



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav soudního znalectví v dopravě

Bc. Martin Kobosil

**Základní ekonomická analýza nehod
jednostopých motorových vozidel**

Bakalářská práce

2015



K622..... Ústav soudního znalectví v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Martin Kobosil

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – MED – Management a ekonomika dopravy a telekomunikací

Název tématu (česky): **Základní ekonomická analýza nehod jednostopých motorových vozidel**

Název tématu (anglicky): Basic Economic Analysis of Traffic Accidents of Single Track Motor Vehicles

Zásady pro vypracování

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

- Rozdělení jednostopých vozidel
- Specifické vlastnosti jednostopých vozidel
- Statistika nehodovosti motocyklů
- Vyčíslení ztrát z nehodovosti motocyklů
- Vývoj a predikce nehodovosti motocyklů
- Základní ekonomické analýzy nehod motocyklů

- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího BP
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: KASANICKÝ, Gustáv. Analýza nehod jednostopých vozidel. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2000, 450 s. ISBN 80-710-0598-3
- Internetové zdroje: Centrum dopravního výzkumu, statistiky nehodovosti, BESIP

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Drahomír Schmidt, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
 (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: **24. srpna 2015**

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

L. S.

Šachl

doc. Ing. Jindřich Šachl, CSc.
vedoucí
Ústavu soudního znalectví v dopravě



Svítek

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Kobosil

Bc. Martin Kobosil
jméno a podpis studenta

V Praze dne 22. září 2014

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především panu doc. Ing. Drahomíru Schmidtovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce. Také bych rád poděkoval panu Ing. Ondřeji Valachovi za cenné rady a mé přítelkyni za podporu a lásku. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat rodičům 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.

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).

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.

V Děčíně dne 24. srpna 2015

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Základní ekonomická analýza nehod jednostránkových motorových vozidel

Bakalářská práce
srpen 2015
Bc. Martin Kobosil

Abstrakt:

Bakalářská práce „Základní ekonomická analýza nehod jednostránkových motorových vozidel“ se zabývá problematikou nehod a vyčíslením ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti jednostránkových motorových vozidel. Věnuje se jejich kategorizaci, zákonitostem pohybu z pohledu mechaniky a také problematice bezpečnosti. Součástí práce je rozbor statistik a predikce dopravní nehodovosti motocyklů.

Klíčová slova:

Jednostránková motorová vozidla, motocykl, mechanika jednostránkových vozidel, statistika nehodovosti, bezpečnost vozidel, ztráty z dopravní nehodovosti, predikce nehodovosti.

Abstract:

The bachelor thesis „Basic Economic Analysis of Traffic Accidents of Single Track Motor Vehicles“ deals with the analysis of traffic accidents and economic cost of road crashes of single track vehicles. Deals with their categorization, laws of motion in terms of mechanics and vehicle safety. There is also an analysis of statistics and traffic accident prediction of single motor vehicles.

Key words:

Single track vehicles, motorcycle, mechanics of single track vehicles, accident statistics, vehicle safety, economic cost of road accident, traffic accident prediction.

Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratk 6	6
Seznam použitých veličin a jejich jednotek 6	6
Úvod.....	7
1. Kategorizace jednostopých motorových vozidel.....	8
1.1. Dle legislativy.....	8
1.2. Dle konstrukce.....	9
1.2.1. Moped a motokolo.....	10
1.2.2. Skútr.....	10
1.2.3. Motocykl.....	11
2. Specifické vlastnosti jednostopých motorových vozidel.....	14
2.1. Dynamika pohybu motocyklu.....	14
2.1.1. Významné části geometrie řízení motocyklu.....	14
2.1.2. Ovladatelnost a stabilita.....	16
2.1.3. Jízdní odpory.....	18
2.1.4. Pohyb motocyklu.....	20
2.2. Bezpečnost motocyklu.....	24
2.2.1. Prvky pasivní bezpečnosti motocyklu.....	24
2.2.2. Prvky aktivní bezpečnosti motocyklu.....	27
3. Statistika nehodovosti jednostopých motorových vozidel.....	28
3.1. Vývoj počtu registrovaných vozidel.....	28
3.2. Vývoj počtu dopravních nehod a jejich následky.....	30
3.3. Závažnost DN a jejich příčiny.....	34
3.4. Časové rozdělení a věk řidiče.....	37
3.5. Organizace zabývající se statistikou nehodovosti.....	39
4. Celospolečenské ztráty z dopravních nehod JMV.....	41
4.1. Metodika výpočtu ztrát.....	41
4.2. Vyčíslení ztrát z nehodovosti JMV.....	43
5. Predikce nehodovosti JMV.....	47
5.1. Predikce dopravních nehod.....	47
5.2. Prognóza vývoje ztrát z nehodovosti JMV.....	50
5.3. Základní ekonomický rozbor nehodovosti JMV.....	53
Závěr.....	54
Použité zdroje.....	57
Seznam tabulek.....	60
Seznam grafů.....	60
Seznam obrázků.....	61

Seznam použitých zkratek

JMV	Jednostopé motorové vozidlo
PČR	Policie České republiky
Sb.	Sbírka
EHK - OSN	Evropská hospodářská komise Spojených národů
USA	Spojené státy americké
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
ČVUT	České vysoké učení technické
CRV	Centrální registr vozidel
v.v.i	Veřejná výzkumná instituce
HDP	Hrubý domácí produkt
SSZ	Světelné signalizační zařízení

Seznam použitých veličin a jejich jednotek

Značka	Jednotka	Veličina
a	[m/s ²]	zrychlení
F	[N]	síla
G	[N]	tíha soustavy
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
h, l, d, x, H, P, B	[m]	rozměry
J	[kg.m.s ²]	moment setrvačnosti rotujících hmot
m	[kg]	hmotnost
α, β	[°]	úhel
M_z	[kg.m]	gyroskopický moment
ω_y	[rad.s ⁻¹]	úhlová rychlost
R	[m]	poloměr křivosti trajektorie
s	[m]	brzdná dráha
t	[s]	celková doba
v	[m/s]	rychlost
S	[m ²]	plocha
ρ	[kg.m ⁻³]	hustota
μ	[-]	součinitel přilnavosti
c_x	[-]	součinitel odporu

Úvod

V souladu s celosvětovým trendem i v České republice roste zájem o jednostopá motorová vozidla. Motocykly se staly nedílnou součástí silničního provozu. Současné stroje se díky technickému vývoji mohou pyšnit špičkovou úrovní jízdní dynamiky, zpracováním a spolehlivostí.

Jízda na motocyklu, díky charakteru jízdy, poskytuje zážitek, který je s jízdou ve dvoustopém vozidle jen těžko srovnatelný. Motocykly jsou vyhledávány nejen jako dopravní prostředek pro přemístění, ale zejména jako prostředek pro rekreační využití.

S rostoucím počtem motocyklů roste i počet dopravních nehod s účastí motocyklu. Právě nehodovost jednostopých vozidel se v posledních letech stala hojně diskutovaným tématem v médiích a mezi odbornou i laickou veřejností. Motivace k tomu je jasná. Počet dopravních nehod s účastí motocyklů je sice méně, ale následky bývají velmi často fatální. Smutné statistiky hovoří za vše. Motocyklista má téměř tři a půlkrát větší pravděpodobnost úmrtí při dopravní nehodě, než má řidič osobní automobilu. Závažnost následků dopravních nehod na motocyklu je dokonce větší než u cyklistů nebo chodců. [1]

Při dopravní nehodě dochází ke značným ekonomickým ztrátám jednotlivce, ale zejména ke škodám na zdraví a ztrátám na životě. Poslední zmíněné hledisko je v současné době pro jednostopá vozidla velice alarmující, neboť oproti předchozímu roku vzrostl počet usmrcených motocyklistů na našich komunikacích téměř o třetinu. [1]

Dopad ztrát z dopravní nehodovosti je v podstatné míře významný také pro stát a pojišťovny a vyčíslení ztrát z dopravní nehodovosti je důležitou stránkou v oblasti ekonomiky dopravy.

Jednostopým motorovým vozidlům je díky všem svým specifickým, rostoucímu počtu a závažnosti dopravních nehod potřeba se věnovat separovaně od jiných druhů vozidel. Snaha alespoň trochu přispět k řešení této problematiky a tím možná i přispět ke snížení alarmujícího počtu vzniklých zranění a úmrtí motocyklistů, se staly důvodem ke zvolení tématu této bakalářské práce.

Práce poskytuje přehled o jednostopých motorových vozidlech a vyzvedává jejich specifika. Věnuje se rozboru statistik dopravní nehodovosti a vyčíslení celospolečenských ztrát z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel. Na závěr práce pomocí statistiky predikuje vývoj počtu dopravních nehod a jejich ztrát a na základě této prognózy provádí základní analýzu dopravní nehodovosti motocyklů.

1. Kategorizace jednostopých motorových vozidel

Na pozemních komunikacích se pohybuje velké množství různých typů jednostopých motorových vozidel. Jednotlivé typy jsou mezi sebou obtížně porovnatelné. Proto je nutné provést jejich pečlivé rozdělení.

1.1. Dle legislativy

V příloze k zákonu č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu na pozemních komunikacích nalezneme rozdělení a technický popis silničních vozidel na jednotlivé druhy a kategorie.

Silniční vozidla se podle zákona rozdělují na tyto základní druhy:

- a) motocykly,
- b) osobní automobily,
- c) autobusy,
- d) nákladní automobily,
- e) speciální vozidla,
- f) přípojná vozidla,
- g) ostatní silniční vozidla. [2]

Motocykly podle rozdělení vozidel do kategorií dle přílohy k zákonu č. 56/2001 Sb. zařazujeme do kategorie L.

„Kategorie vozidel L se člení na:

mopedy

a) dvoukolové mopedy jsou dvoukolová vozidla s objemem válců motoru nepřesahujícím 50 cm^3 v případě spalovacího motoru a s maximální konstrukční rychlostí nepřesahující $45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ při jakémkoli druhu pohonu,

b) tříkolové mopedy jsou tříkolová vozidla s jakýmkoli uspořádáním kol, s objemem válců motoru nepřesahujícím 50 cm^3 v případě spalovacího motoru a s maximální konstrukční rychlostí nepřesahující $45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ při jakémkoli druhu pohonu,

c) lehké čtyřkolky, jejichž hmotnost v nenaloženém stavu je menší než 350 kg, do čehož se nezapočítává hmotnost baterií v případě elektrických vozidel, dále jejichž nejvyšší konstrukční rychlost nepřesahuje $45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a jejichž zdvihový objem motoru nepřesahuje 50 cm^3 u zážehových motorů nebo pro jiné druhy motorů maximální čistý výkon nepřesahuje 4 kW,

motocykly

a) motocykly jsou dvoukolová vozidla s objemem válců motoru přesahujícím 50 cm^3 v případě spalovacího motoru, nebo s maximální konstrukční rychlostí přesahující 45 km.h^{-1} při jakémkoli druhu pohonu,

b) motocykly s postranním vozíkem jsou vozidla s třemi koly uspořádanými nesouměrně vzhledem k střední podélné rovině, s objemem válců motoru přesahujícím 50 cm^3 v případě spalovacího motoru, nebo s maximální konstrukční rychlostí přesahující 45 km.h^{-1} při jakémkoli druhu pohonu,

motorové tříkolky

a) motorové tříkolky jsou vozidla s třemi koly uspořádanými souměrně vzhledem ke střední podélné rovině s objemem válců motoru přesahujícím 50 cm^3 v případě spalovacího motoru, nebo s maximální konstrukční rychlostí přesahující 45 km.h^{-1} při jakémkoli druhu pohonu,

b) čtyřkolky jiné než lehké tříkolky, jejichž hmotnost v nenaloženém stavu nepřesahuje 400 kg nebo 550 kg u vozidel určených k přepravě nákladů, do čehož se nezapočítává hmotnost baterií v případě elektrických vozidel a dále, u nichž maximální čistý výkon motoru nepřesahuje 15 kW ,

motokolo

jízdní kolo s trvale zabudovaným motorem s objemem válců motoru nepřesahujícím 50 cm^3 v případě spalovacího motoru a s maximální konstrukční rychlostí nepřesahující 25 km.h^{-1} při jakémkoli druhu pohonu.

Vozidla zařazená podle EHK - OSN v kategoriích L1 a L2 s maximální konstrukční rychlostí 50 km.h^{-1} se považují za mopedy, vozidla kategorií L3 a L4 se považují za motocykly a vozidla kategorie L5 se považují za motorové tříkolky.“ [2]

1.2. Dle konstrukce

Jednostopá motorová vozidla jsou velice rozdílná ve své konstrukci, zejména pak kategorie motocykly a skútry. Rozdíly v technických parametrech mezi jednotlivými stroji mohou být mnohem větší než mezi osobními automobily. Proto je na místě jejich další dělení podle konstrukce nebo účelu použití.

Motorovým tříkolkám a čtyřkolkám se tato práce z důvodů odlišné mechaniky pohybu vozidla věnovat nebude.

Dále popíši následující kategorizaci dle konstrukce:

- Moped a motokolo,
- Skútr:
 - Malý skútr,
 - Cestovní skútr,
- Motocykl:
 - Silniční cestovní motocykl,
 - Silniční sportovní motocykl,
 - Naháč,
 - Enduro,
 - Supermoto,
 - Cruiser a chopper.

1.2.1. Moped a motokolo

Moped je určen pro dopravu jedné osoby na krátkou vzdálenost. Je vybaven maloobjemovým motorem s objemem menším než 50 cm³ a jeho nejvyšší konstrukční rychlost nepřesahuje 50 km.h⁻¹. Název moped představuje zkratku slov motor a pedál. Vozidlo je vybaveno pedály a počítá se u něj se spoluúčastí lidské síly. Jeho konstrukce vychází z jízdního kola. Motokolo je jízdní kolo, které je trvale vybavené hnacím maloobjemovým motorem. [3]



Obrázek 1: Moped. [4]

1.2.2. Skútr

Skútr je určen pro dopravu jedné nebo dvou osob zejména po městských aglomeracích a jejich okolí. Jeho konstrukce je přizpůsobená pro nenáročný a pohodlný provoz během celého roku. Díky konstrukci bez horní části rámu a díky přední kapotáži poskytuje ochranu proti stříkající vodě a blátu. Řidič nesedí obkročmo jako na motocyklu, nýbrž snožmo jako na židli. Pod sedlem je obvykle velký zavazadlový prostor pro přilbu nebo nákup. [3][5]

Malý skútr

Malý skútr je charakterizován malými rozměry kol, krátkým rozvorem a automatickou převodovkou. Tato konstrukce zlepšuje ovladatelnost a provoz v rámci obce. Typické je pro malé skútry jednoválcový dvoudobý motor s objemem 50 až 200 cm³, který tvoří jeden blok s převodovkou a sekundárním převodem. V posledních letech se rozšiřuje nabídka elektricky poháněných skútrů. [3]

Cestovní skútr („Maxiskútr“)

Velký cestovní skútr s objemem motoru 250 až 800 cm³ vznikl původně jako dopravní prostředek do většího města, který zvládne pohodlně přijet po dálnici z okolních satelitních městeček. V posledních letech si tyto vozidla získávají velkou oblibu a tvoří výrazný segment trhu s prodejem skútrů. Na dnešních cestovních skútrech se dá pohodlně cestovat a svými parametry a jízdní dynamikou se přibližují cestovním motocyklům.



Obrázek 2: Malý skútr a cestovní skútr. [6][7]

1.2.3. Motocykl

Motocykl je určen pro dopravu jedné nebo dvou osob sedících za sebou. Má dvě kola a na rozdíl od mopedu nepoužívá pedály, ale pevné stupačky. Řidič sedí obkročmo na motocyklu a má pevnou podporu kolen. Motocykl je vybaven zpravidla spalovacím motorem s objemem motoru větší než 50 cm³ a jeho nejvyšší konstrukční rychlost přesahuje 50 km.h⁻¹. [3]

Silniční cestovní motocykl

Velké cestovní motocykly s rozsáhlou kapotáží a velkým dojezdem jsou osazeny víceválcovými motory s objemem motoru 650 cm³ až 1800 cm³. Motocykly jsou určeny na překonávání dlouhých vzdáleností. Díky tomu jsou velice pohodlné a bývají osazeny nejmodernějšími doplňky a asistenčními pomocníky, jako jsou například vyhřívaná sedadla, tempomat, ABS nebo zpátečka. Typickou výbavou cestovních motocyklů jsou boční a horní kufry v zadní části motocyklu. Jejich nevýhodou je vysoká hmotnost.

Silniční sportovní motocykl

Velice výkonné a aerodynamicky tvarované motocykly s obsahem motoru 600 cm³ až 1200 cm³. Jsou schopny dosahovat vysokých maximálních rychlostí a zároveň jsou agilní při průjezdu obloukem. Konstrukce sportovních motocyklů musí být lehká a zároveň tuhá, proto se u nich používá speciálních materiálů jako karbon, kevlar apod. Pohodlí řidiče je značně omezeno sportovním posedem a motocykl je velice náročný na provoz.

Naháč („Naked bike“)

Všestranný motocykl bez kapotáže, případně s malou aerodynamickou kapotáží. Název naháč se používá proto, že rám a motor nezakrývají žádné kapoty. Od sportovních motocyklů se liší vzpřímenější pozicí jezdce, která je pohodlnější, a proto je motocykl vhodný i na cestování. Naháč často přejímá motor ze sportovních motocyklů, u kterých se sníží maximální výkon ve vysokých otáčkách a dosáhne se vyššího krouticího momentu. [8]

Enduro

Motocykl, který je konstruován na jízdu po všech typech terénu. Z principu se jedná o terénní motocykl, který prodělal modifikace z hlediska každodenní použitelnosti. Je osazován jedno nebo dvouválcovými motory s objemem od 125 cm³ až po 1200 cm³. Motocykl se používá převážně v silničním provozu, ale také v lehkém a středním terénu. Je pro něj typický vysoký zdvih, pérování a hrubý vzorek pneumatik. Jezdec sedí vzpřímeně, při jízdě v terénu jede ve stoje. Díky své robustnosti, jednoduchosti a průchodnosti terénem se používají na dálkové cestování a rallye. [3][8]

Supermoto

Motocykl, který je zaměřený hlavně na radost z jízdy. Má nízkou hmotnost, tuhý rám a výkonný jedno nebo dvouválcový motor s objemem do 990 cm³. Supermoto pochází z motokrosových speciálů, které si zachovaly vysoké zdvihy, ale obuly silniční pneumatiky. Pozice jezdce je vzpřímená, ale díky tuhé konstrukci a tvrdému sedlu také nepohodlná. Motocykl je vhodný na obloukovité komunikace, jízda vyšší rychlostí je kvůli absenci kapotáží nepohodlná.

Cruiser a chopper

Silné a mohutné motocykly vybavené typicky vidlicovým dvouválcovým motorem o objemu 1200 cm³ až 1800 cm³. Vyznačují se dlouhým rozvorem, širokou zadní pneumatikou a hlasitým zvukem. Motocykly kategorie cruiser a chopper pochází z USA a je u nich upřednostňován vzhled před výkonem. Design motocyklu často odráží představy svého majitele a je jedinečný. Posed na těchto motocyklech je vzpřímený s nohama posunutými hodně dopředu. Cruiser se vybavuje spoustou doplňků a je vhodný na dálkové cestování po rovných úsecích, zatímco chopper se zaměřuje zejména na design. [3]



Obrázek 3: Silniční cestovní motocykl a Silniční sportovní motocykl. [9][10]



Obrázek 4: Naked bike a Enduro. [11][12]



Obrázek 5: Supermoto a Cruiser. [13][14]

2. Specifické vlastnosti jednostopých motorových vozidel

Jednostopé motorové vozidlo má proti dvoustopému vozidlu celou řadu specifických vlastností. Nejvýznamnější rozdíl je v samotném pohybu vozidla. Jízda na motocyklu je založena na zcela jiných fyzikálních principech než jízda v automobilu. Tato kapitola stručně popisuje charakteristickou dynamiku pohybu jednostopých motorových vozidel. Dále se věnuje specifickým prvkům bezpečnosti JMV. Přestože funkce těchto prvků je stejná jako u dvoustopých vozidel, je zřejmé, že prvky použité v automobilech jsou jen zřídka kdy použitelné na motocyklech. [15][16]

2.1. Dynamika pohybu motocyklu

V této části je popsán kontext mezi silami působícími na motocykl a samotným pohybem vozidla. Z hlediska dopravní techniky se jedná o popis jízdních vlastností vozidla. [16]

2.1.1. Významné části geometrie řízení motocyklu

Pohyb motocyklu, zejména pak jeho ovladatelnost, určuje hlavní měrou geometrie řízení motocyklu. [3]

Nejvýznamnějšími parametry jsou:

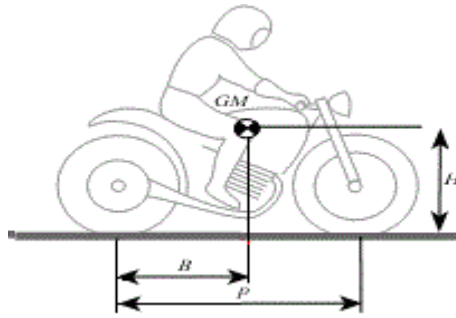
- Poloha těžiště
- Rozvor kol
- Úhel osy řízení
- Závlek předního kola

Poloha těžiště

Těžiště je významný bod na motocyklu, respektive soustavy motocykl - jezdec. Je to bod, do kterého můžeme ekvivalentně umístit působení tíhy, odstředivé síly a setrvačné síly. [15]

Poloha těžiště má vliv na rozdělení zatížení mezi jednotlivá kola. Poměr zatížení kol velice ovlivňuje ovladatelnost motocyklů. Snaha výrobců je dosahovat poměru zatížení kol 50:50.

Obrázek 11 znázorňuje polohu těžiště motocyklu. Rozměry „H“ a „B“ určují polohu těžiště. Rozměr „P“ určuje rozvor kol motocyklu.



Obrázek 6: Poloha těžiště motocyklu. [17]

Rozvor kol

Další parametr mající zásadní vliv na jízdní dynamiku motocyklu je rozvor kol (vzdálenost středů kol od sebe). Rozvor je základní rozměr určující celkové rozměry motocyklu. [3]

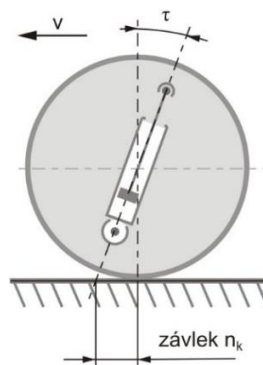
Velký rozvor zajišťuje dobré vedení motocyklu při vysokých rychlostech. Malý rozvor zlepšuje obratnost a chování motocyklu v obloucích. [3][15]

Úhel osy řízení

Je úhel, který svírá osa přední vidlice s kolmicí na rovinu vozovky. Tento parametr má zásadní vliv na ovládání motocyklu. [15]

Velký úhel osy řízení má stabilizující účinek na přední vidlici a zlepšuje vedení předního kola v přímém směru při vysoké rychlosti. Nevýhodou velkého úhlu osy řízení je ovladatelnost v nízkých rychlostech. [3][15]

Na obrázku 7 je vyznačen úhel osy řízení (τ) a rozměr n_k udává závlek předního kola.



Obrázek 7: Úhel osy řízení a závlek předního kola [18]

Závlek předního kola

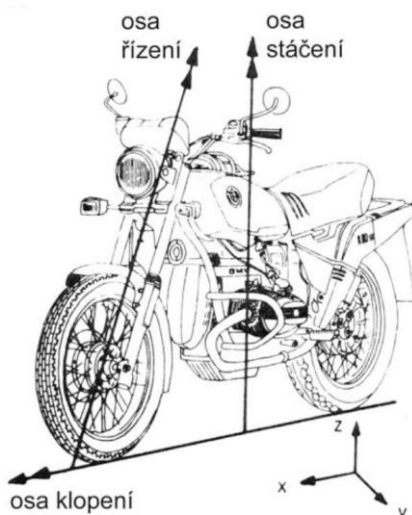
Závlek předního kola neboli stopa či předsunutí předního kola, je vzdálenost mezi průsečíkem osy řízení s vozovkou a svislou osou předního kola. Závlek předního kola je parametr, který úzce souvisí s úhlem osy řízení. Společně mají významný vliv na směrovou stabilitu. [3][15]

Větší závlek předního kola, zaručuje stabilitu motocyklu při vysoké rychlosti v přímém směru, je s ním však problém při ovládní motocyklu při nízké rychlosti. [15][3]

2.1.2. Ovladatelnost a stabilita

Aby byl motocykl ovladatelný, je v první řadě nutno zachovat jeho stabilitu. Stabilitou jednostopých vozidel se rozumí zachování jejich rovnováhy okolo podélné a příčné osy. Ta je dosahována korigováním pohybu řídítek a těla řidiče. Při vyšších rychlostech napomáhá k udržení rovnováhy vysoká úhlová rychlost kol motocyklu. [15]

K natáčení motocyklu kolem osy řízení slouží na motocyklu řídítka. Pro natáčení motocyklu kolem osy klopení jezdec naklápí motocykl pohybem těla. Jednotlivé osy systému jednostopé vozidlo jsou zobrazeny na obrázku 8. [3]



Obrázek 8: Osy klopení, řízení a stáčení motocyklu. [19]

Stabilita motocyklu

Z pohledu zákonů mechaniky se stabilita vozidla mění v závislosti na rychlosti pohybu. Jedoucí motocykl získává stabilitu samočinně, respektive spouští se komplexní proces, který pochází od gyroskopického účinku předního kola. Zatímco stabilitu stojícího motocyklu určují pouze dotykové plochy kol s vozovkou a proto je bez účinku dalších podpěr (stojánek, řidič) motocykl nestabilní. [3][15]

V oblasti nestability vozidlo stabilizujeme akcelerací, pohybem jezdce na motocyklu nebo natočením řízení pomocí řídítek. Délku oblasti nestability lze ovlivnit úpravou některých veličin jako rozložením zátěže na motocyklu a podobně. [15]

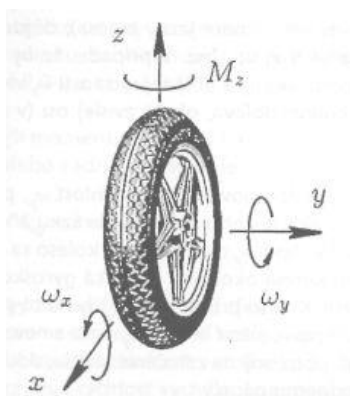
Vliv na stabilitu mají především následující činitele:

- závlek řízení,
- tuhost konstrukce vozidla, jeho rozvor, mechanismus řízení,
- hmotnost motocyklu, poloha těžiště,
- aerodynamická působení (vztlaky, boční vítr),
- boční sklon vozovky. [3][15]

Gyroskopické momenty

Motocykl jedoucí určitou rychlostí je v oblasti samovolné stability. To je způsobeno tím, že kola motocyklu působí jako gyroskop.

Gyroskop je rychle rotující kolo, které má vysokou osovou stabilitu, tzn., že se nechá se snadno pohybovat ve směru své osy, ale klade odpor naklápění do jiných směrů. Působící síly se přitom při vyšší rychlosti rotace zvětšují. [19]



Obrázek 9: Vznik gyroskopického momentu M_z . [15]

Jakmile je úhlová rychlost ω_y dostatečná, vznikne při naklonění vozidla okolo osy y (naklopení motocyklu) gyroskopický moment, který způsobí natočení předního kola. Motocykl proto zatočí na tu stranu, na kterou se naklopí. Jakmile není ω_y dostatečná, nevznikne potřebný gyroskopický moment, motocykl je v oblasti nestability a dojde k pádu. Díky tomuto efektu lze řídit motocykl i bez toho, aby měl řidič ruce na řídítkách. Naklopí-li se motocykl doprava, gyroskopický moment natočí řízení doprava a naopak. [15]

Gyroskopický moment je vyjádřen vztahem (1):

$$M_{Gz} = J * \omega_y * \omega_x \quad (1)$$

$$J = \int r^2 dm \quad (2)$$

$$\omega_y = \frac{v}{r} \quad (3)$$

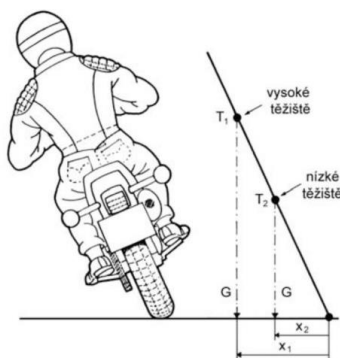
Kde M_{Gz} je gyroskopický moment, J je moment setrvačnosti a ω_y je úhlová rychlost otáčení kola. [4]

Vliv těžiště na stabilitu

Jede-li motocykl do oblouku, působí na něj boční síla. Aby bylo dosaženo rovnováhy motocyklu, je nutno motocykl naklopit. Zde se projevuje vliv polohy těžiště na stabilitu.

Je-li motocykl nakloněn, stabilitu negativně ovlivňuje destabilizující moment, který je dán součinem tíhy a ramene x (viz vztah (4)). Jak je vidět na obrázku 10, při stejném úhlu naklonění má motocykl s nižším těžištěm lepší stabilitu. Stabilita motocyklu se dá vyrovnat větším úhlem naklonění. Tudíž větší úhel klopení odpovídá vyšší poloze těžiště a menší úhel klopení odpovídá nižší poloze těžiště. [3][15]

$$M_{DS} = G * x \quad (4)$$



Obrázek 10: Vliv naklonění motocyklu na těžiště. [15]

Poloha těžiště má dále velký vliv na to, jak rychle lze motocykl překlápět z jedné strany na druhou nebo v případě, jede-li motocykl malou rychlostí do oblouku.

2.1.3. Jízdní odpory

Jízdní odpory jsou síly, které působí proti směru pohybu motocyklu. Odpor valivý a vzdušný působí vždy. Při jízdě do svahu překonáváme odpor stoupání a při zrychlování odpor ze zrychlení. [16]

Odpor valivý

Odpor valení vzniká na kolech motocyklu. Při styku pneumatiky s vozovkou dojde k deformaci pneumatiky a vozovky (při jízdě v terénu). Plocha, vzniklá deformací se nazývá stopa motocyklu. [3][16]

Výsledný odpor O_f je dán součtem odporů na předním a zadním kole.

$$O_f = \sum O_{fi} = F_z * f = G * f \quad (5)$$

Pro případ, že se motocykl pohybuje po nakloněné rovině, platí vztah (6):

$$O_f = G * \cos(\alpha) * f. \quad (6)$$

Kde F_z je normálová síla motocyklu působící na vozovku, f je součinitel valivého odporu, G je celková tíha motocyklu a α je úhel stoupání. [16]

Součinitel valivého odporu f závisí především na povrchu vozovky.

Odpor vzdušný

Vzdušný odpor O_V vzniká díky víření proudnic vzduchu, který proudí kolem motocyklu a jezdce.

Určuje se z aerodynamického vztahu (7):

$$O_V = c_x * \frac{\rho}{2} * S_x * v_r^2. \quad (7)$$

Kde c_x je součinitel vzdušného odporu, ρ je měrná hustota vzduchu, S_x je čelní plocha vozidla a v_r je výsledná rychlost proudění vzduchu kolem vozidla. [3][16]

Velikost součinitele vzdušného odporu závisí především na tvaru kapotáží. U nekapotovaných motocyklů v rozmezí 0,7 – 0,9. U kapotovaných motocyklů je jeho hodnota menší. Měrná hustota vzduchu závisí na teplotě a tlaku vzduchu. Hodnota plochy je dána čelní projekcí motocyklu a výslednou rychlost dostanu jako vektorový součet rychlosti vozidla a rychlosti větru: [3][15]

$$\vec{v}_r = \vec{v}_M + \vec{v}_v. \quad (8)$$

Odpor stoupání

Jede-li vozidlo po nakloněné rovině, můžeme rozložit jeho tíhu na dvě složky. Složku působící rovnoběžně s nakloněnou rovinou nazýváme odporem stoupání O_s . Jeho hodnota je kladná, pokud je vozidlo ve stoupání, naopak je-li motocykl v klesání, je hodnota odporu záporná a složka tíhy není odporem, ale naopak vozidlo pohání. Odpor stoupání působí v těžišti vozidla. [15][16]

$$O_s = G * \sin(\alpha) \quad (9)$$

Kde G je celková tíha motocyklu a α je úhel stoupání. [16]

Odpor zrychlení

Při zrychlování motocyklu působí proti pohybu setrvačná síla, kterou nazýváme odpor zrychlení O_z . Odpor zrychlení se skládá z odporu translačních a rotačních částí:

$$O_z = O_{zt} + O_{zr}, \quad (10)$$

$$O_z = m * \ddot{x} + \frac{J_{red} * \ddot{x}}{r_d^2} = m * \ddot{x} * \partial \quad (11)$$

Kde m je hmotnost vozidla, \ddot{x} je zrychlení motocyklu, J_{red} je redukovaný moment setrvačnosti, r_d je dynamický poloměr kola a ∂ je tzv. součinitel vlivu rotačních hmot. [3][15][16]

Potřebná hnací síla

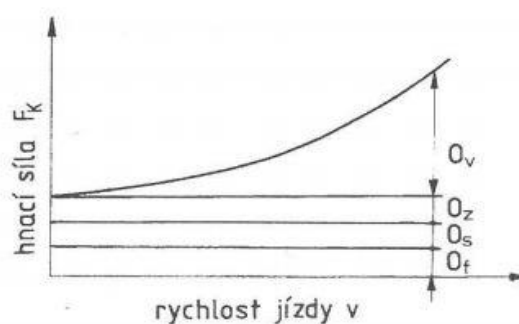
Potřebná hnací síla motocyklů je taková síla, která je v rovnováze s celkovými jízdními odpory. Celkový jízdní odpor určíme sečtením jednotlivých odporů.

$$F_K = O_f + O_V + O_s + O_z \quad (12)$$

Dosadíme-li za jednotlivé odpory výše uvedené vztahy:

$$F_K = G * f + c_x * \frac{\rho}{2} * S_x * v_r^2 + G * \sin(\alpha) + m * \ddot{x} * \partial, \quad (13)$$

Obrázek 11 znázorňuje potřebnou hnací sílu v závislosti na rychlosti jízdy.



Obrázek 11: Celkový odpor závisí na aktuální rychlosti [16]

2.1.4. Pohyb motocyklu

Pohyb motocyklu lze z hlediska směru a zrychlení rozdělit do následujících fází:

- pohyb rovnoměrný přímočarý – jízda konstantní rychlostí v přímém směru,
- pohyb nerovnoměrný – zrychlení či zpomalení,
- pohyb křivočarý – jízda motocyklu obloukem.

Pohyb rovnoměrný přímočarý

Pohyb rovnoměrný přímočarý je v podstatě nejjednodušší. Je to pohyb, při němž motocykl ujede za stejný časový interval vždy stejný úsek dráhy. Síly působící na motocykl při jízdě rovnoměrným přímočarým pohybem jsou v rovnováze. Tyto síly jsou:

- tíha motocyklu,
- jízdní odpory,
- hnací síla,
- setrvačná síla. [15]

Pohyb nerovnoměrný – zrychlování

Zrychlení motocyklu je charakteristika, kterou popisujeme jako změnu rychlosti za jednotku času. Zrychlení je vektorová veličina. Udává směr i velikost změny.

Chceme-li dosáhnout větší hodnoty zrychlení u jednostopého vozidla, musíme dosáhnout větší hnací síly motoru nebo snížit jeho celkovou hmotnost.

Hmotnost motocyklu bývá přibližně pět krát menší než je hmotnost automobilu. Průměrně výkonný motocykl dosahuje měrného výkonu přibližně 0,3 kW/kg. Této hodnoty ve světě automobilu dosahují pouze sportovní vozy. Tudíž i běžný motocykl zrychluje podobně jako sportovní automobily a je nutné, také díky menším rozměrům motocyklů, brát v silničním provozu na motocykly zvýšenou pozornost.

Pohyb nerovnoměrný - brzdění

Brzděním se rozumí snižování rychlosti vozidla. Brzdný účinek je schopnost motocyklu zpomalit za určitou dobu o určitou hodnotu rychlosti na určité dráze. Brzdný účinek se dosahuje zpomalováním otáčejících se kol. [3][15]

Brzdná dráha je dráha, kterou vozidlo urazí od okamžiku, kdy nastane brzdný účinek přední a zadní brzdy do zastavení. Brzdná dráha nezahrnuje reakční dobu řidiče. [3]

Faktory ovlivňující celkovou brzdnou dráhu motocyklu:

- Rychlost jízdy. Čím větší rychlost, tím delší brzdná dráha.
- Hmotnost a účinnost brzd. Čím lehčí motocykl a účinnější brzdy, tím kratší brzdná dráha.
- Stav a typ vozovky a kvalita pneumatik. Mokrý nebo znečištěná vozovka, respektive nezpevněné cesty, prodlužují brzdnou dráhu stejně tak jako špatně nahuštěné pneumatiky.

- Osobní zkušenost řidiče. Zejména na motocyklu je toto velice zásadní faktor ovlivňující brzdovou dráhu. Zkušený řidič je schopen s kvalitními brzdami dosahovat lepších výsledků než osobní automobil, zatímco nezkušený řidič dosahuje na stejném stroji mnohem horších výsledků. [3]

Při brzdění motocyklů platí několik specifických podmínek:

- Rozdělení brzdného účinku mezi přední a zadní kola je závislé na způsobu dávkování řidičem. Přední a zadní brzdový okruh jsou zpravidla nezávislé.
- Brzdný účinek se významně mění v závislosti na zatížení motocyklu. To je dáno nízkou hmotností motocyklu, respektive rozdílem mezi nezatížením motocyklem a například motocyklem s jezdce a spolujezdce.
- Díky krátkému rozvoru a vysoko položenému těžišti dochází při brzdění k změnám zatížení mezi přední a zadní kolo. Vlivem momentu, vyvolaného setrvačnou silou, může dojít při brzdění k postavení motocyklu na přední kolo.
- Při brzdění motocyklu v náklonu, například při průjezdu zatáčkou, dochází k vzniku přídavného radiálního momentu, který zhoršuje ovládání motocyklu. [15]

Pohyb křivočará

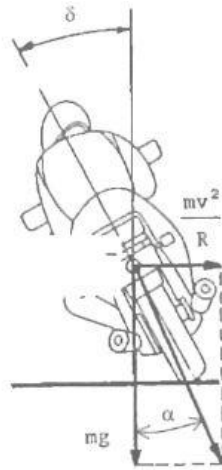
Pohyb křivočará je pohyb, jehož trajektorií je obecná křivka. Pro motocykl to znamená, že jeho pohyb není po přímce, ale pohybuje se po křivce s proměnnou rychlostí a proměnným zrychlením. V praxi se jedná o průjezd motocyklu obloukem.

Průjezd motocyklů obloukem je dalším bodem, kde se dynamika jízdy jednostopých vozidla výrazně odlišuje od dvoustopých vozidel. Na motocykl působí navíc od přímé jízdy síla odstředivá. Její velikost je dána vztahem:

$$F_o = \frac{m \cdot v^2}{R}. \quad (14)$$

Kde F_o je odstředivá síla [N], v rychlost [$m \cdot s^{-1}$], m hmotnost soustavy [kg] a R je poloměr oblouku [m].

Odstředivou sílu kompenzujeme naklopením motocyklu o úhel δ .



Obrázek 12: Působení odstředivé síly v náklonu. [15]

Kde G je tíha soustavy [N], δ je úhel naklopení motocyklu [°] a α je úhel výsledné síly [15]

Pro dosažení rovnováhy platí:

$$\tan \alpha = \frac{F_o}{G} = \frac{m \cdot v^2}{R \cdot m \cdot g} = \frac{v^2}{R \cdot g} \quad (15)$$

Odstředivá síla však není jediným činitelem působícím na motocykl při průjezdu zatáčkou. Dále ho ovlivňuje stav vozovky, respektive hodnota součinitele adheze. Při jeho překročení dojde ke smyku. V mezních hodnotách může odstředivá síla dosáhnout hodnoty boční adhezní síly. [15]

Z toho plyne, že lze sestavit podmínku (16) pro úhel α :

$$\tan \alpha \leq \frac{F_{o,max}}{G} \leq \frac{G \cdot \mu_\alpha}{G} \leq \mu_\alpha. \quad (16)$$

Úpravou rovnic zjistíme vztah pro maximální rychlost průjezdu obloukem.

$$\tan \alpha_{max} = \mu_\alpha = \frac{v_{max}^2}{R \cdot g} \quad (17)$$

$$v_{max} = \sqrt{R \cdot g \cdot \mu_\alpha}. \quad (18)$$

Pro dosažení správného úhlu α není rozhodující jaký úhel naklopení δ má motocykl, ale rozhodující je poloha těžiště soustavy (motocykl + jezdec + zátěž). Z toho vyplývá, že obloukem o poloměru R lze projet pokaždé s různou technikou jízdy a tedy i s různými úhly naklopení. [15]

Pro projetí obloukem rozlišujeme tři základní druhy naklopení motocyklu podle techniky jízdy:

- Náklon jezdce kopíruje úhel naklopení motocyklu.
- Náklon jezdce je menší než úhel naklopení motocyklu. Tento styl umožňuje rychlé změny směru jízdy.
- Náklon jezdce je větší než úhel naklopení motocyklu – tento styl je efektivní při jízdě na okruhu. V běžném provozu zhoršuje schopnost reakce jezdce kvůli poloze jeho hlavy blízko vozovky, což zhoršuje rozhled. [15]

Při průjezdu obloukem je nutné také přihlédnout na fakt, že se šířka motocyklu a jezdce značně zvětší oproti jízdě v přímém směru. Tento rozdíl je patrný z obrázku 13. [15]



Obrázek 13: Rozdíl šířky jízdního koridoru při přímé jízdě a při jízdě obloukem. [15]

2.2. Bezpečnost motocyklu

Při dopravní nehodě je posádka motocyklu vystavena mnohem většímu riziku poranění než posádka automobilu. Množství dopravních nehod se smrtelnými následky je na počet najetých kilometrů až 10x vyšší než u automobilů. Prvky bezpečnosti, které jsou popsány dále, mají funkci zabraňovat a minimalizovat vzniku poranění posádky. Přestože funkce těchto prvků je stejná jako u automobilů, jsou zde uzpůsobeny tak, aby maximálně vyhovovali specifickým potřebám JVM. [15][20]

2.2.1. Prvky pasivní bezpečnosti motocyklu

V pasivní bezpečnosti na motocyklech můžeme najít dvě strategie ochrany posádky motocyklu:

- Prvky ochrany umístit přímo na řidiče, např. přilba
- Prvky ochrany umístit přímo na motocykl, např. airbag [20]

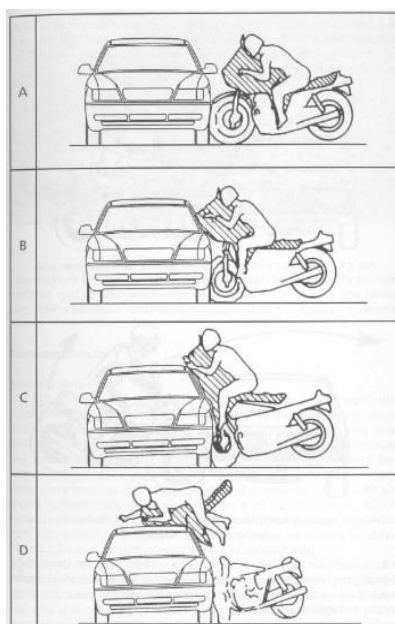
Airbag

Airbag, který se aktivuje při čelním nárazu motocyklu, se poprvé objevil na motocyklu Honda Gold Wing v roce 2005. Nejčastějším poraněním jezdce při srážce s bokem osobního vozidla je poranění hlavy a dolních končetin. Hlava zpravidla dopadá na bok automobilu. Vážnost poranění hlavy je podle statistik nižší u případů, kdy jezdec vozidlo přeletí, aniž by přímo narazil do jeho boku. [15][20][21]

Jsou dvě základní filozofie aplikace airbagu:

- Ovlivnit trajektorii jezdce nad vozidlo viz obrázek 14.
- Chránit jezdce, zmírnit následek nárazu do okolních předmětů. [20]

Je možné kombinovat obě filosofie (první pro vyšší rychlosti a druhý pro nižší).



Obrázek 14: Ovlivnění trajektorie jezdce airbagem [15]

Motocyklové oblečení s airbagy

Jedním z prvků pasivní bezpečnosti, umístěných přímo na jezdci, mohou být airbagy implementovány do motocyklového oblečení, zejména pak do bund. Používají se dva systémy aktivace airbagu. První je spojením lanka z oblečení k motocyklu. Pokud jezdec opustí motocykl v důsledku pádu, pojistka aktivuje vestu. Druhým, sofistikovanějším systémem, je aktivace pomocí sensoriky přetížení, která rozpozná pád motocyklu a aktivuje airbag. Airbag se nafoukne ve zlomku vteřiny a chrání jezdce před primárním a sekundárním nárazem. [15][21]



Obrázek 15: Motocyklová vesta s airbagem. [22]

Motocyklová přilba

Přilby, používané na pozemních komunikacích, musejí být ze zákona homologované. To zaručuje, že přilba splňuje základní bezpečnostní požadavky. O tom, jak je motocyklová přilba bezpečná, rozhoduje kvalita zpracování a použité materiály. Skořepiny přileb se vyrábí z plastu, sklolaminátu či z karbonu. Motocyklové helmy se dělí na dva základní typy, a to přilba otevřená a integrální. Integrální poskytuje vyšší bezpečnost, protože chrání i obličejovou část hlavy. [21]

Motocyklové oblečení

Motocyklové kombinézy používají zejména sportovně založení jezdci. Materiálem pro výrobu kombinéz je hovězí, popřípadě klokaní kůže. Jejich základním požadavkem je pružnost, pevnost a ořezuvzdornost. Jednotlivé části kombinézy jsou sešity speciálními švy, které zabraňují prodření a roztržení v případě pádu jezdce. Do kombinézy jsou zpravidla implementovány gelové nebo plastové chrániče na nejvíce exponovaných místech. Na kolenou jsou další vnější ochranné chrániče, tzv. slidery, které slouží k ochraně kombinézy při sportovním průjezdu obloukem, kdy se koleno může dotýkat asfaltu. [21]

Textilní motocyklové oblečení je hojně využíváno jezdci zejména v silničním provozu. Oproti motocyklovým kombinézám poskytuje větší komfort za cenu nižší úrovně bezpečnosti. Výhodou je snadné oblékání, nízká hmotnost, dobré odvětrání a udržení vnitřního klima, volnost pohybu, možnost libovolných kombinací s reflexními prvky a snadná implementace dalších bezpečnostních systémů, např. chráničů, airbagů apod. [21]

Dalšími prvky pasivní bezpečnosti, umístěnými přímo na jezdci, jsou motocyklové rukavice, motocyklové boty a další chrániče. Motocykl je možno dále osadit ochrannými rámy a podobnými prvky pasivní bezpečnosti, ovšem jejich účinnost je sporná.

2.2.2. Prvky aktivní bezpečnosti motocyklu

Funkcí prvků aktivní bezpečnosti je především zabránit nebo zamezit vzniku dopravní nehody. Současným trendem je osazení vozidel prvky, umožňujícími vzájemnou bezdrátovou komunikaci s okolními vozidly. Na základě této komunikace mohou vozidla zaregistrovat motocykl a autonomně zabránit střetu. Průkopníkem této technologie je společnost BMW, která tyto prvky aktivní bezpečnosti testuje na modelu 1600 GTL.

Tradiční možnosti aktivní bezpečnosti na motocyklech:

A) Obsluha vozidla

- Jednoduchá obsluha brzd a jemný chod spojky.
- Automatická nebo poloautomatická převodovka.
- Asistence obsluhy obou nezávislých brzd (přední a zadní) změnou brzdového systému.

B) Viditelnost a rozlišitelnost

- Zvýšení rozlišitelnosti motocyklu oproti jiným účastníkům silničního provozu (např. reflexní vestou, reflexní přilbou nebo reflexními prvky na motocyklu).
- Zlepšení viditelnosti z helmy kvalitnějšími plexy štíty (např. absorbování slunečního svitu, elektronické zobrazení snímaného dopravního značení apod.).
- Automatické zapínání potkávacích světel při startu motocyklu.

C) Komfort

- Zlepšení klima v přilbě, přívod kyslíku pod přilbu.
- Ochrana řidiče od vedra, zimy, špíny a mokra kvalitním oblečením.
- Snížením vibrací působících do rukou a nohou motocyklisty.
- Zavedení povinné praxe, před udělením řidičského oprávnění nejvyšší kategorie.

D) Jízdní vlastnosti

- Systémy proti ponořování tlumících a pružících jednotek
- Zvýšení tuhosti rámu motocyklu a zamezení rozkmitání motocyklu.
- Zamezení kmitání předního kola pomocí tlumiče řízení.
- Systém ABS samostatně účinkující pro přední a zadní kolo motocyklu.
- Integrální brzdový systém. [15][23]

3. Statistika nehodovosti jednostopých motorových vozidel

Zabýváme-li se bezpečností jednostopých motorových vozidel, je velice důležité pečlivě analyzovat statistická data nehodovosti. Statistiky slouží k přehledu a předpovídání nehodovosti, mohou dokládat jednotlivá tvrzení, nalézt problémová místa a zákonitosti, které mohou sloužit k vysvětlení určitých jevů.

Tato kapitola poskytne přehled o počtu registrovaných motocyklů, počtu dopravních nehod, jejich příčině a následcích. Jednotlivé přehledy ukazují vývoj statistik v průběhu času a také nabídnou srovnání s dvoustopými vozidly.

Statistická data jsou čerpána z oficiálních statistických přehledů Ředitelství dopravní policie ČR.



Obrázek 16: dopravní nehoda motocyklu [24]

3.1. Vývoj počtu registrovaných vozidel

Tabulka 1 zobrazuje vývoj počtu vozidel v České republice.

Tabulka 1: Registrované motocykly a automobily v ČR v letech 2004 – 2011. [25]

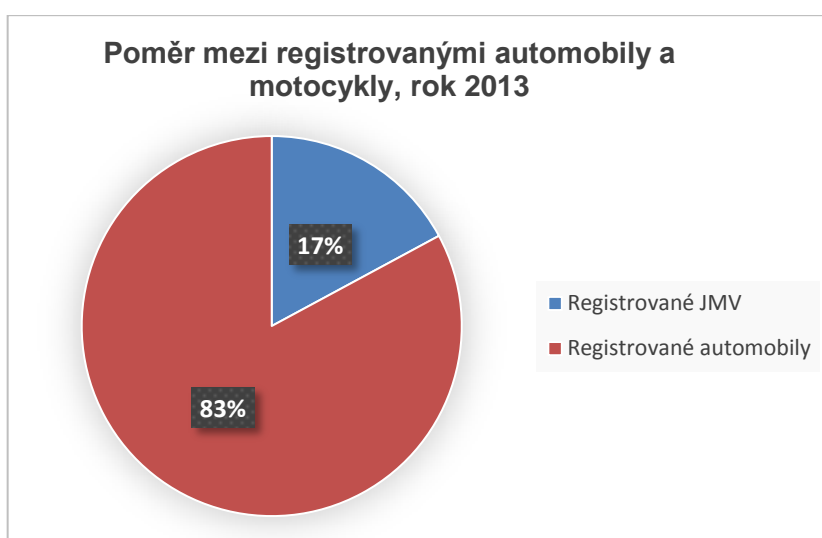
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 ¹⁾	2013
Registrované JMV	756 559	794 000	822 703	860 131	892 796	903 346	924 291	944 171	976 911	977 197
Meziroční nárůst	-	4.95 %	3.61 %	4.55 %	3.80 %	1.18 %	2.32 %	2.15 %	-	3.50 %
Registrované automobily	3 815 547	3 958 708	4 108 610	4 280 081	4 423 370	4 435 052	4 496 232	4 581 642	4 706 325	4 729 185
Meziroční nárůst	-	3.75 %	3.79 %	4.17 %	3.35 %	0.26 %	1.38 %	1.90 %	-	3.22 %

1) údaje k 1. 7. 2013 - z důvodu přechodu na nový systém evidence vozidel v Centrálním registru vozidel (CRV)

Z dat je patrný každoroční nárůst počtu registrovaných vozidel. Roste jak počet automobilů, tak i motocyklů. Největší meziroční nárůsty počtu vozidel byly před rokem 2009. V roce 2009 je patrný značný pokles způsobený světovou finanční recesí z podzimu roku 2008. Z dat je dále patrné, že procentuální nárůst registrovaných JMV je větší než u automobilů. To dokazuje rostoucí popularitu jednostopých motorových vozidel.

Meziroční nárůst v roce 2013 je porovnáván s rokem 2011 z důvodu zkreslení dat v roce 2012 přechodem na nový systém evidence vozidel v Centrálním registru vozidel (CRV).

Poměr mezi počtem registrovaných automobilů a počtem registrovaných motocyklů pro rok 2013 znázorňuje graf 1.



Graf 1: Poměr mezi registrovanými automobily a motocykly. [25]

Tabulka 2 ukazuje vývoj počtu motocyklů registrovaných v ČR v závislosti na objemu motoru.

Tabulka 2: Registrované motocykly v ČR s objemem válce nad 125 ccm³. [25]

	2009	2010	2011	2012 ¹⁾	2013
Motocykly s objemem válců 50 ccm³ a méně	473 365	478 184	480 674	481 076	479 864
Meziroční nárůst	-	1,01 %	0,52 %	-	-1,68 %
Motocykly s objemem válců 51 ccm³ - 125 ccm³	66 085	69 205	72 747	83 442	85 935
Meziroční nárůst	-	4,72 %	5,12 %	-	18,13 %
Motocykly s objemem válců nad 125 ccm³	363 896	376 902	390 750	411 686	410 569
Meziroční nárůst	-	3,57 %	3,67 %	-	5,07 %

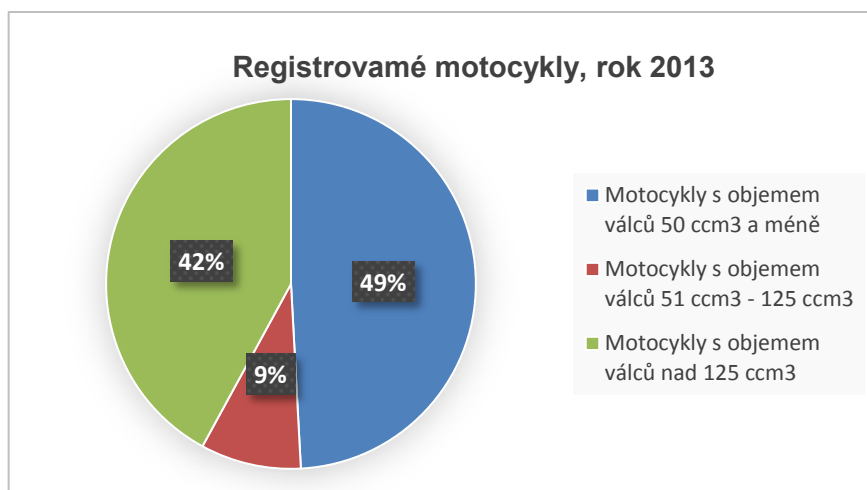
1) údaje k 1. 7. 2013 - z důvodu přechodu na nový systém evidence vozidel v Centrálním registru vozidel (CRV)

Z dat je patrná významně rostoucí popularita motocyklů s obsahem motorů mezi 50 až 125 ccm³. Do této kategorie patří převážně motocykly kategorie skútr, jejichž obliba roste zejména ve větších městských aglomeracích.

Nejrizikovější skupina motocyklů s objemem válců nad 125 ccm³, má v posledních letech meziroční nárůst okolo čtyř procent ročně. To znamená přibližný meziroční nárůst o 12 000 vozidel.

Meziroční nárůst v roce 2013 je porovnávám s rokem 2011 z důvodu zkreslení dat v roce 2012 přechodem na nový systém evidence vozidel v Centrálním registru vozidel (CRV).

Graf 2 zobrazuje zastoupení jednotlivých kategorií motocyklů rozdělených podle objemové třídy.



Graf 2: Registrované motocykly. [25]

3.2. Vývoj počtu dopravních nehod a jejich následky

Tabulka 3 zobrazuje vývoj počtu zúčastněných motocyklů na dopravní nehodě v silničním provozu za posledních šest let. Pro porovnání je přidán i vývoj počtu osobních automobilů.

Tabulka 3: Počet zúčastněných vozidel na dopravních nehodách. [1]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Počet zúčastněných mopedů na DN	167	156	175	176	176	176
Počet zúčastněných motocyklů do 50 ccm ³ na DN	306	224	290	279	243	272
Počet zúčastněných motocyklů nad 50 ccm ³ na DN	2 697	2 415	2 688	2 563	2 705	2 871
Počet zúčastněných motocyklů celkem	3170	2 795	3 153	3 143	3 124	3 319
Počet zúčastněných automobilů na DN	86 694	87 111	85 426	92 682	96 067	97 930

Vývoj je sledován záměrně až od roku 2009, kdy došlo k zavedení vyššího limitu ohlašovací povinnosti při dopravní nehodě.

Poslední dva roky narůstá počet zúčastněných velkých motocyklů na dopravní nehodě meziročně přibližně o 6 %. Tento nárůst přibližně odpovídá růstu počtu registrovaných vozidel. Podobný trend je možné sledovat i u osobních automobilů.

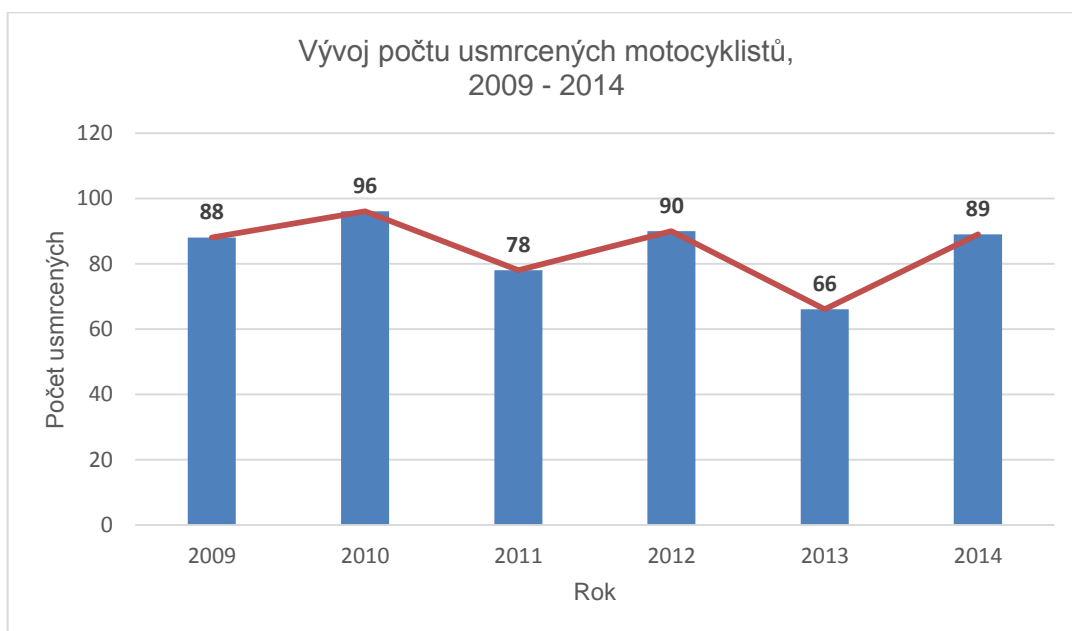
V Tabulce 4 jsou data, která zobrazují vývoj následků dopravních nehod motocyklistů, včetně spolujezdců, za posledních šest let.

Tabulka 4: Následky dopravních nehod – Motocykly nad 50 ccm³. [1]

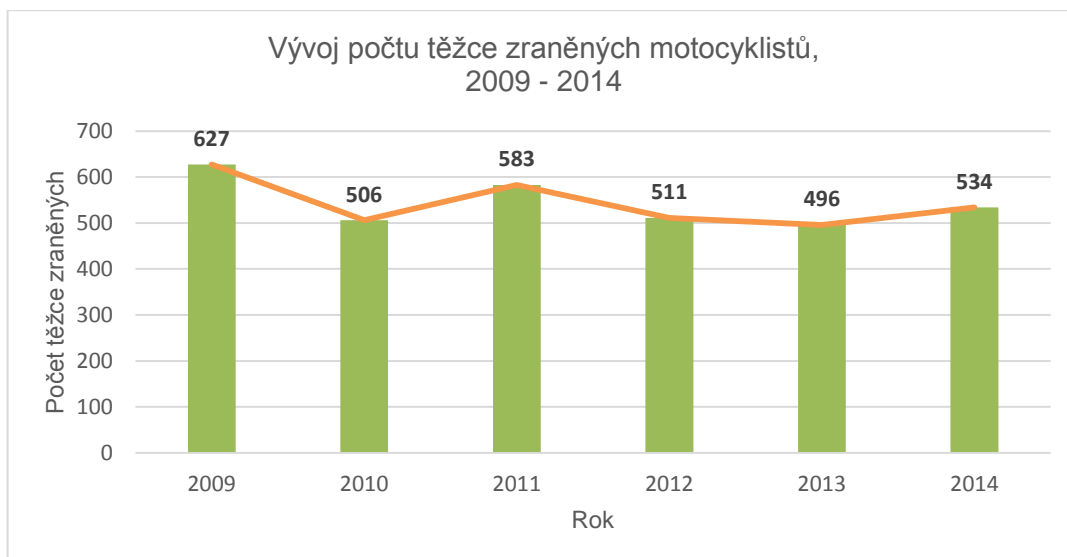
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Usmrceno	88	96	78	90	66	89
Těžce zraněno	627	506	583	511	496	534
Lehce zraněno	2 009	1 809	2 007	1 934	2 060	2 096
Nezraněno	797	704	775	811	821	888
Celkem osob	3 521	3 115	3 443	3 346	3 443	3 607

Celkový počet nehodou dotčených osob přibližně odpovídá počtu zúčastněných motocyklů na dopravních nehodách z tabulky 3. Rozdíl těchto hodnot odpovídá počtu spolujezdců, kteří se zúčastnili dopravních nehod.

Vývoj počtu usmrcených a těžce zraněných motocyklů je zobrazen v grafech 3 a 4.



Graf 3: Vývoj počtu usmrcených motocyklistů. [1]

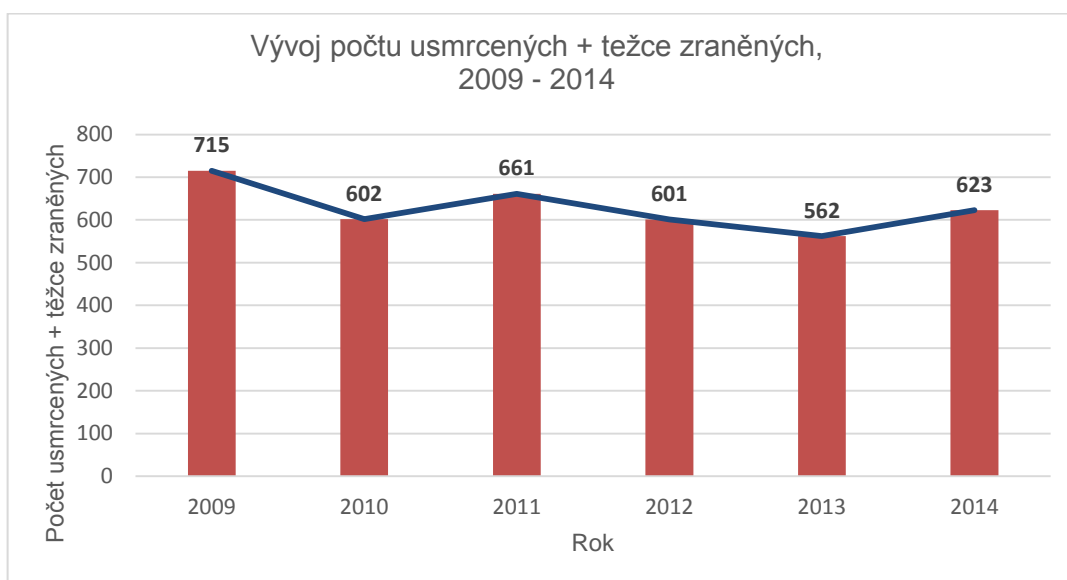


Graf 4: Vývoj počtu těžce zraněných motocyklistů. [1]

Dopravní nehody s účastí jednostopých motorových vozidel mají dlouhodobě nejvyšší závažnost. Nejtragičtější co do počtu úmrtí byl rok 2010. Na druhou stranu v roce 2010 bylo, až na rok 2013, nejméně vážných zraněných.

Nejúspěšnější byl jednoznačně rok 2013, kdy bylo za sledované období nejméně úmrtí i vážných zranění. V roce 2014 bylo usmrceno 89 motorkářů, to je o 23 více než v předchozím roce. Tento třetinový nárůst úmrtí je velice znepokojivý.

Graf 5 zobrazuje vývoj počtu usmrcených a těžce zraněných.



Graf 5: Vývoj počtu usmrcených + těžce zraněných. [1]

Právě tyto dvě veličiny mají majoritní podíl na celkových ekonomických ztrátách z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel.

Z grafu je možné vysledovat zlepšující se trend. Tento trend však narušují tragické roky 2011, kdy při dopravní nehodě bylo vážně zraněno o 77 motocyklistů více než rok předchozí a rok 2014, kdy při dopravní nehodě bylo usmrceno o 23 motocyklistů více než rok předtím.

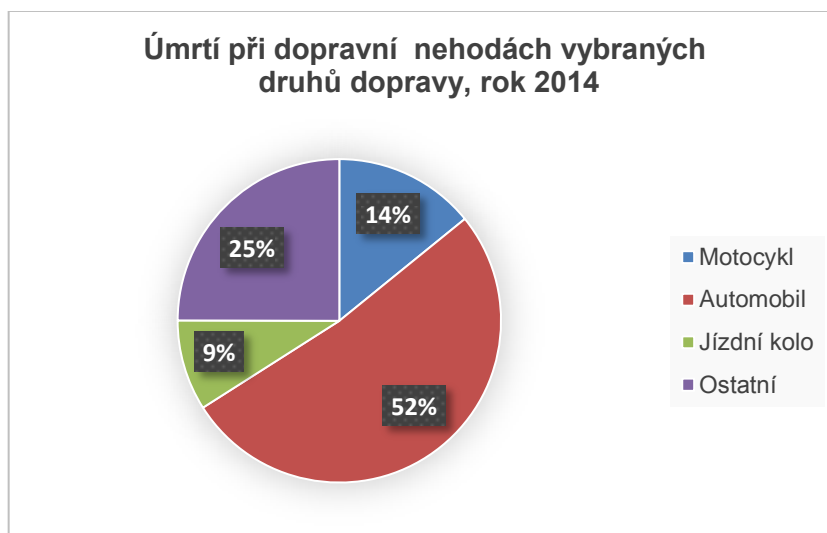
Tabulka 5 porovnává počet usmrcených motocyklistů s počtem usmrcených osob z vybraných druhů dopravy.

Tabulka 5: Úmrtí při dopravních nehodách vybraných druhů dopravy. [1]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Počet usmrcených osob na motocyklu při DN	88	96	78	90	66	89
Počet usmrcených osob v automobilu při DN	468	387	379	344	291	326
Počet usmrcených cyklistů při DN	72	70	50	64	58	57
Celkem usmrcených osob při DN	832	753	707	681	583	629

Z tabulky je patrný konstantní pokles úmrtí řidičů v automobilech, vyjma roku 2014. Tento trend je způsoben zejména významnými pokroky na poli bezpečnosti dvoustopých vozidel. Bohužel motocykly nekopírují tento trend z důvodu, že možnosti pasivní bezpečnosti u motocyklů jsou odkázány převážně jen na oblečení a helmu řidiče.

Procentuální srovnání úmrtí při dopravních nehodách mezi vybranými druhy dopravy zobrazuje graf 6.



Graf 6: Úmrtí při dopravních nehodách. [1]

Na celkovém počtu zemřelých při dopravních nehodách v roce 2014 činil podíl motocyklistů 14%. To je nejvyšší hodnota od roku 1993 a znamená, že téměř každou osmou usmrcenou osobou při dopravní nehodě byl motocyklista. V roce 2013 činil tento podíl 11%. [26]

3.3. Závažnost DN a jejich příčiny

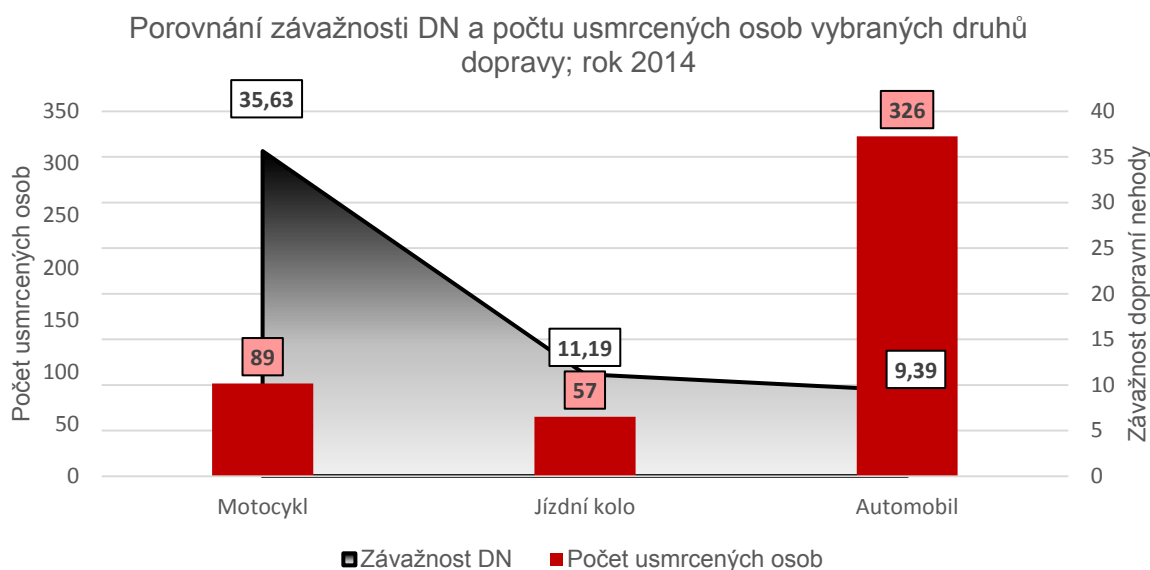
Závažnost dopravních nehod udává počet usmrcených osob na 1000 dopravních nehod. Závažnost dopravních nehod pro vybrané druhy vozidel ukazuje tabulka 6.

Tabulka 6: Závažnost dopravních nehod. [1]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Motocykl	38	47.5	28.1	34.1	26.24	35.63
Automobil	13	11.6	11.7	10.4	8.39	9.39
Jízdní kolo	20	22.4	12.53	14.7	10.71	11.19

Závažnost dopravní nehody v automobilu je mnohem nižší než na motocyklu. Motocyklisté jsou nejrizikovější skupinou ze všech účastníků silničního provozu. Podle oficiálních policejních statistik je závažnost dopravní nehody u motocyklů vyšší i oproti chodcům. [1]

Graf 7 zobrazuje srovnání závažnosti dopravní nehody a počtu usmrcených osob pro vybrané druhy dopravních prostředků.



Graf 7: Porovnání závažnosti DN a počtu usmrcených osob. [1]

Přestože v osobních automobilech umírá nejvíce osob, závažnost dopravní nehody je téměř 3,5x nižší než u motocyklů. Tzn., že řidič motocyklu má více než třikrát vyšší pravděpodobnost úmrtí při dopravní nehodě, než má řidič osobní automobilu.

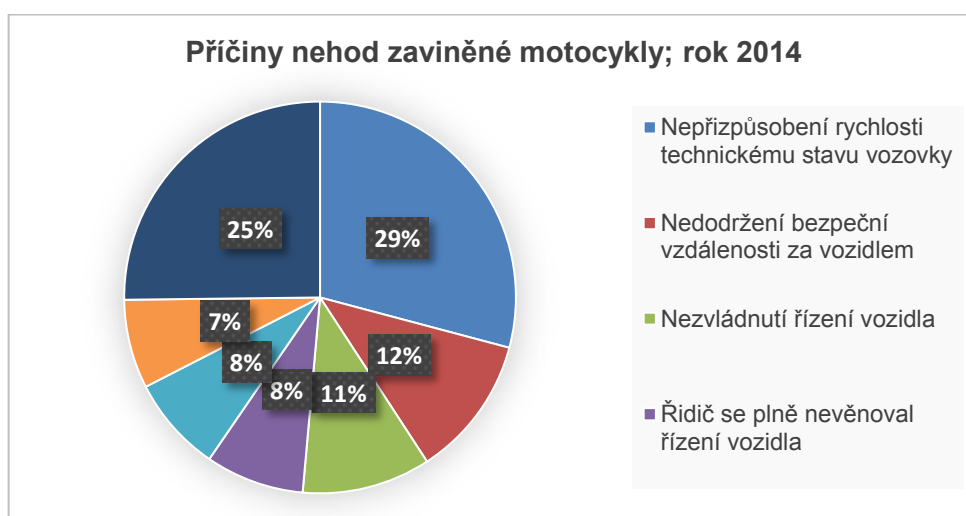
Tabulka 7 ukazuje hlavní příčiny nehod zaviněných řidiči motocyklů v roce 2014.

Tabulka 7: Hlavní příčiny nehod zaviněných řidičem motocyklu. [1]

	Počet nehod
Nepřízpůsobení rychlosti technickému stavu vozovky	472
Nedodržení bezpeční vzdálenosti za vozidlem	189
Nezvládnutí řízení vozidla	172
Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	132
Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	128
Nepřízpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	119

Mezi nejčastější příčiny dopravních nehod, kde je viníkem řidič motocyklu, patří nepřiměřená rychlost vzhledem k dopravně technickému stavu vozovky, nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem a nezvládnutí řízení vozidla.

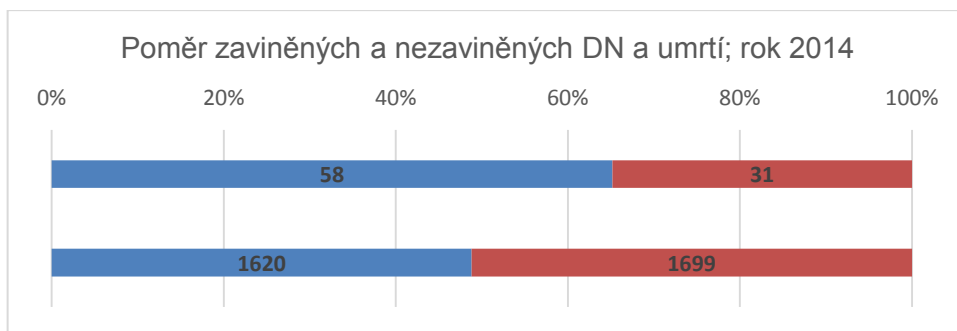
Graf 8 ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých příčin dopravních nehod zaviněných řidičem motocyklu.



Graf 8: Příčiny nehod zaviněné motocykly. [1]

Graf 9 znázorňuje, kolik dopravních nehod zavinili řidiči motocyklů a kolik dopravních nehod bylo nezaviněných. Také ukazuje, kolik motocyklistů zemřelo vlastním zaviněním a naopak.

Celkem v roce 2014 řidiči motocyklů zavinili 1620 nehod z celkového počtu 3319 nehod za účasti motocyklů. To je bohužel v rozporu s velmi často zaznívajícími argumenty, že si za následky dopravních nehod mohou motocyklisté sami. Vlastním zaviněním zemřelo 58 řidičů.



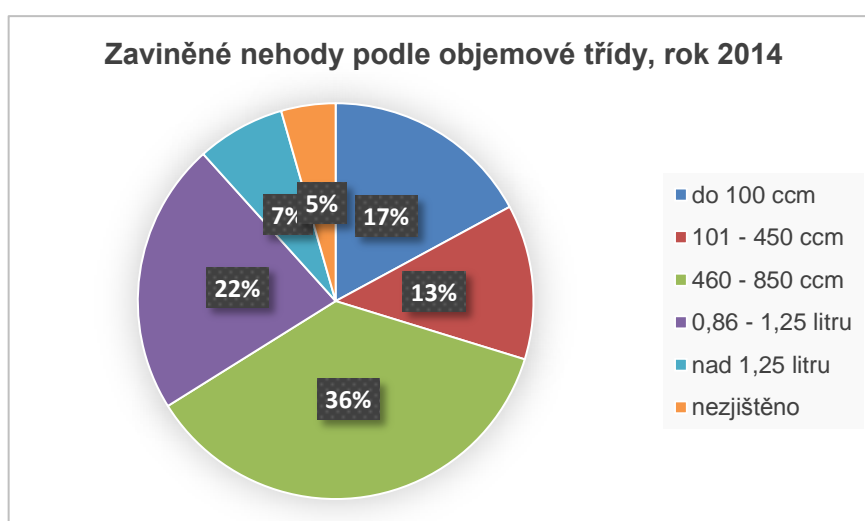
Graf 9: Poměr zaviněných a nezaviněných DN a umrtí. [1]

Vliv objemové třídy motoru motocyklu na dopravní nehody zaviněné motocyklisty zobrazuje tabulka 8, procentuální rozdělení pak graf 10.

Tabulka 8: Nehody zavinění motocykly podle objemové třídy. [1]

	Počet nehod	usmrceno
do 100 ccm	277	4
101 - 450 ccm	205	12
460 - 850 ccm	589	18
0,86 - 1,25 litru	360	21
nad 1,25 litru	117	1
nezjištěno	72	2
celkem	1620	58

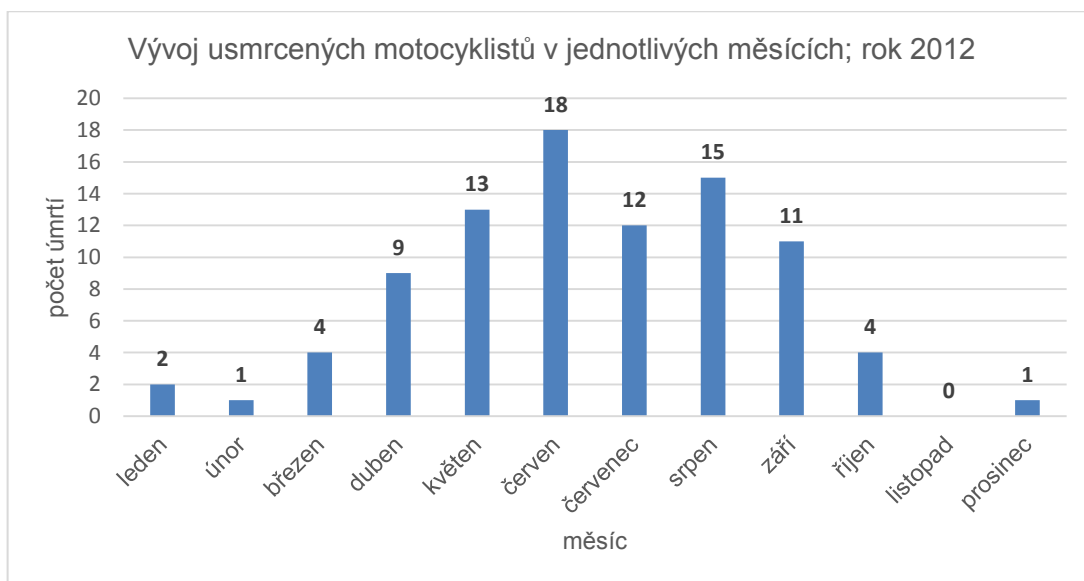
Nejvíce nehod připadá na třídu 460 až 850 ccm, nejvíce usmrcených je v kategorii 860 až 1250 ccm. Oproti roku 2013 došlo ke zvýšení počtu usmrcených osob u objemových tříd 860 až 1250 ccm o 15 osob a v objemové třídě 101 až 450 ccm o 10 osob.



Graf 10: Zaviněné nehody podle objemové třídy. [1]

3.4. Časové rozdělení a věk řidiče

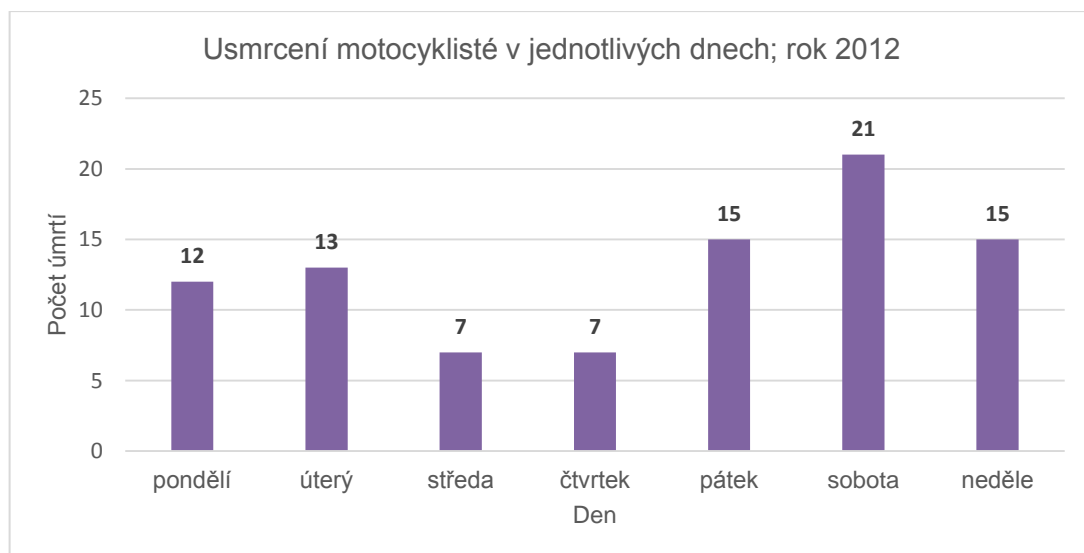
Následující graf 11 zobrazuje počet usmrcených motocyklistů v jednotlivých měsících.



Graf 11: Vývoj usmrcených motocyklistů v jednotlivých měsících. [26]

Nejtragičtějším měsícem z pohledu úmrtí motocyklisty byl v roce 2012 červen, kdy bylo usmrceno 18 motocyklistů. Nejnižších hodnot úmrtí motocyklistů dostáváme od listopadu do února. [26]

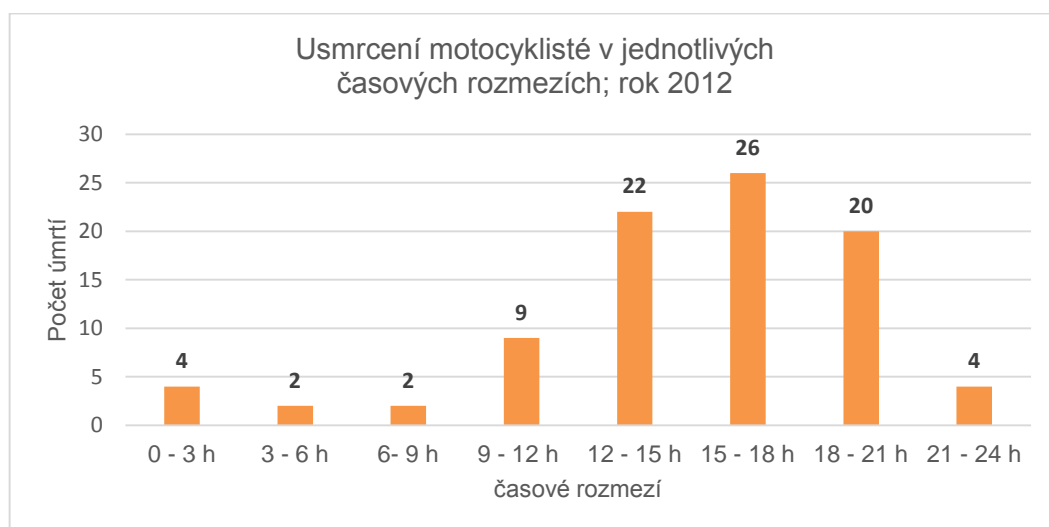
Graf 12 zobrazuje počet usmrcených motocyklistů v jednotlivých dnech v týdnu.



Graf 12: Usmrcení motocyklisté v jednotlivých dnech. [26]

Nejtragičtějším dnem z pohledu usmrcených motocyklistů byla v roce 2012 sobota, kdy bylo usmrceno 21 motocyklistů. Nejméně smrtelných nehod pak bylo evidováno ve středu a čtvrtek. [26]

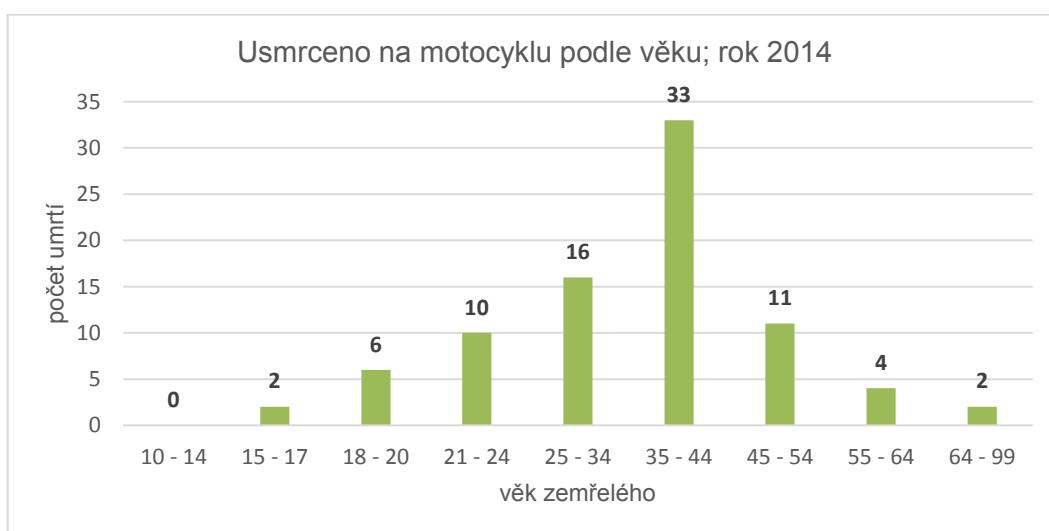
Graf 13 zobrazuje počet usmrcených motocyklistů v jednotlivých časových rozmezích dne.



Graf 13: Usmrcení motocyklisté v jednotlivých časových rozmezích. [26]

Nejvíce usmrcených motocyklistů v roce 2012 bylo mezi 15. a 18. hodinou. Nejméně pak v brzkých ranních hodinách. [26]

Věkové srovnání usmrcených motocyklistů je zobrazeno v grafu 14.



Graf 14: Usmrceno na motocyklu podle věku. [1]

Nejvíce usmrcených motocyklistů při dopravních nehodách v roce 2014 bylo ve věku 35 – 44 let. Věková kategorie se poslední roky posouvá směrem nahoru. V roce 2012 byla nejčastější věková kategorie při úmrtí motocyklistů 25 – 30 let. [1][26]

Z těchto podkapitol si lze odnést závěr, že motocyklisté jsou nejrizikovějšími účastníky silničního provozu. Jejich počet stále roste a možnosti jejich bezpečnosti jsou mnohem nižší než u osobních automobilů.

3.5. Organizace zabývající se statistikou nehodovosti

Statistika nehodovosti tvoří základní analytický podklad pro řešení bezpečnosti na komunikacích. Slouží k přehledu a předpovídání nehodovosti, může dokládat jednotlivá tvrzení a může sloužit k vysvětlení určitých jevů.

V České republice i v Evropské unii existuje celá řada organizací, zabývajících se problematikou snižování nehodovosti na komunikacích. Evropská unie ovlivňuje státy na mezinárodní úrovni. Společná evropská politika pro dopravu je vyjádřena v bílé knize, která představuje návod pro dosažení cílů, obsažených v přijaté strategii Doprava 2050. [27]

Jedním z cílů v bílé knize je snížení počtu usmrcených při dopravních nehodách na polovinu mezi léty 2010 a 2020. I když je pravděpodobné, že tohoto cíle nebude dosaženo, strategie evropské bezpečnostní politiky zůstávají v platnosti. Ve Švédsku například prosazují tzv. "vizi nula", jejímž cílem je zajistit provoz na komunikacích bez fatálních dopravních nehod. [27]

Jedním z nejdůležitějších rozhodnutí Evropské unie z pohledu statistiky bylo rozhodnutí o vytvoření databáze: Společenství týkající se dopravních nehod v provozu na pozemních komunikacích ze dne 30. listopadu 1993. [27]

Největší světové a evropské organizace, zabývající se mimo jiné i nehodovostí a zejména pak bezpečností při provozu na pozemních komunikacích, jsou také World Health Organization (WHO), European Road Assessment Programme (EuroRAP) nebo dokonce i Červený kříž, který své kampaně zaměřuje zejména na bezpečnost dětí. [28]

Hlavní zdrojem informací o dopravních nehodách je evropská databáze nehodovosti CARE (Community database on Accidents on the Roads in Europe). Tato organizace provádí výzkumy a analýzy statistických dat za účelem zkoumání příčin nehodovosti a následně vytváří evropské politiky dopravní bezpečnosti. Přístup do jejich databází není primárně určen širší veřejnosti, ale odborníkům z oboru dopravy. Důvodem je to, aby nedocházelo k špatné interpretaci dat, jelikož je třeba brát v úvahu všechny národní specifika a rozdíly mezi jednotlivými státy. Sledované proměnné pak zahrnují počet nehod, usmrcených, těžce a lehce zraněných osob v členění podle věku, pohlaví, typu účastníka (řidič, spolucestující, chodec), typu vozidla, místa, času a okolností (osvětlení, počasí) nehody, stáří vozidla, praxe řidiče apod. [27][28]

Dalším zdrojem dat o silniční nehodovosti v evropské unii je organizace Eurostat. Jde o statistický úřad Evropské unie, který sídlí v Lucemburku. Tento úřad poskytuje dopravní

statistiky celé Evropské unie a umožňuje následné srovnání mezi jednotlivými zeměmi i regiony. [27]

Neméně významným zdrojem statistických dat je databáze IRTAD (International Road Traffic and Accident Database). Tento projekt je součástí výzkumného programu OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) a ITF (International Transport Forum) a zabývá se oblastí výzkumu silniční dopravy a intermodálních vazeb. IRTAD dává dohromady údaje o nehodovosti v silničním provozu s ostatními souvislostmi, jako jsou infrastruktura, dopravní skladba nebo demografické ukazatele. Databáze IRTAD obsahuje souhrnná a mezinárodně srovnatelná data v časových řadách již od roku 1970. Skupinu IRTAD tvoří experti na bezpečnost silničního provozu a statistici z renomovaných výzkumných ústavů, vysokých škol a nadnárodních organizací. Stejně jako CARE, není plně přístupná široké veřejnosti. [27][29]

V České republice je nejvýznamnější organizace pro zpracování statistických dat z nehodovosti Centrum dopravního výzkumu (CDV). Základním posláním je výzkumná, vývojová a expertní činnost s celostátní působností pro všechny obory dopravy. Kromě této veřejné výzkumné instituce se také na práci se statistikou nehodovostí podílí Ministerstvo dopravy nebo i Ministerstvo vnitra prostřednictvím jednotlivých útvarů Policie ČR. [30]

Další, velice významná společnost v oblasti výzkumu nehodovosti je BESIP. BESIP je hlavní koordinační subjekt bezpečnosti silničního provozu v ČR, spadající pod ministerstvo dopravy ČR. Zabývá se zejména preventivní činností v oblasti provozu na pozemních komunikacích. Poslední zde vyjmenovanou společností, jež se mimo jiné zabývá bezpečností dopravy, je firma EDIP. Činnost EDIP sahá do celého spektra dopravního inženýrství. [31]

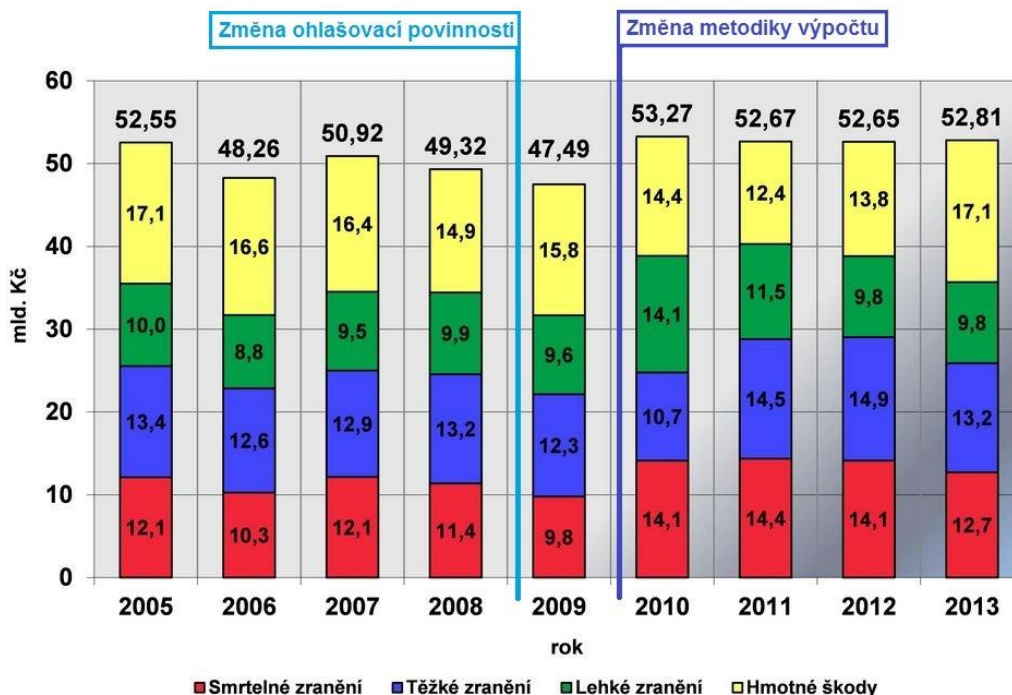
4. Celospolečenské ztráty z dopravních nehod JMV

Ztráty z nehodovosti neboli celospolečenské ztráty z dopravních nehod jsou ekonomicky vyjádřené ztráty, způsobené dopravními nehodami na určitém místě a za určité období. Pro tuto práci jsem vždy zvažoval oblast České republiky za období jednoho roku, ale celospolečenské ztráty lze vztáhnout i na konkrétní oblast nebo konkrétní místo, kde mohou sloužit jako vyjádření rentability dopravně bezpečnostních opatření na komunikaci.

Dopad ztrát z dopravní nehodovosti je velmi podstatný, nejen pro samotné viníky a oběti dopravních nehody, ale v podstatné míře také pro stát a pojišťovny. Vyčíslení ztrát z dopravní nehodovosti je důležitou stránkou v oblasti ekonomiky dopravy. Dopravní nehoda způsobuje řadu negativních externalit a to jak formou dopravních nehod, zranění účastníků, psychické újmy, tak i škodách na majetku a finančních ztrátách. Právě tyto ekonomické ztráty představují cca 2 % z HDP v EU. [32][33]

4.1. Metodika výpočtu ztrát

Samotný výpočet ztrát v České republice je prováděn na základě Metodiky výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích, kterou vydává Centrum dopravních výzkumu, v.v.i.. Vývoj této metodiky prochází přes řadu zlomů, zejména následkem nově působících externích faktorů. Obrázek 17 ukazuje poslední dvě významné změny ve vývoji ztrát z dopravní nehodovosti.

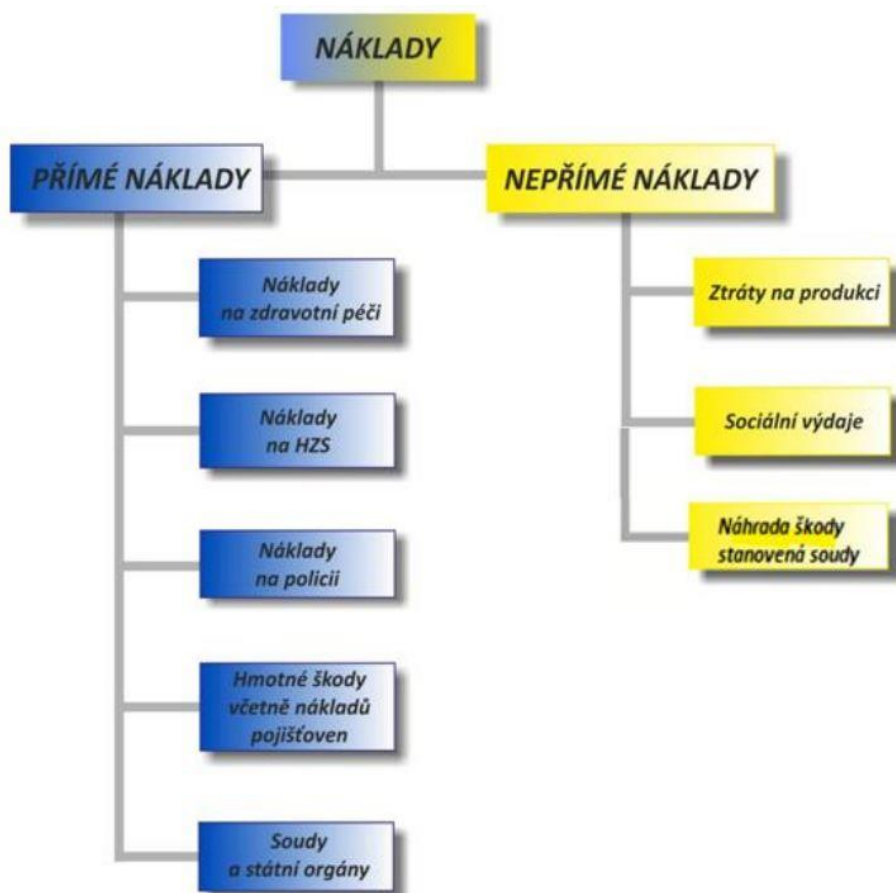


Obrázek 17: Vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti (mld. Kč). [32]

První výrazná změna ve vývoji ztrát z dopravní nehodovosti nastala, když vešla v platnost novela zákona 361/2000 sb. O provozu na pozemních komunikacích, §47 (4), která vstoupila v platnost od 1. 1. 2009 a zvýšila hranici ohlašovací povinnosti u dopravních nehod z 50 000 Kč na 100 000 Kč. Tato skutečnost vedla ke snížení celkových ztrát z dopravní nehodovosti. [33]

Druhá výrazná změna nastala v roce 2010, kdy došlo k podstatnému zvýšení ztrát z dopravní nehodovosti. Pro výpočet totiž nebyla použita metoda přepočtu prostřednictvím změny cenové hladiny (inflace), ale jednotlivé nákladové položky byly vyčísleny dle poslední aktualizované metodiky a cen roku 2010, tato metoda zohledňuje aktuální ekonomickou situaci a zpřesňuje dílčí výpočty. Z tohoto důvodu je výše ztrát vyšší. [33]

Výpočet dle výše uvedené metodiky je založen na formě propočtového ocenění ekonomických následků dopravní nehodovosti, na tzv. metodě „celkového výstupu“ (metody lidského kapitálu). Identifikovány a kvantifikovány jsou přímé a nepřímé náklady vzniklé v důsledku dopravních nehod. Rozčlenění nákladu na přímé a nepřímé náklady zobrazuje schéma na obrázku 18. [34][35]



Obrázek 18: Rozčlenění nákladů pro výpočet ztrát z dopravní nehodovosti. [32]

Metoda výpočtu byla aktualizována s ohledem na navázání užší spolupráce s Českou asociací pojišťoven, Generálním ředitelstvím hasičského záchranného sboru, nemocničními zařízeními v ČR, oddělením BESIP Ministerstva dopravy ČR, Ředitelstvím silnic a dálnic ČR. V neposlední řadě provedená aktualizace umožňuje mezevropská srovnání. Velmi podstatné je rozšíření metodiky o vyčíslení subjektivních škod (vyčíslení náhrady škody stanovenou soudy). [34][35]

Největší část ztrát z dopravní nehodovosti tvoří ztráty na produkci. Pro výpočty ztrát na produkci se používá výše hrubého domácího produktu (HDP) v běžných cenách, která je uváděna Českým statistickým úřadem. V důsledku vzniklých ztrát na produkci (usmrcená, nebo zraněná osoba není schopna vyprodukovat určitou výši hrubého domácího produktu) se snižuje výše hrubého domácího produktu (HDP). Dochází tak ke snížení příjmové stránky státního rozpočtu. [33][35]

Pro určení HDP na jednoho obyvatele je směrodatný střední stav počtu obyvatel v produktivním věku 15 – 64 let. Počet ekonomicky aktivních obyvatel se v České republice pohybuje okolo 5 miliónů (po odečtení všech ekonomicky neaktivních, tj. studentů, důchodců, pečujících o dítě atd.). Pro účely určení ztrát na produkci byly stanoveny věkové skupiny v souladu s věkovými skupinami ve statistice dopravních nehod. Ke každé věkové skupině je vypočítán průměrný počet let předpokládané produktivní činnosti. [33]

Do ekonomických ztrát jsou zahrnuty nejen doby produktivní činnosti člověka, ale i snížená možnost výdělků (i produkce), vyplývající z následků dopravní nehody. Další významnou složku nákladů tvoří sociální výdaje (z důvodu vyplácených důchodů těžce zraněným a pozůstalým). Zde jsou zahrnuty:

- dávky nemocenského pojištění,
- vdovské a vdovecké důchody,
- sirotčí důchody,
- invalidní důchody. [33]

4.2. Vyčíslení ztrát z nehodovosti JMV

Nejaktuálnější data uvedená CDV, v.v.i. jsou za rok 2013. Důvodem je uveřejňování statistických ročenek a výročních zpráv řady institucí za uplynulý rok vždy s časovou prodlevou.

Výše ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích podle CDV, v.v.i. rozdělené dle závažnosti následků dopravní nehody jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Jednotkové náklady dle závažnosti dopravní nehody. [32][33][34][35]

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná osoba	Lehce zraněná osoba	Hmotná škoda
Rok 2010	17 644 586 Kč	4 863 336 Kč	668 170 Kč	270 618 Kč
Rok 2011	18 572 290 Kč	4 783 202 Kč	508 782 Kč	226 676 Kč
Rok 2012	18 669 000 Kč	5 062 000 Kč	413 000 Kč	226 000 Kč
Rok 2013	19 440 000 Kč	4 867 700 Kč	433 000 Kč	267 300 Kč

Tabulka 10 uvádí počet dopravních nehod jednostopých motorových vozidel, rozdělené podle závažnosti.

Tabulka 10: Počet dopravních nehod JMV dle závažnosti dopravní nehody. [1]

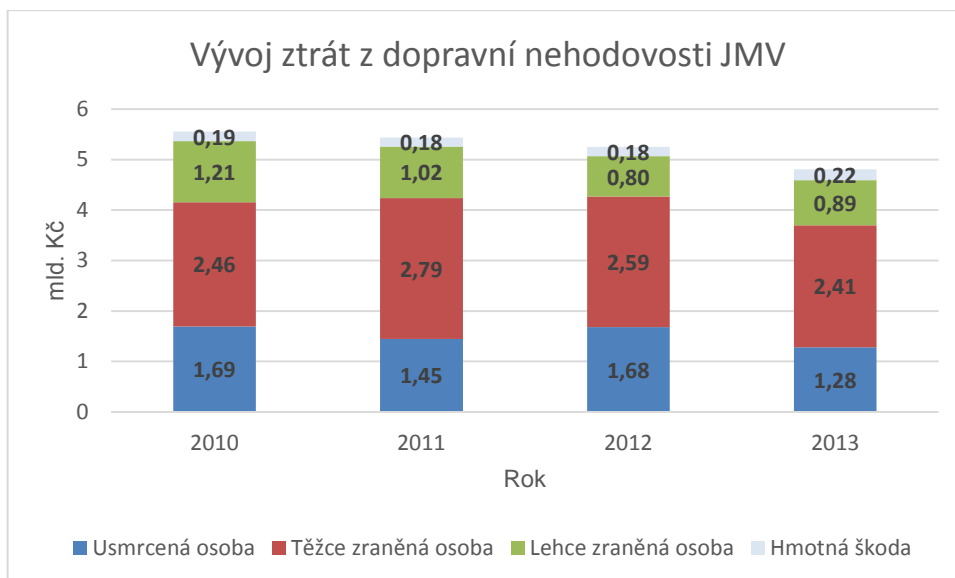
	Usmrcená osoba	Těžce zraněná osoba	Lehce zraněná osoba	Hmotná škoda
Rok 2010	96 nehod	506 nehod	1 809 nehod	704 nehod
Rok 2011	78 nehod	583 nehod	2 007 nehod	775 nehod
Rok 2012	90 nehod	511 nehod	1 934 nehod	811 nehod
Rok 2013	66 nehod	496 nehod	2 060 nehod	821 nehod

Celkové ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel jsou zobrazeny v tabulce 11. Částky jsou dány součtem součinů jednotkových nákladů a počtu dopravních nehod dle závažnosti.

Tabulka 11: Celkové ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti JMV.

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná os.	Lehce zraněná os.	Hmotná škoda	Celkem
Rok 2010	1 693 880 256 Kč	2 460 848 016 Kč	1 208 719 530 Kč	190 515 272 Kč	5 553 962 874 Kč
Rok 2011	1 448 638 620 Kč	2 788 606 766 Kč	1 021 125 474 Kč	175 673 900 Kč	5 434 044 760 Kč
Rok 2012	1 680 210 000 Kč	2 586 682 000 Kč	798 742 000 Kč	183 286 000 Kč	5 248 920 000 Kč
Rok 2013	1 283 040 000 Kč	2 414 379 200 Kč	981 980 000 Kč	219 453 300 Kč	4 808 852 500 Kč

Graf 15 znázorňuje vývoj ztrát z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel na pozemní komunikaci v letech 2010 až 2013.



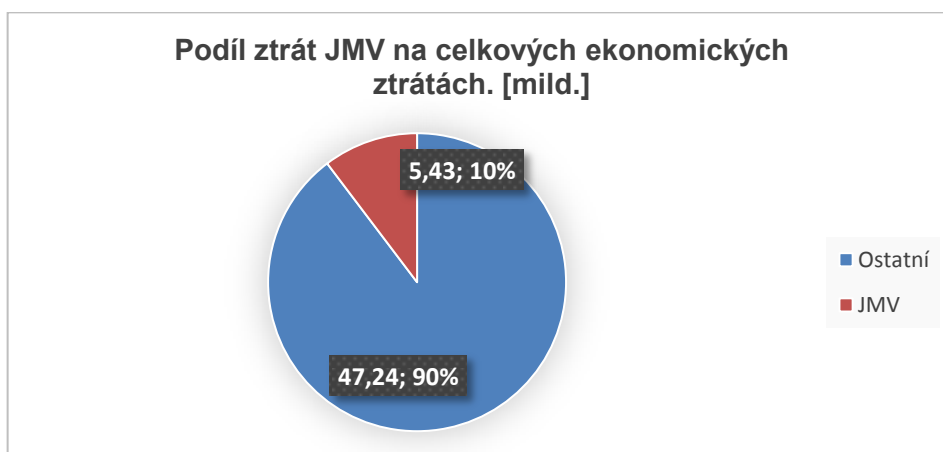
Graf 15: Vývoj ztrát z dopravní nehodovosti JMV.

Pro porovnání tabulka 12 zobrazuje celkové ekonomické ztráty všech ostatních účastníků silničního provozu vyjma JMV.

Tabulka 12: Celkové ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti vyjma JMV.

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná os.	Lehce zraněná os.	Hmotná škoda	Celkem
Rok 2010	12 457 077 716 Kč	11 030 046 048 Kč	13 230 434 170 Kč	14 922 417 756 Kč	51 639 975 690 Kč
Rok 2011	12 907 741 550 Kč	11 685 362 486 Kč	10 436 136 384 Kč	12 212 396 176 Kč	47 241 636 596 Kč
Rok 2012	12 172 188 000 Kč	12 528 450 000 Kč	8 530 928 000 Kč	13 580 340 000 Kč	46 811 906 000 Kč
Rok 2013	11 430 720 000 Kč	10 781 955 500 Kč	8 883 861 000 Kč	16 902 715 500 Kč	47 999 252 000 Kč

Graf 16 ukazuje podíl ekonomických ztrát JMV na celkových ekonomických ztrátách z dopravní nehodovosti pro rok 2011 (srovnatelný počet závažných nehod jako 2014).



Graf 16: Podíl ekonomických ztrát na celkových ekonomických ztrátách.

Jednostopá motorová vozidla se podílí 10% na celkových ekonomických ztrátách z dopravní nehodovosti v ČR.

Velikost ztrát z dopravní nehodovosti poskytuje přehled o tom, kolik dopravní nehody stojí občany a stát, dále tvoří důležité vstupní údaje do dopravně - inženýrských analýz, jejichž cílem je vyhodnotit efektivnost daného dopravně - bezpečnostního opatření.

Ale ne každé dopravně – bezpečnostní opatření, které je efektivní pro osobní automobily, je efektivní i pro motocykly. Motocykly jsou natolik specifická vozidla jak svojí dynamikou či nároky na bezpečnost, že potřebují aby se jim věnovala zvláštní pozornost a dostatek prostředků pro vybudování opravdu efektivních dopravně – bezpečnostních opatření.

Realizací efektivních opatření dojde nejen k úspoře finančních prostředků, ale také ke zvýšení bezpečnosti, snížení počtu a závažnosti dopravních nehod a naplnění cíle Národní strategie bezpečnosti silničního provozu.

Mezi efektivní dopravně – bezpečnostní opatření jednostopých motorových vozidel patří například bezpečnostní svodidla pro motorkáře, prevence osvětou řidičů motocyklů, větší důraz na výchovu řidičů v autoškolách, bezplatné kurzy bezpečné jízdy nebo podpora projektů pro zvýšení pasivní bezpečnosti motocyklistů (např. projekt APSN (Advanced Passive Safety Network)) aj.



Obrázek 19: Bezpečnostní svodidlo pro motocyklisty. [36]

5. Predikce nehodovosti JMV

Dopravní nehoda je produkt stochastického systému dopravy, je vždy unikátní a je těžko předvídatelná. Odhady pro predikci dopravní nehodovosti se opírají o data vysledované ze statistik dopravní nehodovosti uplynulých let.

Dopravní nehoda je přímým ukazatelem bezpečnosti silničního provozu. Kromě celkového popisu dopravní nehody existují dva základní atributy, které ji charakterizují. Závažnost zranění a lokalizace nehody, ta slouží především k získání vypovídajících informací o průběhu a následcích nehody. Právě tyto parametry často slouží jako hlavní analytické prvky predikčních modelů nehodovosti. [37]

5.1. Predikce dopravních nehod

Jednou z nevýhod hodnocení bezpečnosti silničního provozu na základě statistiky dopravní nehodovosti je skutečnost, že jsou hodnoceny nehody, které se již udály. Proto se již řadu let vyvíjí metody, které by dokázaly prognózovat dopravní nehody a tak hodnotit bezpečnost silničního provozu na daném úseku komunikace nebo v lokalitě (např. křižovatky) dříve, než k těmto nehodám dojde. [38]

Nejednotný náhled na problematiku predikce dopravní nehodovosti dal vzniknout několika metodám, které lze rozdělit do dvou hlavních skupin. První skupinu představují metody, kdy je hodnocení bezpečnosti vyjádřeno pomocí vypočtených koeficientů. Jedná se především o:

- metodu koeficientu bezpečnosti
- metodu souhrnného koeficientu nehodovosti. [38]

Druhou skupinu pak představují metody, jejichž výstupem je predikovaná nehodovost vyjádřena počtem nehod, počtem úmrtí nebo relativní či absolutní nehodovostí za daný časový úsek. Souhrnně je lze nazvat metodami určení pravděpodobnosti vzniku dopravní nehody. [38]

Mezi výpočtové modely predikující počet dopravních nehod nebo zranění lze zařadit:

- Smeedův model pravděpodobného počtu usmrcených osob
- modely predikce počtu dopravních nehod. [38]

Pro potřeby této práce hledám metody, jejichž výstupem budou predikované počty nehod, počet úmrtí a počty zraněných za časový úsek. Proto je dále popsána pouze druhá skupina metod pro predikci nehodovosti.

Smeedův model pravděpodobného počtu usmrčených osob

Metoda britského prof. R. J. Smeeda, také nazývána Smeedův zákon (Smeed's law), byla poprvé zveřejněna v 50. letech 20. století. Smeedův zákon definuje na základě vztahů mezi celkovým počtem registrovaných motorových vozidel a počtem obyvatel pravděpodobný počet osob usmrčených při dopravních nehodách. [38]

Empirická závislost mezi uvedenými faktory je dána vztahy:

$$D = 0,0003 * (n * p^2)^{\frac{1}{3}}, \quad (19)$$

nebo

$$\frac{D}{p} = 0,0003 * \sqrt[3]{\frac{n}{p}}. \quad (20)$$

Kde D je pravděpodobný počet usmrčených osob, D/p je pravděpodobný počet usmrčených osob na jednoho obyvatele, n je počet registrovaných motorových vozidel a p je počet obyvatel. [38]

Z uvedených vztahů (19) a (20) vyplývá, že nárůst počtu automobilů vede ke zvyšování počtu usmrčených osob na jednoho obyvatele, ale zároveň se snižuje počet usmrčených na jedno vozidlo. V poslední době se však díky dopravní politice, která je stále více zaměřena na bezpečnost provozu a na modernější bezpečnostní prvky ve vozidlech v porovnání s 50. lety 20. století, ukazuje, že Smeedův zákon v původní podobě již neodpovídá současným trendům.

Modely predikce počtu dopravních nehod.

Jednotná metodika predikce počtu dopravních nehod v podstatě neexistuje. Každý model je použitelný vždy jen pro určitou oblast a jeho aplikace v jiných lokalitách může poskytovat zkreslené výsledky. Je to dáno především odlišnými zvyky řidičů a jejich chováním v dopravním provozu a v některých případech, zejména při aplikaci zahraničních modelů, také odlišnými návrhovými standardy. [38]

Predikční modely nehodovosti mají obecně následující tvar:

$$E(k) = f\{x_i, \beta_j\} \quad (21)$$

Kde $E(k)$ je očekávaný počet dopravních nehod, x_i , jsou rizikové faktory (proměnné veličiny) ovlivňující nehodovost, tzv. modifikační faktory a β_j jsou koeficienty získané při kalibraci modelu na konkrétní lokalitu. [38]

Tento obecný vztah (21) se používá pro stanovení počtu nehod za danou časovou jednotku (obvykle počet nehod za rok). Hlavním problémem při formulaci modelu je nalezení správných hodnot koeficientů b_j . Rizikové faktory (modifikační) x_i jsou pak faktory přímo ovlivňující nehodovost.

Mezi hlavní faktory patří:

- intenzita dopravy,
- délka posuzovaného úseku komunikace,
- rychlostní limit nebo střední rychlost,
- počet pruhů na komunikaci v obou směrech,
- počet pruhů na komunikaci v jednom směru,
- šířkové uspořádání komunikace,
- lokální omezení rychlosti,
- počet křižovatek, sjezdů,
- vybavenost komunikace pruhy nebo pásy pro cyklisty,
- vybavenost komunikace chodníky,
- existence středních dělících pásů,
- možnost parkování v prostoru komunikace,
- zastávky hromadné dopravy osob a
- využití okolního území. [38]

Jedná se pouze o základní výčet ovlivňujících elementů, jejichž počet se může v případě nestandardních podmínek navýšit (např. na křižovatkách o vliv počtu odbočovacích pruhů, směrovacích a ochranných ostrůvků, existence SSZ nebo počtu větví, apod.). Dále je potřeba nalézt všechny vztahy mezi jednotlivými prvky. Uvést míru korelace aj.

Nalézt takovýto predikční model pro oblast celé České republiky je samozřejmě vzhledem k složitosti úlohy nereálné. Chceme-li predikovat nehodovost za účelem předpovědi ztrát z dopravní nehodovosti, lze použít statistickou prognózu na základě časových řad vyčtených ze statistik dopravních nehod v ČR.

5.2. Prognóza vývoje ztrát z nehodovosti JMV

Pro stanovení přibližných ztrát z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel na roky 2015 – 2018 je potřeba provést predikci vývoje počtu dopravních nehod podle jejich závažnosti. Samotný ukazatel výše ztrát z jedné dopravní nehody ovšem taky není konstantní a je vypočítáván pro každý rok nový. Proto jsem jeho přibližnou výši pro roky 2015 – 2018 odhadl stejně jako samotnou nehodovost na základě časových řad.

Pro predikci vývoje ztrát z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel jsem po konzultaci s Ing. Ondřejem Valachem, který pracuje v oblasti průzkumů v dopravě, statistiky a analýzy dopravních nehod v Centru dopravního výzkumu, v.v.i., použil metodu nejmenších čtverců s exponenciálním trendem.

Metoda nejmenších čtverců je Matematicko-statistická metoda používaná zejména při zpracování nepřesných dat (typicky empirických dat získaných například měřením) za účelem nalezení nejvhodnějšího odhadu. S nejjednodušší aplikací metody nejmenších čtverců se setkáváme například při prokládání (aproximaci) naměřených dvojrozměrných dat přímkou, tzv. lineární trend. Složitější aplikací je proložení dat parabolou či obecným polynomem předem daného stupně. [39][40]

Samotný princip metody nejmenších čtverců je pak následující:

Mějme na intervalu $\langle a ; b \rangle$ n diskrétních hodnot x_0, \dots, x_n a funkci $y = f(x_0, \dots, x_n)$. Hledáme nejlepší aproximaci f označenou jako f^o

$$f^o(x) = \sum_{i=0}^n o_i \varphi_i(x) \quad (22)$$

Pak odchylka $\delta(o_0, \dots, o_n)$ od aproximační funkce je dána jako:

$$\delta(o_0, \dots, o_n) = (f^o(x) - f) \quad (23)$$

Hledáme odchylky (o_0, \dots, o_n) tak, aby byla minimalizována suma kvadrátů odchylek. Neboli chceme minimalizovat odchylku δ od funkce f . [40]

$$\delta^2(o_0, \dots, o_n) = (\sum_{i=0}^n o_i \varphi_i(x) - f)^2 = MIN \quad (24)$$

Prognóza vývoje počtu dopravních nehod i prognóza vývoje ukazatele výše ztrát proběhla pomocí Excelu. Ten přímo nabízí potřebné statistické funkce. Předpokládáme-li exponenciální trend, Excel nabízí funkci LOGLINTREND. Funkce vytvoří předpověď na základě metody nejmenších čtverců, kde předpokládá exponenciální růst.

Možný vývoj jednotkových nákladů na jednotlivé typy závažnosti dopravní nehody ukazuje tabulka 13. Predikována jsou data od roku 2014.

Tabulka 13: Predikce jednotkových nákladů dle závažnosti dopravní nehody.

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná osoba	Lehce zraněná osoba	Hmotná škoda
Rok 2010	17 644 586 Kč	4 863 336 Kč	668 170 Kč	270 618 Kč
Rok 2011	18 572 290 Kč	4 783 202 Kč	508 782 Kč	226 676 Kč
Rok 2012	18 669 000 Kč	5 062 000 Kč	413 000 Kč	226 000 Kč
Rok 2013	19 440 000 Kč	4 867 700 Kč	433 000 Kč	267 300 Kč
Rok 2014	19 996 365 Kč	4 966 126 Kč	453 969 Kč	244 273 Kč
Rok 2015	20 596 909 Kč	4 995 684 Kč	475 952 Kč	243 298 Kč
Rok 2016	21 215 489 Kč	5 025 417 Kč	499 001 Kč	242 326 Kč
Rok 2017	21 852 647 Kč	5 055 328 Kč	523 166 Kč	241 359 Kč
Rok 2018	22 508 940 Kč	5 085 417 Kč	548 501 Kč	240 396 Kč

Kvůli odstranění systematické chyby v predikci dat se pro predikci jednotkového nákladu pro dopravní nehodu s lehkým zraněním neuvažuje rok 2010.

Tabulka 14 ukazuje prognózu vývoje počtu nehod rozdělených podle závažnosti. Predikovaná jsou data od roku 2015.

Tabulka 14: Predikce počtu nehod dle závažnosti dopravní nehody.

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná osoba	Lehce zraněná osoba	Hmotná škoda
Rok 2009	88 nehod	627 nehod	2 009 nehod	797 nehod
Rok 2010	96 nehod	506 nehod	1 809 nehod	704 nehod
Rok 2011	78 nehod	583 nehod	2 007 nehod	775 nehod
Rok 2012	90 nehod	511 nehod	1 934 nehod	811 nehod
Rok 2013	66 nehod	496 nehod	2 060 nehod	821 nehod
Rok 2014	89 nehod	534 nehod	2 096 nehod	888 nehod
Rok 2015	76 nehod	490 nehod	2 099 nehod	885 nehod
Rok 2016	74 nehod	476 nehod	2 133 nehod	912 nehod
Rok 2017	73 nehod	463 nehod	2 168 nehod	940 nehod
Rok 2018	71 nehod	450 nehod	2 203 nehod	969 nehod

Celkové ekonomické ztráty pro roky 2015 - 2018 z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel jsou dány součtem součinů jednotkových nákladů a počtu dopravních nehod dle závažnosti. Výsledek je zobrazen v tabulce 15.

Tabulka 15: Predikce celkových ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti JMV.

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná os.	Lehce zraněná os.	Hmotná škoda	Celkem
Rok 2015	1 575 154 447 Kč	2 446 215 908 Kč	998 931 181 Kč	215 428 492 Kč	5 235 730 028 Kč
Rok 2016	1 580 166 273 Kč	2 391 841 508 Kč	1 064 340 548 Kč	221 085 628 Kč	5 257 433 957 Kč
Rok 2017	1 585 194 046 Kč	2 338 675 740 Kč	1 134 032 878 Kč	226 891 320 Kč	5 284 793 983 Kč
Rok 2018	1 590 237 816 Kč	2 286 691 739 Kč	1 208 288 616 Kč	232 849 469 Kč	5 318 067 639 Kč

Tabulka 16 ukazuje vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti JMV od roku 2010, kdy došlo k zavedení nové metodiky pro výpočet ukazatele výše ztrát z dopravní nehodovosti.

Tabulka 16: Vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti JMV do roku 2018.

	Usmrcená osoba	Těžce zraněná os.	Lehce zraněná os.	Hmotná škoda	Celkem
Rok 2010	1 693 880 256 Kč	2 460 848 016 Kč	1 208 719 530 Kč	190 515 272 Kč	5 553 962 874 Kč
Rok 2011	1 448 638 620 Kč	2 788 606 766 Kč	1 021 125 474 Kč	175 673 900 Kč	5 434 044 760 Kč
Rok 2012	1 680 210 000 Kč	2 586 682 000 Kč	798 742 000 Kč	183 286 000 Kč	5 248 920 000 Kč
Rok 2013	1 283 040 000 Kč	2 414 379 200 Kč	981 980 000 Kč	219 453 300 Kč	4 808 852 500 Kč
Rok 2014	1 779 676 471 Kč	2 651 911 302 Kč	951 518 024 Kč	216 914 110 Kč	5 600 019 908 Kč
Rok 2015	1 575 154 447 Kč	2 446 215 908 Kč	998 931 181 Kč	215 428 492 Kč	5 235 730 028 Kč
Rok 2016	1 580 166 273 Kč	2 391 841 508 Kč	1 064 340 548 Kč	221 085 628 Kč	5 257 433 957 Kč
Rok 2017	1 585 194 046 Kč	2 338 675 740 Kč	1 134 032 878 Kč	226 891 320 Kč	5 284 793 983 Kč
Rok 2018	1 590 237 816 Kč	2 286 691 739 Kč	1 208 288 616 Kč	232 849 469 Kč	5 318 067 639 Kč

Celkové ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel úspěšně klesali až do roku 2013. Zlomovým rokem je rok 2014, kdy počet usmrcených motocyklistů narostl oproti roku 2013 téměř o třetinu. Tento alarmující výsledek výrazně ovlivnil trend predikce, která předpovídá, že pokud nenastanou výraznější změny v problematice bezpečnosti jednostopých motorových vozidel, bude se hodnota celkových ztrát z dopravní nehodovosti JMV do roku 2018 pohybovat okolo částky 5,25 miliard korun.

5.3. Základní ekonomický rozbor nehodovosti JMV

Ze statistik dopravní nehodovosti a ročenek dopravy, lze vyčíst, že trh s motocykly se již vzpamatoval s ekonomické recese z podzimu 2008 a počet nově registrovaných motocyklů narůstá meziročně přibližně o 12 000 vozidel. Bohužel s rostoucím počtem vozidel narůstá i počet dopravních nehod meziročně přibližně o 6%.

Celospolečenské ztráty z dopravní nehodovosti jednostopých motorových vozidel tvoří 10% celkových ztrát z dopravní nehodovosti. Z dat lze vyčíst jeden specifický fenomén pro jednostopá motorová vozidla. Na celkových ekonomických ztrátách z dopravní nehodovosti se největší částí podílí dopravní nehody, při kterých došlo k vážnému zranění osoby. To znamená, že závažnost dopravních nehod motocyklistů je mnohem vyšší a následky dopravní nehody jsou tragičtější než u ostatních účastníků silničního provozu.

Od roku 2010 do roku 2013 celkové ztráty z dopravní nehodovosti JMV úspěšně klesaly až na hodnotu 4 809 milionů korun. Na základě odhadů predikce jednotkových nákladů na dopravní nehodu lze předpokládat, že v roce 2014 tento pozitivní trend skončil. 89 usmrcených a 534 vážně zraněných osob oproti 66 usmrceným a 496 vážně raněným osobám v roce 2013 jsou alarmující hodnoty, díky kterým lze předpokládat, že ztráty z dopravní nehodovosti JMV pro rok 2014 vystoupaly až na hodnotu 5 600 milionů korun.

Díky tomuto výkyvu predikovaná data odhadují, že se celková výše ekonomických ztrát z nehodovosti JMV do roku 2018 budou pohybovat okolo hodnoty 5 250 milionů korun. Tj. téměř o 500 milionů více každý rok než v roce 2013.

Nutné podotknout, že predikce byla provedena jen na základě kratších období z důvodů, že vývoj metodiky výpočtu ztrát prochází přes řadu zlomů zejména následkem nově působících externích faktorů.

Výše celkových ztrát z dopravní nehodovosti JMV poskytuje přehled o tom, kolik dopravní nehody motocyklů stojí občany a stát a díky statistické predikci můžeme vidět, kolik přibližně ještě dopravní nehody stát budou.

Ovšem tato částka může meziročně kolísat o stovky milionů korun. Proto zde vidím potenciál, že pokud dojde k uvolnění a k efektivnímu vynakládání finančních prostředků na dopravně-bezpečnostní opatření, která budou vyhovovat specifickým nárokům motocyklistů, může dojít ke snížení počtu a závažnosti dopravních nehod a tedy i ke snížení zbytečných ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích a tím i nižšímu zatížení státního rozpočtu i jeho příslušných kapitol.

Závěr

Vnímání jízdy na motocyklu během let prošlo vývojem. Před pár desítkami let byl motocykl považován zejména za levnější dopravní prostředek pro přepravu mezi dvěma body. V posledních letech se ovšem tento pohled na motocykly diametrálně změnil. Dnešní řidiči mají vztah k motocyklu jako ke svému koníčku. Jízdu na motocyklu popisují pojmy jako svoboda, volnost, relaxace a radost z jízdy.

Motocykly jsou často prostředkem vyjádření osobnosti řidiče, téměř každý motocykl je originál, vyladění k řidičovu obrazu. Pro mnoho motocyklistů je jízda v jedné stopě životním stylem. Nejvíce se prodává exkluzivita, styl a image. Tato radost, kterou motocykly přinášejí, je ovšem vykoupena velikou mírou nebezpečí, které tento koníček přináší. Na motocyklu je riziko vážného úrazu několika násobně větší než v osobním automobilu.

Následný dopad z dopravní nehody je velmi podstatný nejen pro samotné viníky a oběti dopravních nehody, ale v podstatné míře také pro stát a pojišťovny. Ekonomické vyjádření těchto ztrát je důležitou součástí ekonomiky dopravy. Celospolečenské dopravní ztráty představují cca 2 % z HDP v EU.

Mělo by být ve vlastním zájmu společnosti, aby se efektivně věnovalo dostatek prostředků pro zvýšení bezpečnosti jednostopých dopravních vozidel. Výsledek tohoto snažení může přinést zisk v podobě snížení počtu a závažnosti dopravních nehod a tedy i snížení zbytečných ztrát z dopravní nehodovosti.

S ohledem na nutnost komplexního přístupu je patrné, že zvýšení bezpečnosti motocyklistů je dlouhodobý proces, který vyžaduje vynaložení značného množství finančních prostředků. Investice by měly být vloženy do všech tří pilířů bezpečnosti. Tzn. jak do infrastruktury, např. instalování bezpečnostních svodidel pro motocyklisty, tak do výchovy řidičů, např. bezplatné kurzy bezpečné jízdy tak i do vozidel, např. podporou projektů pro zvýšení pasivní bezpečnosti motocyklů.

Problematika jednostopých motorových vozidel s sebou přináší řadu dalších otázek. Například většina kamerových systémů na českých komunikacích neumožňuje záznam jednostopých vozidel. Vystává pak otázka vynutitelnosti předpisů jako jeden z nástrojů pro zvýšení bezpečnosti. Potřeba není jen nových technologií na poli telematiky, ale nutná je i aktualizace předpisu. Například v městském provozu motocyklisté velmi často podjíždějí vozidla v jízdním pruhu, tento nebezpečný manévr není předpisy vůbec řešen. Rozvojem elektromobility a s příchodem autonomních vozidel se musí vyřešit nastavení pravidel pro bezpečnou koexistenci a optimalizaci obslužnosti těchto rozvíjejících se druhů dopravy.

Tato práce, opírající se o data z dopravních statistik, ukazuje, kolik naší společnost stojí dopravní nehodovost JMV. Dále vytváří statistickou prognózu toho, kolik by mohly dopravní nehody motocyklů stát v následujících letech. To může sloužit jako podklad pro rozhodnutí o uvolnění prostředků na zvýšení bezpečnosti JMV.

Práce je přehledně rozdělena do pěti kapitol, ve kterých se dotýká problematiky nehodovosti jednostopých motorových vozidel, metodiky vyčíslení celospolečenských ztrát z dopravní nehodovosti a predikce nehodovosti.

Kapitola „Kategorizace jednostopých motorových vozidel“ je věnována rozdělení vozidel z pohledu legislativy. Definuje pojem motocykl a uvádí kategorizaci podle typu konstrukce.

Následuje kapitola „Specifické vlastnosti jednostopých motorových vozidel“, která je věnována dynamice jednostopých motorových vozidel a také jejich bezpečnosti. Tato kapitola přináší ucelený pohled na jízdu motocyklu z pohledu fyziky. Zároveň vyzdvihuje některé odlišnosti od dynamiky dvoustopých vozidel, jako je například fakt, že při zkoumání vlivu těžiště na stabilitu je nutné pohlížet na motocykl jako systém vozidlo a řidič aj. Navazující podkapitola o bezpečnosti motocyklů popisuje specifické prvky pasivní i aktivní bezpečnosti. Jednostopá motorová vozidla nedokáží kopírovat takový pokrok na poli bezpečnosti, jaký vidíme u osobních automobilů. Důvodem je fakt, že pasivní bezpečnost motocyklů je téměř výhradně odkázána na použití speciálního oblečení a přilby řidiče.

Třetí kapitola nese název „Statistika nehodovosti jednostopých motorových vozidel“. V této kapitole jsou vybraná ta nejdůležitější data, která lze získat ze statistik Policie ČR. Počet motocyklů na komunikacích se neustále zvyšuje. Závažnost dopravních nehod je u motocyklů nejvyšší ze všech účastníků silničního provozu a obzvláště alarmující je nárůst počtu usmrcených motocyklistů v roce 2014, který narostl téměř o třetinu oproti roku 2013.

Předposlední kapitola „Celospolečenské ztráty z dopravních nehod JMV“ popisuje, na jakých principech dochází k vyčíslení ztrát. Uvádí vývoj metodiky výpočtu a poté se věnuje samotnému vyčíslení ztrát z dopravní nehodovosti motocyklů.

Poslední pátá kapitola „Predikce nehodovosti JMV“ popisuje možnosti predikce dopravních nehod. Pro potřeby této práce následně stanovuje odhady vývoje nehodovosti na základě časových řad a provádí základní ekonomický rozbor dopravních nehod JMV.

Celá tato práce naplnila svůj potenciál a poskytuje ucelený rozbor dopravních nehod jednostopých motorových vozidel z pohledu bezpečnosti a ekonomiky dopravy. V navazující diplomové práci bych se mohl podrobněji věnovat vyčíslení koeficientů jednotkových nákladů podle závažnosti dopravní nehody, určených speciálně pro řidiče motocyklů. Tyto koeficienty

se vypočítávají na základě věkového rozdělení a dalších parametrů, které jsou pro řidiče motocyklu specifické. Dále by bylo dobré získat statistická data pro hlubší analýzu, na jejímž základě by se daly stanovit například nejrizikovější kategorie motocyklů a poté efektivněji zacílit a navrhovat preventivní opatření. Další podnět jsem získal při shánění podkladů pro tuto práci, kdy někteří pracovníci z BESIP projevili zájem o podobné dílo na celoevropské úrovni. Problematikou zaměření jízdní dynamiky motocyklů a komplexním popisem mechaniky pohybu se věnuji ve své diplomové práci na paralelním denním studiu na Fakultě dopravní ČVUT v Praze.

Použité zdroje

- [1] Statistika nehodovosti [online]. *Policie ČR 2015* [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
- [2] Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *č. 56/2001 Sb.* 2013.
- [3] VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1601-7.
- [4] Moped. Welsh Dragon Forge [online]. 2013 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://www.welshdragonforge.com/web_images/moped.jpg
- [5] Skútr. Wikipedia [online]. 2013 [cit. 2013-10-28]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sk%C3%BAt_r
- [6] Scooter Piaggio Fly. Berkshire Motorcycle Centre [online]. 2015 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://www.berkshiremotorcyclecentre.co.uk/image/cache/data/Scooter/Piaggio/Fly_5_0_black-600x600.jpg
- [7] Aprilia SRV 850. Garage Vincent [online]. 2014 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://www.garagevincent.be/media/filter/model_zoom/img/06_redimensionner_2.jpg
- [8] Motocykl. Wikipedie [online]. 2013 [cit. 2013-10-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Motocykl>
- [9] Harley Davidson Electra Glide. Total Motorcycle [online]. 2012 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.totalmotorcycle.com/motorcycles/2012models/2012-Harley-Davidson-FLHTK-ElectraGlideUltraLimitedd.jpg>
- [10] Yamaha R6. Imagesci [online]. 2014 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://imagesci.com/img/2013/03/yamaha-r6-black-13697-hd-wallpapers.jpg>
- [11] Suzuki Bandit 650. Total motorcycle [online]. 2008 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.totalmotorcycle.com/photos/2008models/2008-Suzuki-Bandit1250ABSa.jpg>
- [12] KTM Adventure 1190. Motorcycle Specification [online]. 2014 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.motorcyclespecs.co.za/Gallery%20B/KTM%201190%20Adventure%20R%2013%20%201.jpg>
- [13] Yamaha WR 250 X. Raptor and Rocket [online]. 2008 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://www.raptorsandrockets.com/images/Yamaha/2008Y/WR250X_1.jpg
- [14] Yamaha Roadliner. Auto Evolution [online]. 2010 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://s1.cdn.autoevolution.com/images/moto_gallery/YAMAHARoadlinerS-3354_4.jpg

- [15] KASANICKÝ, Gustáv. *Analýza nehod jednostopých vozidel*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2000, 450 s. ISBN 80-710-0598-3.
- [16] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel* / . vyd. 2. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 432 s. ISBN 80-239-0024-2.
- [17] Flex-motorcycle. *Multybody* [online]. 2013 [cit. 2013-11-08]. Dostupné z: <http://www.multibody.net/mbsymba-maple/vehicles/images/flex-motorcycle8.gif>
- [18] Záklon rejdové osy. *Autolexicon* [online]. 2013 [cit. 2013-11-08]. Dostupné z: http://cs.autolexicon.net/obr/clanky/cs/zaklon_rejdove_osy1.jpg
- [19] VLK, František. *Ovladatelnost a stabilita motocyklu*. 2004. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-06-303-311.pdf>
- [20] KOVANDA, Jan. *Konstrukce automobilů: pasivní bezpečnost*. Dotisk 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-010-1459-2.
- [21] Bezpečnost silničního provozu. *Motocykly - pneumatiky, podvozek, brzdy a jejich vliv na bezpečnost silničního provozu* [online]. 2013 [cit. 2014-02-10]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/10-12-motocykly-pneumatiky-brzdy-podvozky-elektronicke-bezpecnostni-systemy-pasivni-ochrana-technika-jizdy-p70456>
- [22] Safer Motovest. Smartcycle Shopper [online]. 2014 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://www.smartcycleshopper.com/wp-content/uploads/SaferMoto_vest_-_comp_inflated_views-e1310159154526.jpg
- [23] FIRST, J. *Zkoušení automobilů a motocyklů*. Praha: S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [24] Motoroky a nehody. Motorkari [online]. 2011 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/motoroky-a-nehody-17761.html>
- [25] *Ročenka Dopravy 2013*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2013. ISSN 1801-3090. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2013.pdf
- [26] Statistika motocyklistů. Statistika motocyklistů [online]. 2013 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/data/web/soubory/statistika/CR/2012/motocykliste.pdf>
- [27] *SROVNÁNÍ ANALÝZ DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI ČESKÉ REPUBLIKY, DÁNSKA A ŠVÉDSKA*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=38900.
- [28] *Evropská databáze silniční nehodovosti (CARE)*. Observatoř bezpečnosti silničního provozu [online]. 2007 [cit. 2015-08-12]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/evropska-databaze-silnicni-nehodovosti-care/>

- [29] *Popis struktury, vlastností a využití databáze IRTAD*. Observatoř bezpečnosti silničního provozu [online]. 2007 [cit. 2015-08-12]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/popis-struktury-vlastnosti-a-vyuziti-databaze-irtad/>
- [30] *Profil firmy*. Centrum dopravního výzkumu [online]. 2015 [cit. 2015-08-12]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/profil-firmy/>
- [31] *O Besip, kdo jsme*. BESIP [online]. 2015 [cit. 2015-08-12]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/besip/o-besip/kdo-jsme>
- [32] *Výše ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2013*. Observatoř bezpečnosti silničního provozu [online]. 2015 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/vyse-ztrat-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2013/>
- [33] *Ztráty z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2010*. Observatoř bezpečnosti silničního provozu [online]. 2011 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/ztraty-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2010/>
- [34] *Výpočet ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2011*. Centrum dopravního výzkumu [online]. 2012 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/file/vypocet-ztrat-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2011/>
- [35] *Výpočet ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2012*. Centrum dopravního výzkumu [online]. 2013 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/data/web/aktuality/soubory/ztraty-2012.pdf>
- [36] *Motocyklové svodidla*. Motorkáři [online]. 2013 [cit. 2015-08-20]. Dostupné z: http://img.motorkari.cz/upload/images/cache/clanky/2013-12/20131203115928-27032_jpgresize_1000x830_type_jpg.jpg
- [37] *Rozšíření predikčního modelu nehodovosti na okružních křižovatkách*. Observatoř bezpečnosti silničního provozu [online]. 2012 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/rozsireni-predikcniho-modelu-nehodovosti-na-okruznich-krizovatkach/>
- [38] *Kapitola V. Dopravní nehodovost*. Projekt EU: Investice do rozvoje vzdělávání [online]. 2011 [cit. 2015-08-18]. Dostupné z: <http://projekt150.havel.cz/node/98>
- [39] *Metoda nejmenších čtverců*. Univerzita Hradec Králové [online]. 2012 [cit. 2015-08-18]. Dostupné z: http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/cihakmi1/zanumat/metoda_nejmensich_ctvercu.pdf
- [40] *Metoda nejmenších čtverců*. Univerzita Karlova v Praze [online]. 2012 [cit. 2015-08-18]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~bayertom/Mmk/mnc.pdf>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Registrované motocykly a automobily v ČR v letech 2004 – 2011. [25]	28
Tabulka 2: Registrované motocykly v ČR s objemem válce nad 125 ccm ³ . [25]	29
Tabulka 3: Počet zúčastněných vozidel na dopravních nehodách. [1].....	30
Tabulka 4: Následky dopravních nehod – Motocykly nad 50 ccm ³ . [1]	31
Tabulka 5: Úmrtí při dopravních nehodách vybraných druhů dopravy. [1].....	33
Tabulka 6: Závažnost dopravních nehod. [1]	34
Tabulka 7: Hlavní příčiny nehod zaviněných řidičem motocyklu. [1].....	35
Tabulka 8: Nehody zavinění motocykly podle objemové třídy. [1]	36
Tabulka 9: Jednotkové náklady dle závažnosti dopravní nehody. [32][33][34][35].....	44
Tabulka 10: Počet dopravních nehod JMV dle závažnosti dopravní nehody. [1]	44
Tabulka 11: Celkové ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti JMV.	44
Tabulka 12: Celkové ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti vyjma JMV.	45
Tabulka 13: Predikce jednotkových nákladů dle závažnosti dopravní nehody.....	51
Tabulka 14: Predikce počtu nehod dle závažnosti dopravní nehody.	51
Tabulka 15: Predikce celkových ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti JMV.	52
Tabulka 16: Vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti JMV do roku 2018.	52

Seznam grafů

Graf 1: Poměr mezi registrovanými automobily a motocykly. [25]	29
Graf 2: Registrované motocykly. [25]	30
Graf 3: Vývoj počtu usmrčených motocyklistů. [1]	31
Graf 4: Vývoj počtu těžce zraněných motocyklistů. [1]	32
Graf 5: Vývoj počtu usmrčených + těžce zraněných. [1].....	32
Graf 6: Úmrtí při dopravních nehodách. [1]	33
Graf 7: Porovnání závažnosti DN a počtu usmrčených osob. [1].....	34
Graf 8: Příčiny nehod zaviněné motocykly. [1]	35
Graf 9: Poměr zaviněných a nezaviněných DN a úmrtí. [1]	36
Graf 10: Zaviněné nehody podle objemové třídy. [1].....	36
Graf 11: Vývoj usmrčených motocyklistů v jednotlivých měsících. [26]	37
Graf 12: Usmrcení motocyklisté v jednotlivých dnech. [26]	37
Graf 13: Usmrcení motocyklisté v jednotlivých časových rozmezích. [26]	38
Graf 14: Usmrceno na motocyklu podle věku. [1].....	38
Graf 15: Vývoj ztrát z dopravní nehodovosti JMV	45
Graf 16: Podíl ekonomických ztrát na celkových ekonomických ztrátách.	45

Seznam obrázků

Obrázek 1: Moped. [4]	10
Obrázek 2: Malý skútr a cestovní skútr. [6][7].....	11
Obrázek 3: Silniční cestovní motocykl a Silniční sportovní motocykl. [9][10]	13
Obrázek 4: Naked bike a Enduro. [11][12]	13
Obrázek 5: Supermoto a Cruiser. [13][14].....	13
Obrázek 6: Poloha těžiště motocyklu. [17]	15
Obrázek 7: Úhel osy řízení a závlek předního kola [18]	15
Obrázek 8: Osy klopení, řízení a stáčení motocyklu. [19].....	16
Obrázek 9: Vznik gyroskopického momentu M_z . [15]	17
Obrázek 10: Vliv naklonění motocyklu na těžiště. [15]	18
Obrázek 11: Celkový odpor závisí na aktuální rychlosti [16].....	20
Obrázek 12: Působení odstředivé síly v náklonu. [15].....	23
Obrázek 13: Rozdíl šířky jízdního koridoru při přímé jízdě a při jízdě obloukem. [15].....	24
Obrázek 14: Ovlivnění trajektorie jezdce airbagem [15]	25
Obrázek 15: Motocyklová vesta s airbagem. [22].....	26
Obrázek 16: dopravní nehoda motocyklu [24]	28
Obrázek 17: Vývoj celkových ztrát z dopravní nehodovosti (mld. Kč). [32].....	41
Obrázek 18: Rozčlenění nákladů pro výpočet ztrát z dopravní nehodovosti. [32].....	42
Obrázek 19: Bezpečnostní svodidlo pro motocyklisty. [36].....	46