



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Petr Vinař

Uplatnění prvků pasivní bezpečnosti při kolizích
s objekty infrastruktury
Bakalářská práce

2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Petr Vinař

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Uplatnění prvků pasivní bezpečnosti při kolizích s objekty infrastruktury**

Název tématu (anglicky): Application of passive safety features during collisions with
infrastructur

Zásady pro vypracování

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

- Definujte objekty infrastruktury, které jsou reálnými nebo potencionálními partnery kolizí s dopravními prostředky
- Uved'te statistiku dopravních nehod s těmito objekty
- Zpracujte energetickou analýzu a mechaniku nárazu s objekty podle prvního bodu
- Uved'te konstrukční prvky pasivní bezpečnosti dopravních prostředků, které jsou účinné při nehodách s objekty infrastruktury
- Navrhněte účinné konstrukční prvky, které zvýší bezpečnost dopravních prostředků při nehodách s objekty infrastruktury

Rozsah grafických prací: Dle pokynů vedoucího práce

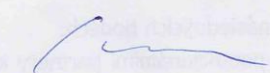
Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: FIRST, Jiří a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha: S&T CZ, 2008
ISBN 978-80-254-1805-5.
Kovanda, J., Šatochin, V. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02235-8

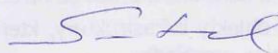
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří First**

Datum zadání bakalářské práce: **23. června 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

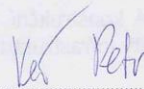


doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Petr Vinař
jméno a podpis studenta

V Praze dne 23. června 2015

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Jiřímu Firstovi za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat paní doc. Ing. Zuzaně Radové a panu doc. Ing. Tomášovi Mičunkovi za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům. 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 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 o změně některých zákonů

V Praze dne 24. 8. 2016

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Uplatnění prvků pasivní bezpečnosti při kolizích
s objekty infrastruktury

Bakalářská práce

Srpen 2016

Petr Vinař

Abstrakt

Práce se zabývá popisem hlavních kolizních prvků infrastruktury pro dopravní prostředky. Práce je rozdělena na pět částí. V první části se věnuje identifikaci a popisu objektů. V druhé části je statistický rozbor nehodovosti a úmrtnosti. Třetí část je zaměřena na energetickou analýzu a mechaniku nárazu s objekty, jejich deformace a znázornění v grafu. Čtvrtá část popisuje prvky pasivní bezpečnosti dopravních prostředků, které jsou hlavními nástrojem pro přežití posádky. V páté části je vytvořen návrh pro zlepšení bezpečnosti vozidel při nehodách s objekty infrastruktury.

Abstract

The subject of the bachelor thesis is to describe the major collision elements of infrastructure for vehicles. The thesis is divided into five parts. The first is dedicated to identification and description of rigid objects. The second part contains statistical analysis of accident and fatality rate. Next part is focused on energy analysis and mechanism of impacts with objects, its deformation and illustration with a graph. Description of passive safety elements on vehicles are also included. Final part proposes a design for automobile safety improvement during accidents with objects of infrastructure.

Klíčová slova

Dopravní nehody, objekty infrastruktury, statistika nehodovosti, deformace při nárazu, pasivní bezpečnost

Key words

Road accident, infrastructure objects, statistic of accidents, deformation on impact, passive safety

Obsah

1 Úvod	6
2 Seznámení s objekty.....	7
2.1. Stavby	7
2.1.1 Budovy	7
2.1.2 Mosty.....	7
2.1.3 Protihlukové stěny.....	8
2.2 Propustky	8
2.3 Lampy.....	10
2.4 Obrubníky a krajníky	11
2.5 Dopravní značky.....	12
2.6 Stromořadí	14
2.7 Svodidlo	16
2.7.1 Ocelové svodidlo.....	16
2.7.2 Lanové svodidlo.....	19
2.7.3 Beton ová svodidla	20
2.7.4 Dřevoocelové svodidlo	23
2.8 Tlumiče nárazu.....	24
2.8.1 Typy tlumičů	25
2.8.2 Umístění a parametry tlumičů nárazu	28
3 Statistika	29
3.1 Statistika s objekty infrastruktury	31
4 Energetická analýza a mechanika nárazu s objekty podle bodu 1.....	33
4.1 Náraz vozidla	35
5 Konstrukční prvky pasivní bezpečnosti v dopravních prostředcích.....	36
5.1 Karoserie.....	36
5.2 Tuhost struktury.....	37
5.3 Konstrukční díly z plastů.....	38
5.4 Dveře	38
5.5 Zasklení automobilu	38
5.6 Zádržné systémy	39
6 Návrh konstrukčního prvku pro zvýšení bezpečnosti dopravních prostředků.....	41
7 Závěr	43
8 Použité zdroje	44
9 Seznam obrázků.....	47
10 Seznam tabulek a grafů	48

1. Úvod

Na pozemních komunikacích denně vidáme nehody vozidel s prvky infrastruktury. Z historického hlediska tyto kolize, které můžeme vyjádřit v číslech statistik, narůstají. Dříve se na cestách objevovalo velmi málo vozidel, tím pádem nehod bylo méně. S rozvojem průmyslu a techniky se začala výroba automobilů zvyšovat a stala se dostupnější pro širší okruh lidí. Dnes brázdí silnice po celém světě kolem jedné miliardy vozů. Není tedy divu, že jsou nehody na pořadu dne. Ačkoliv jsou dnešní automobily z bezpečnostního hlediska na špičkové úrovni, lidský faktor ve výši nehodovosti nelze opomenout. I přes velikou snahu zdokonalit vozidla i komunikace se zatím nepřišlo na žádné funkční řešení, jak odstranit úmrtí ze silnic. Zdokonalují se povrchy vozovek, rozhledové poměry a probíhají výstavby bezpečnějších obchvatů a rychlostních komunikací. Automobily podléhají čím dál přísnějším bezpečnostním předpisům, které podrobně zkoumají akreditované zkušebny. Ve vozidlech je mnoho aktivních i pasivních prvků. Aktivní prvky jsou různé systémy a kontroly vozidla, které mají předcházet dopravním nehodám. Pasivní prvky se snaží zmírnit následky nehody. Upravují se zákony a zvyšují se postihy pro neukázněné řidiče. Mediální kampaně vzdělávají občany a upozorňují na následky nepřizpůsobené jízdy. Tato bakalářská práce nás seznamuje s objekty, které nejčastěji potkáváme na silnicích. Poukazuje také na bezpečnostní prvky, jako jsou svodidla a tlumiče nárazů, které sice nezabrání nehodě, ale mohou velmi snížit její následky. Za pomoci každoročního evidování počtu a druhů nehod je zpracována statistika, která nám ukáže úmrtnost, poměr těžkých a lehkých zranění. V práci se také dozvíme, do jakých objektů se bourá nejčastěji a jaké nesou následky při kolizi. V následující kapitole najdeme teoretické zpracování vlastností materiálu podle tuhosti a útlumu, které jsou vyjádřeny grafem. Dále zde najdeme i nejdůležitější prvky pasivní bezpečnosti používané ve vozidlech. V praktické části se práce zabývá teoretickým nápadem, který by měl zlepšit pasivní bezpečnost vozidla. Jedná se o návrh do budoucnosti, ve které je vize elektro – automobilů s pohonem na baterie.

2. Seznámení s objekty

V dnešní době je na pozemních komunikacích mnoho objektů, se kterými se automobil či jiný dopravní prostředek může střetnout. Při nynějších technologiích v automobilech a využití prvků pasivní bezpečnosti při nárazu, můžeme konstatovat, že je bezpečnost posádky v nových automobilech na vysoké úrovni.

Objekty, u kterých hrozí kolize, můžeme rozdělit na dvě velké skupiny. První skupinu tvoří příslušenství pozemní komunikace, jako jsou propustky, stavby, lampy či sloupky. Další část této skupiny tvoří velmi nebezpečné přírodní překážky nebo budovy, které při kolizi mohou představovat silného soupeře. Druhá skupina obsahuje svodidla a tlumiče nárazu, které chrání posádku automobilu před vjezdem a kolizí se skupinou první, avšak ne v každé části komunikace je ochrana svodidlem či tlumičem nárazu vybudována.

2.1. Stavby

Na většině pozemních komunikací jsou v bezprostřední blízkosti stavby, které jsou z pevného materiálu a představují tak smrtící bariéru téměř s nulovou deformací. Jedná se hlavně o budovy, mostní pilíře, protihlukové stěny a zídky.

2.1.1 Budovy

Budova je nadzemní stavba, která má pevné základy. Je z pravidla uzavřena obvodovými stěnami a střešní konstrukcí. Můžeme je dělit na několik typů, od jednoduchých přístřešků po složité komplexy nebo výškové domy. Jsou tvořeny z různorodých materiálu např. – cihly, beton, dřevěné trámy, železné konstrukce, sklo, plastové části a jiné. [1]

2.1.2 Mosty

Most je dopravní stavba vybudována za účelem převádění silniční, pěší a železniční dopravy nebo vodního toku přes překážku, kterou může být řeka, moře nebo jezero, údolí nebo jiná komunikace. Za most je považována konstrukce, která je delší než 2.0m, kratší je označováno jako propustek. Most je chráněn svodidly, aby automobil neopustil mostní konstrukci, ale pokud most slouží jako přemostění jiné komunikace, nachází se zde riziko nárazu do mostní konstrukce pro automobily pod ním. Pro konstrukci mostu se nejčastěji používá beton nebo železobeton.[2]

2.1.3 Protihlukové stěny

Protihluková stěna je vystavena u hlučné silnice, dálnice nebo železnice. Její pojmenování je výstižné, protože slouží ke snižování dopravního hluku. Z hlediska tvaru je upřednostňován svislý tvar. Staví se většinou v bezpečné vzdálenosti, která je závislá na odolnosti proti nárazu a deformační hloubce materiálu. Na některých místech jsou stěny chráněny svodidly nebo hliněným svahem, ale najdou se i místa kde je stěna v blízkosti vozovky a nechráněná. Jako použitý materiál se nejvíce používají betonové, dřevěné nebo plastové dílce. V poslední době se začínají uplatňovat speciální polymery jako je pryž, sklo a také lehké kovy, Nosná část stěny je vyrobena ze železobetonu, která odpovídá požadavkům na únosnost a mezní deformaci podle ČSN EN 1794-1:1997. Dále je z nosné stěny vystaven železobetonový sloupek o průřezu písmene H, který je určen pro osazení protihlukových panelů. [3] [4]

2.2 Propustky

Propustek je objekt ve spodní stavbě silniční komunikace tunelovitého typu s kolmou světlostí do 2 metrů, která slouží k vedení vody. Používají se hlavně pro vedení malého vodního toku. Umisťují se na místech, kde je třeba převést vodu z jedné strany komunikace na druhou. Dnes se propustky dimenzují na průtok 50 - ti leté vody. Převedení vody ale není podmínkou. Existují i propustky komunikační, které slouží k vedení inženýrských sítí. Setkáme se s nimi jak v extravilánu, tak i v intravilánu.

S propustkami, jakožto kolizním prvkem pozemní komunikace se hlavně setkáváme ve spojení s příkopem (rigolem) a odbočením z komunikace (foto č. 1). Automobil má při vjetí do rigolu má malou šanci ho opustit, tím pádem se z propustků stává kolizní prvek, který může nést fatální následky díky použití velmi odolných materiálů. V dnešní době je snaha o vylepšení bezpečnosti v blízkosti propustků např. pomocí svodidel nebo zvolení měkčích materiálů, které mají díky pružnosti tlumící vlastnosti.[5] [6]

Dělení propustků

Propustky lze dělit podle konstrukce na

- trubní
- rámové
- deskové
- klenbové

podle materiálu na

- kamenné
- betonové (ukázkové provedení na obrázku číslo 1.)
- ocelové
- železobetonové
- polyetylenové

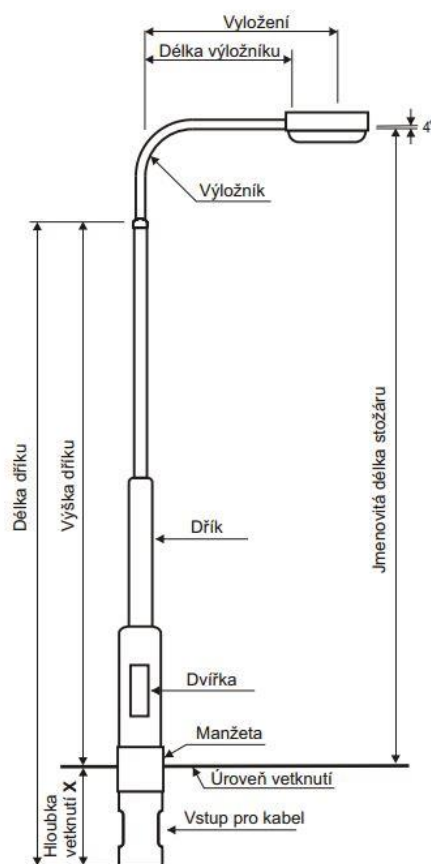
[6]



obrázek číslo 1. – betonový propustek

2.3 Lampy

Veřejné osvětlení je nutnou součástí pozemní komunikace na špatně přehledných křižovatkách, ve městech a v některých případech i na rychlostních komunikacích. Veřejné osvětlení se nachází v blízkosti vozovky. Může být umístěno na stožáru nebo upevněno na budově či jiném objektu. Rozlišujeme dva typy stožárů, ocelový a hliníkový. Ocelové stožáry jsou vyráběné podle normy ČSN 40-5 a hliníkové podle ČSN EN 40-6. Při umístění veřejného osvětlení na stožár se z něj stává frekventovaný kolizní prvek, který je v blízkosti pozemní komunikace. Další stožáry, které můžeme najít v blízkosti pozemní komunikace slouží pro vedení trolejí, elektrického proudu nebo jako nosný prvek konstrukce. Tyto sloupy jsou vyrobené z betonu, dřeva nebo oceli. [7]



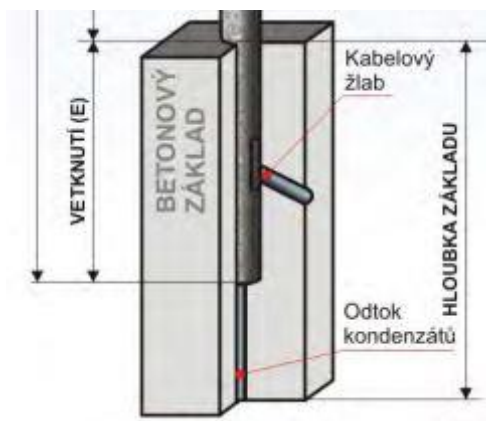
obrázek číslo 2. - popis lampy

Dřík stožáru – základní, nosná část stožáru

Úroveň vetknutí – rovina vedená místem přechodu stožáru do země [9]

Rozmístění a upevnění

Pouliční lampy jsou rozmístěny podle výkonu osvětlení. U cyklostezek, komunikací nižších kategorií a místních komunikací je rozteč stožárů šestinásobek výšky stožáru. Stožár se skládá z dřívku, v dolní části mají patici, ve které jsou umístěny elektrické rozvody a pojistky. O ukotvení lampy do země a její stabilitu se stará betonový blok pod úrovní komunikace (obrázek číslo 3.). Hloubka a rozměry se liší dle výšky stožáru. [8] [10]



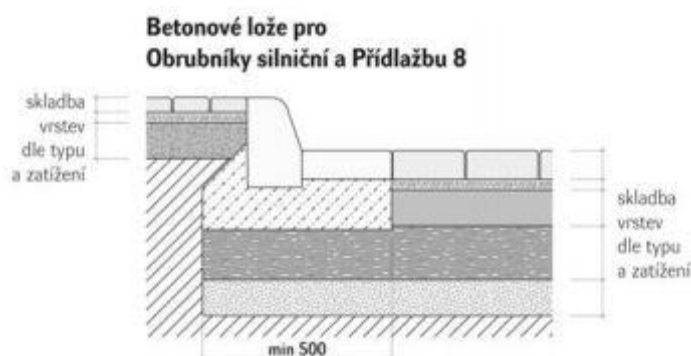
obrázek číslo 3. – upevnění lampy v zemi

2.4 Obrubníky a krajníky

Obrubník je kamenný nebo betonový pás, který tvoří hranu chodníku, zvýšeného tramvajového pásu, nastupní hrany nástupiště a k ohraničení ostrůvků. Je to tedy hrana, která odděluje dvě rozdílně vysoké pozemní komunikace nebo travnaté plochy. Zvýšení chodníku vede k zdůraznění pěšího určení. Vyšší obrubníky můžeme najít u nástupiště z důvodu komfortnějšího nastoupení do dopravního prostředku, naopak u přechodu najdeme nejnižší kvůli bezbariérovosti. [12]

Betonové obrubníky podléhají normě ČSN EN 1340. Používají se různé druhy materiálů. Nejčastěji najdeme monolitický beton nebo asfaltovou směs. Při potřebě zachování estetičtějšího vzhledu obrubníku se používá žula. [13]

Při njetí automobilu na obrubník může nastat poškození vozidla a zranění posádky, nebo při vyšších rychlostech i převrácení vozidla.



obrázek číslo 4. – řez obrubníkem

CE	ČSN EN 1340 Betonové obrubníky – Požadavky a zkušební metody		
Určené použití	Venkovní a vnitřní plochy		Odolnost proti zmrazování / rozmrazování Třída 3 A $\leq 1,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$
Rozměry [mm] délka / šířka / výška	Viz výše technický výkres prvku (výrobní rozměry)		Obrusnost Třída 4I $\leq 18\,000 \text{ mm}^3 / 5\,000 \text{ mm}^2$
Rozměrová přesnost [mm] délka / šířka / výška	$\pm 5 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$	Odolnost proti smyku / skluzu Uspokojivý
Pevnost v ohybu	4,0 MPa		Reakce na oheň A1

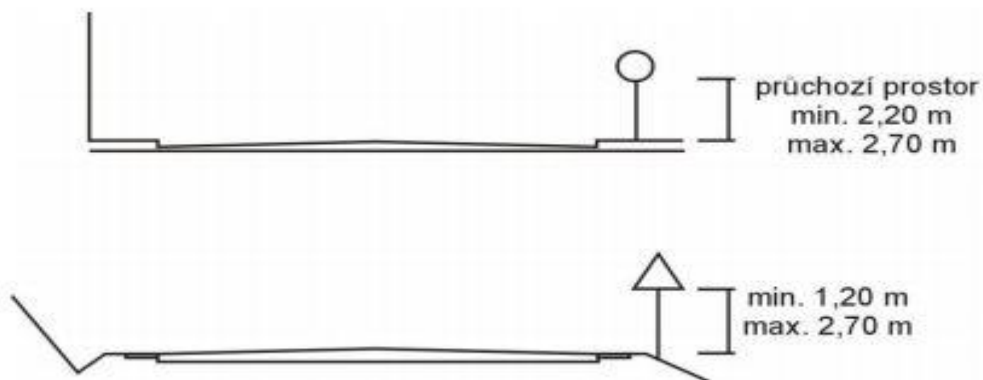
Tabulka číslo 1. – parametry obrubníku

2.5 Dopravní značky

Značky jsou umístovány po pravém okraji vozovky nebo nad vozovku. Pro zdůraznění mohou být značky umístěny na obou stranách pozemní komunikace. Pokud je značka umístěná na samostatném sloupu, jedná se o další objekt, u kterého je možnost kolize s dopravním prostředkem. Značky mají železné sloupky které jsou vetknuté do betonového lože – kotvící patky, které mají hloubku a rozměry podle velikosti a výšky sloupku. Nosná konstrukce značky musí vyhovovat ČSN EN 12-899-1. Sloupek je válcového nebo příhradového profilu. [14] [15]

Parametry umístění

Stálé značky a jejich konstrukce nesmí zasahovat do dopravního prostoru. Značky mohou zasahovat pouze do průchozího prostoru pro chodce (obrázek číslo 5.), ale pouze když zůstane volná šířka 1.50 m. Ve výjimečných případech může být prostor pouze 0.9 m. [15]



obrázek číslo 5. – průchozí prostor

Vzdálenost mezi značkami

V podélném směru se umisťují tak, aby značky bylo možné včas vnímat. Na dálnici je minimální vzdálenost 100 m, tím tedy jejich frekvence není tak vysoká. Na ostatních pozemních komunikacích je vzájemná vzdálenost 30 m. V obci je z důvodů prostorových omezení výjimečně minimální vzdálenost 10 m. [15]

2.6 Stromořadí

Stromořadí neboli tzv. alej je pojmenování výsadby stromů v blízkosti pozemních komunikací. Jedná se o vysazené stromy podél cest většinou v pravidelných rozestupech. Bývají vysazeny jak v intervalu, tak i v extravilánu.

V Čechách a na Moravě výsadba stromů sahá až k vládě krále Karla IV. Největší rozmach však nastal v období baroka, kdy při budování nových cest byla cesta lemována stromy pro souvislý stín, který pak zvyšoval pochodovou aktivitu vojsk a tažné zvěře. V zimních obdobích stromy vyznačovali hranice cest. Slouží také jako větrolam. [16]

2.6.1 Aktuální stav

Podle dnes platného zákona č. 13/1997 Sb., o PK, § 29 strom na krajnici být nemůže. Tvoří pevnou překážku, kterou by silniční správce měl odstranit, protože udělení výjimky již není možné. Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny však odstranění stromu brání. [18]

2.6.2 Rozdělení alejí

Z hlediska prostorového uspořádání lze rozlišit

- pravidelné aleje - dřeviny v řadách nebo v pravidelných skupinách
- nepravidelné aleje - dřeviny jsou zde vysázeny v nepravidelném rytmu tvarovém i půdorysném

Podle umístění rozlišujeme stromořadí uliční, v městské aglomeraci a krajinné, ve volné krajině. [16]

Z důvodu lidského chybování, je nutné snížit počet pevných překážek u pozemních komunikací a zmírnit jejich následky.

V aleji stromů znamená každé vyjetí z vozovky náraz do stromů. Je to dané úhlem vyjetí vozidel ze silnice, který bývá do 30° od středu vozovky. Vozidlo o průměrné délce a šířce se při takovém úhlu nemá šanci vejít mezi kmeny stromů v aleji. Tím tedy stromořadí tvoří celistvou pevnou překážku. Odstupy stromů od kraje vozovky jsou někdy tak malé, že nelze umístit ani svodidlo, protože zde není bezpečná minimální účinná šířka pro jeho umístění. [17]

2.6.3 Pásmo kolem silnice

Podle výzkumu v USA, který ukázal, že 80% – 85% vybočujících vozidel se dostává do boční vzdálenosti menší jak 10 m, pokud předtím nenarazí na pevnou překážku. Dále ukazuje, že 80% vozidel při sjezdu z komunikace nemá úhel větší jak 20° (potvrzeno doc. Ing Šachlem CSc z fakulty ČVUT i pro ČR). Minimální boční odstup překážek by měl být tedy 10 m. Pokud nelze splnit tuto vzdálenost, měla by být pozemní komunikace chráněna svodidlem. [17]



obrázek číslo 6. – ukázka stromořadí

2.7 Svodidlo

Svodidlo je důležitým prvkem bezpečnosti na pozemních komunikacích. Slouží k usměrnění vozidla. Umisťuje se převážně v místech, kde hrozí riziko sjetí automobilu z vozovky nebo nárazu do překážky. Konkrétněji můžeme svodidla najít na mostech, v zatáčkách na vnější straně vozovky, na dálnicích a rychlostních komunikacích pro nepřetí automobilu do protisměru nebo v blízkosti budovy či jiné překážky. Předpis pro používání svodidel předepisují technické podmínky (TP) TP 114.

Typy svodidel

Z hlediska Zákona se dělí svodidla na schválená a svodidla jiná. Svodidla schválená jsou pro opakované použití na pozemní komunikaci. Jiná svodidla patří mezi kusovou výrobu, jde tedy o individuální výrobu stanoveného výrobku.

Svodidla se dělí podle konstrukce:

- ocelové svodidlo
- lanové svodidlo
- betonové svodidlo (vodící stěny)
- dřevoocelové svodidlo

[19]

Účely svodidel

dočasné svodidlo – využívá se zpravidla v souvislosti se stavbou nebo opravou na určitou dobu

mostní svodidlo – využíváné na mostě nebo opěrné zdi

zábradelní svodidlo – využívá se na mostě na místě, kde hrozí osobě pád z mostu

otevírací svodidlo – speciální svodidlo využívané ve středních dělicích pásech

[20]

2.7.1 Ocelové svodidlo

Tento typ svodidla se používá nejvíce. Je rozšířený, protože v poměru cena a výkon vychází nejlépe. Ocelových svodidel je mnoho typů, které se liší svými rozměry, délkou, principy upevnění a ukotvení. Vyrábí je spousta firem, které musí při výrobě dbát na přísné předpisy ČSN EN, musí být odzkoušené na různé typy nárazů a splňovat bezpečnostní limity. Dynamický průhyb svodidla je od 0,69 m do 1,87 m podle typu. Ocelové svodidlo se dělí na jednostranné a oboustranné [21]

Konstrukce svodidla

Svodidlo se skládá z několika částí. Základem svodidla jsou sloupky, které jsou velmi pevně usazené v podloží komunikace. Sloupky svodidel se osazují svisle, ale mohou být i kolmo k podélnému sklonu povrchu krajnice. Dalším důležitým prvkem je svodnice, která se používá dle typu svodidla. Může být jednoduchá nebo zdvojená. Vyrábí se z plechu o různých šířkách a profilování. S pomocí sloupků usměrňuje vozidlo při najetí do svodidla. Svodnice je pomocí šroubů a spojek pevně připevněna ke sloupkům. Všechny železné součásti konstrukce jsou chráněny před korozí pomocí pozinkování nebo speciálními nátěry. [21]

Výška svodidla a umístění

Výška svodidla se měří od horního okraje svodnice a musí být dostatečně vysoko od vozovky podle tabulek. Jednostranná svodidla v příčném směru se umísťují tak, aby nezasahovala žádnou částí do šířky silnice. U oboustranných svodidel, které se hlavně využívají ve středním dělicím pásu, platí totéž. Tato svodidla se osazují do osy pásu. [21]

Začátek a konec svodidla

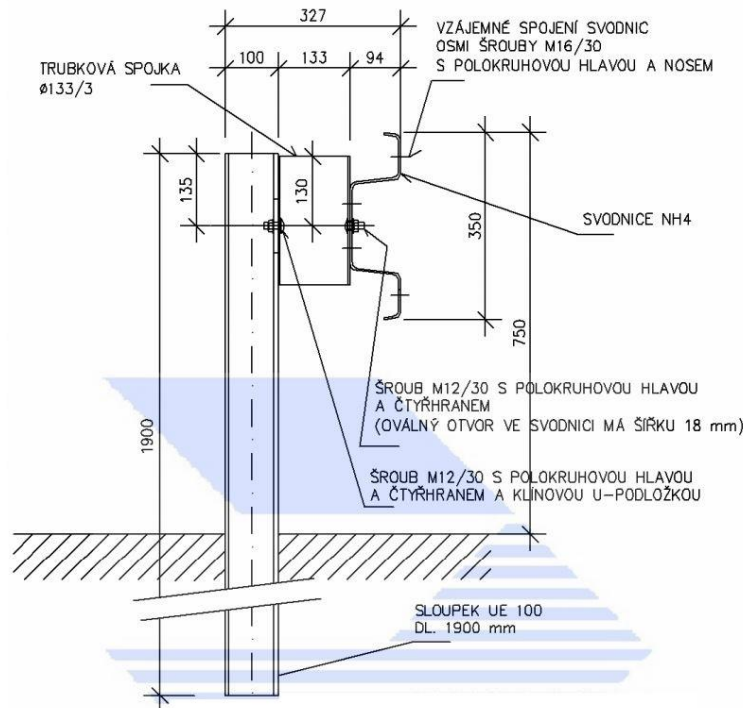
Začátek i konec svodidla musí být vždy s výškovým náběhem, kdy je konec zapuštěn do země. Pokud není možné konec zapustit do země, musí být opatřen speciální koncovou částí. Pokud svodidlo začíná tlumičem nárazu, nebo na něj navazuje, není třeba se zabývat zakončením svodidla. Zkrácený náběh svodidla je povolené použít, pokud je překrýván jiným svodidlem. [21]

Využití ocelového svodidla

- svodidlo před překážkou nebo jiným
- svodidlo u odbočovacích ramp
- svodidlo umístěné ve středním dělicím pásu
- svodidlo na vnějším okraji mostu
- svodidlo u protihlukové stěny

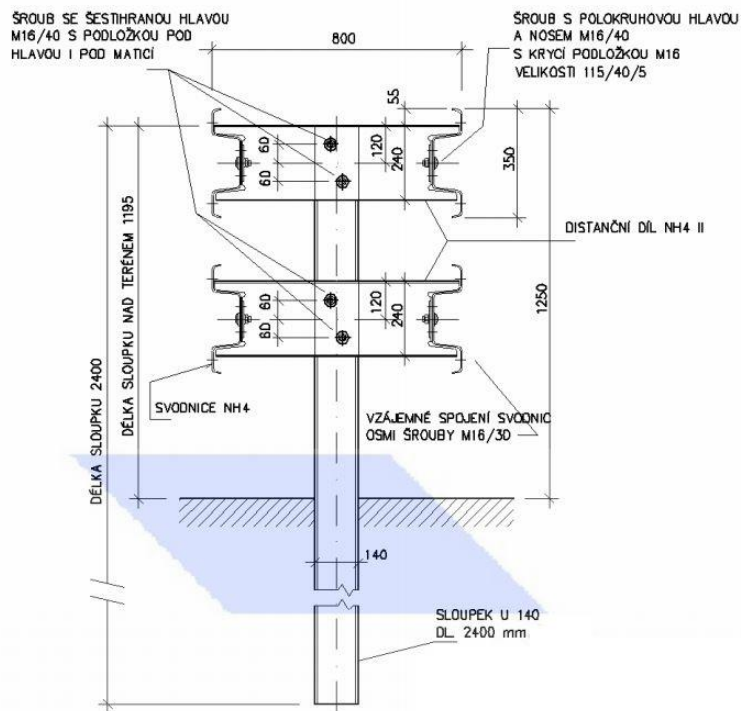
[21]

SVODIDLO JSNH4/H1 A JSNH4/N2



obrázek číslo 7. – schéma jednostranného svodidla

SVODIDLO OSNH4/H3



obrázek číslo 8. - schéma oboustranného svodidla

2.7.2 Lanové svodidlo

Lanové svodidlo má mnoho výhod, jedná se o velmi pevné, konstrukčně jednoduché svodidlo, které lze jednoduše a levně opravit. Svodidlo odolá i silnějšímu nárazu, než na který bylo dimenzováno a odzkoušeno. Další výhodou je možnost instalace svodidla s nedostatečně širokou krajnicí. Největší nevýhodou tohoto svodidla je náraz s motocyklem, kdy následky střetu motocyklu a svodidla mohou mít katastrofální následky. Lanové svodidlo se nejčastěji používá na rychlostních komunikacích a dálnicích. [22] [23]

Popis lanového svodidla

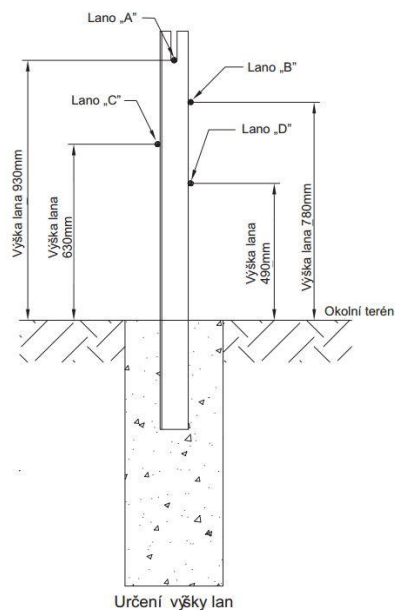
Lanové svodidlo se skládá buď ze tří nebo ze čtyř ocelových lan. Tři lana se používají velmi zřídka. Čtyřlanové svodidlo s úrovní zadržení H1 je schvalováno dle ČSN EN 1317-2. Svodidlo se skládá ze čtyř ocelových lan o průměru 19 mm, která jsou připevněna ke sloupkům ve výšce 480 mm, 630 mm, 780 mm, 930 mm nad úrovní podkladu. Sloupky jsou rozmístěny maximálně po 3,2 m. Lana jsou na koncích svodidla pevně ukotvena do svršku komunikace. Sklon upevnění je menší než u ostatních svodidel, protože svou plnou pevnost mají až při nabytí předepsané výšky všech lan. Spodní tři lana jsou propletena mezi sloupky a opřena o vymežovací háky. Horní lano je přímé a prochází zářezem ve sloupcích. Nejmenší délka svodidla v plné výšce je 24 m. Svodidlo se používá na krajnicích, kde je za svodidlem rovinná plocha šířky 2 m a ve středních dělicích pásech minimálně 3,5 m. Je možné využití i do sklonu maximálně 10%. Na komunikaci s povolenou rychlostí 90 km/h lze svodidlo použít pro oddělení protisměrných jízdních směrů. [22]

Lano svodidla

Lano se skládá ze tří pramenů po sedmi drátech, tedy z 21 drátů z vysokopevnostní karbonové oceli chráněné proti korozi. Každý z nich má mez porušení více než jednu tunu, což je dostatečné pro zachycení běžného vozidla. [22]

Typ svodidla	Úroveň zadržení	Dynamický průhyb (m)	Normalizovaná pracovní šířka W (m)	Použití
Brifen H1	H1	2,7	W7(2,3)	Viz TP 106 vč. dod 1

Tabulka číslo 2. - návrhové zatížení svodidla H1 – nejdolnější vyráběný typ svodidla



obrázek číslo 9. – schéma 4 lanové svodidlo

2.7.3 Betonová svodidla

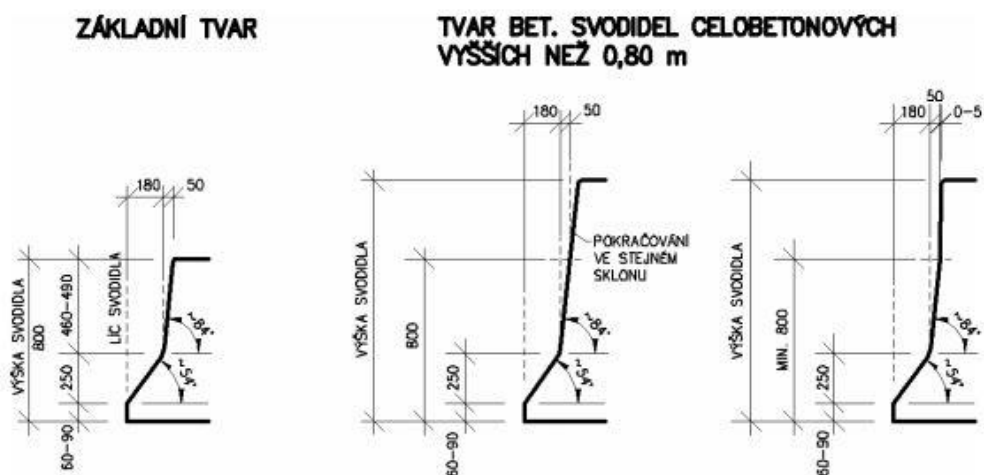
Betonová svodidla jsou hojně využívána na pozemních komunikacích. Svodidlo může mít mnoho tvarů, velikostí a i možností montáže a zámků, pomocí kterých svodidlo drží při sobě. Největším kladem těchto typů svodidel je snadná montáž i demontáž pomocí menších jeřábů a flexibilita tvarů a velikostí. Svodidlo lze použít ve stísněných podmínkách při zachování pevnostních požadavků. Nevýhodou svodidla je při větších velikostech vysoká hmotnost. Betonové svodidlo se využívá ve stejných případech jako ocelové (strana 16).

Kvalita betonu je hlídána dle ČSN EN 206, která klade požadavky na trvanlivost betonu ve vztahu k agresivnímu prostředí, mrazuvzdornost a odolnost proti chemickým rozmrazovacím látkám. Ocelové prvky ve svodidle jsou pozinkováním chráněny proti korozi. Betonové svodidlo je tvořeno z železobetonu, který se při kontaktu s automobilem nesmí štěpit na kusy větší než 1,5kg. [24]

Tvar betonových svodidel

Tvar svodidla se nepředepisuje, nejdůležitější podmínkou pro schválení montáže daného svodidla je úspěšné absolvování nárazovými zkouškami dle ČSN EN 1317-2, kde získá osvědčení o stálosti vlastností. Nejčastěji využívaným tvarem svodidla je tzv. New Jersey, pojmenované podle místa vzniku.

Pokud je ve stísněných poměrech potřeba vybetonovat několik metrů svodidla, je třeba navázat na využitý tvar, na který svodidlo navazuje. Pokud na žádné další svodidlo nenavazuje, doporučuje se tvar lícni plochy tvaru New Jersey (obrázek číslo 10.). Toto svodidlo již není silničním záchytným systémem, ale zárubní zeď projektována stavbou. [24]



obrázek číslo 10. – tvar betonového svodidla New Jersey

Začátek a konec svodidla

Z důvodu bezpečnosti musí být začátek i konec opatřen výškovým náběhem ve sklonu minimálně 1:3, nebo mírnějším. Výjimku tvoří místa, kde je začátek a konec překryt jiným svodidlem a je tak vyloučen náraz do začátku svodidla. V místě kde svodidlo začíná tlumičem nárazu, není třeba se tímto zabývat. [24]



obrázek číslo 11. - zakončení svodidla

Dělení betonových svodidel

Lze dělit podle funkce na

- oboustranné svodidlo - má v příčném řezu obě strany shodné
- jednostranné svodidlo má rubovou stranu odlišnou od strany vystavené nárazové zkoušce
- svodidlo pro mosty podle montáže
- posuvné – volně kladeno na podklad
- neposuvné – má základ pod úrovní terénu

[24]

Spoje svodidel

Spojení svodidla probíhá pomocí 2 částí, vodící kovové tyče, která se zasune do štěrbin v protikusu a pomocí kloubového šroubovitého spoje. Toto spojení by mělo odolat nárazu i vnějším nepříznivým vlivům.



obrázek číslo 12. - spojení betonového svodidla

2.7.4 Dřevoocelové svodidlo

Tento zádržný systém spojuje estetické prvky s bezpečností. Používá se převážně v přírodních parcích, u cyklistických stezek a chráněných oblastí. [25]

Popis svodidla

Sloupek je tvořen ocelovým profilem. Na ocelovou část je připevněn dřevěný sloupek, který má vyfrézovanou drážku pro ocelový sloupek. Dřevěná část je spíše tzv. obklad. Sloupek je připevněn do betonového pásu o nejmenší šířce 0,40 m a hloubky 0,80 m. Pokud není možné dodržet pás, používají se základy pro jednotlivé sloupky. Sloupek musí být ve hloubce minimálně 0,50 m. Dalším dílem svodidla je svodnice, která je tvořena dřevěnou kulatinou. Šířka kulatiny je závislá na typu svodidla. Ke dřevěné svodnici je připevněn pomocí šroubů ocelový U-profil, který zvyšuje odolnost svodidla.

O spojení mezi svodnicí a sloupkem se stará ocelová spojka připevněna šrouby. Začátek i konec svodidla musí být opatřen výškovým náběhem se zapuštěním. Dřevěné části svodidla jsou z borovice lesní. Kmeny jsou tlakově impregnované až do jádra dřeva. Kovové části svodidla se vyrábějí z legované oceli a jsou ošetřeny antikorozií ochranou v podobě pozinkování. Svodidlo s úrovní zadržetí N2 odpovídá ČSN EN 1317. [25] [26]

Svodidla rozdělujeme podle počtu svodnic, tvaru svodnic, který může být hranol či kulatina.

Dále podle

Č. položky	Název svodidla (typu)	Minimální délka svodidla (m) pro rychlost	
		≤ 80km/h	> 80 km/h
1	T18 4M	40	-
2	T18 4MS2	52	80
3	T40 4MS2	60	92

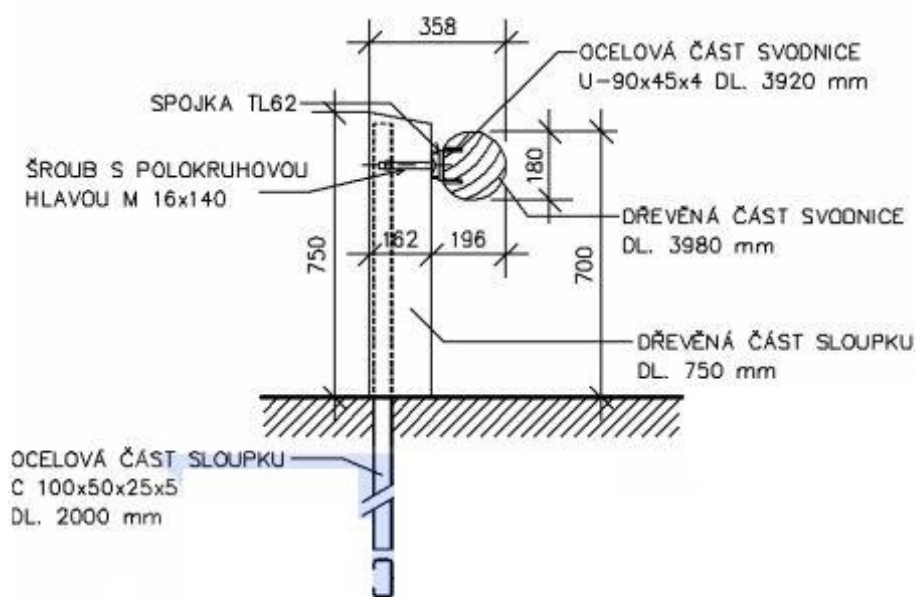
Tabulka číslo 3. - využití dřevoocelového svodidla

Umístění svodidla

- svodidlo u odbočovacích ramp – je-li v jazyku překážka
- svodidlo u překážky – většinou u konstrukce silničního vybavení
- svodidlo u protihlukové stěny
- svodidlo na mostech

[26]

JEDNOSTRANNÉ SILNIČNÍ DŘEVOOCELOVÉ SVODIDLO T18 4M



obrázek číslo 13. - schéma dřevoocelového svodidla

2.8 Tlumiče nárazu

Tlumiče nárazu slouží jako zádržný systém, případně k přesměrování osobních vozidel. Instalované tlumiče na pozemních komunikacích jsou odzkoušeny podle ČSN EN 1317-3 a splňují zákon CPR 305/2011. Tyto odzkoušené tlumiče nárazu není možné jakkoliv upravovat dle potřeby konkrétní stavby. Slouží k bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích – k zadržení neovládaného vozidla, před nárazem do pevné překážky nebo před pádem z mostních objektů. Lze je také použít pro ochranu cenných a historických objektů. Úroveň zdržení tlumičů nárazu se dělí podle rychlostních tříd silnic, na kterých jsou používány. [27]

Úroveň zadržení	Požadované nárazové zkoušky
50	Viz ČSN EN 1317-3
80/1	
80	
100	
110	

Tabulka číslo 4. – úrovně zadržení tlumičů nárazu

2.8.1 Typy tlumičů

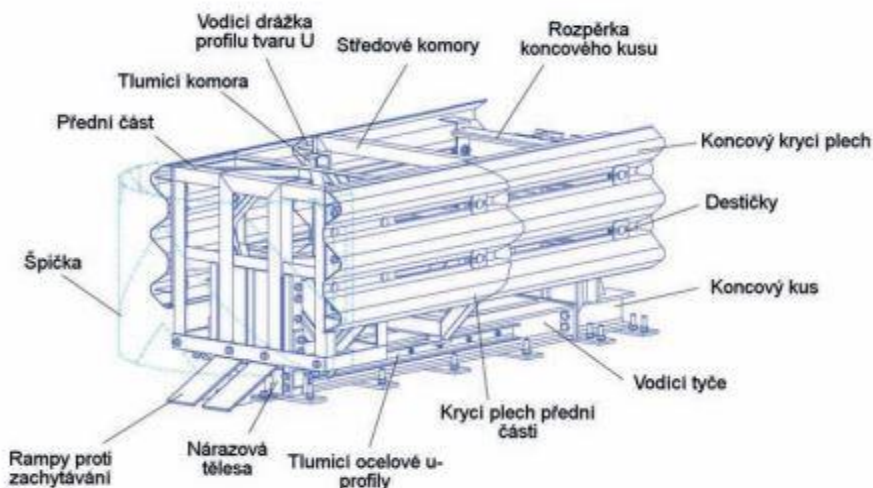
Tlumiče můžeme dále dělit na vodící a nevodící tlumiče. Vodící tlumiče se používají tam, kde je možný i boční náraz a není jej možné používat na silnicích směrově nerozdělených. Nevodící tlumič nárazu se používá na místech, kde není předpoklad bočního nárazu. Pokud je boční strana tlumiče nárazu odkloněna od směru jízdy alespoň o 15°, počítá se s tím, že k bočnímu nárazu nemůže dojít. [27]

Vodící tlumič nárazu

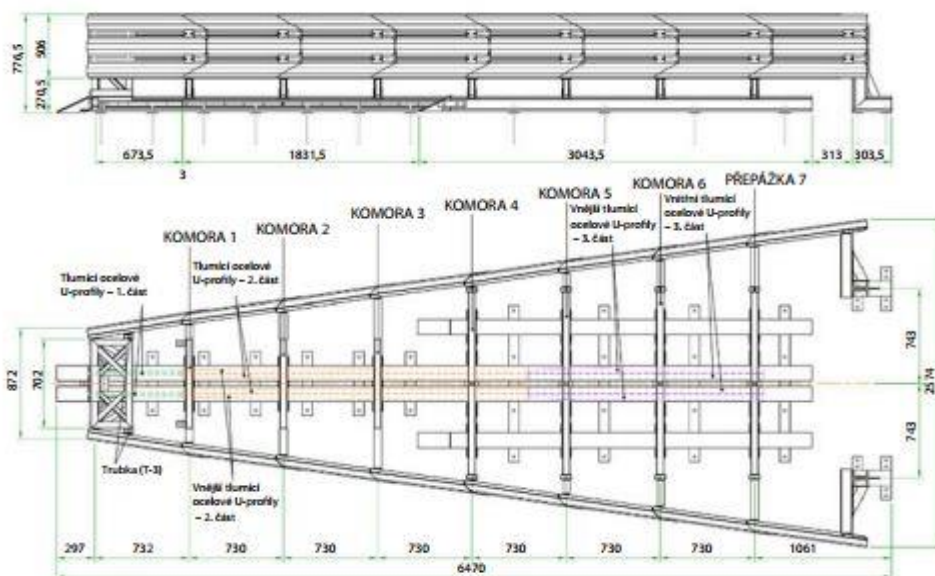
Ocelové vodící tlumiče nárazu skupiny AIR-H 50P. Každá typová řada tvoří skupinu příbuzných tlumičů. Podle tříd rychlosti se odvíjí i rozměry. S klesající úrovní zadržení se délka tlumičů zkracuje. [28]

Technické údaje

Tlumiče se skládají ze základní ocelové konstrukce tvořené spojenými H – profily, kotvené do železobetonové základové desky. Na H profilech je ukotvena sada příčných svažovaných ocelových přepážek tvaru U. Krycí plech je ve tvaru třívlňných svodnic. Při čelním nárazu se do sebe tlumič teleskopicky zasouvá. Absorpce energie je dosaženo postupnou deformací U – profilů. [28]



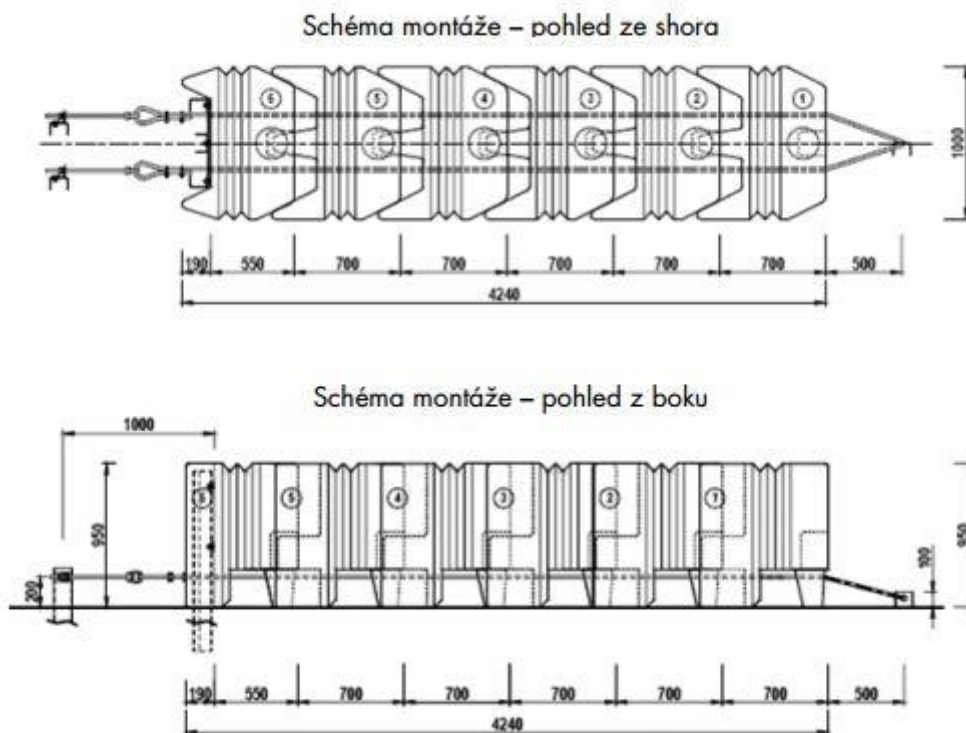
obrázek číslo 14. - popis vodícího tlumiče nárazu



obrázek číslo 15. - vodící tlumič nárazu

Nevodící tlumič nárazu

Skládá se z 6 dutých polyetylenových boxů zaseknutých mechanicky do sebe. Všechny 6 boxů je oboustranně propojeno ocelovým lanem a ukotveno do vozovky. Všechny boxy mají uvnitř speciální vak, který je naplněn expanzním jílem, který slouží k pohlcení energie. Každá nádrž má 120 kg jílu. Materiál je nehořlavý a odolný. Využívá se do rychlostí 110km/h. [28]



obrázek číslo 16. - nevodící tlumič nárazu

Používání

O umístění na pozemních komunikacích se rozhoduje na základě ČSN, požadavkům státních orgánů či jiných výjimečných odůvodněných požadavků. Podle pokynů pro stanovení úrovně zadržení se následně vybere vhodný tlumič nárazu. [27]

Úroveň zadržení

Pro stanovení úrovně zadržení nárazu je rozhodující nejvyšší povolená rychlost v místě umístění tlumiče. [27]

Řádek číslo	Pozemní komunikace s povolenou rychlostí	Minimální úroveň zadržení
1	> 110 km/h	110
2	> 90 km/h ale ≤ 110 km/h	100
3	> 70 km/h ale ≤ 90 km/h	80, 80/1
4	≤ 70 km/h	50

Tabulka číslo 5. – minimální úrovně zadržení tlumičů

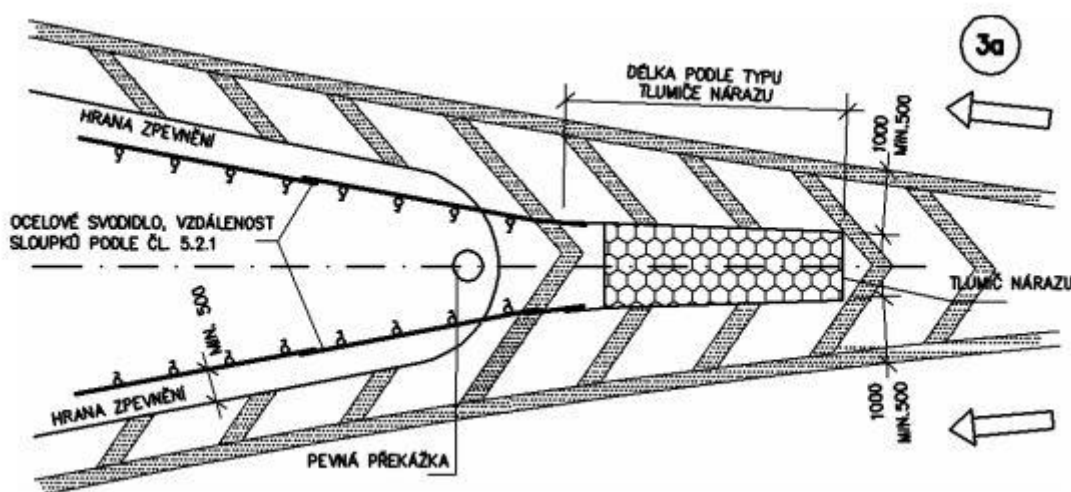
2.8.2 Umístění a parametry tlumičů nárazu

Tlumiče nárazů se umísťují před pevnou překážku, před kterou nelze z prostorových důvodů umístit svodidlo, nebo kterou nelze chránit jiným způsobem. Nejčastějším využitím tlumiče nárazu je rozštěp u sjezdových ramp, kde není možné dodržet minimální délku svodidla. Využívá se také kombinace zkráceného svodidla a tlumiče nárazu a to podle ČSN 73 6201. Další z důvodu je umístění tlumiče nárazu do místa častých dopravních nehod, kde povede k omezení následků nehod.

Prostorové umístění

Výška tlumiče není limitována. Běžně se tlumič umísťuje od stínu vodorovného značení alespoň 1 metr od jejich hran. Není-li tak možno dodržet, výjimečně je dovoleno použít pouze 0,5 metru. Tlumiče se neumisťují na zvýšenou obrubu, ve městech je za určitých okolností povolena maximální výška podkladu pod tlumičem max 70mm, ale doporučuje se max 50mm.

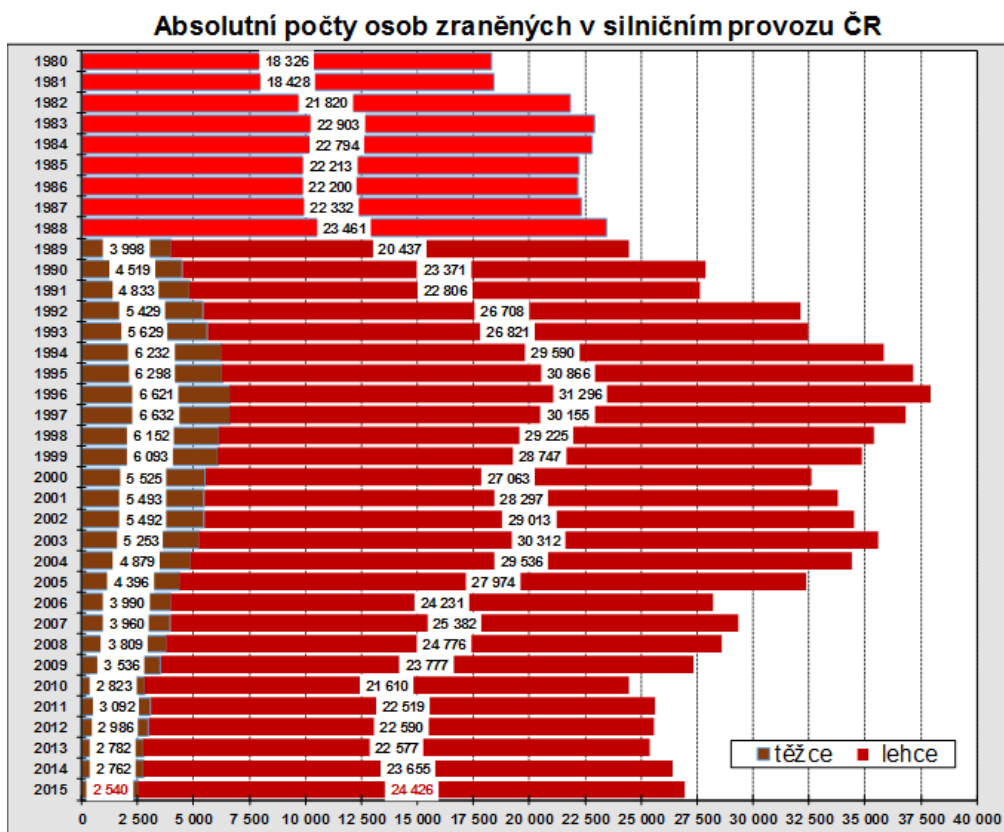
[27]



obrázek číslo 17. - možnost umístění tlumiče nárazu na sjezdu

3. Statistika

Nejdříve se podíváme na obecné statistiky pro Českou republiku. Na prvním grafu je možné pozorovat absolutní počty osob zraněných v silničním provozu na území České republiky. Statistika začíná v roce 1980 a končí v roce 2015, protože rok 2016 ještě není ukončen. Kolem roku 1990-2000 můžeme zaznamenat vysoký nárůst zraněných, který je možný odůvodnit s rozvojem automobilového průmyslu a počtem automobilů na silnicích. Postupem času se však pasivní bezpečnost v automobilech zlepšovala, protože automobily musí splňovat mnohé bezpečnostní předpisy, které se týkají ochrany posádky i chodců. Je tedy vidět, jak od přelomu století téměř každý rok až na výjimky klesá počet převážně těžce zraněných. Počet těžce zraněných ubývá v souvislosti s nárůstem lehce zraněných díky bezpečnosti dopravních prostředků. Lehce zraněných tedy také ubývá, protože při některých nehodách dojde k nezranění posádky. Je tedy vidět že v roce 2015 je nejmenší počet těžce zraněných osob ale také vyšší počet lehce zraněných osob.

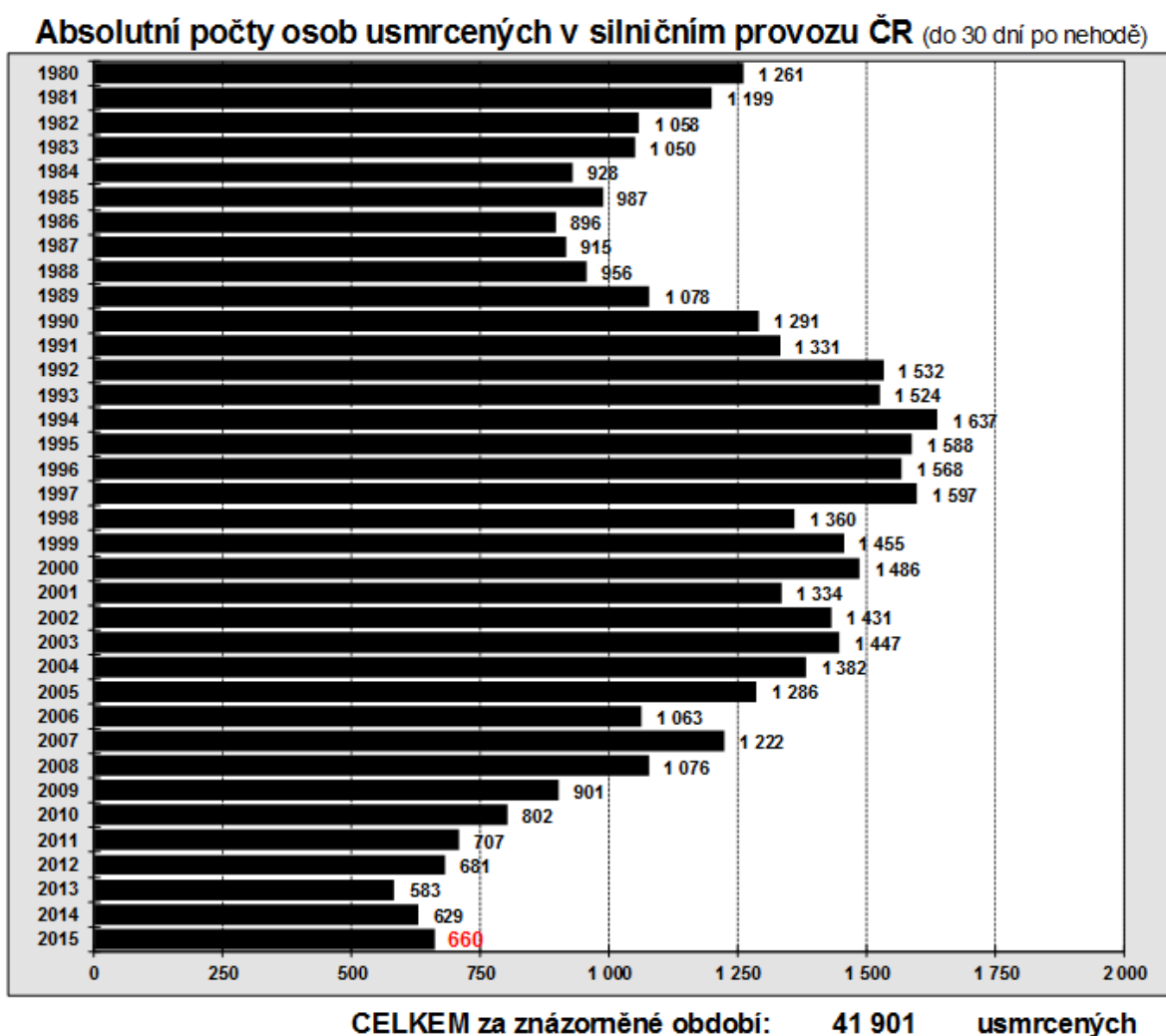


CELKEM za znázorněné období: 1 035 860 zraněných osob.

Pozn: Od 1.7.2006 v stoupila platnost novela zákona o provozu na pozemních komunikacích (bodový systém). Do r. 1998 = zranění celkem.

graf číslo 1. – přehled zranění

Ve druhém grafu je možný sledovat počet usmrcených osob v silničním provozu na území České republiky za stejné období jako v prvním, tedy od roku 1980 až do roku 2015. Opět je vidět jak na přelomu století v 90 letech 20. století prudce vzrostl počet usmrcených osob v provozu. Dále je zjevné, jako v prvním grafu, že od roku 2000 se začal počet usmrcených osob snižovat. Důvod je stejný jako v minulém případě, automobily musí splňovat stále zpřísnující se opatření co se týkají bezpečnosti posádky a chodců. Na grafu je sice vidět, že V roce 2014 je o 31 usmrcených osob méně než v roce 2015, ale to může nést za následek stále navyšování počtu automobilů na pozemních komunikacích.



Pozn: Od 1.7.2006 vstoupila platnost novela zákona o provozu na pozemních komunikacích (bodový systém).

graf číslo 2. – přehled umrtí

3.1 Statistika s objekty infrastruktury

Z policeních statistik je možné vyčíslit počet kolizí s prvky v okolí infrastruktury za rok 2015 .
Jedná se tedy o

- stromy
- sloupy a lampy
- svodidla
- sloupky značek a patníky
- zdi a stavby

objekty	počet nehod	počet usmrcených
stromy	2596	102
sloupy a lampy	2736	13
svodidla	2549	10
sloupky značek a patníky	3547	6
zdi a stavby	2384	22

Tabulka číslo 6. – přehled nehodovosti a úmrtnosti v ČR

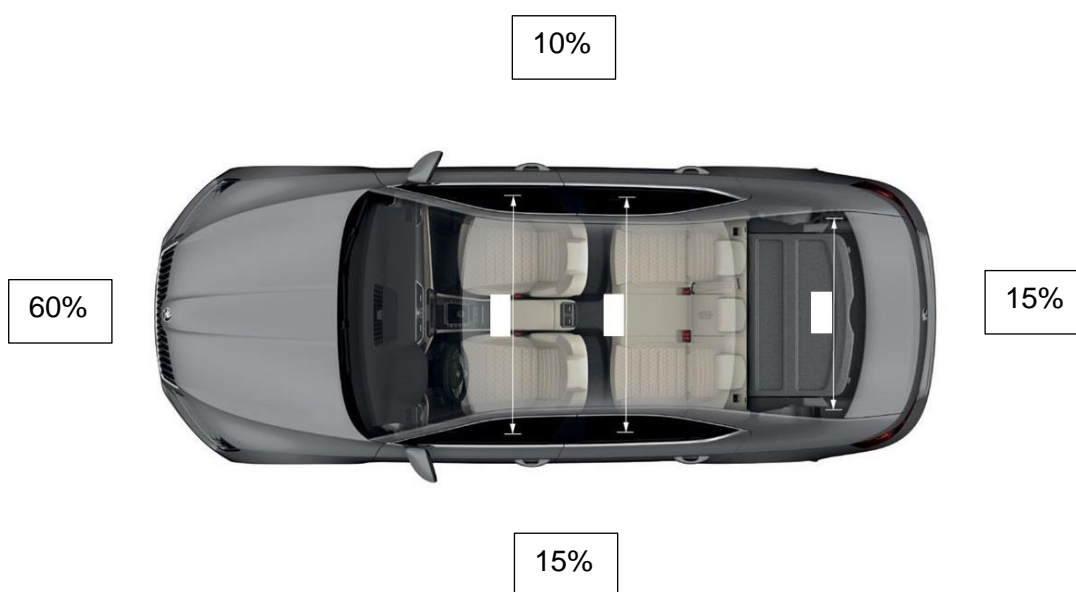
Nárazů do stromů bylo zaznamenáno 2596, z toho bylo 102 smrtelných. Jeden z důvodů tak vysoké úmrtnosti je, že stromy nejsou většinou nijak chráněny například svodidlem. V letech 2000 až 2009 bylo usmrceno 1821 osob při nárazu do stromu. To znamená, že každý druhý den byl usmrcen jeden člověk při kolizi se stromem. Podíl z celkového počtu nehod je pouhých 2.9%, ale z počtu celkově usmrcených osob je odstrašujících 16%. Pokud vozidlo narazí do stromu, je 6.5x větší riziko usmrcení než při jiné dopravní nehodě. Při srážce se stromem působí síla na malou plochu a má tedy velké destruktivní následky. Při bočním nárazu je šance na přežití minimální.

Nárazů do sloupů nebo lamp bylo zaznamenáno 2736, z toho 13 usmrcených osob. Lampy a sloupy se většinou vyskytují ve městech, kde je rychlost omezená na 50 km/h a rozestupy jsou několik metrů. Jsou také často odděleny svodilem. Proto můžeme pozorovat znatelně nižší úmrtnost oproti nárazům do stromů, které mají podobné pevnostní vlastnosti, ale silnější kořeny a menší pravděpodobnost vyvrácení při nárazu.

Počet nehod se svodidly je 2549. Tyto srážky však nesou malý počet usmrčených osob – za rok 2015 bylo 10 mrtvých. Jeden z důvodů, proč svodidlo není častý smrtící objekt na pozemní komunikaci je, že se konstruuje tak, aby ochránilo posádku a snížilo fatální následky nárazu. Kolizí se sloupky či patníky bylo zaznamenáno 3547. Tento typ kolize je jen zřídka doprovázen smrtelným zraněním – za rok 2015 pouze 6 mrtvých. Důvodem je menší pevnost konstrukce těchto objektů.

Počet střetů se zdí nebo jinou stavbou činí 2384. Při nárazu do staveb zemřelo 22 osob, což je zajímavé, protože budovy nemají téměř žádnou deformaci. [29]

V procentuálním vyjádření je možné znázornit četnost deformací na vozidle při nehodě. K nejčastějšímu poškození vozidla dochází v přední části, kde se jedná o 60%. V zadní části je pouhých 15%. Boční poškození je častější na levé straně vozidla, protože na ní je větší pravděpodobnost střetu s jiným vozidlem v protisměru než sjetí z vozovky a poškození pravého boku. Levý bok je na 15% a pravý pouze na 10% poškození vozidla. [30]



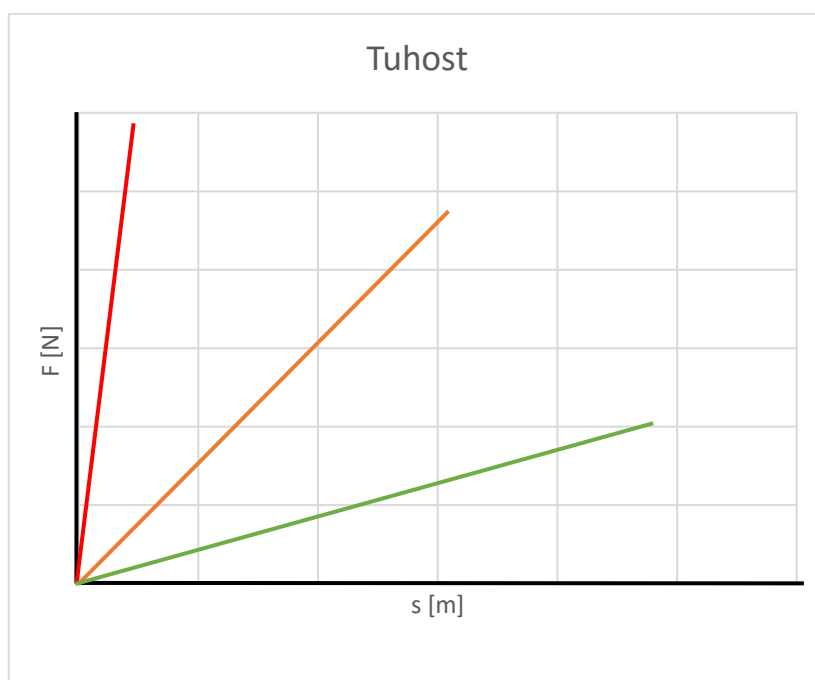
obrázek číslo 18. – vyjádření poškození vozu

4. Energetická analýza a mechanika nárazu s objekty podle bodu 1

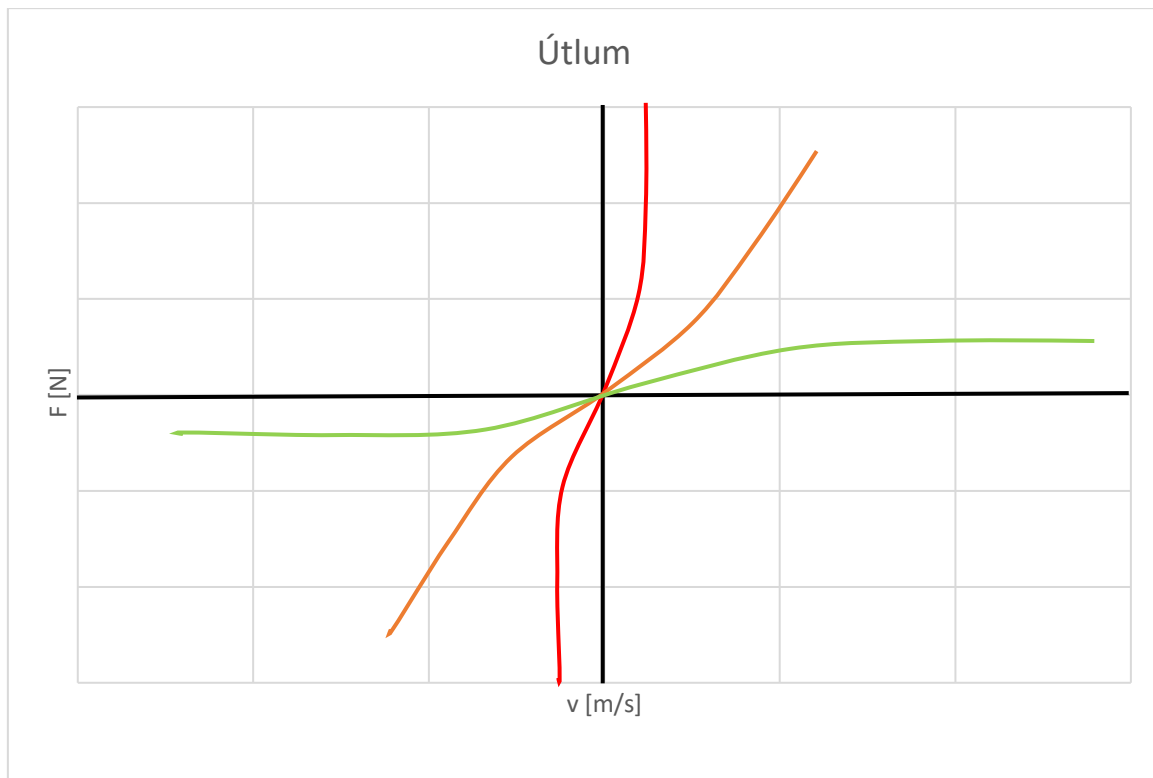
Každý objekt v blízkosti infrastruktury je z jiného materiálu.

Materiály se mohou lišit ve svých vlastnostech a struktuře. Některé jsou kombinací několika druhů materiálů, což ovlivňuje jejich vlastnosti. Každý objekt má tedy jinou pružnost, pevnost, schopnost deformace, útlumu a průhybu. Při kolizi velmi záleží na velikosti a vlastnostech objektu. Deformační zóny ve vozidlech jsou stavěné tak, že dosahují nejlepších výsledků při nárazu do větší plochy. Čím je kolizní předmět menší a pevnější, tím větší je pravděpodobnost větší škody na vozidle a možnost zranění posádky.

Pomocí dvou grafů, kde bude popsána tuhost a pružnost objektů, znázorníme nebezpečnost kolizí.



graf číslo 3. – tuhosti



graf číslo 4. – útlumu

Červená křivka znázorňuje velmi tvrdé materiály, z kterého jsou tvořeny budovy, propustky, obrubníky a některé staré vzrostlé stromy. Tyto objekty mají vysokou tuhost a minimální útlum. Pod oranžovou křivkou se skrývají svodidla, menší stromky a sloupky, které při nárazu nejeví takové pevnostní vlastnosti. Mají určitý ,průhyb a deformaci materiálu.

Zelená barva odpovídá tlumičům nárazu, které jsou stavěné pro co největší pohlcení sil při nárazu a jsou pružné, měkké, absorpční, deformovatelné a šetrné pro narážející vozidlo. [30]

Pohybové rovnice vozidla od okamžiku nárazu do pevné bariéry

$$M \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{\xi} + k \cdot \xi = 0$$

c = tuhost

k = koeficient útlumu

ξ - délka deformace při nárazu

$\dot{\xi}$ - rychlost

4.1 Náraz vozidla

Při nehodě jsou ve vozidle deformační zóny, které absorbují kinetickou energii při nárazu do překážky. Jedná se o pevné struktury karoserie, které nesou pouze plastické deformace. Tyto změny v karoserii jsou nevratné, protože překonají mez pružnosti a materiál se zdeformuje. Tento jev lze vysvětlit pomocí Hookova zákona. [30]

Rovnice rovnováhy kinetické energie a deformační energie

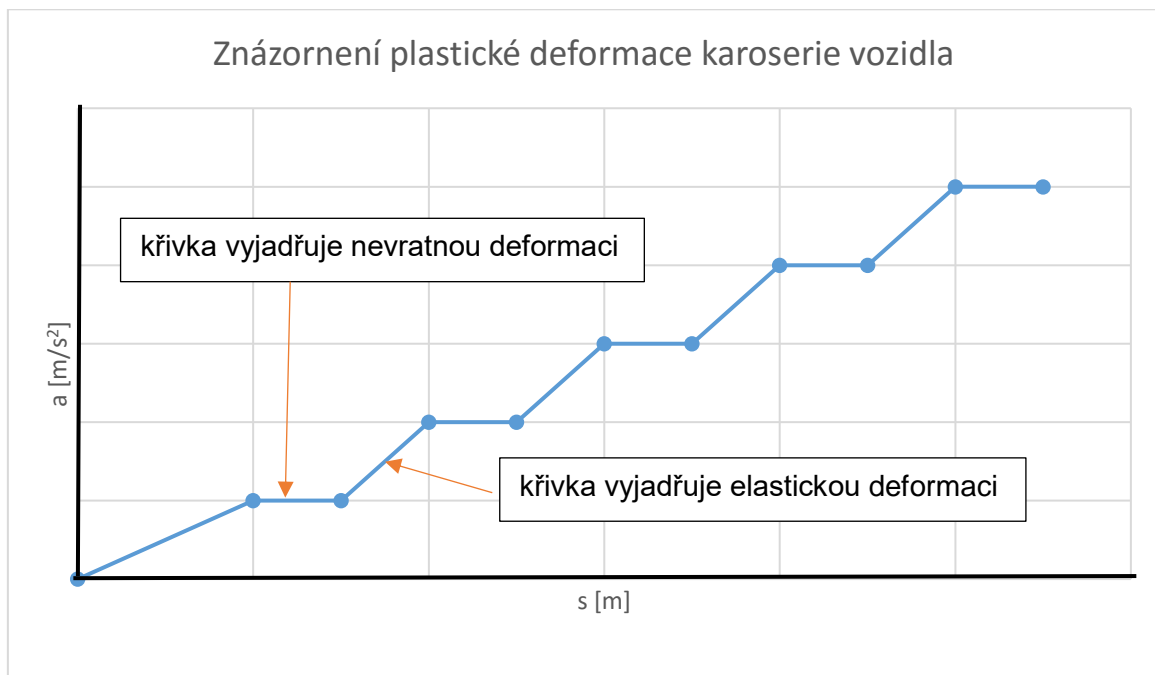
$$E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 = E_{\text{det}} \cdot \int_0^{\xi_{\text{max}}} Pd\xi$$

m – hmotnost kg

v_0 - rychlost vozidla v okamžiku nárazu m/s

P – okamžitá deformační síla N

ξ - délka dráhy deformace



graf číslo 5. – deformace ve vozidle

5. Konstrukční prvky pasivní bezpečnosti v dopravních prostředcích

Při kolizi s prvkem infrastruktury je velmi důležitá ochrana posádky, o kterou se starají v různých rychlostech různé komponenty v automobilu.

Při nízkých rychlostech je hlavním funkčním prvkem nárazník, který chrání karoserii, osoby ve vozidle a zabraňuje vážnějším škodám na vozidle – ochrana světel, funkce dveří a jiné. V Evropě musí nárazníky splňovat požadavky předpisu EHK-R 42. Při vyšších rychlostech záleží na účinném pohlcování energie nárazu pomocí karoserie.

Možnosti absorpce

Energii nárazu lze pohltit pomocí elasticko-plastické deformace nebo zalomením tuhých nosných prvků konstrukce.

Prvky pohlcující energii jsou deformovatelná plechová struktura – karoserie a konstrukční díly z plastů. [31]

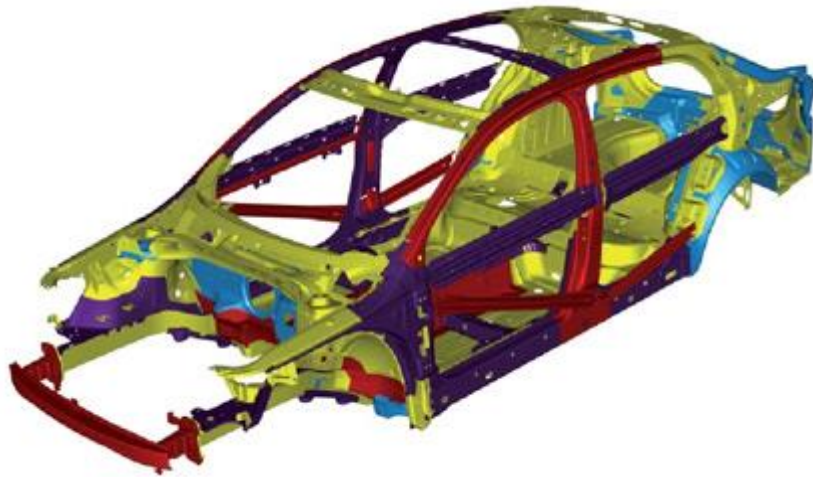
Deformovatelná plechová struktura

Narazí-li vozidlo na pevnou překážku, je kinetická energie pohlcována deformací nosné struktury, kol, chladiče, motoru a jiných součástí. Plechová struktura je dimenzována jako nosná. K absorpci energie dochází při vyboulení, rozšíření a tření. Při nárazu se profilované součásti plasticky deformují. Při nízkých rychlostech se jako ochrana před poškozením používá plastický deformovatelný výměnný blok, který se instaluje za přední kovovou výztuhu nárazníku. [31]

5.1 Karoserie

Ochrana cestujících závisí při nehodě na struktuře karoserie a na vlastnostech zadržovacích systémů. Nosná funkce karoserie musí splňovat při kolizi dostatečnou absorpci energie. Musí tedy mít při své deformaci takovou silovou charakteristiku, aby zpoždění člověka ve voze nepřekročilo mezní hodnoty. Vnitřní prostor musí být dostatečně tuhý, aby byl zachován prostor pro přežití a zadržovací systémy musí být bezpečně zakotveny. Kinetická energie při nárazu musí být přeměněna v deformační práci. K absorpci nárazové energie jsou vhodné přední a zadní části vozu. Mají totiž dostatečnou délku deformační zóny. Opak činí náraz z boku, kdy boční struktura vozu umožňuje pouze malé množství absorpce energie, z důvodu malé délky deformační zóny.

Čelní struktura je zpravidla tvořena dvěma podélnými nosníky, které jsou při čelním nárazu zatěžovány v ose vozidla. Tyto dva nosníky jsou obvykle spojeny příčником. Požadované deformační vlastnosti přidě je možné docílit pomocí specifické přední struktury vozidla, kde mohou být použité prvky, které se při nárazu zlomí nebo prolomí. Zadní struktura vozidla zachycuje sílu nárazu a rozděluje jí mezi střechou a spodkem karoserie. V případě zadního nárazu není potřeba takové dimenzování jako u čelního. Boční náraz absorbuje převážně práh, sloupek dveří a výztuhy ve dveřích. Při tomto druhu nárazu je konstrukce vozu zatížena v příčném směru. Dochází tedy k ohybu karoserie a jejích prvků a větším namáhání karoserie než při čelním nárazu. Karoserie tedy musí být odolná na tah a pevná na ohyb. Problematikou při nárazu jsou tuhé díly, například motor. Motor musí být upevněn tak, aby nevnikl do vnitřního prostoru karoserie. Je tedy speciálně zavěšen, aby se jeho pohyb usměrnil během nárazu pod podlahu vozidla. [31]



obrázek číslo 19. - deformační zóny karoserie

5.2 Tuhost struktury

Strukturu můžeme rozdělit na spojovací prvky - střecha, boční díly, podlahové části a na nosné prvky – sloupky, prahy, podelníky, příčnky, střešní rám.

Důležité je, aby konstrukce střechy byla tuhá natolik, aby byl zajištěn prostor pro přežití při převrácení vozu. Tuhost karoserie zlepšují správně řešené okenní sloupky. Boční náraz vozidla do úzké překážky je velmi nebezpečný, protože deformace karoserie musí být malá. Může také dojít k vniknutí překážky do prostoru pro přežití. [31]

5.3 Konstrukční díly z plastů

Nejlepší využití při malých kolizních rychlostech. Konstrukční díly z plastů se používají jako nosné prvky a prvky pohlcující nárazovou energii. Nevýhodou plastových dílů je závislost vlastností na teplotě. Absorpce energie je dosažena prouděním, kdy se stlačí a vytlačí vzduch obsažený ve struktuře plastu. Také je dosažena tlumením, kdy dochází k deformaci kostry materiálu. [31]

5.4 Dveře

Funkce dveří není jen pro nastoupení a vystoupení osob či naložení nebo vyložení nákladu. Dveře mají při nárazu velmi důležitou roli. Nesmí se při nehodě otevřít, ale musí být po nehodě otvíratelné. Vnitřní panel musí cestujícím dovolit dostatečnou deformační dráhu. Dveře se tedy starají o bezpečnost osob uvnitř automobilu, ale také pro možnost úniku z automobilu. Dveře jsou tvořeny vnějším a vnitřním výliskem z plechu a mnoha výztuh. Ostatní součásti dveří jsou připevněny svárem nebo lepeným spojem. Výztuhy zabraňují zborcení dveří při čelním i při bočním nárazu. Pokud by při čelním nárazu byly otevřené dveře, mohlo by dojít k velmi silné deformaci, protože rám a výztuha dveří tvoří důležitý nosný prvek. Při bočním nárazu pohlcují energii namontované trubky kruhového průřezu z ocele o vysoké pevnosti umístěné v dutině dveří. [31]

5.5 Zasklení automobilu

Pro zasklení se používají bezpečnostní skla, která musí splňovat požadavky v mezinárodních předpisech. Skla musí být čirá, nebo lehce tónována do zeleného odstínu. Skla slouží k vidění na všechny strany, ochraně cestujících před vnikajícími částmi a před oslněním a tepelným zářením. Sklo při prasknutí nesmí poranit posádku a zachovávat viditelnost. Používá se takzvané vrstvené sklo, které se skládá ze dvou nebo více vrstev skla, které je spojeno jednou nebo více vrstvami plastu. Sklo dále obsahuje fólii, které tvoří mezivrstvu pro udržení skla pohromadě při poškození. Tento typ skla se používá hlavně na čelní okna. Pro montáž okna se používá speciální lepidlo nebo osazování do gumového rámu. Jsou tedy okna tzv. lepená a nelepená.

Dalším typem skla je tvrzené sklo, které se používá na boční okna. Sklo je tepelně zpracované kalením. Při nárazu se sklo rozpadne na malé úlomky s neostrými hranami. [31]

5.6 Zádržné systémy

Pasažér je vystaven při nehodě velmi silným energiím. K dodržení bezpečnostních limitů je třeba využít zádržných systémů, které drží cestujícího na místě při nárazu.

Hlavní dva druhy zádržných systémů jsou aktivní a pasivní. Aktivní systém musí cestující obsluhovat sám a pasivní je připraven k funkci bez zásahu cestujícího. Mezi aktivní systém patří bezpečnostní pásy a mezi pasivní patří systém nafukovacích vaků, tedy airbag. [31]

Pásy

Nejčastější využití má třibodový bezpečnostní pás. Pro zámek pásu se používá tlačítkové ovládání. Pro obepnutí pásu kolem těla u jinak vysokých nebo rozdílně mohutných osob slouží samonavíjecí mechanismus. Ramenní pás je přes boční úchyt veden do navíjecí cívky. Při nárazu je cívka s pásem zablokována proti odvíjení a tím drží tělo v sedačce. Zablokování odvíjení lze je možné dvěma způsoby. První způsob je, že prudce vytáhneme pás. Druhý je, že při nárazu vozidla v libovolném směru se cívka zablokuje. [31]

Airbag

Ve spolupráci s pásy pro ochranu osob ve vozidle slouží airbag, který plní svou funkci správně, pokud je osoba ve vozidle připoutaná. Pokud by pasažér nebyl připoutaný, mohl by střet s airbagem vést ke zranění nebo v horším případě k usmrcení. Pokud je pasažér připoutaný, tak ho bezpečnostní pás zadrží v sedačce a airbag slouží k ochraně hlavy nebo jiných částí těla před prudkým nárazem do interiérových komponentů.

Nafukovací vaky jsou instalované před řidičem v hlavici volantu a před spolujezdcem v palubní desce. S rozvojem bezpečnosti v automobilech se další airbagy umisťují do dveřní výplně, do boku opěradel, do sloupků u čelního nebo bočního okna, kolenní airbag v dolní části palubní desky a na další místa. Funkci všech vaků ovládá jednotka, která dává impuls k odpálení pyropatrony v airbagu, která uvolňuje stlačený neškodný plyn, který naplní vak. Kryty nad airbagy jsou vyrobené tak, že při odpálení pyropatrony prasknou, aby se vak mohl nafouknout. Nafouknutí vaku trvá řádově milisekundy od rozpoznání, že došlo k dopravní nehodě pomocí čidel rozmístěných ve vozidle. [31]



obrázek číslo 20. - nafukovací vaky (airbagy) v interiéru vozu

6. Návrh konstrukčního prvku pro zvýšení bezpečnosti dopravních prostředků

Návrh, který zde uvedu je pro zlepšení bezpečnosti posádky v automobilu při čelní kolizi s pevnou, ale i pružnou překážkou. Jedná se o využití dnešní technologie elektro-automobilů. V dnešní době se tato odnož výroby vozidel stává populární. Elektrické automobily mají až na výjimky futuristické tvary karoserií a většinou i krátkou přední část vozu. Z důvodu absence motoru vpředu či vzadu se automobily vyrábějí celkem malé. Je možné vyrábět elektrické automobily s designem a rozměry jak automobily známe dnes. Technologie uložení baterie v podlaze vozu, má pozitivní vliv i na jízdní vlastnosti, kdy je těžiště přesunuto velmi nízko a nezabírá zavazadlový prostor. Elektromotory by byly umístěné jednotlivě v každém kole automobilu (ukázka na obrázku číslo 21.). Dochází tedy k uvolnění prostoru v přední části vozu, kde normálně bývá motor. Není sice neobvyklé, že automobily nemají motor vpředu, ale je to časté spíše u sportovních automobilů. Mohla by se použít technologie ze sportovních vozů, které vykazují velmi dobré výsledky v crashtestech při čelním nárazu. Došlo by ke kombinaci dnes již známých prvků. Jde tedy o klasicky vypadající automobil s elektrickým pohonem, kdy by konstrukce přední části karoserie vycházela z poznatků kolizí sportovních automobilů s motorem vzadu. Co se týká nárazu zezadu, byl by zachován dnešní koncept, kdy se síla nárazu přenáší do podlahy a střechy automobilu.



obrázek číslo 21. - schéma motoru v kole vozila

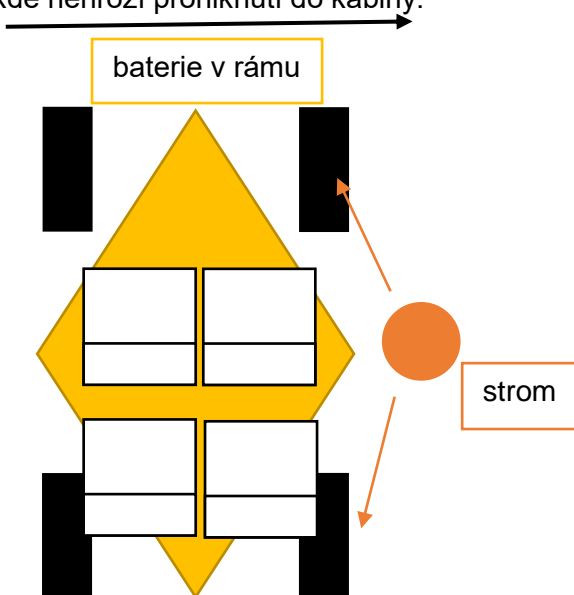
Při čelním nárazu se motor jeví jako nedeformovatelná část automobilu, která při špatné konstrukci může narušit prostor pro přežití posádky. Když by byla navrhnutá konstrukce, která by měla sebelepší uspořádání pro usměrnění pohybu motoru mimo kabinu, nemá šanci zaručit, že motor při vysoké rychlosti nepronikne do interiéru. Konstrukčně je v dnešní době

uchycení motoru na výborné bezpečnostní úrovni. Supersportovní vozy mají motor v zadní části karoserie a vepředu mají pouze deformační zónu s někdy malým zavazadlovým prostorem. Není tedy v přední části žádný nedeformovatelný prvek, který by mohl proniknout do kabiny. Pomocí uspořádání a zvolených materiálů, které tvoří nosníky a příčnický vzniká účinný absorpční systém pro pohlcení sil nárazu.

V případě budoucnosti a elektro-automobilů by přední část vozidla při zachování dnešních tvarů mohla být kromě částí karoserie volná pro umístění dalších tlumících prvků. Tyto komponenty by byly na principu tlumičů nárazu, kdy by byla použita technologie teleskopických ocelových tlumičů nebo pryžových odlítků se vzduchovými kapsami, které by umožnily prohnutí materiálu.

Uložení baterií v podlaze vozu by mohlo nést výhodu pro boční náraz s úzkou překážkou jako je strom nebo sloup. Při vhodném vytvarování a použití rámu usazení kolem baterií by mohlo dojít k rozdělení sil, které by mělo za následek posunutí hlavní síly nárazu z málo deformovatelné části vozu (obrázek číslo 22.).

Jde tedy o zakomponování baterií do karoserie vozu, kdy by kolem baterií byl vyztužený např. duralový rám, ve kterém by byly usazené baterie. Pevnostní požadavky tohoto rámu by byly vysoké, měl by se pouze lehce ohnout ale zachovat tvrdost. Tvar konstrukce kolem baterií vychází z kosočtverce, kdy při nárazu z boku je namáhána nejsilnější část rámu, která se neohne a nasměruje přes roh a stranu kosočtverce náraz jinam. Pomocí rámu by se vozidlo při nárazu do překážky, jako je strom a podobné, smyklo a strom by tak zdeformoval přední nebo zadní část vozidla, kde nehrozí proniknutí do kabiny.



obrázek číslo 22. - náčrt baterií v podlaze

7. Závěr

Ze statistik a grafu tuhosti je možné vyčíst, že nejvíce nebezpečným předmětem, který můžeme na silnici potkat je strom. Jedná se o velmi pevný a rozměrově úzký objekt, který při těchto parametrech působí jako klín a na automobilu nechá velké poškození. Při nárazu působí na vozidlo obrovská energie v malé ploše. Paradox však je, že podle zákona by měly být stromy vykáceny, aby bylo zachováno bezpečné pásmo kolem silnice. Dnes ochránáři přírody mají velmi vysoký vliv, který zapříčinil vznik zákona, podle kterého se stromy kácet nesmí. Vzniká tu tedy neřešitelná situace, kdy stromy z okolí silnic v brzké době nebude možné odstranit i přesto, že by odstranění stromů vedlo k razantnímu poklesu úmrtí a zranění při nehodách. Pokud se v budoucnu nepodaří stromy ze silnic odstranit, musí se přijít na jinou cestu, jak pasažéry ochránit. Dnešní automobily mají špičkové karoserie, promyšlené deformační zóny a zádržné systémy. I přes tyto technologie není ve většině případů možné ochránit posádku vozu. Musí se tedy zabývat jinými možnostmi, jak srážku se stromem rozptýlit do karoserie tak, aby nenesla malá plocha velkou energii. Proto jsem navrhl možnost, která by to mohla splnit. Jedná se o využití elektro-mobilů a jejich baterií, které se umísťují do podlahy. Baterie mohou absorbovat mnoho energie díky své pevnosti a pevnosti rámu kolem nich. Mohou přenést nárazovou sílu do prostoru, ve kterém nehrozí proniknutí do kabiny vozu. Při čelním nárazu by bylo využito absence spalovacího motoru a umístění pevnější a více absorpční konstrukce, který by lépe pohltila energii nárazu a zajišťovala bezpečnost pasažérů. Dalším činitelem, který velice ovlivňuje bezpečnost na cestách je samotný člověk. Lidský faktor nejde nijak ovlivnit, protože člověk je velmi nevyzpytatelný svým chováním. Vozidla by musela být plně automatizována. Do této doby, kdy nebude potřeba osoby pro řízení vozidla, je nutné zlepšovat jak komunikace, tak i vozidla pro větší bezpečnost. Dalším řešením by bylo obehnat všechny komunikace svodidly, ale to je v dnešní době takřka nemožné. Stát na toto bezpečnostní opatření nemá dostatek peněz a ani prostředků pro získání, je tedy pouze na nás jak zodpovědně postavíme k řízení vozidla.

Tato bakalářská práce slouží k seznámení s kolizními partnery, které čteně potkáváme na pozemní komunikaci. Dále poukazuje na vlastnosti materiálu, které tvoří tyto objekty. Informuje nás o hlavních prvcích pasivní bezpečnosti, které se stále vyvíjí. Věřím, že veškeré poznatky získané při tvorbě bakalářské práce a navržená řešení využijí i v budoucnu ve své další práci.

8. Použité zdroje

[1] Budova [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-22] Dostupné z:

<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Budova>>

[2] Most [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-22] Dostupné z:

<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Most>>

[textový soubor pdf].

[online].

[3] Protihluková stěna [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-22] Dostupné z:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Protihlukov%C3%A1_st%C4%9Bna>

[4] Přehled vlastností pohltivých protihlukových stěn na českém trhu [online]. Časopis o stavebnictví, [cit. 2016-07-22] Dostupné z:

<http://www.casopisstavebnictvi.cz/prehled-vlastnosti-pohltivych-protihlukovych-sten-na-ceskem-trhu_N3475>

[5] Propustek [online]. WIKIPEDIE [cit. 2016-07-18] Dostupné z:

<<https://cs.wikipedia.org/wiki/Propustek>>

[6] Propustky na pozemních komunikacch [textový soubor pdf]. Prezentace, [cit. 2016-07-18] Dostupné z:

<[http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-9-semester/-%20CM01%20-%20Projektovani%20pozemnich%20komunikaci/Prednasky/09%20-%20Propustky%20na%20P%20OPVK.pdf](http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-9-semester/-%20CM01%20-%20Projektovani%20pozemnich%20komunikaci/Prednasky/09%20-%20Propustky%20na%20P%20OPVK.pdf)>

[7] Veřejné osvětlení [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-19] Dostupné z:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C5%99ejn%C3%A9_osv%C4%9Btlen%C3%AD>

[8] Odborný časopis [online]. [cit. 2016-07-19] Dostupné z:

<<http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Specialy/15//index.html#p=34>>

[9] Výrobce SKMOT [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-19] Dostupné z:

<<http://skmont.cz/files/katalog-trakcni.pdf>>

- [10] Veřejné osvětlení modus [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-19] Dostupné z:
<file:///C:/Users/Admin/Downloads/magazin%20VO.pdf>
- [11] Katalog výrobků AMAKO [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-19] Dostupné z:
<http://www.amako.cz/sites/default/files/editor/ceniky/katalog-amako-2015.pdf>
- [12] Obrubník [online]. WIKIPEDIE [cit. 2016-07-15] Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Obrubn%C3%ADk>
- [13] Obrubníky, krajníky a chodníky [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-15] Dostupné z:
<http://www.pjpk.cz/tkp_10.pdf>
- [14] Dopravní značení v Česku [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-13] Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Dopravn%C3%AD_zna%C4%8Den%C3%AD_v_%C4%8Cesku#Svisl.C3.A9_dopravn.C3.AD_zna.C4.8Dky>
- [15] Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-13] Dostupné z:<http://www.pjpk.cz/TP%2065.pdf>
- [16] Alej [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-07-06] Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Alej>
- [17] Stromořadí kolem silnic [online]. Článek na webu policie [cit. 2016-07-06] Dostupné z:
<http://www.policie.cz/clanek/stromoradi-kolem-silnic.aspx>
- [18] Strom jako doprovod pozemních komunikací [online]. [cit. 2016-07-06] Dostupné z:
<http://komunalweb.cz/strom-jako-doprovod-pozemnich-komunikaci/>
- [19] Svodidlo [online]. WIKIPEDIE, [cit. 2016-08-02] Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Svodidlo>
- [20] Svodidlo na pozemních komunikacích [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-12] Dostupné z:
<http://www.pjpk.cz/TP%20114a.pdf>

[21] Ocelová svodidla svodnicového typu [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-12] Dostupné z: <<http://www.pjpk.cz/TP%20203.pdf>>

[22] Lanová svodidla [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-13] Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20106_%20dodatek%202.pdf>

[23] BRIFEN [online]. [cit. 2016-07-14] Dostupné z: <<http://www.proznak.cz/cze/svodidla.htm>>

[24] Betonové svodidlo [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-14] Dostupné z <<http://www.pjpk.cz/TP%20139a.pdf>>

[25] Svodidlo [online]. [cit. 2016-08-08] Dostupné z: <<http://www.znacky-plzen.cz/file.php?nid=13459&oid=4083117>>

[26] Dřevoocelové svodidlo [textový soubor pdf]. [cit. 2016-08-08] Dostupné z: <<http://www.pjpk.cz/TP%20140.pdf>>

[27] Tlumiče nárazu [textový soubor pdf]. [cit. 2016-07-10] Dostupné z: <<http://www.pjpk.cz/TP%20158-N.pdf>>

[28] Katalogy tlumičů nárazu [online]. [cit. 2016-07-10] Dostupné z: <<http://www.agrozetzs.eu/tlumic-narazu-air-h.html>>

[29] Policejní ročenka 2015 pdf [textový soubor pdf]. [cit. 2016-08-06] Dostupné z <<http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>>

[30] Poznámky z hodin Ing. Jiřího Firsta předmětu pasivní bezpečnost [cit. 2016-08-12]

[31] VLK, František. Stavba motorových vozidel. Brno, 2003. 499s. ISBN 80-238-8757-2 [cit. 2016-08-04] Dostupné z

9. Seznam obrázků

- Obrázek 1. Betonový propustek [6]
- Obrázek 2. Popis lampy [9]
- Obrázek 3. Upevnění lampy v zemi [11]
- Obrázek 4. Řez obrubníkem
[textový soubor pdf] <<http://m.stavomarket.cz/underwood/download/files/obrubnik-silnicni-technicky-list.pdf>>
- Obrázek 5. Průchozí prostor [15]
- Obrázek 6. Ukázka stromořadí <<http://www.cd89.cz/podzimni-fotky>>
- Obrázek 7. Schéma jednostranného svodidla
[textový soubor pdf] <<http://www.pjpk.cz/TP%20167.pdf>>
- Obrázek 8. Schéma oboustranného svodidla
[textový soubor pdf] <<http://www.pjpk.cz/TP%20167.pdf>>
- Obrázek 9. Schéma 4 lanové svodidlo [22]
- Obrázek 10. Tvar betonového svodidla [24]
- Obrázek 11. Zakončení svodidla [24]
- Obrázek 12. Spojení betonového svodidla
<<http://www.mabaprefa.cz/blob.php/REVIZE+TP+228BETONOV%C3%81+SVODIDLA+DELTA+BLOC-FINAL.pdf?files=2>>
- Obrázek 13. Schéma dřevoocelového svodidla [26]
- Obrázek 14. Popis vodícího tlumiče nárazu [28]
- Obrázek 15. Vodící tlumič nárazu [28]
- Obrázek 16. Nevodící tlumič nárazu [28]
- Obrázek 17. Možnost umístění tlumiče nárazu na sjezdu [27]
- Obrázek 18. Vyjádření poškození vozu
[online] <http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_rozmary_vozu_000.jpg>
- Obrázek 19. Deformační zóny karoserie
[online] <<http://www.havex.cz/cz/popis-skoda-roomster>>
- Obrázek 20. Nafukovací vaky (airbagy) v interiéru vozu
[online] <<http://www.zentiz.com/srs-airbag-system-work/>>
- Obrázek 21. Schéma motoru v kole vozila
[online] <http://auto.idnes.cz/protean-electric-bude-vyrabet-elektromotory-do-kol-fh0-/automoto.aspx?c=A120805_193102_automoto_vok>
- Obrázek 22. Nákres uložené baterií [vlastní tvorba]

10. Seznam tabulek a grafů

Tabulky

Tabulka číslo 1.	Parametry obrubníku [13]
Tabulka číslo 2.	Návrhové zatížení svodidla H1 [22]
Tabulka číslo 3.	Využití dřevoocelového svodidla [25]
Tabulka číslo 4.	Úrovně zadržení tlumičů nárazu [27]
Tabulka číslo 5.	Minimální úrovně zadržení tlumičů [27]
Tabulka číslo 6.	Přehled nehodovosti a úmrtnosti v ČR [30]

Grafy

graf číslo 1.	Přehled zranění	
	[online] < http://www.autosap.cz/dalsi-informace/nehodovost-na-ceskych-silnicich/ >	
graf číslo 2.	Přehled umrtí	
	[online] < http://www.autosap.cz/dalsi-informace/nehodovost-na-ceskych-silnicich/ >	
graf číslo 3.	Tuhosti	[vlastní tvorba]
graf číslo 4.	Útlumu	[vlastní tvorba]
graf číslo 5.	Deformace ve vozidle	[vlastní tvorba]