje vozidla k tomu konstrukčně uzpůsobuje. [6] Výborný výsledek měly také některé modely značky Acura, Honda a Subaru. [7], [8], [9] Při detailnějším zkoumání však zjistíme, že nejnižší hodnoty deformací a přetížení byly naměřeny ve vozidlech Volvo. [6]

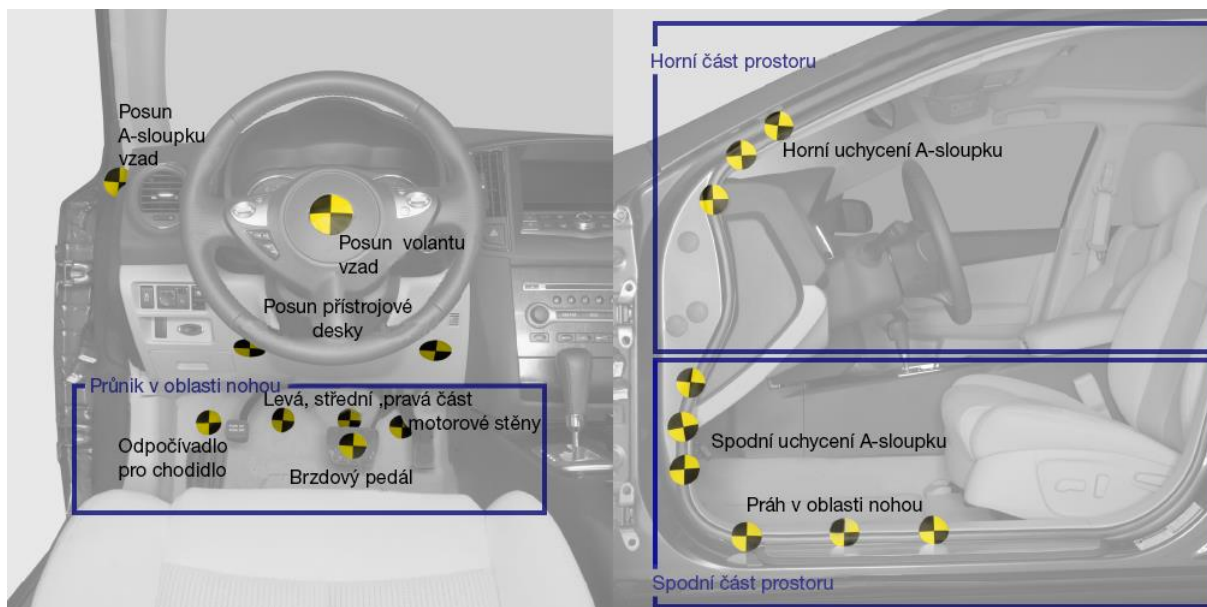
V současné době se výrobci automobilů snaží svá vozidla konstrukčně řešit tak, aby vyhověla i při tomto druhu nárazu pokud možno s výsledkem výborný. Porovnání dvou

vozidel, které prodělaly čelní náraz s 25 % přesahem s rozdílnými výsledky, viz příloha. [10], [11]



Obr. [4] Čelní náraz vozidla Fiat 500L do nedeformovatelné bariéry s 25 % přesahem

Při tomto nárazovém testu se sledují posuny a polohy následujících částí v oblasti nárazu uvnitř vozidla.



Obr. [5] Sledované části v oblasti prostoru řidiče

Nejnovější nárazové testy do nedeformovatelné bariéry s 25 % přesahem, které provedla společnost IIHS v první polovině roku 2016, odhalily překvapující fakta týkající se deformačních zón v předních částech automobilů.

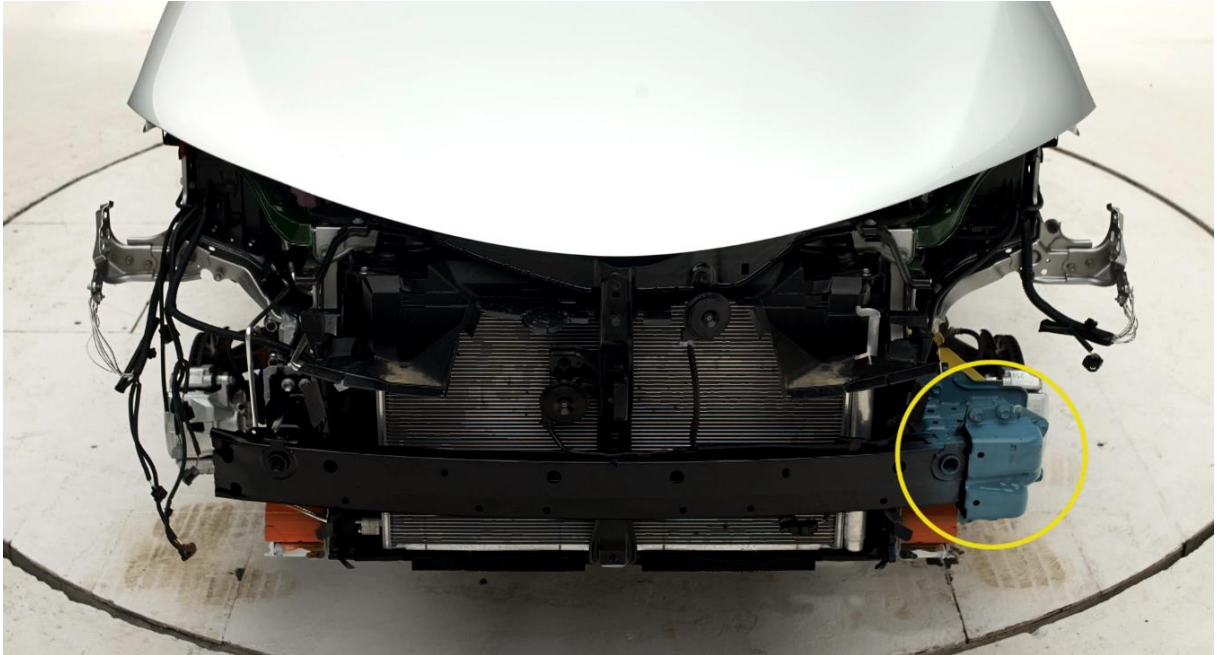
Nárazovým testem prošlo celkem sedm automobilů SUV. Jednalo se o náraz do nedeformovatelné bariéry s 25 % přesahem na stranu spolujezdce. Při podrobném prozkoumání a rozebrání nezdeformovaných vozidel a pozdějším ohledáním vraků vozidel bylo zjištěno, že deformační zóny v přední části automobilu nejsou stranově stejné. Rozdíly jsou v přidaných výztuhách a tlumičů nárazu na straně řidiče, které pohltní náraz a zabrání tak zhroucení prostoru před řidičem. Tyto konstrukční prvky však na straně spolujezdce zcela chybí a výsledkem jsou tak silné deformace na straně spolujezdce a následná vážná zranění. Tento test ukazuje, že automobil, který obdrží při nárazu na stranu řidiče hodnocení výborný, nemusí splnit totéž na stranu spolujezdce. Dále ukazuje na snahu výrobců automobilů šetřit při výrobě a vyvíjet svá vozidla tak, aby prošla laboratorními nárazovými testy s co nejvyšším hodnocením a byla tak dobře prodávána. [12]

Z celkového počtu sedmi vozidel si stejný výsledek při tomto testu odneslo pouze jedno. Zbylých šest automobilů bylo hodnoceno s výsledkem horším. Jako nejhůře dopadl automobil od výrobce Toyota. Model Toyota RAV4 (modelový rok 2015) byl hodnocen při nárazu na stranu řidiče jako výborný, na stranu spolujezdce jako velmi špatný. Tento fakt je způsoben absencí výztuh na straně spolujezdce. [12]



Obr. [6] Porovnání dvou identických nárazů s 25 % přesahem na obě strany, Toyota RAV4

Deformace vzniklé absencí výztuhy po nárazu a odstranění dveří jsou viditelné na Obr. [8]. Lze spatřit výrazné deformace v oblasti prahu nohou spolujezdce, zalomení A-sloupku v jeho horní části a velké deformace v jeho spodní části. S tím je úzce spjat posun přístrojové desky proti spolujezdci.



Obr. [7] Obnažená před automobilu Toyota RAV4 (modelový rok 2015) ukazující absenci výztuh na straně spolujezdce



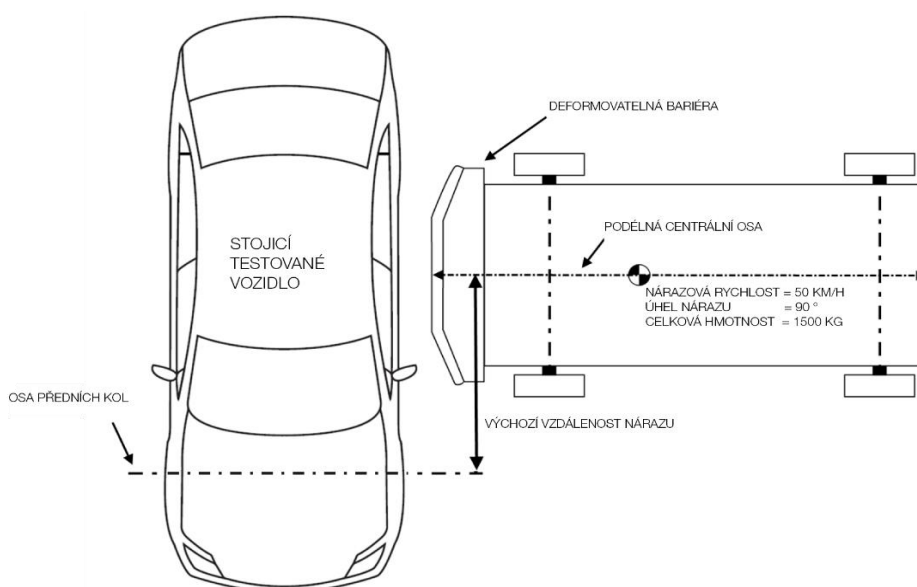
Obr. [8] Porovnání deformací na straně řidiče (vlevo) a na straně spolujezdce (vpravo) na automobilu Toyota RAV4 (modelový rok 2015)

4.3.3. Boční náraz do stojícího vozidla rychlostí 50 km/h

Boční náraz byl vyvinut v roce 1980 a společnost Euro NCAP začala s jeho testováním v roce 1997. [3] V roce 2015 provedla jeho modernizaci. Společnost IIHS zařadila do svého testovacího programu boční náraz v roce 2003. [13]

Boční nárazy jsou v žebříčku nárazů na druhém místě, hnedle po čelních nárazech, co se četnosti a následků na zdraví týče. Ve srovnání s čelním nárazem je tento náraz náročnější na ochranu cestujících, protože vozidla mají po stranách relativně malý prostor, který by pohltit velké množství energie vyvolané bočním nárazem jiného vozidla. Výrobci automobilů, však svoje vozidla vyvíjejí tak, aby ochránily cestující i v tomto případě. Svá vozidla uzpůsobují jednak konstrukčně, pomocí výztuh z vysoko pevnostních ocelí v boku svých automobilů a dále v posledních letech instalují do vozidel boční a hlavové airbasy, které jsou ve většině případů již standartní výbavou. Boční a hlavové airbasy jsou konstruovány tak, aby ochránily cestující před tvrdými částmi v interiéru vozidla a zabránily kontaktu hlavy cestujících s přední částí vozidla, které narazilo do boku. Pomáhají také zvětšit plochu, na kterou se rozloží síla působící při nárazu na tělo pasažérů. Nicméně samotné airbasy k ochraně nestačí a tak je potřeba, aby byly použity bezpečnostní pásy a vozidlo mělo dobře vyvinuté deformační zóny. Poté má cestující šanci takový náraz přežít bez vážnějších zranění. [13], [14]

Samostatný boční náraz je prováděn při rychlosti 50 km/h. Testované vozidlo je v klidu a kolmo k jeho boku se rozjíždí vozík s deformovatelnou bariérou, který představuje jedoucí vozidlo rychlostí 50 km/h. Deformovatelná bariéra je tvořena hliníkovými profilovanými plechy s různou deformační silou, které jsou vytvarovány do tvaru imitujícího předek automobilu. Jedná se o díl, který imituje přední výztuhu v nárazníku vozidla, která je zhotovena z profilovaného hliníkového plechu s deformační silou 1690 kPa. Další díl představuje čelo vozidla, které je zhotoveno z profilovaného hliníkového plechu s deformační silou 310 kPa. Dále následuje samostatná příhradová konstrukce vozíku, na kterém je bariéra umístěna. Celková hmotnost soustavy je 1500 Kg. Představuje tak průměrné vozidlo střední třídy. [15]



Obr. [9] Schéma bočního nárazu při rychlosti 50 km/h

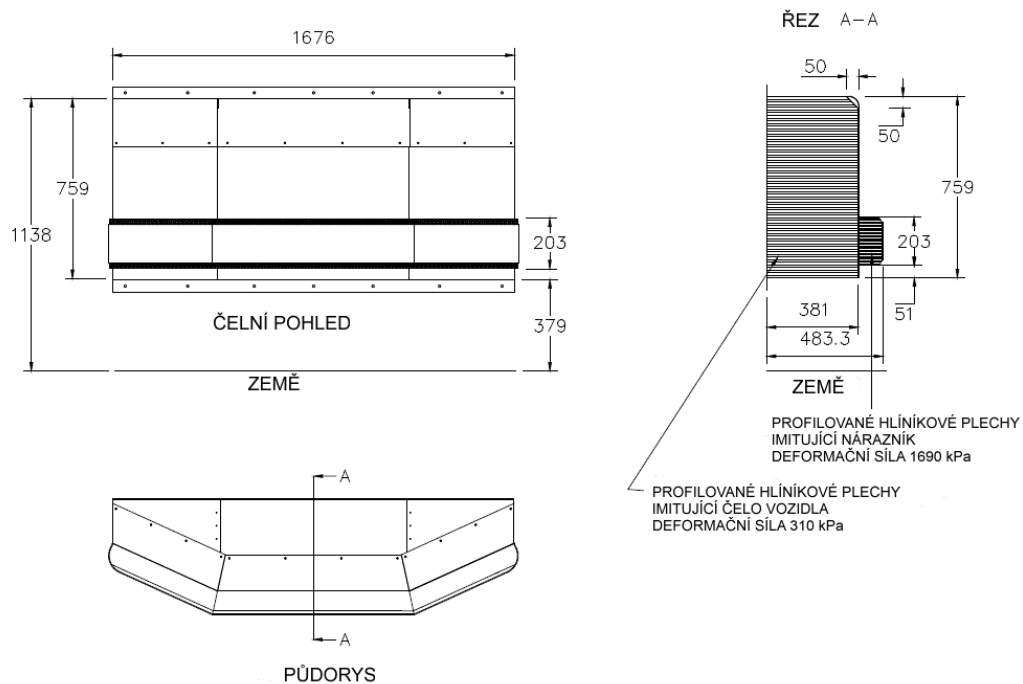
Boční nárazový test má za úkol prověřit konstrukci vozidla v oblasti B-sloupku, výztuh umístěných ve dveřích, střeše, podlaze a prahu vozidla, dále schopnost dveřních panelů a sedadel pohltit energii a funkci zádržných systémů společně s airbagy. U části jako jsou deformační zóny, se jedná především o pohlcení energie a jejich deformace. U airbagu jde o jejich vhodné načasování při nárazu, protože během několika milisekund musí vyplnit malý prostor mezi cestujícím a boční stěnou vozidla, která se deformuje směrem k cestujícím.

Společnost IIHS používá ve své metodice dva druhy mobilních bariér. První z nich představuje před' osobního automobilu. Druhá představuje před' sportovně užitkového vozidla, které má hranu bariéry posunutou výše od země. Tato skutečnost vede k tomu, že při nárazu může dojít ke kontaktu hlavy cestujících s vysokou přední částí vozidla SUV. K tomuto kroku se společnost IIHS rozhodla z důvodů, že se na světovém trhu začínají ve velkém rozmáhat vozidla SUV a výhled do budoucna počítá s tím, že tato vozidla budou stále žádanější. [15]



Obr. [10] Druhy mobilních bariér pro boční náraz

Na obr. [10] je žlutě vyznačena bariéra představující před' osobního automobilu, stříbrnou část představuje před' vozidla SUV. [14]



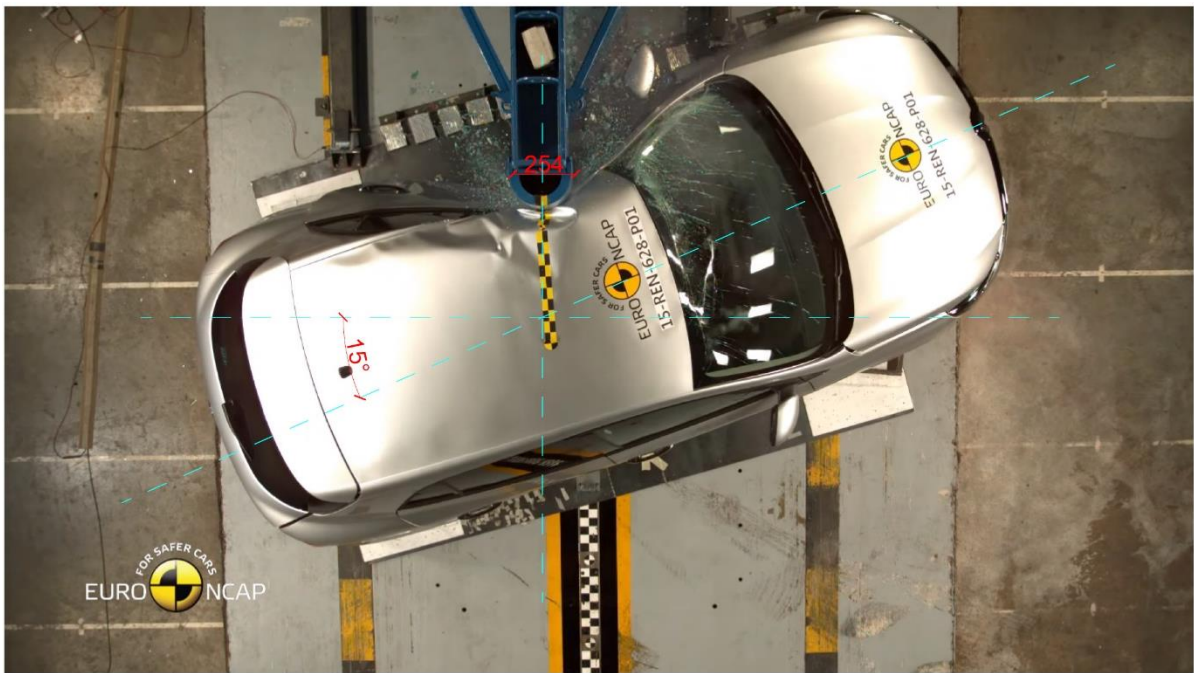
Obr. [11] Parametry deformovatelné bariéry představující příď osobního automobilu

4.3.4. Boční náraz vozidla na sloup rychlostí 32 km/h

Náraz vozidla na sloup provádí pouze společnost Euro NCAP a byl představen v roce 2001. V roce 2015 byl modernizován do současných podmínek. Společnost IIHS tento test neprovádí.

Tento druh nárazu simuluje náraz vozidla svým bokem do sloupu nebo kmene vzrostlého stromu. Důvodem k zavedení této zkoušky je fakt, že pozemní komunikace jsou lemovány sloupy veřejného osvětlení, el. vedení, stromy a dochází velmi často k nárazům vozidel do těchto překážek. Stává se většinou tak po ztrátě kontroly nad vozidlem ze strany řidiče vlivem překročení rychlosti nebo smyku na kluzkém povrchu. Takovéto nehody často končí tragicky úmrtím nebo vážným zraněním.

Při zkoušení je testovaný automobil umístěn na pohyblivé plošině tak, že s podélnou osou plošiny svírá úhel 15° nebo je s osou umístěn rovnoběžně (dle starých podmínek). Následně se pohyblivá plošina s vozidlem rozjede rychlostí 32 km/h proti železnému vysazenému sloupu o průměru 254 mm. [16] Tento nárazový test je jeden z nejnáročnějších, protože jsou deformace a síly soustředěné na velmi malou boční část automobilu a vysazený sloup může proniknout hluboko do prostoru pro posádku vozidla. Bez pevné struktury vozidla, bezpečnostních pásů, bočních a hlavových airbagů je cestující vystaven velmi vážným zraněním, především v oblasti hlavy a trupu.



Obr. [12] Náraz automobilu Renault Megane na sloup

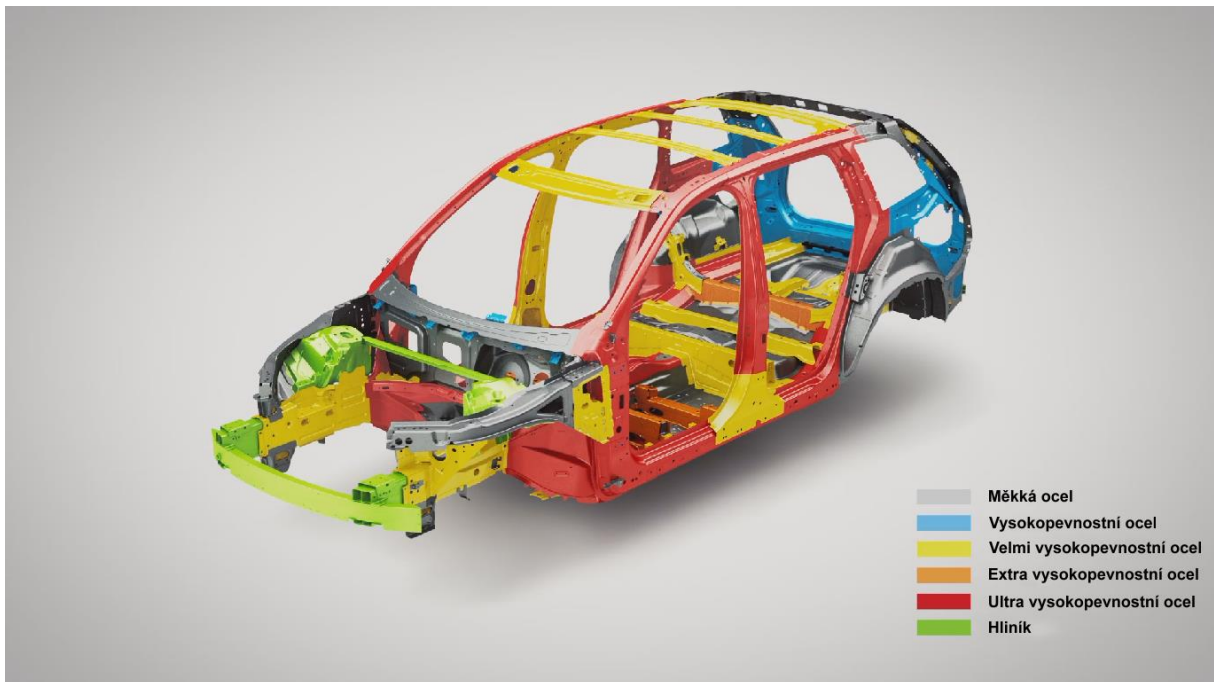
5. Trend současné konstrukce bezpečnostních prvků osobních automobilů

Současný trend vývoje bezpečnostních prvků je především směřován na asistenční systémy, které korigují chyby řidiče, případně zcela zasáhnou v nebezpečné situaci, nebo se snaží co nejvíce snížit následky nehody. Zapomenout se však nesmí na použité materiály a strukturu karoserie automobilů.

5.1. Vysokopevnostní oceli

Automobily, které se vyrábí v současné době, jsou z hlediska pevnosti konstrukce karoserie, deformačních zón a pasivní bezpečnosti na velmi vysoké úrovni. Výrobci osobních automobilů používají pro zlepšení tuhosti karoserie různé druhy vysokopevnostních ocelí, které systematicky umísťují v jednotlivých částech vozidla tak, aby při nárazu zůstal prostor pro cestující bez výrazných deformací a tím nedošlo k vážným zraněním.

Nejpevnější typ oceli, která je v současné době používána v automobilovém průmyslu k výrobě karoserií, je ocel tvářená za tepla. [17] Podíl takovýchto druhů ocelí v konstrukci karoserií vozidel stoupá. Jednak z hlediska pevnější a tužší karoserie a dále z hlediska ušetření celkové hmotnosti automobilu. Vysokopevnostní oceli jsou nejenom pevnější, ale i lehčí, než klasické oceli. Dále se používají slitiny různých kovů, případně se některé části karoserie vyrábí z lehčích kovů, jako například hliník, titan, hořčík.



Obr. [13] Struktura karoserie automobilu Volvo XC90 2. generace

Například výrobce automobilů Volvo u své první generace modelu XC90 použil ke stavbě karoserie 7 % vysokopevnostních ocelí tvářených za tepla. U druhé generace se tento podíl zvýšil na 40 %. [17]

5.2. Kompozity

Kompozit je materiál, který specifickým způsobem kombinuje dvě nebo více komponent o výrazně se lišících fyzikálních a chemických vlastnostech. U automobilů se používají nejčastěji uhlíková vlákna v kombinaci s epoxidovými matricemi, případně skelná vlákna. Výhodou těchto materiálů je vlastnost typická pro kompozitní materiály. Materiály se ve směru vláken vyznačují pevností, která je srovnatelná s vlastnostmi ocelí, ovšem při hustotě běžných plastů, tudíž jsou kompozity velice lehké. Ovšem při změně směru působení zatížení nebo změně typu zatížení se mohou mechanické vlastnosti výrazně měnit. Proto je třeba kompozitní materiál připravovat na míru konkrétnímu dílu. Nevýhodou kompozitů je především cena a také zdlouhavá výroba. Nejčastější použití je u závodních automobilů nebo supersportů. Na vozidlech to jsou například výztuhy nárazníků, skořepinové sedačky, nosné části karoserie. [18]

5.3. Asistenční systémy

Dnešní automobily jsou mnohem složitější než kdykoliv před tím. Tento fakt je dán nejen konstrukčním řešením, ale především použitím stále většího množství elektroniky, která se skládá z různých čidel, senzorů, řídicích jednotek, elektronických součástek. Pokrok a vývoj automobilů je už na takové úrovni, že někteří výrobci automobilů začínají s testování autonomních vozidel, která se budou řídit dle senzorů a řídicích jednotek v nich umístěných a řidič bude tak pouze jako pasažér, který se přemísťuje, nikoliv řídí.

Systémy, které přispívají ke zvýšení bezpečnosti na silnicích, jako jsou systémy ABS, ASR, ESP, HBA, dešťový senzor, čidla parkování, apod. jsou v dnešní době standardem ve všech nových vozidlech. V rámci zvýšení bezpečnosti se postupně ve vozidlech objevují modernější a inteligentnější systémy.

5.3.1. Systém vedení v jízdách pruzích

Asistent pro udržování vozu v jízdách pruzích snižuje riziko nechtěného opuštění jízdniho pruhu, ve kterém se automobil pohybuje. Systém pomáhá řidiči především na dálnicích a silnicích, kde je velmi dobře viditelné vodorovné dopravní značení. Systém využívá kamery umístěné v čelním skle nebo integrované ve vnějších zpětných zrcátkách. Kamery snímají vodorovné dopravní značení, a pokud zjistí, že by vozidlo neúmyslně začalo opouštět jízdni pruh, informuje o tom řidiče pomocí akustického, vizuálního signálu, případně vyvolá vibrace ve volantu. Pokud řidič nereaguje, systém sám automaticky začne korigovat řízení pomocí vývinu síly v řízení nebo přibrzděním jednoho z kol a vozidlo srovná tak, aby se pohybovalo ve svém pruhu. Tento systém funguje od rychlosti 60 – 65 km/h. Pokud řidič dá znamení o směru jízdy, systém je neaktivní. [19]

5.3.2. Systém nouzového brzdění

Systém pomáhá řidiči se vyvarovat kolize při jízdě v kolonách, dopravních zácpách nebo při změnách dopravní situace před vozem s kombinací snížené pozornosti řidiče. Systém zasáhne tehdy, pokud pomocí integrovaného radaru v masce automobilu zjistí, že hrozí riziko bezprostřední srážky s vpředu jedoucím vozidlem nebo překážkou a řidič nereaguje včasným brzděním nebo otočením volantu. Systém do rychlostí 50 km/h eliminuje srážku a ve vyšších rychlostech se snaží co nejvíce zmírnit následky nárazu. [20]

5.3.3. Adaptivní tempomat

Asistenční systém pro řidiče, který rozezná vozidla jedoucí před vozidlem, vypočítá jejich rychlost a pomocí řízení brzd a výkonu motoru udržuje bezpečnou vzdálenost od těchto vozidel v závislosti na tempu jízdy. [21]

5.3.4. Automatické přepínání světlometů

Úkolem systému je automatické přepínání mezi dálkovými a tlumenými světlomety automobilu. Vozidlo se standardně pohybuje se zapnutými dálkovými světlomety, pokud senzory zaznamenají jiné vozidlo nebo osobu vpředu před vozidlem, přepnou na tlumená, nebo pomocí clonek odstíní prostor, ve kterém se protijedoucí vůz pohybuje. Po minutě se s tímto vozidlem systém zpět přepne na dálkové světlomety. Systém pomáhá ke zlepšení dohledu řidiče na silnici. [22]

5.3.5. Systém nočního vidění

Funkce systému pro vidění v noci je založena na principu infračerveného vidění. Řidiči tak díky této funkci mohou lépe sledovat dění na vozovce a zpozorovat tak ostatní účastníky provozu nebo překážku až na vzdálenost 150 m. Tím tak řidič dostává s předstihem informace, které by bez tohoto systému neměl a může tak zareagovat dříve. [23]

5.3.6. BLIS – systém hlídání mrtvého úhlu

Tento systém má za úkol upozornit řidiče na vozidla, která se skrývají v tzv. mrtvém úhlu zpětného zrcátka, která nemusí řidič vidět, nebo je zaregistrovat. K detekci jsou využívány ultrazvukové senzory umístěné v boku vozidla. Řidič je pak upozorněn na druhé vozidlo pomocí indikátoru ve zpětném vnějším zrcátku. [24]

5.3.7. Ponehodový systém eCall

V případě dopravní nehody se aktivuje systém eCall, který si sám automaticky přivolá pomoc složek IZS. Aktivace systému je podmíněna aktivací zádržných systémů. Řídicí jednotka vozidla se spojí s linkou 112 a odešle informace o čase, směru jízdy, typu vozidla, stavu paliva a počtu pasažérů ve vozidle. Dle Evropské unie budou od roku 2018 všechna nová vozidla povinně vybavena tímto systémem. [25]

Bezpečnostními systémy jsou vozidla v dnešní době „napěchovaná“ a automobilky tyto systémy představují nejdříve ve svých nejluxusnějších modelech a postupem času je zavádějí i do svých menších a levnějších modelů. Bezpečnostních systémů, které se do vozidel instalují, je velmi velké množství. S dalším vývojem technologií a snahou výrobců o tvorbu autonomních vozidel, která se budou pohybovat na silnicích zcela sama, bude počet takovýchto systémů v automobilech stále narůstat.

6. Statistické vyhodnocení dopravních nehod týkajících se pevné překážky

Statistika dopravních nehod zpracovaných Policií ČR pro území České Republiky v letech 2007 – 2014 ukazuje, že nehody, ve kterých figurují pevné překážky, se výrazně podílejí na celkovém počtu dopravních nehod. Za sledované období tvoří pevné překážky přibližně 20 % nehod z celkového počtu dopravních nehod. Vlivem nárazu automobilu do pevné překážky zemřelo 1646 lidí během sledovaného období v letech 2007 – 2014. To je z celkového počtu 6300 lidí usmrcených na silnici přibližně 26 %. [26], [27], [28], [29], [30]

Počet nehod a usmrcených vlivem pevné překážky má každoročně negativní vývoj.

Tabulka 1. – Celkový počet nehod a jejich následky v ČR a nehod s pevnými překážkami v období 2007 - 2014

	Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Σ
Počet dopravních nehod	ČR	182 965	160 376	74 815	75 522	75 137	81 404	84 398	85 859	820 476
	pevná překážka	26 606	24 031	17 779	16 894	18 134	19 261	19 626	18 938	161 269
Počet usmrcených osob	ČR	1123	992	832	753	707	681	583	629	6 300
	pevná překážka	302	267	226	187	159	177	154	174	1 646

Následky dopravních nehod bývají výrazně nižší, pokud je v okolí komunikace prostor bez pevných překážek, kde vozidlo může zpomalit a zastavit bez nárazu na pevnou překážku, který by vedl k překročení biomechanických limitů. Riziko usmrcení při kolizi se stromem je více než pětinasobné, při kolizi se svodidlem je více než dvojnásobné s porovnáním s tím, když by vozidlo vyjelo do prostoru bez pevných překážek kolem komunikace. [26]

Tabulka 2. – Počty usmrcených osob při nehodách s pevnými překážkami v ČR za období 2007 - 2014

Druh pevné překážky	Rok								Σ	%
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Strom	199	177	132	115	105	113	86	112	1039	63,12
Zed', pevná část tunelu, mostu	41	26	30	24	13	27	25	13	199	12,09
Jiná - zábradlí, plot, ostrůvek	25	22	24	12	16	13	11	11	134	8,14
Svodidlo	12	19	18	13	9	8	15	12	106	6,44
Sloup	15	13	15	11	9	9	7	15	94	5,71
Patník, sloupek	6	7	6	11	7	5	9	11	62	3,77
Překážka vzniklá provozem jiného vozidla	4	2	0	1	0	1	0	0	8	0,49
Stavební činnost	0	1	1	0	0	1	1	0	4	0,24
Závory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ	302	267	226	187	159	177	154	174	1646	100,00

Největší podíl usmrcených osob při nárazu vozidla do pevné překážky má na svědomí srážka se stromem. Z celkového počtu 1646 osob (Tabulka 1) usmrcených při nehodě

s pevnou překážkou připadá 1039 osob usmrčených nárazem vozidla do stromu, což je více jak 63 % z celkového počtu usmrčených pevnou překážkou – Tabulka 2. To v ČR představuje, že každý druhý den zemře na silnicích jedna osoba z důvodu nárazu vozidla do stromu. Tento výsledek je velmi znepokojující a snaha by měla být taková, že se budou tvořit komunikace s bezpečným okolím, které netrestá chyby řidičů při vyjetí vozidla mimo komunikaci smrtí.

Opomíjenou překážkou, která je v počtu usmrčených osob při srážce s pevnou překážkou na druhém místě, jsou zdi, pevné části mostů, tunelů a samostatné sjezdy. Na svém kontě mají za sledované období téměř 200 obětí – Tabulka 2. Jedná se o stavby, které jsou nedílnou součástí pozemních komunikací, avšak při jejím návrhu a stavbě by se měla zajistit bezpečnost provozu a to tak, aby při kolizi vozidel s těmito stavbami nedocházelo k tragickým následkům. [26], [27], [28], [29], [30]

7. Dělení pevných překážek

Pevné překážky vyskytující se v obvodu pozemní komunikace dělíme na následující:

1. Přírodní – strom, svah
2. Umělé – sloup, zeď, svodidlo (plot, zábradlí), samostatné sjezdy

7.1. Přírodní

Jedná se o překážky, které vznikly samovolným růstem nebo jsou součástí krajiny.

7.1.1. Strom

Jedná se o přírodní pevnou překážku, která je považována za nejčastější pevnou překážku, do které vozidlo narazí, pokud opustí vozovku. Z celkového počtu usmrčených osob při dopravních nehodách, připadá cca 25 % obětí na srážku se stromem. Za pevnou překážku jsou považovány kmeny stromů, které mají průměr kmene větší jak 8 cm. Pozemní komunikace jsou často v extravilánu lemovány stromy, které jsou v těsné blízkosti vozovky a stávají se tak nebezpečnými pro účastníky provozu a to především při nárazu vozidla do stromu. Všeobecným problémem je to, že strom má v oblasti kmene menší šířku oproti rozměrům automobilu. Kmen tak při nárazu působí na vozidlo jako nůž, o který se snaží vozidlo „rozříznout“ a deformovat. Riziko usmrcení při nárazu na strom je více než osminásobné v porovnání s tím, když by vozidlo vyjelo mimo silnici, kde se nevyskytují pevné překážky. [26] Pokud automobil opustí komunikaci v místě, kde se nenacházejí stromy a pevné překážky, je jeho zpomalení limitováno třením o terén a zeminu. Tato skutečnost souvisí s přetížením, které působí na posádku vozidla. Takovou nehodu dokáže posádka

vozu přežít bez vážnějších zranění a to i v případě, že dojde k převrácení vozidla na střechu. Podmínkou je použití bezpečnostních pásů. [32] Při nárazu na strom však dochází k velkým přetížením působícím na posádku z důvodu setrvačnosti. Tělo zůstává na místě, drženo bezpečnostním pásem, ale vnitřní orgány setrvávají v pohybu a dojde tak k jejím vážným zraněním.

Problém nastává při čelním nárazu do stromu, kdy vozidlo narazí pouze malou procentuální částí přídě. Jedná se o čelní náraz s malým přesahem okolo 15-25% čelní plochy, kdy vozidlo o daný strom „škrtně“. Úhel vybočení ze silnice je malý. Pohybuje se nejčastěji v hodnotách 10 – 20°. V případě, že se jedná o stromořadí a dojde k vybočení automobilu ze silnice pod takovýmto úhlem, je téměř jisté, že dojde k nárazu do dvou a více stromů. Šíře vozidla se pod takovým úhlem nemůže vejít do mezery mezi stromy a dochází zde k nárazu/ům. [31] Deformace a pohlcení energie je tak směřována pouze na kolo, zavěšení kola, A-sloupek, výztuhu v blatníku a přední část prahu. Při tomto nárazu je zde tedy málo částí, které by bezpečně ochránily posádku vozidla před zraněním, či úmrtím. Dochází k velkým deformacím předního prostoru pro posádku, především A-sloupku, kde dojde k jeho zhroucení a následnému zhroucení ochranného prostoru pro nohy řidiče či spolujezdce. Značné riziko představuje také přední kolo, které je vlivem nárazu tlačeno směrem k podlaze a A-sloupku a dojde tak k posunu pedálů do oblasti nohou řidiče. S tím je spojen posun přístrojové desky a posun řídicího mechanismu a volantu. S tím souvisí nesprávná funkce zádržných systémů, především správná činnost airbagů. Ve starších vozech jsou následky nehod velmi závažné, neboť tato vozidla nemají dostatečně vyvinuté deformační zóny, které by poskytly správnou ochranu posádky, zejména v rychlostech větších jak 50 km/h.



Obr. [14] Deformace vozidla po nárazu do stromu malou částí přídě („škrtnutí“)

Další formou nárazu na strom je náraz bokem vozidla. K tomuto nárazu dochází často po nezvládnutí řízení vozidla na komunikaci, následnému smyku a nárazu bokem, případně střechou vozidla. V oblastech boku a střechy nemají automobily velké deformační zóny a tak dochází k deformacím, které mají tragické následky. Proti posádce je tlačěn bok vozu (dveře, B-sloupek, střecha) a pevná překážka. Často pak dochází ke smrtelným zraněním.



Obr.[15] Deformace boku vozidla po bočním nárazu na strom

Negativním vlivem stromů a stromořadí kolem silnic je časté střídání světla a stínů. Dochází tak k většímu namáhání očí a rychlejší únavě. Souvisí to tak s přehlédnutím nerovnosti, nebo jiné překážky na vozovce. Dále je zhoršen rozhled pro zastavení. [31]

Opatření, aby nedocházelo k úmrtí a těžkým zraněním je snaha výrobců vozidel zdokonalovat deformační zóny, používat vysoko pevnostní oceli a konstruovat části tak, aby se v případě nárazu řízeně deformovaly. Dále dbát na bezpečnost při samostatné výstavbě nebo rekonstrukci komunikací a udržovat bezpečné pásmo, ve kterém se nebudou vyskytovat stromy. Minimální hodnota bočního odstupu stromů a pevných překážek od kraje komunikace je stanovena na 10 m. [31] V případech, kdy není možné zajistit tento bezpečný odstup, je doporučeno daný úsek osadit svodidly, které tak zamezí při vybočení vozidla mimo silnici nárazu do stromu.

7.1.2. Svah

Jedná se o přírodní pevnou překážku, která vznikla budováním komunikace v zářezu. Sklon svahu se buduje v hodnotách od 1:2 (do výšky 2 m) do 1:1,75 (do výšky 6 m). Svah vyšší jak 6 m potřebuje pro své budování geologické posouzení. Složení konstrukční vrstvy svahu je štěrk, hlína, vrchní vrstva tvořená vegetací, případě drobné keře.

Při nárazu vozidla do svahu, příkopu nedochází k výrazným deformacím vozidla, jako to je při nárazu do stromu, sloupu, zdi atd. Vozidlo do svahu narazí především spodní částí nebo na něj najede a pokračuje dále ve svém pohybu. Pokud narazí čelně, tak se náraz rozloží do deformačních zón a část energie pojme samotný svah. Při nárazu totiž dochází k jeho poškození ve formě vyrytí části zeminy. Po nárazu vozidlo většinou pokračuje ve svém pohybu, kdy je jeho trajektorie změněna parametry svahu.



Obr. [16] Nehoda vozidla, které narazilo do přílehlého svahu a skončilo na střeše

Je-li svah mírně stoupající, vozidlo ho může překonat a sekundárně může dojít k dalším nárazům na jiné pevné překážky a dojít tak k horším následkům. Nestojí-li v dráze vozidla žádná pevná překážka, zpomalování havarijního pohybu je limitováno třením o zem (vozovka či travnatý terén), přičemž součinitel tření nepřekročí většinou hodnotu 0,8, tedy přetížení působící na posádku uvnitř vozidla nepřekročí hodnotu 0,8-násobek gravitačního zrychlení. A tak dokonce lze přežít i převrácení automobilu bez vážných zranění. [32] V případě příkřejšího svahu je vozidlo směřováno zpět na komunikaci, nebo do její bezprostřední blízkosti. Stává se také, že vozidlo je po nárazu vymrštno do vzduchu

a následně dopadne na střechu. V takovémto případě je důležité, aby posádka uvnitř vozu byla připoutaná bezpečnostními pásy a střecha vozidla vydržela dopad.

7.2. Umělé

Jedná se o překážky vzniklé lidskou činností. Jsou spojené např. s povinným vybavením komunikací (svodidla, zábradlí, samostatné sjezdy) a dále objekty lemující komunikace (sloupy el. vedení, zdi domů, pilíře staveb atd.)

7.2.1. Sloup

Umělá pevná překážka vyskytující se v těsné blízkosti silnice. Největší zastoupení je v intravilánu, kde jsou budovány z důvodu nesení el. vedení v obcích, pouličního osvětlení, dopravního značení a SSZ.

Problematika bezpečnosti je stejná jako u stromů, s tím, že sloupy se vyskytují především v intravilánu a rychlosti vozidel zde nedosahují takové výše jako v extravilánu. S tím jsou spojeny deformace a následky nehody. V dnešní době se vyrábějí některé sloupy a pouliční lampy tak, aby při silnějším nárazu došlo k jejich řízené deformaci. Dojde tak k rozložení nárazové energie vozidla do sloupu a deformační zóny vozidla. Realita je však jiná a v okolí silnic se vyskytují sloupy pevné, které nepohlcují energii a působí tak destruktivně na narážející vozidlo. V případě vyšší rychlosti vozidla dojde ke zlomení sloupu a jeho pádu na vozidlo nebo přilehlou komunikaci.

Šíře sloupu je oproti šířce vozidla 20 – 25 %. Vozidlo, které tak narazí do sloupu, využije jen část své deformační zóny. Dojde tak ke koncentraci sil působících na malou šířku deformační zóny vozidla a následnému vnikání sloupu dovnitř vozu. Při čelním nárazu s malým přesahem dojde k zatlačení kola do prostoru pro nohy posádky, posunu A-sloupku, přístrojové desky a pedálů. Vzniká tak riziko vážných poranění pro cestující na předních místech ve vozidle. Při bočním nárazu dochází k velkým deformacím celého boku. Dovnitř vozu vniká práh, B-sloupek, dveře a samotný sloup. Dochází tak k vážným následkům. Zabránění velkých deformací při nárazu vozidla na sloup je možné pomocí použití takové konstrukce sloupů, která se zdeformuje.

Při použití pouliční lampy, která je zhotovena z nedeformovatelného materiálu, působí při nárazu na posádku vozidla velké zpomalení, které může zapříčinit zranění a silné deformace vozidla. Zranění mohou být především vnitřního charakteru, protože orgány v lidském těle nejsou připoutány jako tělo a vlivem setrvačnosti se pohybují s vozidlem. Při nárazu do nedeformovatelné lampy pak dojde k deceleraci na velmi malé vzdálenosti za velmi krátký čas. Tento problém vyřeší lampa zhotovená z tak, aby se při nárazu řízeně deformovala

a umožnila tak postupnou deceleraci vozidla a omezila působení sil na posádku vozidla. Nevýhodou této lampy je však cena. [33] Výsledek nárazu v rychlosti 80 km/h do deformovatelné a nedeformovatelné lampy na obr. [17] a obr. [18]



Obr. [17] Následky nárazu vozidla na sloup



Obr. [18] Náraz vozidla na sloup pouličního osvětlení, deformovatelný



Obr. [19] Náraz vozidla do sloupu veřejného osvětlení, nedeformovatelný

7.2.2. Zed'

Jedná se o umělou, nedeformovatelnou, pevnou překážku vytvořenou lidským činitelem. Do této kategorie spadá železobetonový základ mostních objektů, zdi domů, gabionové konstrukce, kamenivá zdiva a zárubní zdi komunikací v zářezu. Výskyt těchto překážek kolem pozemních komunikací je velmi častý a to především v zářezu komunikace, dále v obcích, kde jsou pozemní komunikace trasovány kolem domů a různých staveb.

Při nárazu vozidla do zdi záleží na procentuálním využití deformační zóny vozidla. Pokud se jedná o 100 % až 75 % přesah, energie je rozdělena rovnoměrně a dochází tak k menšímu přetížení působící na posádku a tím nejsou následky tolik závažné. Je-li přesah menší tj. pod 30 %, dochází k velkým deformacím omezené části automobilu a tím i k horším následkům. Velkou roli však hraje nárazová rychlost vozidla. Při rychlosti nad 80 km/h dochází k masivní destrukci přední části vozidla. Zádržné systémy přestávají plnit svoji správnou funkci, a to především kvůli vysoké rychlosti při nárazu a dále vlivem hroucení prostoru pro posádku a posunu zádržných systémů ze své optimální polohy. Srážkám se zdmi lze zabránit použitím svodidel, případně tlumičů nárazu instalovanými před zdmi nebo základy mostních objektů.



Obr. [20] Náraz vozidla do železobetonového mostního základu, nezabezpečeného

7.2.3. Svodidlo (plot, zábradlí)

Tato překážka je umělá, deformovatelná, vyjma betonových svodidel. Na komunikaci má funkci především ochranou a záchytnou. Chrání vozidla před nárazem do jiných překážek (strom, zeď, dopravní značení, čelo samostatného sjezdu, atd.), zamezuje vyjetí vozidla mimo komunikaci na nebezpečném úseku (vozovka na náspu, most), dále usměrňuje a rozděluje jízdní pruhy. Odděluje prostor určený pro chodce od prostoru pro vozidla. V intravilánu se velmi často vyskytuje v blízkosti komunikací jako plot ohraničující soukromé pozemky jednotlivých budov.

Při kontaktu vozidla se svodidly do úhlu cca 15° dochází k jeho „otřetí“ se bokem vozidla. To je dále směřováno podél zádržného zařízení. Deformace jsou pouze povrchového charakteru (deformované plechové části). Při větším úhlu nárazu do zádržného zařízení jsou deformace a síly větší a dochází k většímu namáhání zádržného zařízení. Využita je rovněž deformační zóna vozidla. Po nárazu zůstává vozidlo v pohybu a je směřováno na opačnou stranu od svodidel. Důležitou roli hraje soudržnost zádržného zařízení a jeho uchycení. Jsou-li svodidla nevhodně sestavena nebo je zanedbána jejich údržba, může při nárazu do nich dojít k takovému poškození, že se spojení jednotlivých dílů uvolní a pak dojde následně k průniku těchto dílů do karoserie vozidla a prostoru pro posádku. V takovém případě působí zádržné zařízení jako projektil pohybující se vozidlem.

Velmi nebezpečný je náraz vozidla do nevhodně ukončeného zádržného zařízení. V takovém případě dojde k čelnímu nárazu vozidla do profilu svodidla, které je zakončeno

velmi ostře. Tato část pronikne skrze deformační zónu vozidla a do kabiny jako nůž. Dochází tak k velmi vážným následkům.

Dle TP 167 mají být svodidla ukončena s určitým náběhem, který tak eliminuje riziko vzniku takovéto nehody. Jeho hodnoty závisí na konstrukci svodidla. Při dlouhém náběhu je tato hodnota 16 555 – 8850 mm, při krátkém náběhu 4545 – 4790 mm. [34] V případě, že není zřízen tento náběh, musí být zajištěna bezpečnost pomocí deformovatelných bloků umístěných před koncem svodidla nebo vhodně ukončena. Svodidla musí být sestavena tak, aby ve směru jízdy byl na vrchu vždy předchozí díl a nedošlo tak při kontaktu automobilu se svodidlem k jeho vniknutí do prostoru pro posádku.



Obr. [21] Vhodné ukončení svodidla s krátkým náběhem

Při nájezdu vozidla s vyšší rychlosti na náběh svodidla, slouží tento náběh jako odrazový můstek pro vozidlo. To je následně pohybem vpřed vrženo do vzduchu, kde může začít rotovat. Dle jeho pohybu následně dopadne na některou z částí karoserie. Nejrizikovější je dopad střechou vozidla na zem, když může dojít k její destrukci. Záleží na stáří vozidla a jeho pevnosti střechy. Riziková je taky rotace vozidla na zemském povrchu. Při tomto pohybu, pokud není posádka připoutaná bezpečnostním pásem, dochází k vypadávání osob z vozidla, které mohou být pohybujícím se automobilem přimáčknuty nebo zavaleny. Takovéto následky končí tragicky.

Do této kategorie pevných překážek spadají rovněž zábradlí a ploty. Zábradlí mohou být betonová, železná, dřevěná. V případě železné konstrukce je zábradlí složeno ze svařených nebo jinak spojených dutých trubek, případně profilů, které jsou ukotveny pevně do podloží. Při nárazu vozidla do takovéto konstrukce dochází k jejímu rozrušení na jednotlivé segmenty. Tyto segmenty mají často ostré zakončení vzniklé lomem při nárazu a proti vozidlu působí jako „šíp“, který proniká deformační zónou vozidla do prostoru pro posádku. K průniku nejčastěji dochází v oblasti palubní desky a čelního skla. Pokud na zasaženém místě sedí osoba, je její tělo perforováno kusem, který pronikl dovnitř vozu. Následky bývají vážné, často končící smrtí osoby.



Obr. [22] Střet vozidla se zábradlím, které proniklo do interiéru vozidla

7.2.4. Samostatné sjezdy

Jedná se o umělou, nedeformovatelnou, pevnou překážku, sloužící jako účelový objekt, k vjezdu a výjezdu na účelové plochy (pole, areál firmy, les atd..) umístěné jak v intravilánu tak extravilánu. V obvodu komunikace se vyskytuje několik druhů samostatných sjezdů, které mají za následek různé následky při nehodě vozidla. Problematika těchto staveb je především v jejich nevhodné konstrukci. Více v kapitole Nehody osobních automobilů s čely samostatných sjezdů.



Obr. [23] Osobní automobil po nárazu do čela samostatného sjezdu

8. Nehody osobních vozidel s čely samostatných sjezdů

Jedná se o umělou, nedeformovatelnou, pevnou překážku, sloužící jako účelový objekt, k vjezdu a výjezdu na účelové plochy (pole, areál firmy, les atd..) umístěné jak v intravilánu tak extravilánu. Jeho funkce je zároveň i odvodňovací, neboť má ve své konstrukci umístěný otvor, převážně kruhového tvaru, který slouží k převedení dešťové vody přes tento propustek dále příkopem komunikace. V obvodu komunikace se vyskytuje několik druhů propustků, které mají za následek různé následky při kontaktu vozidla s touto překážkou. Samostatný sjezd je tvořen dvěma čely, která jsou zhotovena z pevnějšího materiálu, propustního otvoru nebo prefabrikovaného dílu a výplně, na kterou je dále umístěna krycí a zároveň pojížděná vrstva.

8.1. Druhy samostatných sjezdů

8.1.1. Samostatný sjezd s rovným čelem

Tento typ samostatného sjezdu je nejrozšířenější na pozemních komunikacích. Z hlediska bezpečnosti se jedná o nejnebezpečnější druh konstrukce čela samostatného sjezdu. Jeho čela jsou tvořena betonovými nebo železobetonovými stěnami, které dosahují tloušťky několika desítek centimetrů. Někdy se tyto stěny osazují kameny, zalitými v betonu pro lepší estetický dojem. Dvojice čelních stěn je spojena propustním otvorem, který je zhotoven z betonové trubky, nebo se jedná o plastovou trubku zalitou v železobetonu. Vrchní část vnitřku propustku může být vysypána kamenivem, štěrkopískem nebo odlita jako celek

z betonu. Na povrchu je zhotovena vrstva z asfaltu, štěrku nebo zeminy určená k pojíždění vozidly.

V případě, že automobil koliduje s čelem propustku, je náraz často směřován pouze na jednu stranu přední části automobilu. Důvodem je to, že vozidlo sjede do přilehlého příkopu pod malým úhlem a následně je jím vedeno ve směru jízdy. Vyjetí může být způsobeno například náhlou zdravotní indispozicí řidiče, mikrospánkem nebo uhýbacím manévrem, při kterém se řidič snaží vyhnout střetu s náhlou překážkou nebo druhým vozidlem, které přešlo na jeho stranu silnice a instinktivně strhne řízení do strany mimo pozemní komunikaci. Vozidlo je následně vedeno příkopem přímo proti čelu samostatného sjezdu. Následuje čelní nebo částečně čelní náraz. Vlivem celkové konstrukce samostatného sjezdu a jeho čelních stěn, dojde k náhlé deceleraci vozidla okamžitě nebo na velmi malém úseku. Téměř veškerá energie vozidla před střetem je pohlcena deformační zónou automobilu.



Obr. [24] Rovné čelo samostatného sjezdu, silnice I/16 u obce Horka u Staré Paky

Často dochází k nárazu s přesahem do 30 % předě vozidla, kdy je využita jen část deformačních zón a zasažená část je více namáhána a deformována. Nejčastěji je zasažen jeden z nosníků motorového prostoru, dále uložení jednoho z předních kol, kolo samotné, které se vlivem posunu zarazí do podběhu a tlačí na motorovou stěnu spolu s pedály a přístrojovou deskou. Síly působí také na spodní uchycení A-sloupku a prahu, kdy se tyto

dvě části mají snahu silně deformovat. Vlivem toho je narušen bezpečný prostor pro cestující. Pokud automobil vjel do mělkého příkopu a tam se střetl s čelem samostatného sjezdu malou částí své přídě, má tendenci se otočit kolem své svislé osy.

Čelní stěny propustků dosahují různých tloušťek. Je-li šíře stěny menší jak 30 cm, dochází při kolizi s automobilem k jejímu poškození na menší části. Tyto části jsou buď vrženy do okolí propustku nebo se nahromadí pod vozidlem. Pohybovalo se vozidlo vyšší rychlostí, můžou tyto části posloužit jako odrazová rampa a vozidlo po nich vyjede a pokračuje v neřízeném pohybu dále ve směru jízdy, případně se převrátí na střechnu.

8.1.2. Samostatný sjezd se šikmým čelem

Tato konstrukce je z hlediska střetu vozidla se sešikmeným čelem propustku bezpečnější než s čelem rovným. Konstrukce celého propustku je stejná jako s rovným čelem, až na provedení čel. Zde jsou čela vystavena pod určitým sklonem. Při střetu vozidla s propustkem, jehož čelo je šikmé, nedochází k agresivnímu působení nárazu na vozidlo a posádku. Nevýhodou je fakt, že sešikmené čelo poslouží jako odrazový můstek a vozidlo dále pokračuje ve svém pohybu. Proto je velmi důležité, aby okolí tohoto samostatného sjezdu bylo bez pevných překážek, do kterých by vozidlo mohlo narazit.



Obr. [25] Šikmé čelo samostatného sjezdu, silnice II/295 u obce Zálesní Lhota

Při kontaktu vozidla se sešikmeným čelem dochází k lehčí deformaci v přední spodní části automobilu, kde energií absorbuje výztuha v nárazníku, chladič, spodní část motoru, tlumiče,

uložení přední nápravy a kola. Tento střet je brán jako primární a mohou při něm být aktivovány zádržné bezpečnostní systémy, jako jsou airbagy a předepínače bezpečnostních pásů. Po tomto nárazu automobil pokračuje ve svém pohybu, avšak částečně zpomaleném primárním nárazem o čelo. Vozidlo se dále pohybuje vzduchem a dle své pohonné koncepce mění polohu. Při uspořádání pohonného ústrojí vše vpředu má automobil svoje těžiště posunuté směrem ke své přídi a při sekundárním nárazu o zem narazí svoji přídi, kde vytratí zbylou energii. Je-li pohonné ústrojí klasické koncepce, tj. motor, převodová skříň vpředu a diferenciál, kloubový hřídel a pohon kol vzadu, dochází k dopadu automobilu na kola, případně zadní částí. [35]

Avšak jsou případy, kdy vozidlo po kontaktu se sešikmeným čelem propustku, začne ve vzduchu rotovat a po dopadu na zem se začne převracet přes střechu a to až několikrát za sebou. Tato skutečnost je velmi nebezpečná, pokud cestující ve vozidle nepoužili bezpečnostních pásů nebo nemá automobil dostatečně pevnou střechu, zejména sloupky, které by ochránily posádku.

Test, kdy vozidlo opustí pozemní komunikaci rychlostí 80 km/h a sjede pod malým úhlem do přilehlého příkopu, kde narazí do šikmého čela samostatného sjezdu, demonstroval švédský výrobce automobilů Volvo na svém modelu XC90 v rámci představení inteligentního systému Run Off. Tento systém má za úkol přípravu vozidla na náraz při vyjetí mimo komunikace a to především tak, aby co nejvíce eliminoval síly působící na posádku vozidla. Jedná se o deformovatelné segmenty, na kterých jsou umístěna sedadla. Tyto segmenty pohltí část energie nárazu, dále vylepšené přitahovače bezpečnostních pásů, airbagy a speciální uchycení brzdového pedálu, který se při nárazu inteligentně odpojí tak, aby nedošlo k zranění dolních končetin řidiče. [35]

Simulace probíhala se dvěma identickými vozidly a dle přiložených obrázků obr. [26] a obr. [27] je patrné, že pokaždé se vozidlo chová jinak. [35]

Na obr. [26], sekce 1 zobrazuje sjetí vozidla do přilehlého příkopu. Sekce 2 – primární náraz přední částí vozidla do šikmého čela propustku bez výrazných deformací (bez aktivace zádržných systémů). Sekce 3 – sekundární náraz zadní nápravou do propustku, který způsobí, že se vozidlo při „letu“ pohybuje přídi dolů a v sekci 4 naráží svoji přídi do terénu, kdy dojde k aktivaci zádržných systémů.

Na obr. [27] v sekci 1 – primární náraz vozidla spodní přední částí do šikmého čela propustku přední nápravou (aktivace zádržných systémů). Sekce 2 – vymrštění vozidla do vzduchu, v „letu“ se pohybuje zadí dolů. Sekce 3 – sekundární náraz zadí o terén. Sekce 4 –

terciální náraz předí o terén, po odrazu zádě. V tomto případě již byly aktivovány zádržné systémy a posádka není tolik chráněna proti dalším nárazům.



Obr. [26] Pohyb automobilu Volvo XC90 po nárazu na sešikmené čelo samostatného sjezdu



Obr. [27] Pohyb automobilu Volvo XC90 po nárazu na sešikmené čelo samostatného sjezdu

Deformace automobilů jsou v obou případech minimální. Nutno doplnit, že čelo samostatného sjezdu bylo zhotoveno z nasypaného a zhutněného hrubého štěrku doplněného o propustní plastovou trubku. [35]



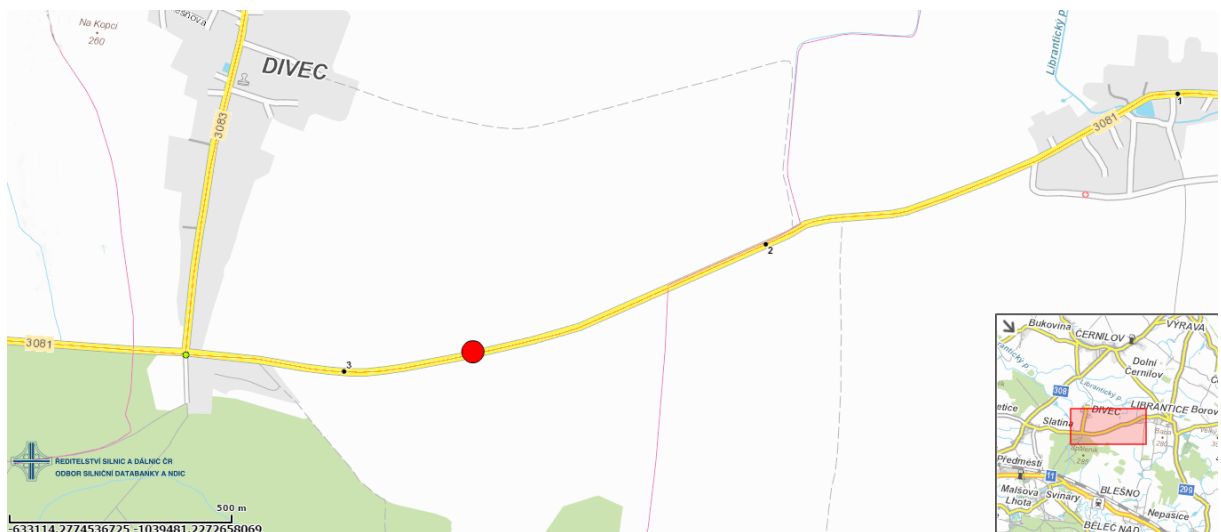
Obr. [28] Deformace přední části vozidla Volvo XC90 po nárazu do šikmého čela

8.2. Reálné nehody osobních automobilů s čely samostatných sjezdů

Jedná se o dopravní nehody automobilů, které se střetly s čely samostatných sjezdů. Na místě události jsem se byl druhý den podívat.

8.2.1. Náraz vozidla Peugeot 206 do čela samostatného sjezdu u obce Divec

K dopravní nehodě došlo 24. 9. 2015 v odpoledních hodinách na silnici III/3081 v úseku 2,740 km ve směru staničení u obce Divec, která se nachází v Královéhradeckém kraji, 7,5 km severovýchodně od Hradce Králové. Přesné souřadnice místa nehody jsou 50° 14' 06 333''N, 15° 55' 47 857''E. [36]



Obr. [29] Místo dopravní nehody

Osobní automobil Peugeot 206 po průjezdu mírným levotočivým obloukem po 130 metrech z dosud nezjištěných důvodů přešel do protisměru a následně sjel do příkopu, kde po cca 25 metrech jízdy příkopem narazil do betonového čela samostatného sjezdu. Vozidlo během svého pohybu příkopem minulo mladý vzrostlý strom. Uvnitř automobilu cestovala dvoučlenná posádka tvořená řidičem (76 let) a spolujezdkyní (72 let). [36] Na vozovce, ani v blízkosti příkopu nebyly nalezeny brzdné stopy od pneumatik, což nasvědčuje tomu, že řidič do poslední chvíle nevěděl o tom, že vybočil ze svého směru jízdy. To může být zapříčiněno zdravotní indispozicí řidiče nebo mikrospánkem.

Náraz byl směřován na levou stranu automobilu, která byla také nejvíce poškozena. Vlivem silného nárazu s čelem propustku došlo k velkým deformacím levé přední části. Došlo k zatlačení levého předního kola do oblasti prahu a podběhu, velké deformaci levé výztuhy v motorovém prostoru, posunu motoru a motorové stěny, A-sloupek se zlomil ve své horní části. Střecha se zalomila v oblasti B-sloupku, práh v oblasti nohou řidiče se též silně zdeformoval. Uvnitř vozidla se posunula palubní deska na levé straně společně s pedály a mechanismem řízení. Zadržné systémy byly aktivovány.



Obr. [30] Místo, kde vozidlo opustilo vozovku

Řidič utrpěl středně těžká zranění, spolujezdkyně byla zraněna lehce. [36] Při vyprošťování posádky vozidla musely být z důvodu silné deformace karoserie vozidla použity hydraulické vyprošťovací nástroje na obou stranách vozu. [37]



Obr. [31] Místo nárazu automobilu Peugeot 206 do čela propustku

Automobil se po střetu s čelem propustku otočil o téměř 180° vůči svému původnímu směru jízdy. Čelo propustku bylo vlivem nárazu posunuto o 1 m, vytrhnuto ze svého základu a rozpuřeno na dva kusy. Trubka umístěná uvnitř těla propustku byla vyvrácena a zlomená 140 cm od svého počátku. Propustek je dlouhý 6 m, široký 2 m, tloušťka betonového čela propustku 35 cm, průměr trubky 40 cm. Výška od dna příkopu je 75 cm.



Obr. [32] Poloha automobilu po nárazu do čela betonového propustku



Obr. [33] Pohled do zdeformovaného interiéru automobilu po střetu



Obr. [34] Porušené betonové čelo propustku po nárazu



Obr. [35] Porušené betonové čelo propustku po nárazu

8.2.2. Náraz vozidla Škoda Fabia II do čela samostatného sjezdu u obce Starý Bydžov

K dopravní nehodě došlo 2. 7. 2016 před druhou hodinou odpolední na silnici III/32419 v úseku 2,010 km ve směru staničení u obce Starý Bydžov, který se nachází v Královehradeckém kraji, 26,9 km západně od Hradce Králové. Přesné souřadnice místa nehody jsou 50° 15' 14 173''N, 15° 27' 48 566''E. [38]



Obr. [36] Místo dopravní nehody

Osobní automobil Škoda Fabia II. generace po průjezdu mírným levotočivým obloukem pokračoval v přímé jízdě, následně sjel do 1 m hlubokého příkopu a po 37 metrech jízdy příkopem narazil do betonového čela samostatného sjezdu. V automobilu cestovala dvoučlenná posádka tvořená řidičkou (věk nezjištěn) a spolujezdcem (83 let) sedícím na zadním sedadle. [38] Na vozovce a příkopu nebyly nalezeny brzdové stopy od pneumatik.

Muž, který dobře zná řidičku, uvedl, že řidička řídí vozidlo opatrně a jezdí nižšími rychlostmi u kraje vozovky. Dle pohybu vozidla po průjezdu mírným levotočivým obloukem je pravděpodobné, že řidička mohla být krátce zdravotně indisponována, postihnuta mikrosnávkou nebo si neuvědomila, že se blíží směrový oblouk. Následně se s vozem ocitla mimo komunikaci. Zde je možné, že si řidička spletla plynový a brzdový pedál a přidala plyn. Což by odpovídalo nezanechání brzdových stop na vozovce a rychlosti při nárazu kolem 65 – 70 km/h při které se zasekl i tachometr vozidla. Nutno dodat, že místo nárazu se nachází asi 100 m před začátkem obce Starý Bydžov. Pokud by řidička reagovala správně a brzdila by ihned po opuštění vozovky, po vzdálenosti 37 metrů by stihla zastavit, nebo náraz ztlumit na velmi malou rychlost.

Náraz byl směrován na spodní přední část vozidla a levou přední stranu. Poškozen byl motorový prostor s výztuhami, které byly vlivem nárazu posunuty směrem vzhůru. Spodní část čela vozidla byla silně zdeformována. Prostor pro posádku, A-sloupky, motorová stěna a interiér vozidla zůstaly bez poškození. Zadržné systémy ve vozidle byly aktivovány.



Obr. [37] Místo nárazu, místo opuštění vozovky



Obr. [38] Místo nárazu automobilu Škoda Fabia II. generace do čela samostatného sjezdu

Řidička při nárazu utrpěla šok, spolujezdec, který seděl na zadních sedadlech, musel být vyproštěn a při nárazu utrpěl zranění, kterým i přes maximální snahu záchranářů podlehl. [39]

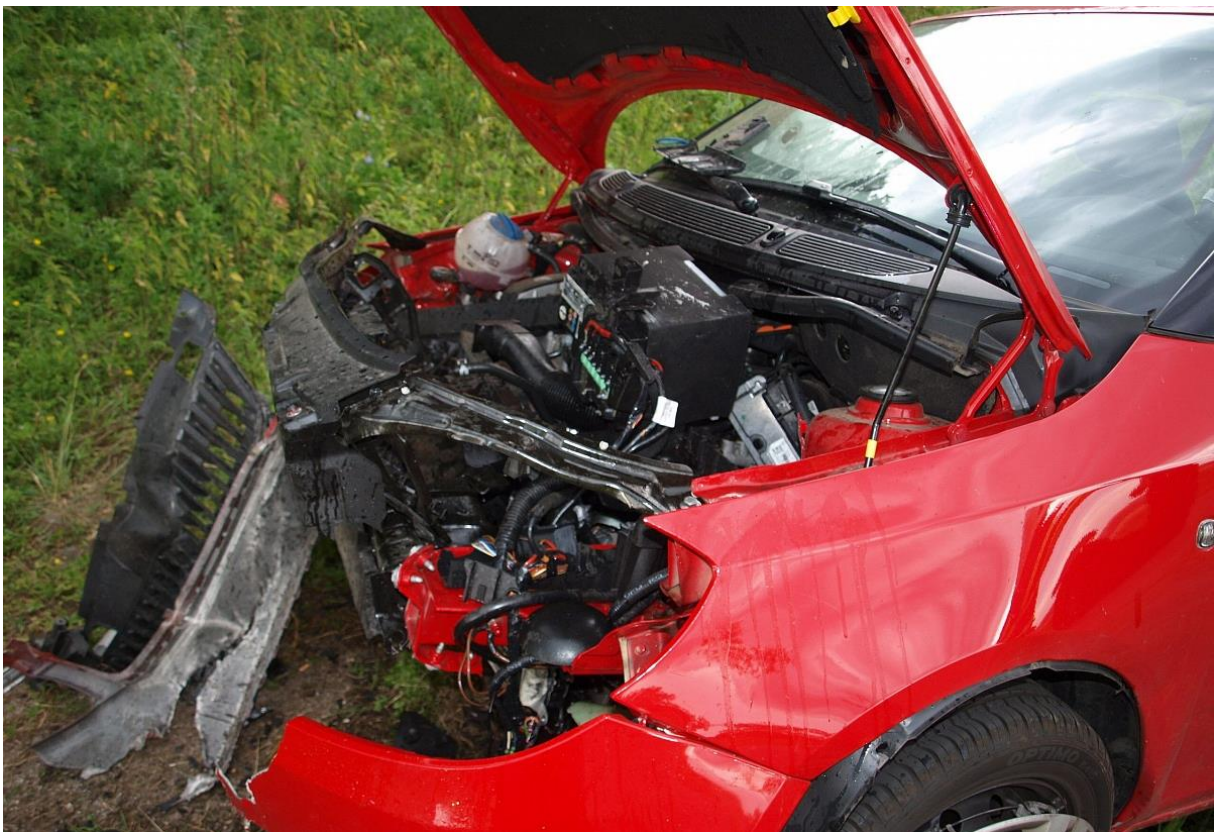


Obr. [39] Automobil Škoda Fabia II. generace po nárazu do čela samostatného sjezdu



Obr. [40] Konečná poloha vozidla

Vozidlo po nárazu do čela samostatného sjezdu vytrhlo ze základu horní část čela samostatného sjezdu a ohodilo jej 3 metry od místa, kde bylo vybudováno. Šířka horního kusu je 30 cm, výška 40 cm a délka 230 cm. Jednalo se o pískovcové kvádrové kameny spojené betonem. Celková výška čela propustku od dna příkopu je 90 cm, délka propustku 6 m. Uvnitř propustku je umístěná trubka s průměrem 40 cm.



Obr. [41] Deformace přední části vozidla Škoda Fabia II. generace



Obr. [42] Interiér vozidla Škoda Fabia II. generace po nárazu

8.3. Opatření zmírňující náraz do čel samostatných sjezdů

8.3.1. Svodidla

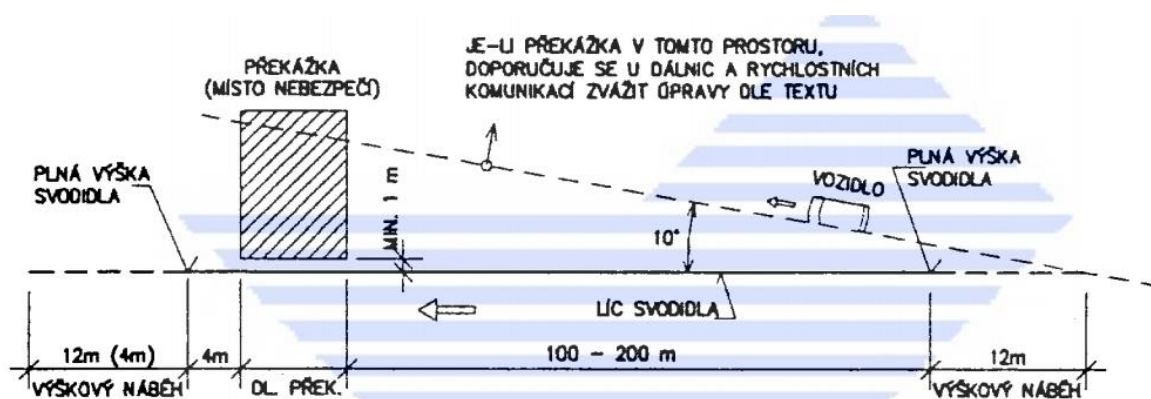
Jedná se o způsob, který je nejpoužívanější. Jde o osazení zádržných systémů (svodidel) tak, aby vozidlo, které má tendenci vyjet z komunikace, narazilo do svodidel a ta odvrátila směr automobilu tak, aby nedošlo ke kontaktu s čelem sjezdu. Podmínkou je, že svodidla musí být osazena z obou směrů propustku tak, aby i automobily z protisměru nemohly narazit do propustku, jedná-li se o směrově nerozdělenou komunikaci.

V tomto případě je zásadní délka svodidla umístěného před samostatným čelem (překážkou). Minimální délku svodidla nám na pozemních komunikacích určuje TP 114a. Minimální délkou svodidla se rozumí délka svodidla v plné jeho výšce, do které se nezapočítávají koncové náběhy, nebo jiná koncová část svodidla. [44] Pro svodidla svodnicového typu a lanová svodidla spojená s podkladem pomocí sloupků, se minimální délka stanovuje pro dovolenou rychlost do 80 km/h včetně a dále pro rychlost nad 80 km/h. Pro rychlosti nad 80 km/h je délka svodidla shodná s délkou svodidla při nárazové zkoušce. Pro rychlosti do 80 km/h je doporučeno délku zkrátit na 70 % z délky při nárazové zkoušce,

avšak tato délka nesmí klesnout pod hodnotu 28 m. Délky betonových svodidel specifikuje TP 139. [44]

TP 203 uvádějí, že u propustků, sjezdů a podobných míst než např. u mostů, je dovoleno celkovou délku svodidla zkrátit až na polovinu jeho minimální délky. Situaci návrhu však musí posoudit projektant, [45] který by měl vzít v potaz tu skutečnost, že vozidla velmi často opouští vozovku pod malým úhlem a mohou se tak střetnout s čelem sjezdu i za takových podmínek, že je zde osazeno svodidlo.

Dále je zde uvedeno nebezpečí nárazu vozidla do překážky vyjetím z vozovky automobilu před svodidlem. Tato skutečnost se posuzuje u dálnic (s dovolenou rychlostí vyšší než 90 km/h) a přiměřeně u ostatních silnic, kde je třeba zvážit riziko nárazu vozidla do pevné překážky v případě vyjetí vozidla těsně před začátkem svodidla, pokud se za svodidlem nachází zpevněná plocha, která není schopna bezpečně zpomalit neovladatelné vozidlo. Dané řešení spočívá v prodloužení svodidla před překážku až na 200 m, případně pojednává o vhodné povrchové nebo terénní úpravě. [45]



Obr. [43] Situace nebezpečí nárazu vozidla do překážky vyjetím z vozovky před svodidlem, je-li za svodidlem zpevněná plocha

Další možnost, jak vyřešit problém vyjetí vozidla těsně před svodidlem a následnému nárazu do překážky je konstrukce zakončení svodidla tak, že se konec svodidla vychýlí a jeho poslední díl se umístí do zeminy, tzv. zavázání do svahu. Tím je možné snížit délku svodidla a zároveň zamezit nárazu vozidla do překážky, které by jinak těsně vyjelo před klasickým ukončením svodidla.

8.3.2. Speciální segmenty umístěné před čely

Zabránit fatálnímu střetu s čelem samostatného sjezdu lze pomocí segmentů (trámů, traverz) umístěných podélně před čelem propustku tak, aby posloužily jako dlouhý šikmý nájezd

a ochránily tak vozidlo před kolizí. Jedná se o betonové nebo železobetonové trámy o určité délce, které jsou spolu spojeny tak, aby udržely váhu rozjetého vozidla. Tvoří tak pomyslný rošt, který zabrání agresivnímu kontaktu vozidla s kolmým čelem samostatného sjezdu. Je nutné brát v potaz skutečnost, že vozidlo je roštem vyvedeno ze dna příkopu na úroveň vozovky a následně vlivem setrvačnosti volně vrženo do vzduchu. Důraz se tedy musí dbát na bezpečné okolí kolem propustku bez pevných překážek. [40]



Obr. [44] Segmenty umístěné před čelem samostatného sjezdu

Tento systém ochrany má velkou výhodu v modulární koncepci. Je tak možné spojit dohromady různé díly o různých délkách a ochránit tak čela samostatných sjezdů v různých širokých příkopech. Každý z modulů, který je umístěn před propustkem je tvořen železobetonovými nosnými prvky, kdy každý z nich má šířku 600 mm, dále je zde příčný nosník, který se používá k udržení dvou nosných podélných prvků. Ukotvení do zeminy je provedeno pomocí pozinkovaných kolíků, které zamezí jakémukoliv pohybu jednotlivých prvků během nárazu. Podélné prvky vyrobené ze železobetonu mohou dosahovat různých délek od 2,5 m až po 6,6 m, aby bylo zaručeno, že maximální sklon každého z podélných segmentů bude menší než 16 % (6:1), nezávisle na hloubce propustku. Každý z podélných segmentů má nosnost 13000 kg. [46]

Nárazové testy simulující vyjetí automobilu z vozovky a následnému pohybu příkopem proti čelu propustku proběhly s automobilem o hmotnosti 1500 kg a rychlostí 100 km/h. První náraz byl koncipován bez ochrany propustku a vozidlo se v přední a spodní části silně zdeformovalo a posádka neměla šanci na přežití. Při druhém nárazu byla použita ochrana čela propustku pomocí železobetonových segmentů. Vozidlo bylo deformováno v přední

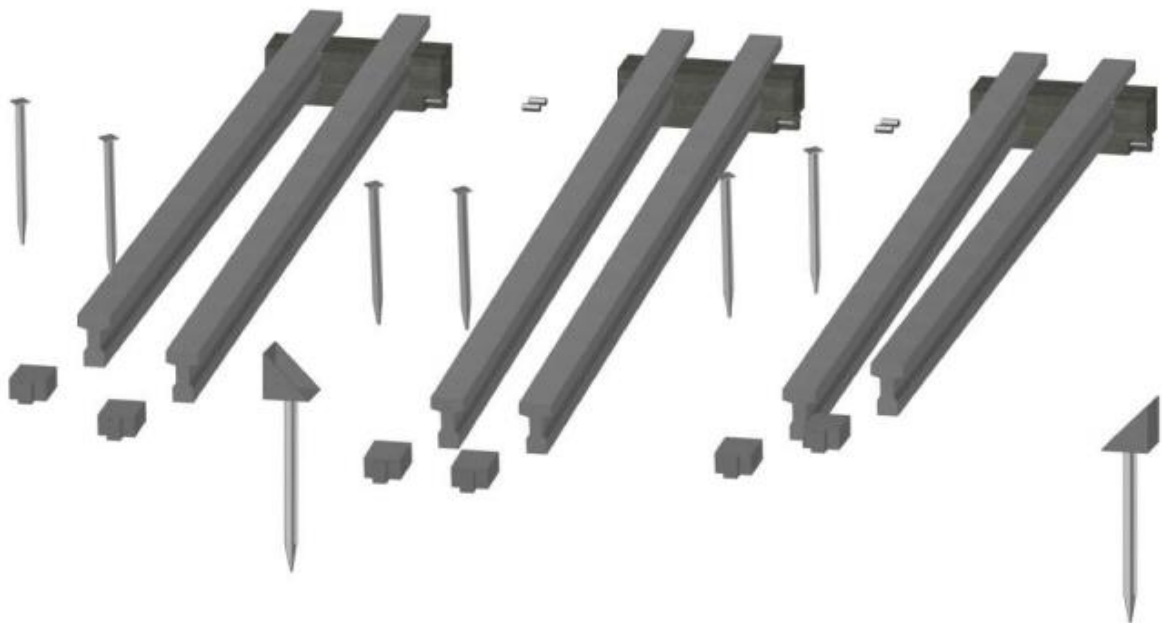
části, avšak zanedbatelně. Jednalo se pouze o poškození plastových částí nárazníku a poškození pneumatik. Průběh celého testu následky jsou na obr. [45]. [46]



Obr. [45] Průběh nárazových zkoušek a jejich následky

Tento druh ochrany byl testován i na náraz motocyklisty, který spadl z motocyklu. Ukázalo se, že tělo není zastaveno na místě a po podélných segmentech „sklouzne“ a není vystaveno destruktivnímu působení sil.

Dynamické zkoušky splnily kritéria, která se používají v normách EN 1317-2 (Silniční záchytné systémy – výkonnostní třídy, kritéria pro nárazové zkoušky a zkušební metody pro bezpečnost bariéry) a TS 1317-8 (Silniční záchytné systémy pro motocyklisty). Tuto ochranu používají spíše státy ležící na jihu Evropy, případně USA. [46]



Obr. [46] Podélné segmenty spolu s kotvícími kolíky.

8.3.3. Čelo samostatného sjezdu s integrovanou deformační zónou

Tento druh ochrany proti destruktivnímu nárazu do čela propustku je prozatím ve zkušebním provozu, avšak dle nárazových testů vykazuje velmi dobré výsledky. Nevýhodou řešení je vyšší cena, náročnost výstavby a prozatímní neznalost projektantů pozemních komunikací.

Konstrukce spočívá v umístění speciálních betonových cihel s profilovanými žebry v těle samostatného sjezdu. Profilovaná žebra se vlivem nárazu řízeně deformují a pohlcují tak energii od automobilu a zároveň nepůsobí agresivní deformace na karoserii vozidla. Automobil se při nárazu postupně zpomaluje a to má za následek mnohonásobně menší přetížení na posádku během kolize. S tím tak úzce souvisí i následná zranění, která se mohou při tomto nárazu vyskytnout. V případě integrované deformační zóny je zranění do rychlostí 60 km/h málo pravděpodobné, případě se bude jednat o lehčí zranění. Při kontaktu vozidla s čelem propustku dochází k postupnému hromadění trosek zdeformovaných cihel, které vytváří pod vozidlem „nájezd“, který vozidlo vyvede do úrovně vozovky. To se následně pohybuje nekontrolovatelně dál, avšak mnohem menší rychlostí, než mělo při kontaktu s čelem propustku.

9. Legislativa k výstavbě samostatných sjezdů

Při výstavbě samostatných sjezdů pro připojení sousedních nemovitostí k silnicím a místním komunikacím musí být splněny následující podmínky.

9.1. Podmínky pro vybudování samostatného sjezdu

Podání žádosti. Žádost podává ten, v jehož zájmu je připojení ke komunikaci zřizováno.

Musí být předchozí souhlas vlastníka dotčené pozemní komunikace a příslušného orgánu Policie ČR.

Žádost se podává u příslušného silničního správního úřadu, nejpozději 30 dní před zahájením prací. Nutné zaplatit správní poplatek 500 Kč.

Pro vydání rozhodnutí o připojení sjezdu ke komunikaci je nutno dodat situace, ze které vyplývají šířkové a sklonové poměry. Odbočovací oblouky musí vycházet ze závazné normy ČSN 736 102 a zohledňovat normy ČSN 736 101 a ČSN 736 110. Vjezd musí splňovat rozhledové podmínky. [41]

Veškeré předpisy a postupy se řídí dle následujících:

- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích
- Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích
- Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád
- Normy ČSN 736 102, ČSN 736 101 a ČSN 736 110 [41]

9.2. Vyhláška MDS č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

§ 12 Podmínky připojování sousedních nemovitostí k silnicím a místním komunikacím

(1) Sjezdy a nájezdy na silnici a místní komunikaci lze zřídit, jen pokud splňují tyto podmínky:

- a) rozhled pro rozhodnutí najet na komunikaci,
- b) rozhled uživatele komunikace alespoň pro zastavení vozidla; vozidlo, které zastaví při odbočování vlevo na sjezd, nesmí bránit průjezdu ostatním vozidlům v přímém směru nebo na něj musí být výhled ze vzdálenosti nutné pro zastavení dalšího vozidla,
- c) vzájemné vzdálenosti připojení únosné z hlediska bezpečnosti a plynulosti provozu

Bližší informace jsou obsaženy v doporučených ČSN 736 101 a ČSN 736 110

(2) Šířka sjezdu nebo nájezdu musí umožňovat vozidlům plynulé odbočení ze silnice nebo místní komunikace a výjezd na ně. Parametry odbočovacích oblouků jsou obsaženy v závazné ČSN 736 102. Jestliže je součástí sjezdu nebo nájezdu propustek, musí mít nejméně tyto jmenovité světlosti trub;

a) 400 mm pro délku propustku do 6,00 m

b) 600 mm pro délku propustku od 6,00 do 10,00 m a pro délku propustku přes 10,00 m při sklonu propustku nad 2 %,

c) 800 mm pro délku propustku přes 10,00 m při sklonu propustku do 2 %.

(3) Sjezd a nájezd se zřizuje se zpevněním, které vyhovuje předpokládanému zatížení dopravou, a se snadno čistitelným vozovkovým krytem. Stavební uspořádání musí být takové, aby se zabránilo stékání srážkové vody na komunikaci a jejímu znečištění.

(4) Vlastník sjezdu nebo nájezdu zajišťuje řádnou údržbu celého připojení včetně propustku.
[42]

9.3. ČSN 736 101 - Projektování silnic a dálnic

(1) Samostatné sjezdy, připojující sousední nemovitosti (pozemky a budovy) a sjezdy, připojující účelové komunikace, se ve volné krajině nedovolují na všech dálnicích, rychlostních silnicích, čtyř a vícepruhových silnicích s neomezeným přístupem a ostatních silnicích I. třídy, s výjimkou sjezdů určených pro správce komunikace. V odůvodněných případech může silniční správní úřad s přihlédnutím k intenzitě dopravy a po zvážení místních podmínek povolit samostatné sjezdy a připojení účelových komunikací na silnice I. třídy s neomezeným přístupem, pokud neohrozí bezpečnost dopravy.

Připojení polních cest na silnice se provádí podle ČSN 736 109.

(2) V případě, kdy není dovoleno zřizovat sjezdy a samostatné sjezdy (viz (1)), se dotčený místní a účelový provoz vede jinými komunikacemi k nejbližší přístupové silnici, do které se připojí tak, aby co nejméně rušil její provoz.

V ostatních případech lze sousední nemovitosti a neveřejné účelové komunikace připojovat přímo do silnice, avšak alespoň ve vzájemných vzdálenostech. V nevyhnutelných případech lze tyto vzdálenosti snížit, pokud to neohrozí bezpečnost silničního provozu. Na silnicích II. a III. třídy kategoriijního typu S 7,5, S 6,5 a S 4,0 nejsou tyto vzdálenosti omezeny.

Veškerá připojení, z nichž hrozí nanášení bláta na silniční vozovku, musí být opatřena zpevněnou vozovkou, lehce čistitelnou, na vzdálenost nejméně délky sjezdu nebo 20 m, je-li připojení delší než 20 m od hrany silničního zpevnění. Při tom je třeba zamezit přítoku dešťové vody z vedlejší komunikace.

(3) Nové sjezdy a samostatné sjezdy se mohou zřizovat v místech, kde je možné zajistit dostatečný rozhled na obě strany v přilehlém jízdním pruhu silnice pro vozidla vjíždějící na silnici a zároveň je zajištěn dostatečně dlouhý rozhled vozidel jedoucích po silnici na vozidla vyjíždějící ze sjezdu nebo samostatného sjezdu, obdobně jako u křižovatek dle ČSN 736 102. [43]

Výše uvedené předpisy a podmínky, za kterých lze povolit výstavbu samostatných sjezdů jsou bezesporu velmi důležité. Avšak neuvádí se zde žádné informace o vhodné konstrukci čela samostatného sjezdu, který by bylo pro vozidlo z hlediska následků a deformací neagresivní.

10. Závěr

I přes pocit bezpečí a nezranitelnosti v relativně nově vyrobených vozech, které jsou vybaveny sadami airbagů a pomocných systémů je vidět, že tento pocit nemusí být v některých případech nárazů oprávněný. Jedná-li se o náraz dvou vozidel, která se střetnou čelně, je velmi pravděpodobné, že posádka obou vozů tento střet přežije bez vážnějších zranění. Budeme-li uvažovat náraz vozidla do pevné překážky, kterých řidiči na silnicích dnes a denně potkávají tisíce, je pravděpodobnost vážných zranění mnohem vyšší. Dána je tato skutečnost tím, že někteří výrobci svých automobilů, zřejmě z důvodu šetření, nevyrábí svá vozidla ve snaze co nejvíce ochránit každého člena posádky v automobilu stejnou mírou. A to i v případě automobilů, jejichž pořizovací cena je vysoko nad hranicí 500 000 Kč a nesou loga světoznámých výrobců. Důkazem toho je model Toyota RAV4 (modelový rok 2015), který je porovnáván při nárazu do pevného výstupku s 25 % přesahem na obě strany vozidla. V příloze této práce se nachází porovnání dvou automobilů SUV, které prodělaly jednotlivé druhy nárazových testů. Pro porovnání jsou přiloženy výsledné hodnoty a fotografie.

Pevné překážky, které se vyskytují v obvodu komunikací, mají na svědomí nezanedbatelnou část obětí, které každoročně umírají na pozemních komunikacích. Tato čísla by bylo možné snížit na minimum a to především pomocí aktualizace stávajících norem a technických podmínek, které upravují možnost budování a výskyt pevných překážek v obvodu pozemních komunikací u některých typů pevných překážek a to především u čel samostatných sjezdů, které jsou doposud opomíjeny. Legislativa nebere v úvahu nebezpečí této překážky z hlediska její nevhodné konstrukce a řeší pouze bezpečnost rozhledů a připojení na jinou komunikaci. Jedno z řešení jak ochránit čela samostatných sjezdů je zavedení a budování moderních čel samostatných sjezdů s integrovanou deformační zónou, která netrestá chyby řidičů smrtí a těžkým zraněním. Případně jako alternativa je osazení tlumičů nárazu nebo vhodných zádržných a ochranných zařízení před pevnými překážkami, protože ochrana před střety s těmito překážkami není v ČR na dobré úrovni.

Jako důkazem jsou přiložené reálné nehody, které by mohli mít pro zúčastněné menší následky na zdraví, kdyby byly pevné překážky vhodněji konstruované nebo chráněné.

Bakalářská práce by měla sloužit k popisu problematiky pevných překážek, nárazů do nich a možným opatřením, které zmírní a sníží tragické následky, případně jim úplně zamezí.

Pro zpracování teoretické části byl použit program MS Word, tabulky byly zpracovány v programu MS Excel, fotografie byly upraveny v programu Zoner Photo Studio 14 a Photoshop CC. Grafické úpravy byly realizovány za podpory Bc. Petra Rejnuše, kterému

tímto děkuji. Nehody a nově vystavené samostatné sjezdy jsem navštívil na vlastním motocyklu Suzuki SV 650 S. Převážná část informací o nárazových testech a průběh deformací u jednotlivých automobilů byla čerpána ze stránek instituce IIHS a jejím kanálu na portálu YouTube.

Věřím, že poznatky a zkušenosti získané během tvorby této bakalářské práce v budoucnu využiji nejen pro tvorbu své další práce, ale i pro své budoucí zaměstnání.

Ve své budoucí diplomové práci bych se rád zabýval nárazovým testem automobilu do čela samostatného sjezdu, při kterém jsou porovnávána dvě čela samostatného sjezdu, kdy jedno je opatřené deformační zónou a druhé nikoliv. Dále bych chtěl poukázat na to, že současná legislativa neuvádí nic o tom, jak by se měli správně konstruovat a navrhovat samostatné sjezdy, aby nedocházelo k tragickým nehodám a ztrátám na životech.

11. Použité zdroje

- [1] MÁČALA, Stanislav. *Historický vývoj a moderní trendy bezpečnostních prvků osobních automobilů*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37746
- [2] DRAGON SLEEPER Aleš. Béla Barényi a historie bezpečnosti vozů Mercedes-Benz (video). *Auto.cz* [online]. © 2016, 1. 3. 2014 [cit. 2016-04-08]. ISSN 1213-8991. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bela-barenyi-historie-bezpecnosti-vozu-mercedes-benz-video-79824>
- [3] Euro NCAP. The Ratings Explained. *euroncap.com* [online]. © 2016, [cit. 2015-11-15] Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/>
- [4] Insurance Institute for Highway Safety. Ratings. *iihs.org* [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-16]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/frontal-crash-tests>
- [5] IIHS. *Moderate Overlap Crash Test Protocol* [PDF]. 988 Dairz Road, Ruckersville, VA 22968, 2014 [2015-11-22]. 12 s. Dostupnost z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
- [6] IIHS. Ratings, 2014 Volvo XC90. *iihs.org* [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/volvo/xc90-4-door-suv/2014>
- [7] IIHS. Ratings, 2014 Acura TL. *iihs.org* [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/acura/tl-4-door-sedan>
- [8] IIHS. Ratings, 2014 Acura TL. *iihs.org* [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/acura/tl-4-door-sedan>
- [9] IIHS. Ratings, 2013 Honda Civic. *iihs.org* [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/honda/civic-4-door-sedan/2013>
- [10] IIHS. Ratings, 2016 Hyundai Santa Fe. *iihs.org* [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/hyundai/santa-fe-4-door-suv/2016>

- [11] IIHS. Ratings, 2016 Volvo XC90. ihs.org [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/vehicle/v/volvo/xc90-4-door-suv>
- [12] IIHS. News, Passengers at risk in small overlap crashes. ihs.org [online]. © 1996-2016, June 28, 2016, [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/news/desktopnews/vehicles-with-good-driver-side-protection-may-leave-passengers-at-risk>
- [13] Euro NCAP. Side Mobile Barrier. euroncap.com [online]. © 2016, [cit. 2015-20-12]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/side-mobile-barrier/>
- [14] IIHS. Ratings, About our tests, Side crash test. ihs.org [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-25-12]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/side-test>
- [15] IIHS. *Side impact test protocol* [PDF]. 988 Dairz Road, Ruckersville, VA 22968, May 2014 [2015-11-22]. 21 s. Dostupnost z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
- [16] Euro NCAP. Side Pole. euroncap.com [online]. © 2016, [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/side-pole/>
- [17] Volvo Car Corporation. Volvo XC90 body structure. media.volvocars.com. © 2016, Jul. 22, 2014, ID: 148215 [cit. 2016-06-01]. Dostupné z: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/photos/148215/volvo-xc90-body-structure>
- [18] NAJVAR, Petr. *Snižování hmotnosti osobních automobilů na základě volby materiálů*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16745
- [19] BESIP. Systém sledování jízdního pruhu. ibesip.cz. © 2012, [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/system-sledovani-jizdniho-pruhu>
- [20] SPX-CAR GROUP a.s.. Přehled bezpečnostních systémů Volvo. volvocars.spx-car.cz. © 2012, [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://volvocars.spx-car.cz/bezpecnostni-prvky-volvo/>

- [21] BESIP. ACC – Adaptivní tempomat. ibesip.cz. © 2012, [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/adaptivni-tempomat-acc-adaptivni-tempomat>
- [22] BESIP. Automatické rozsvěcení a přepínání dálkových světel. ibesip.cz. © 2012, [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/automaticky-prepinac-svetel>
- [23] BESIP. Systém nočního vidění. ibesip.cz. © 2012, [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/system-nocniho-videni>
- [24] BESIP. BLIS - hlídač mrtvého úhlu. ibesip.cz. © 2012, [cit. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/kontrola-mrtveho-uhlu-blis-hlidac-mrtveho-uhlu>
- [25] DITTRICH Lukáš, ČERVENKA Jiří. Systém eCall definitivně schválen. Povinný bude od roku 2018. autorevue.cz. [online]. © 2016, 28. 4. 2015, [cit. 2016-01-07]. ISSN 1213-8991. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/system-ecall-definitivne-schvalen-povinny-bude-od-roku-2018>
- [26] Ing. MIČUNEK Tomáš, Ph.D.. *Kategorizace bezpečnosti samostatných sjezdů vzhledem k nárazu vozidel*. [PDF]. Praha 2, 14. 5. 2014, pracovní verze 0.1, [cit. 2016-06-07].
- [27] pplk. Ing. TESAŘÍK Josef, pplk. SOBOTKA Petr. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České Republice za rok 2007* [PDF]. Praha, Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České Republiky, duben 2008 [2016-07-07]. 56 s. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09MTA%3d>
- [28] pplk. Ing. TESAŘÍK Josef, pplk. SOBOTKA Petr. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České Republice za rok 2008* [PDF]. Praha, Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České Republiky, duben 2009 [2016-07-07]. 60 s. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09OQ%3d%3d>
- [29] pplk. SOBOTKA Petr. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České Republice za rok 2013* [PDF]. Praha, Ředitelství služby dopravní policie Policejního

- prezidia České Republiky, duben 2014 [2016-07-07]. 35 s. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>
- [30] pplk. SOBOTKA Petr. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České Republice za rok 2014* [PDF]. Praha, Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České Republiky, květen 2015, [2016-07-07]. 256 s. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>
- [31] por. Ing. VAFEK. Stromořadí kolem silnic. In: *Policie ČR*. [online]. Prostějov, © 2015 Policie ČR [cit. 11-11-2015]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/stomoradi-kolem-silnic.aspx>
- [32] ŠACHL Jindřich. *Analýza nehod v silničním provozu*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2010. 144 s. ISBN 978-80-01-04638-8
- [33] In: *YouTube* [online]. 25. 3. 2011 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=TluTj_VZ7Ko. Kanál uživatele AvailableDrEvil
- [34] TP 167/2012. *Ocelová svodidla Arcelormittal, prosotrové uspořádání*. Ostrava: ArcelorMittal Ostrava a. s., únor 2012 [PDF]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20167.pdf>
- [35] Volvo. In: *YouTube* [online]. 8. 12. 2014 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=sqFH2iJllcs>. Kanál uživatele Sergey Popsulin
- [36] HEJTMÁNEK Tomáš, Senior nevybral zatáčku, z vozu ho museli hasiči vystříhat. *Idnes.cz*. [online]. 25. září 2015, 10:57, © 1999–2016 MAFRA, a. s. [2015-09-27]. Dostupné z: http://hradec.idnes.cz/dopravni-nehoda-u-divce-na-hradecku-dtb-/hradec-zpravy.aspx?c=A150925_113930_hradec-zpravy_the
- [37] por. Bc. ŽAHOURKOVÁ Martina. Dvě osoby museli hasiči vyprostit hydraulickými nástroji po nehodě mezi Černilovem a Libranticemi. *Požáry.cz*. [online]. 24. 09. 2015, 15:18, [cit. 2015-09-27]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/122375-dve-osoby-museli-hasici-vyprostit-hydraulickymi-nastroji-po-nehode-mezi-cernilovem-a-libranticemi/>
- [38] KUBIŠTOVÁ Pavla. Řidička narazila do betonového mostku. Spolujezdec nehodu nepřežil. *Idnes.cz*. [online]. 3. červenec 2016, 7:41, © 1999–2016 MAFRA, a. s.

- [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/tragicka-dopravni-nehoda-stary-bydzov-dhg-/krimi.aspx?c=A160703_074230_krimi_pku
- [39] mjr. Mgr. SEZIMA Ondřej. Spolujezdec nepřežil náraz osobního automobilu do betonového mostku poblíž Starého Bydžova. *Požáry.cz*. [online]. 02. 07. 2016, 13:50, [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/139757-spolujezdec-neprezil-naraz-osobniho-automobilu-do-betonoveho-mostku-pobliz-stareho-bydzova/>
- [40] In: *YouTube* [online]. 14. 01. 2015 [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fESBAMpsAUI>. Kanál uživatele CidroSolutions
- [41] Město Dvůr Králové nad Labem. Dvůr Králové nad Labem. *Připojení ke komunikaci pomocí sjezdu*. [online]. Město Dvůr Králové nad Labem, 17. 08. 2015, [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.mudk.cz/redakce/index.php?tree=248&lanG=cs&slozka=122686&sit=842&tshowsit=1&>
- [42] MINISTERSTVO DOPRAVY A SPOJŮ. *Vyhláška MDS č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích*. [PDF]. [2016-06-28]. Dostupné z: http://www.neratov-novinsko.cz/custom/media/files/VHL_104-1997.pdf
- [43] ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Český normalizační institut, 2004, 126 s. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/PKO/holcner.p/BM01/CSN_736101.pdf
- [44] TP 114. *Svodidla na pozemních komunikacích*. Ministerstvo dopravy, červenec 2015, 3. vydání, 41 s, [PDF]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20114a.pdf>
- [45] TP 203. *Ocelová svodidla (svodnicového typu)*. Ministerstvo dopravy, červenec 2015, 2. vydání, 49 s, [PDF]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20203a.pdf>
- [46] CIDRO. *cidro.es*. [online]. Parque Tecnológico de Boecillo, Boecillo, Spain. © 2016. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <http://www.cidro.es/en/crossafe#&panel1-1&panel2-3>

12. Seznam obrázků

- Obrázek [1] Čelní náraz vozidla BMW 228i do deformovatelné bariéry se 40 % překrytím, zdroj: 2014 BMW 2 series moderate overlap IIHS crash test. In: *YouTube* [online]. 25. 06. 2014, [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=L8koFVZkReE>. Kanál uživatele: IIHS
- Obrázek [2] Čelní náraz vozidla Fiat 500L do deformovatelné bariéry se 40 % přesahem, zdroj: 2014 Fiat 500L moderate overlap IIHS crash test. In: *YouTube* [online]. 28. 10. 2013, [cit. 2015-11-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=w6bdJ42MVbk>. Kanál uživatele: IIHS
- Obrázek [3] Nedeformovatelná překážka, zdroj: IIHS. *Small Overlap Crash Test Protocol* [PDF]. 988 Dairz Road, Ruckersville, VA 22968, May 2014 [cit. 2015-11-22]. 26 s. Dostupnost z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
- Obrázek [4] Čelní náraz vozidla Fiat 500L do nedeformovatelné bariéry s 25 % přesahem, zdroj: 2014 Fiat 500L small overlap IIHS crash test. In: *YouTube* [online]. 29. 07. 2014, [cit. 2015-12-01]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=-BTkqwL_3-c
- Obrázek [5] Sledované části v oblasti prostoru řidiče, zdroj: IIHS. Ratings, About our tests, Frontal crash tests, [iihs.org](http://www.iihs.org) [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-25-12]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/frontal-crash-tests>
- Obrázek [6] Porovnání dvou identických nárazů s 25 % přesahem na obě strany, Toyota RAV4, zdroj: IIHS. News, Passengers at risk in small overlap crashes. [iihs.org](http://www.iihs.org) [online]. © 1996-2016, June 28, 2016, [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/news/desktopnews/vehicles-with-good-driver-side-protection-may-leave-passengers-at-risk>
- Obrázek [7] Obnažená před automobilu Toyota RAV4 (modelový rok 2015) ukazující absenci výztuh na straně spolujezdce, zdroj: IIHS. News, Passengers at risk in small overlap crashes. [iihs.org](http://www.iihs.org) [online]. © 1996-2016, June 28, 2016, [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/news/desktopnews/vehicles-with-good-driver-side-protection-may-leave-passengers-at-risk>

- Obrázek [8] Porovnání deformací na straně řidiče (vlevo) a na straně spolujezdce (vpravo) na automobilu Toyota RAV4 (modelový rok 2015), zdroj: IIHS. News, Passengers at risk in small overlap crashes. [iihs.org](http://www.iihs.org) [online]. © 1996-2016, June 28, 2016, [cit. 2016-06-30]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/news/desktopnews/vehicles-with-good-driver-side-protection-may-leave-passengers-at-risk>
- Obrázek [9] Schéma bočního nárazu při rychlosti 50 km/h, zdroj: IIHS. *Side impact test protocol* [PDF]. 988 Dairz Road, Ruckersville, VA 22968, May 2014 [2015-11-22]. 21 s. Dostupnost z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
- Obrázek [10] Druhy mobilních bariér pro boční náraz, zdroj: IIHS. Ratings, About our tests, Side crash test. [iihs.org](http://www.iihs.org) [online]. © 1996-2016, [cit. 2015-25-12]. Dostupné z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/ratings-info/side-test>
- Obrázek [11] Parametry deformovatelné bariéry představující před' osobního automobilu, zdroj: IIHS. *Side impact test protocol* [PDF]. 988 Dairz Road, Ruckersville, VA 22968, May 2014 [2015-11-22]. 21 s. Dostupnost z: <http://www.iihs.org/iihs/ratings/technical-information/technical-protocols>
- Obrázek [12] Náraz automobilu Renault Megane na sloup, zdroj: Euro NCAP Crash Test of Renault Megane 2015. In: *YouTube* [online]. 02. 12. 2015, [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=bKf7XOBP6y4>. Kanál uživatele: euroncapcom
- Obrázek [13] Struktura karoserie automobilu Volvo XC90 2. generace, zdroj: Volvo Car Corporation. Volvo XC90 body structure. media.volvocars.com. © 2016, Jul. 22, 2014, ID: 148215 [cit. 2016-06-01]. Dostupné z: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/photos/148215/volvo-xc90-body-structure>
- Obrázek [14] Deformace vozidla po nárazu do stromu malou částí předě („škrtnutí“), zdroj: POŽÁRY.CZ. [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/>
- Obrázek [15] Deformace boku vozidla po bočním nárazu na strom, zdroj: POŽÁRY.CZ. [online]. [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/>
- Obrázek [16] Nehoda vozidla, které narazilo do přilehlého svahu a skončilo na střeše, zdroj: por. Mgr. DOUBEK Miroslav. Řidič vozidla s přívěsným vozíkem vyletěl u obce

Chlaponice na Písecku mimo silnici, spolujezdec zemřel. POŽÁRY.CZ. [online]. 18. 03. 2016, 15:50, [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/132277-ridic-vozidla-s-privesnym-vozikem-vyletel-u-obce-chlaponice-na-pisecku-mimo-silnici-spolujezdec-zemrel/>

Obrázek [17] Následky nárazu vozidla na sloup, zdroj: mjr. Mgr. SEZIMA Ondřej. Nehoda osobního automobilu v obci Zbečnick u Hrnova na Náchodsku skončila zraněním řidičky. POŽÁRY.CZ. [online]. 01. 03. 2016, [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/131219-nehoda-osobniho-automobilu-v-obci-zbecnik-u-hrnova-na-nachodsku-skoncila-zranenim-ridicky/>

Obrázek [18] Náraz vozidla na sloup pouličního osvětlení, deformovatelný, zdroj: In: *YouTube* [online]. 25. 3. 2011 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=TluTj_VZ7Ko. Kanál uživatele AvailableDrEvil

Obrázek [19] Náraz vozidla do sloupu veřejného osvětlení, nedeformovatelný, zdroj: In: *YouTube* [online]. 25. 3. 2011 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=TluTj_VZ7Ko. Kanál uživatele AvailableDrEvil

Obrázek [20] Náraz vozidla do železobetonového mostního základu, nezabezpečeného, zdroj: por. Mgr. KÚDELA Petr. Havířovští hasiči vyprošťovali řidiče Clia v pilíři železničního mostu v Dolní Suché. POŽÁRY.CZ. [online]. 29. 02. 2016, 15:37, [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/131157-havirovsti-hasici-vyprostovali-ridice-clia-v-piliri-zeleznicniho-mostu-v-dolni-suche/>

Obrázek [21] Vhodné ukončení svodidla s krátkým náběhem, zdroj: KASKA, s. r. o.. Ocelová svodidla. *svodidla-kaska.cz* [online]. © KASKA [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.svodidla-kaska.cz/fotogalerie/>

Obrázek [22] Střet vozidla se zábradlím, které proniklo do interiéru vozidla, zdroj: por. Mgr. MIKOŠKA Jaroslav. POŽÁRY.CZ. [online]. 13. 10. 2015, 13:57, [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/123449-jedno-zraneni-si-vyzadala-nehoda-osobniho-auta-u-lipuvky-vuz-se/>

Obrázek [23] Osobní automobil po nárazu do samostatného sjezdu, zdroj: mjr. Mgr. Bc. MITÁČEK Ivo. Po náraz u do mostku se zranila seniorka. POŽÁRY.CZ. [online]. 11. 10. 2010, 9:00, [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/34668-po-narazu-do-mostku-se-zranila-seniorka/>

- Obrázek [24] Rovné čelo samostatného sjezdu, silnice I/16 u obce Horka u Staré Paky, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 18. 06. 2016, 16:40.
- Obrázek [25] Šikmé čelo samostatného sjezdu, silnice II/295 u obce Zálesní Lhota, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 18. 06. 2016, 10:51.
- Obrázek [26] Pohyb automobilu Volvo XC90 po nárazu na sešikmené čelo samostatného sjezdu, zdroj: Volvo. In: *YouTube* [online]. 8. 12. 2014 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=sqFH2iJllcs>. Kanál uživatele Sergey Popsulin
- Obrázek [27] Pohyb automobilu Volvo XC90 po nárazu na sešikmené čelo samostatného sjezdu, zdroj: Volvo. In: *YouTube* [online]. 8. 12. 2014 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=sqFH2iJllcs>. Kanál uživatele Sergey Popsulin
- Obrázek [28] Deformace přední části vozidla Volvo XC90 po nárazu do šikmého čela, zdroj: Volvo. In: *YouTube* [online]. 8. 12. 2014 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=sqFH2iJllcs>. Kanál uživatele Sergey Popsulin
- Obrázek [29] Místo dopravní nehody, zdroj: ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, ODBOR SILNIČNÍ DATABANKY A NIDC. *geoportal.jsdi.cz*. [1:500 m]. Dostupné z: http://geoportal.jsdi.cz/flexviewers/Silnicni_a_dalnicni_sit_CR/
- Obrázek [30] Místo, kde vozidlo opustilo vozovku, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 27. 09. 2015, 16:08.
- Obrázek [31] Místo nárazu automobilu Peugeot 206 do čela propustku, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 27. 09. 2015, 16:12.
- Obrázek [32] Poloha automobilu po nárazu do čela betonového propustku, zdroj: por. Bc. ŽAHOURKOVÁ Martina. Dvě osoby museli hasiči vyprostit hydraulickými nástroji po nehodě mezi Černilovem a Libranticemi. *Požáry.cz*. [online]. 24. 09. 2015, 15:18, [cit. 2015-09-27]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/122375-dve-osoby-museli-hasici-vyprostit-hydraulickymi-nastroji-po-nehode-mezi-cernilovem-a-libranticemi/>
- Obrázek [33] Pohled do zdeformovaného interiéru automobilu po střetu, HEJTMÁNEK Tomáš, Senior nevybral zatáčku, z vozu ho museli hasiči vystříhat. *Idnes.cz*. [online]. 25. září 2015, 10:57, © 1999–2016 MAFRA, a. s. [2015-09-27].

Dostupné z: http://hradec.idnes.cz/dopravni-nehoda-u-divce-na-hradecku-dtb-/hradec-zpravy.aspx?c=A150925_113930_hradec-zpravy_the

- Obrázek [34] Porušené betonové čelo propustku po nárazu, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 27. 09. 2015, 16:16.
- Obrázek [35] Porušené betonové čelo propustku po nárazu, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 27. 09. 2015, 16:17.
- Obrázek [36] Místo dopravní nehody, zdroj: ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR, ODBOR SILNIČNÍ DATABANKY A NIDC. *geoportal.jsdi.cz*. [1:500 m]. Dostupné z: http://geoportal.jsdi.cz/flexviewers/Silnicni_a_dalnicni_sit_CR/
- Obrázek [37] Místo nárazu, místo opuštění vozovky, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 03. 07. 2016, 13:39.
- Obrázek [38] Místo nárazu automobilu Škoda Fabia II. generace do čela samostatného sjezdu, zdroj: MIKULKA Martin, [fotografie]. 03. 07. 2016, 13:43.
- Obrázek [39] Automobil Škoda Fabia II. generace po nárazu do čela samostatného sjezdu, zdroj: mjr. Mgr. SEZIMA Ondřej. Spolujezdec nepřežil náraz osobního automobilu do betonového mostku poblíž Starého Bydžova. *Požáry.cz*. [online]. 02. 07. 2016, 13:50, [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/139757-spolujezdec-neprezil-naraz-osobniho-automobilu-do-betonoveho-mostku-pobliz-stareho-bydzova/>
- Obrázek [40] Konečná poloha vozidla, zdroj: mjr. Mgr. SEZIMA Ondřej. Spolujezdec nepřežil náraz osobního automobilu do betonového mostku poblíž Starého Bydžova. *Požáry.cz*. [online]. 02. 07. 2016, 13:50, [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/139757-spolujezdec-neprezil-naraz-osobniho-automobilu-do-betonoveho-mostku-pobliz-stareho-bydzova/>
- Obrázek [41] Deformace přední části vozidla Škoda Fabia II. generace, zdroj: mjr. Mgr. SEZIMA Ondřej. Spolujezdec nepřežil náraz osobního automobilu do betonového mostku poblíž Starého Bydžova. *Požáry.cz*. [online]. 02. 07. 2016, 13:50, [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/139757-spolujezdec-neprezil-naraz-osobniho-automobilu-do-betonoveho-mostku-pobliz-stareho-bydzova/>

- Obrázek [42] Interiér vozidla Škoda Fabia II. generace po nárazu, zdroj: mjr. Mgr. SEZIMA Ondřej. Spolujezdec nepřežil náraz osobního automobilu do betonového mostku poblíž Starého Bydžova. *Požáry.cz*. [online]. 02. 07. 2016, 13:50, [cit. 2016-07-04]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/139757-spolujezdec-neprezil-naraz-osobniho-automobilu-do-betonoveho-mostku-pobliz-stareho-bydzova/>
- Obrázek [43] Situace nebezpečí nárazu vozidla do překážky vyjetím z vozovky před svodidlem, je-li za svodidlem zpevněná plocha, zdroj: TP 203. *Ocelová svodidla (svodnicového typu)*. Ministerstvo dopravy, červenec 2015, 2. vydání, 49 s, [PDF]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20203a.pdf>
- Obrázek [44] Segmenty umístěné před čelem samostatného sjezdu, zdroj: In: *YouTube* [online]. 14. 01. 2015 [cit. 2016-06-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fESBAMpsAUI>. Kanál uživatele CidroSolutions
- Obrázek [45] Průběh nárazových zkoušek a jejich následky, zdroj: CIDRO. *cidro.es*. [online]. Parque Tecnológico de Boecillo, Boecillo, Spain. © 2016. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <http://www.cidro.es/en/crossafe#&panel1-1&panel2-3>
- Obrázek [46] Podélné segmenty spolu s kotvícími kolíky, zdroj: CIDRO. *cidro.es*. [online]. Parque Tecnológico de Boecillo, Boecillo, Spain. © 2016. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <http://www.cidro.es/en/crossafe#&panel1-1&panel2-3>

13. Seznam tabulek

Tabulka 1. Celkový počet nehod a jejich následky v ČR a nehod s pevnými překážkami v období 2007 – 2014

Tabulka 2. Počty usmrcených osob při nehodách s pevnými překážkami v ČR za období 2007 – 2014

14. Seznam příloh

- [1] Porovnání deformačních zón, struktury vozidla, deformací a výsledků nárazových testů vozidel Hyundai Santa Fe a Volvo XC90