

Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci

Autoři:

Jiří Tesař, Ing. Tomáš Maixner, Česká společnost pro osvětlování, region Liberecký Jablonec nad Nisou, Janáčková 217/11, Česká Republika ,

Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., Doc. Ing. Tomáš Novák Ph.D., Ing. Ondřej Dolejší, Ing. Richard Baleja VŠB-Technická universita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky,

Abstrakt: Noční dopravní prostor viditelnost překážek na vozovce v závislosti na noční reakční době při různých jasech okolí dopravního prostoru a vliv viditelnosti na dopravní nehodovost. Cílem tohoto příspěvku je porovnat, jednotlivé technologie zdrojů světla osvětlujících pozemní komunikace (veřejné osvětlení a světlomety automobilů) osvětlujících dopravní prostor. Měření proběhlo pro dvě modelové situace osvětlení komunikace: světlomety vozidla v tlumeném režimu a kombinace veřejného osvětlení se světlomety vozidla v tlumeném režimu. Pro měření byla použita vozidla stejného typu se světlomety halogenovými, xenonovými a LED zdroji. Osvětlení komunikace odpovídalo reálným podmínkám, které mohou být na pozemních komunikacích v běžném provozu. Na modelové komunikaci byly provedeny jasové analýzy prostoru a měření vertikálních osvětleností. V příspěvku jsou představeny průběhy naměřených hodnot vertikální osvětlenosti na vzorovém úseku komunikace. Vzorová komunikace byla vytvořena na polygonu bezpečné jízdy LIBROS v Ostravě v rámci **Srovnávacího měření nočního dopravního prostoru, které bylo organizováno v rámci řešení výzkumného úkolu VI2VS/571 programu BV III/1-VS s názvem Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci.** Cílem této práce je zhodnotit viditelnost účastníků silničního provozu při jednotlivých reálných dopravních situacích.

1. Úvod do problematiky nočního vidění

Proč je nutné věnovat zvýšenou pozornost dopravnímu prostoru za snížené viditelnosti zejména v noci. Lidské oko není programovatelný stroj. Každý jedinec reaguje v nočním prostředí jinak. Na kvalitní osvětlení jsou citlivé prakticky všechny zrakové funkce. Za denního světla při výkonu řidiče (vnímání dopravního prostoru) stačí centrální nervová soustava zpracovávat většinu vzniklých podnětů a úkonů během jízdy. Za noční jízdy vytváří zrakové vnímání dopravního prostoru omezení příjmu informací o prostředí, které ho obklopuje např. (citlivost na různé jasy). Aby člověk zmíněné informace přijímal a na všech úrovních zrakového systému zpracoval s dostatečnou rychlostí, bez zkreslení a bez zbytečné námahy, musí být osvětlení přiměřené charakteru zrakové činnosti, tedy zajišťující jak potřebný zrakový výkon (tj. příjem a zpracování určitého množství světlem přenášených informací za jednotku času zrakovým systémem člověka), tak také nezbytnou zrakovou pohodu. Pro řízení vozidla je důležité vnímat prostředí vnější – kolem automobilu, dále prostředí uvnitř vozu – tudíž spolujezdce a data z přístrojové desky (tachometr, ikony apod.). Řidič tedy vnímá dopravní situaci čelním sklem, předními bočními skly a zpětnými zrcátky. Výhled mu mohou omezovat sloupky karoserie a také mrtvý úhel ve zpětném pohledu v zrcátku. Pro bezpečnost by měla být skla oken auta i skla zpětných zrcadel čistá a bez závady. Zorné pole řidiče nesmí být omezeno.

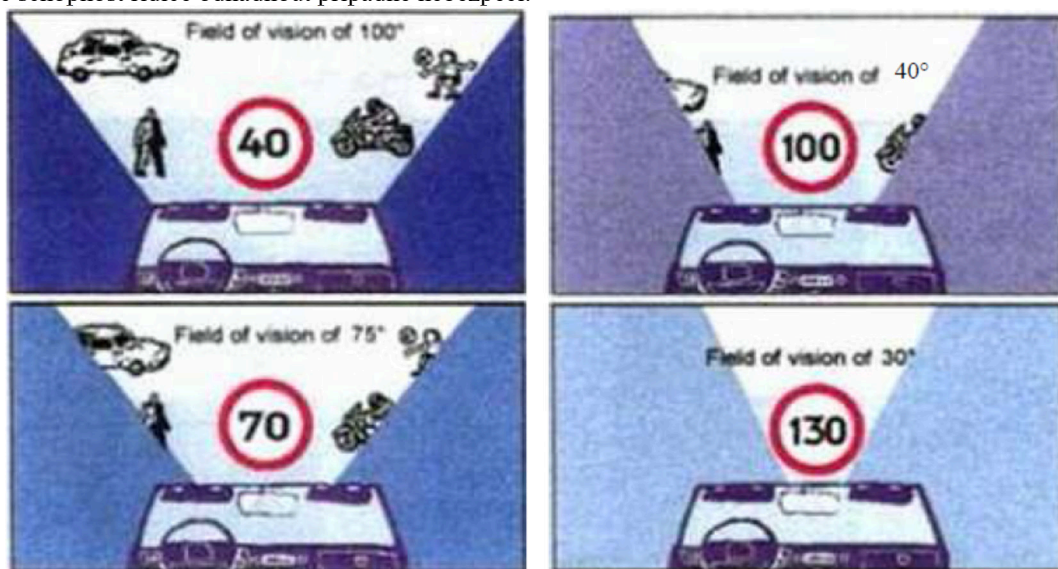
1.1 Zrakové funkce v silniční dopravě

Účastník silničního provozu musí být schopen přijmout informace, tedy vnímat je. Dále je musí uchovat, tedy pamatovat si je. Pak je zpracuje, myslí a naposledy jde o získání nových informací, tedy učení. Informace vnímáme všemi pěti smysly, z nichž zrak hraje nejdůležitější roli. Pro správné vidění v roli řidiče je nutné dívat se dostatečně daleko před sebe, dobře vnímat dění kolem sebe, udržovat oči v čilém pohybu. Dále je nutné, aby řidič usiloval o to, aby ho i ostatní účastníci silničního provozu viděli. A také je dobré naučit se vidět možnost úniku, pokud hrozí nebezpečná situace. Je důležité, aby řidič neustále měnil směr pohledu. Vozidlo by jinak nemuselo držet rovnou stopu a mohlo by dojít k nechtěnému vychýlení ze směru jízdy.

1.2 Zorné pole řidiče v silniční dopravě

Řidič by se měl naučit používat co nejširší zorné pole, zrakem tzv. ohledávat – tj. vrátit se ke zhlédnutým předmětům, aby viděl detaily, jako je třeba pohyb ruky cyklisty, či vychýlení kola traktoru. Zorné pole řidiče se zužuje s narůstající rychlostí vozidla. Při rychlosti 40 km/h je zorné pole řidiče 100°, díky němu lze dobře vidět

překážky na okraji vozovky nebo jiná případná rizika. Při rychlosti 130 km/h je zorný úhel kolem 30°, to značně snižuje schopnost řidiče odhadnout případné nebezpečí.



Obr.1 Velikost zorného pole podle rychlosti motorového vozidla

2. Noční vidění

Pod pojmem nočního vidění je chápána činnost dostatečně vyvinutého zraku, během které je vnímán jas a barvy, při které dochází také ke spojování vjemů při vytváření představy určitých předmětů, jejich tvaru, velikosti a postavení v prostoru. V dopravě je také důležitou vlastností vnímání kontrastů, pohybu a prostoru. Během snížené viditelnosti, především tedy za tmy. Díky vhodnému kontrastu může barva oblečení rozhodnout o střetu vozidla s překážkou, chodcem či jeho odvrácení.

2.1. Pohled řidiče

Ani sebelepší řidič, s mnoha lety zkušeností, rychlými reakcemi a vozidlem v perfektním technickém stavu **nemůže reagovat, pokud neví, že je na co reagovat**. V momentě, kdy pohled řidiče nespočine na podnětu, nemůže dojít ke vnímání a nemůže započít proces odezvy a reakce. Proto je jedna ze základních podmínek bezpečného provozu na pozemních komunikacích pro všechny jeho účastníky stejná **„Vidět a být viděn!“**

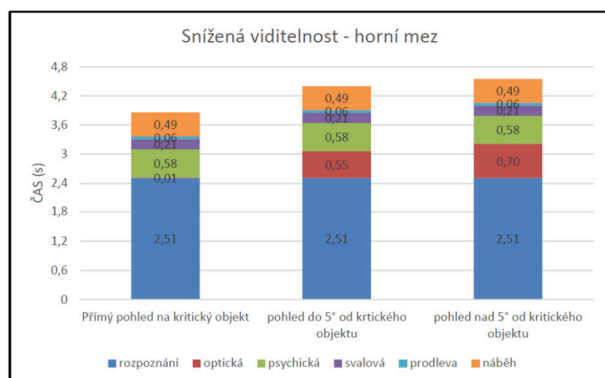
2.1.1. Zaměření pohledu – neboli jeho zacílení. Psychologie zde zavádí pojem tzv. „terč“, jímž může být určitá osoba, předmět, objekt či jeho detail.

2.1.2. Doba trvání pohledu – jak dlouho oči pozorují určitou osobu nebo objekt, v tomto případě se zkoumá doba trvání pohledu na překážku, chodce. Pohled, který trvá výrazně delší dobu je většinou nepříjemný, druhým pólem je absence pohledu, což může vyvolat dojem opomíjení, ignorování či nezájmu a je nejenže nepříjemný, ale i nebezpečný.

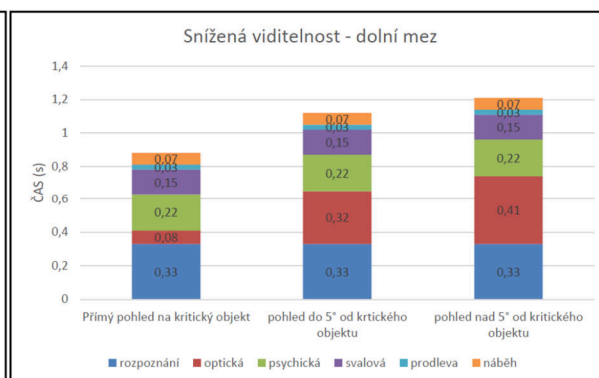
2.1.3. Četnost pohledů na různé terče – během noční jízdy je možné zjistit, kolikrát se řidič podíval na překážku (terč) A, B, C atd. V tomto případě se může jednat o rozptýlení pohledu řidiče na chodce, vozovku, přístrojovou desku, zpětné zrcátko, ostatní účastníky dopravního provozu apod.

2.2. Reakční doba

Reakční doba je čas, který uplyne od začátku vjemu do uvedení brzdového systému v činnost. Do reakční doby můžeme započítat i dobu odezvy vozidla čili prodlevu brzd a náběh brzd. Jedná se o dobu, kdy brzdový systém není 100% funkční a řidič tuto délku nemůže ovlivnit. Pro správné pochopení pojmu reakční doba je nezbytné uvědomit si, že na kritický podnět řidič nereaguje svalovou reakcí bezprostředně, ale s určitým zpožděním. Délka reakční doby je omezena fyziologicky a do jisté míry je ovlivněna i rychlostí celého pohybového úkonu, což je nesmírně důležité zejména pro pohybové akty velmi krátkého trvání. Obecně můžeme říct, že reakční doba je závislá na stavu, věku a koncentraci řidiče. **Na poloze kritického objektu v zorném poli řidiče, na kontrastu a viditelnosti kritického objektu**, dále na zkušenostech a rozhodnosti řidiče v kritických situacích a v neposlední řadě na technickém stavu brzdového systému vozidel.



Graf č. 1 – Snížená viditelnost – horní mez



Graf č. 2 – Snížená viditelnost – dolní mez

Z výše uvedených grafů 1 a 2 vidíme, že rozdíl minimálních a maximálních dob může činit i více než 4 s, což představuje až 10x delší reakci. S tím, že nejkratší reakční doba je 0,5 s za nesnížené viditelnosti u mladého řidiče ve věku 20 let, kdy má řidič přímý výhled na překážku, chodce. Nejdelsí dobu, 4,6 s, lze pozorovat za snížené viditelnosti u 50 ti letého řidiče, který se na kritický, nekонтрастní objekt dívá pod úhlem větším jak 5°.

Rychlost vozu	Reakční doba řidiče noc 1,5 s	Brzdná dráha os. vozidla	Dráha zastavení osobního vozidla noc
	suchá silnice		
50 km/h	21 m	14 m	35 m
90 km/h	38 m	45 m	83 m
130 km/h	54 m	93 m	147 m
	mokrý silnice		
50 km/h	21 m	19 m	40 m
90 km/h	38 m	63 m	101 m
130 km/h	54 m	130 m	184 m

Obr.2 Brzdná dráha osobního vozidla tlumená světla

3. Vidíme se?

Většina řidičů, kteří zranili chodce nebo cyklistu, se shodlo na tom, že jej neviděli vůbec nebo příliš pozdě. Aby se tedy naplnil předpoklad snížení dopravních nehod vozidel s chodci, vznikla potřeba řešit noční dopravní prostor, jejímž cílem je zjistit příčiny nočních dopravních nehod z pohledu nočního vidění a naučit chodce používat reflexní prvky.



4. Nevhodně osvětlený dopravní prostor

Nevhodné osvětlení dopravního prostoru zvyšuje riziko dopravní nehodovosti. Pokud se bude řidič pohybovat rychlostí, při které by bezpečně zastavil na předpokládanou vzdálenost – (není vždy pravidlem, že nedojde k dopravní nehodě s chodcem, cyklistou, resp. s překážkou). Na tuto vzdálenost totiž řidič nemusí mít DOHLED. Některé překážky nemá možnost z důvodu světelně technického hlediska rozpoznat na vzdálenost „účinného“ osvětlení vozovky. To hlavně tehdy, kdy nejsou splněny světelně technické podmínky rozpoznání a to např. **nedostatečným kontrastem mezi překážkou a pozadím**. Při určování rychlosti s ohledem na tzv. dohlednou vzdálenost je nutné vycházet z požadavku, aby vzdálenost, na kterou lze vozidlo bezpečně zastavit, nebyla větší, než na jakou je rozhled (viditelnost). Díky špatnému rozhledu může řidič snadno přehlédnout chodce, cyklistu či jiné vozidlo, a způsobit tak dopravní nehodu. **Kvalitní osvětlení má zásadní význam pro bezpečnost na pozemních komunikacích**. Nevhodné osvětlení může být příčinou dopravních nehod, úrazů, kolizních stavů při běžném provozu, ale všeobecně při nejrůznějších činnostech, které jsou spojeny s rychlým pohybem a jeho náhlými změnami vyžadujícími okamžité reakce jak na přijaté zrakové vjemy, tak i na jiné podněty běžné v dopravním prostoru.

Má-li světelná technika účinně přispívat k vytváření vhodného světelného mikroklimatu, zabezpečujícího v osvětlovaných dopravních prostorech zrakovou pohodu, je třeba, aby ti, kteří osvětlovací soustavy navrhují a řídí jejich realizace, provoz a údržbu, byli alespoň do určité míry seznámeni se základy anatomie zraku, jeho fyziologie a procesu vidění, tedy mechanismu vytváření zrakových počitků a vjemů, vznikajících ve vědomí člověka na základě různých světelných podnětů.

5. Analýza nočního vidění v řešeném dopravním prostoru na základě shluků nočních dopravních nehod pomocí webové aplikace AVISON.



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU



Webová mapová aplikace AVISON

Projekt **AVISON** s názvem "Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci" je řešen ve spolupráci Fakulty elektrotechniky a informatiky Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, Centra dopravního výzkumu, v. v. i. a Policie ČR v rámci programu Bezpečnostního výzkumu ČR (2015 – 2020), jehož poskytovatelem je Ministerstvo vnitra s označením VI20172019071.

Primárním cílem projektu je návrh opatření a řešení na základě zpracovaných dokumentů, které budou jednoznačně charakterizovat příčiny dopravních nehod v nočním prostředí. Tento výstup (metodika) by měl sloužit správcům a vlastníkům komunikací, dopravně správním úřadům, včetně služby dopravní policie ČR pro stanovení nákladů a postupu odstranění zjištěných závad.

Aplikace umožňuje prohlížet data dopravních nehod (DN) v noci, za soumraku a svítání v České republice. Kromě zdrojových nehodových dat jsou v mapovém okně či atributové (popisné) tabulce vizualizovány shluky mezikřižovatkových DN (jako výsledek analýzy KDE+) a heatmapy křižovatkových DN. Právě tyto shluky a hotspots heatmapy ukazují na místa koncentrací nočních DN.

Provedená analýza nočního vidění nám umožnila kompletně stanovit rozpoznávání detailů a vnímání okolí. Ukázalo se, že volba jízdní křivky je výrazně ovlivněna způsobem sledování dopravního prostoru. Zejména v nočním prostředí, nekvalitní světelné podmínky na komunikaci měli za následek narušení pohledu z vozidla a chybné vyhodnocení dopravní situace. Zejména při vysoké rychlosti byla úhlová rychlost a tím i velikost chyby řešení dopravní situace velká s tragickými následky, těžkým ublížením na zdraví a škody na majetku. Z průběhu zpracovaných analýz nočních dopravních nehod lze odvodit následující výsledky týkající se míst nehod a možného vzniku nebezpečí.

5.1. Příčina nehody – nesprávné stanovení pořadí priorit (nehoda způsobená obráceným pořadím vnímání).

To znamená neustálý příčinný vztah výrazných vizuálních rysů nebo výrazných pohybů. Jasné oblasti, zřetelný pohyb, nápadné objekty jsou vždy vnímány dříve než ty nenápadné. To vysvětluje maskování – přehlédnutí objektů souvisejících s viditelností a bezpečností.

5.2. Příčina nehody – navigační mezery – chyby v navigaci

Dalším důležitým výsledkem zpracovaných analýz je zjištění tzv. navigačních výpadků v řešených nehodových prostorech, tzn. míst, kde je příliš málo naváděcích bodů a dochází ke zjevné "ztrátě orientace". Strategie řízeného vidění v těchto místech je velice ztížené nebo není možné, takže nesprávné reakce řidičů byli nevyhnutelné.

5.3. Příčina nehody – chybný odhad při výhledu z vozidla

Analýza vizualizace výhledu na řešených místech nočních nehod ukazují na možné oblasti chybného vyhodnocení dopravní situace a tím stanovily příčinu – specifikaci nevhodného rozhodnutí při průjezdu daným místem. Dopravní prostory se skutečně špatným odhadem pohledu zásadně ovlivňují chybné vyhodnocení dopravní situace. Vyhodnocení a následné řešení nelze spojovat v rámci jednotného časového vzdálenostního segmentu a skutečné fyziologické chyby.

6. Chyby, které vedly k dopravní nehodě na základě detailní analýzy

6.1. Analýza vzniku nebezpečné situace

Ve většině případech se vyskytli následující negativní abnormality, které mohly být příčinou DN:

- ✓ Nepřesná volba jízdní křivky – nutné náhlé korekce jízdní křivky. Předpoklad přehnané reakce náhlého brždění, když byl řidič překvapen změnou předpokládaného dopravního prostoru (např. překážka na vozovce).

6.2. Dopravní nehody a chyby v navigaci, které jsou způsobeny:

- ✓ Chybnými informacemi o nočním dopravním prostoru
- ✓ Špatným vyhodnocením pohledů na dopravní prostor
- ✓ Statickými / dynamickými překážkami v pohledu
- ✓ Rozptýlením např. interaktivními dopravními značkami, vozidlo v protisměru, světelnou reklamou zejména s umístěním na nevhodném místě těsně před vjezdem do křižovatkového prostoru a příliš dlouhým pohledem na tyto prvky.
- ✓ Nedostatečným osvětlením naváděcích prvků, které vedlo ke zvýšenému počtu hledacích procesů.
- ✓ Nejasné interakce s dalšími účastníky silničního provozu např. motoristy / chodci
- ✓ Nesprávné vyhodnocení nebezpečí – zanedbání bezpečnostních kontrolních pohledů
- ✓ Proces obrácené priority ve sledovací strategii řidiče. Relevantní informace byli zastíněny méně důležitými, ale viditelnějšími podněty, (porovnání: rozptýlení od bodu nuceného pohledu, podněty na periférii).

6.3. Analýza na místě noční nehody

Detailní analýza na místě nehod ve většině případů souvisela s nočním viděním a ukázala na výskyt následujících světelných podmínek v dopravním prostoru a okolním prostředí:

- ✓ Chybějící nebo neúplné veřejné osvětlení, absence zařízení prvků vertikálního a vodorovného vedení (*svislých a vodorovných dopravních značek – vodících sloupků*) pro optické vedení trasy.
- ✓ Časté změny mezi světlem a tmou, které vyžadují neustálé přizpůsobování vnímání, během něhož nedochází k žádnému řízenému vnímání prostoru.
- ✓ Částečně vadné optické navádění zúžením profilu vozovky např. středním dělicím ostrůvkem, vyosením jízdního pruhu atd.
- ✓ Nevhodně umístěné veřejné osvětlení, včetně nasvícení fasád průmyslových objektů v okolí dopravního prostoru.
- ✓ Nevhodné vodorovné dopravní značení: nedostatečné oznámení plné čáry / krajnice v nebezpečných segmentech, nebo naváděcí čáry odbočovacích pruhů.
- ✓ Okolnosti nehody definované jako "**náhlé brždění**" z pozdní a následně přehnané reakce řidiče.

6.4. Analýza reakcí na nočních výhledech z vozidla

Zpracování detailní analýzy výhledu z vozidla na vybraných nehodových místech umožnilo ověřit tyto vzájemné vztahy příčiny dopravní nehody v nočním prostředí:

- ✓ **Mezery v přenosu informací o dopravním prostoru**, tyto nedostatky vysvětlují nestrukturované řízení vozidla způsobené chybějícími, respektive špatně viditelnými navigačními prvky v nočním prostředí na pozemní komunikaci. To má za následek zvýšené vyhledávací procesy a rozptýlení od příslušných navigačních procesů. Výsledkem je negativní vliv na volbu způsobu jízdy nebo opožděné rozpoznání překážek na vozovce a následné nehody.
- ✓ **Zkreslený / nesprávný výhled z vozidla zapříčiněný**, nevhodně osvětlený dopravní prostor vede k úhlovým odchylkám osy oka od vodorovné plochy až 16° nebo i více stupňů. To komplikuje správné vyhodnocení dopravní situace a vede k informačním chybám (*špatnému odhadu v dopravním prostoru*).

6.5. Shrnutí – výstupy z analýz nočních dopravních nehod

Reflexe výsledků pro bezpečnost dopravy v noci a za snížené viditelnosti, při provádění analýz nočních dopravních nehod je hrubou chybou nedostatečné **zvažování přístupů z pohledu řidiče (co viděl před nehodou)**. Analýza nočního vidění v příslušných směrech jízdy mohou v mnoha případech odhalit chyby v silničním vybavení a optickém navádění (*viz: příklady vyhodnocení kontrolního měření*).

Je profesionálně nesprávné aplikovat pasivní mechanické bezpečnostní prvky bez analýz vidění v dopravním prostoru a bez znalosti vzájemných vztahů nočního výhledu z vozidla. Mnoho nehod se vysvětluje nesprávným pozorováním trasy, chybějícími místy na výhled, nedostatečným odhadem a příliš velkou složitostí (*nekoordinované pohyby prohlížení*), zvláště při vysoké rychlosti jízdy. Analýzy vidění s účastníky dopravních nehod ukazují na místa chybného odhadu a nebezpečné prostředí dopravního prostoru se špatnými jasovými poměry. Odhalují velký význam vadných strategií vidění a stanovení trvale nesprávného pořadí priorit řešení. **Volba jízdní křivky, chování je výrazně ovlivněná způsobem vidění.**

V systému vzájemnosti, řidič – dopravní prostor – vozidlo je zřejmé, že existuje vzájemný vztah v lidském vnímání informací nočního dopravního prostoru a silničního vybavení. Z technických aspektů jsou relevantní rozdíly a technika jízdy ve spojení s rychlostí jízdy ve dne, za snížené viditelnosti a tmy.

Zjištěné systémové interakce mezi faktory – řidič / dopravní prostor / vozidlo, výsledkem podrobného rozboru nočních nehod a pozorovací studie ukazují, že v systému řidič – dopravní prostor – vozidlo **má určující vliv na bezpečnost silničního provozu z hlediska lidského vnímání, získávání informací o nočním dopravním prostoru**. Tyto faktory jsou navzájem v přímé souvislosti, a tak je neustále zapotřebí, aby vnímání informací bylo vzájemně koordinované.

7. Výstupy Programu bezpečnostního výzkumu České republiky 2015-2020 názvem „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“

Řešitelský tým projektu

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava – Fakulta elektrotechniky a informatiky, hlavní řešitel Prof. Ing. Karel Sokanský CSc., doc. Ing. Tomáš Novák Ph.D. a tým doktorandů Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB Ostrava.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. – řešitelský tým pod vedením RNDr. Michala Bíla Ph.D. Česká společnost pro osvětlování, region Liberecký a Ředitelství služby dopravní policie ČR.

7.1. Hlavní cíl projektu a jeho charakteristika

Hlavním cílem projektu je analýza viditelnosti účastníků silničního provozu na pozemních komunikacích ve vytipovaných kritických oblastech extravilánů a intravilánů měst a obcí, které jsou osazeny veřejným osvětlením a stanovení zásad pro zlepšení jejich viditelnosti a zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Cílem této studie je rovněž analýza viditelnosti chodců při jejich pohybu po veřejných prostranstvích v nočních hodinách (na základě dostupných statistik) za účelem snížení kriminality.

7.2. Dílčí cíle projektu

7.2.1. **Vývoj software** pro analýzu dopravních nehod na území ČR pomocí metody shlukování v závislosti na času východu a západu slunce, dále intenzity dopravy na pozemních komunikacích pro oblast extravilánu a intravilánu zejména na průjezdních silnicích I, II, III tříd a sledovaných komunikacích. Výstupy z programu budou sloužit ke stanovení příčin výskytu dopravních nehod, závad, popřípadě jiných okolností na pozemních komunikacích a návrhu možnosti snížení dopravní nehodovosti v daném prostoru. **Od začátku roku 2018 je tento software volně přístupný na adrese: <http://avison.edvinfo.cz/>**, kde můžete vyzkoušet jeho funkce a využít data shluků opakujících se nočních nehod k návrhům a řešení různých bezpečnostních opatření.

7.2.2. **Řešení vlivu spektrálního složení moderních světelných zdrojů, včetně jejich náhradní teploty chromatičnosti** LED svítidel na bezpečnost provozu na komunikacích osvětlených veřejným osvětlením v oblasti mezopického vidění a zároveň zhodnocení možnosti LED ve veřejném osvětlení v souvislosti s viditelností a důsledků jasových poměrů (oslnění) v dopravě v nočních hodinách.

7.2.3. **Noční audit stavu** technické infrastruktury pozemní komunikace v nehodovém místě. Rozbor jasových poměrů a viditelnosti technické infrastruktury v nehodovém místě v období od soumraku do

svítání v závislosti na atmosférických podmínkách (déšť, mlha, sněžení atd.). Tvorba metodiky pro výběr kritérií pro nastavení optimální varianty obnovy veřejného osvětlení včetně doporučení pro umístění dopravního značení tak, aby viditelnost byla maximální zejména z pohledu příjezdějícího řidiče.

7.3. Přínosy a dopady projektu v oblasti bezpečnosti a cílů stanovených Programem

7.3.1. Přínosem projektu je nadstavba software pro identifikaci kritických nehodových lokalit pomocí GIS analýzy polohy dopravních nehod umožňující analýzu dopravních nehod na území ČR v závislosti na času východu a západu slunce, dále intenzity dopravy na pozemních komunikacích pro oblast extravilánu a intravilánu zejména na průjezdních silnicích I, II, III tříd a sledovaných komunikacích. Software slouží jako podklad ke stanovení příčin výskytu dopravních nehod, závad, popřípadě jiných okolností na pozemních komunikacích. Po analýze by měl být zvolen vhodný návrh realizace bezpečnostního opatření s maximálním snížením dopravní nehodovosti v daném prostoru.

7.3.2. Hlavním přínosem bude metodika pro stanovení opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu v kritických místech opatřených veřejným osvětlením, bude vycházet z výše uvedených postupů realizace. Metodika bude využívat multikriteriální analýzu a bude vycházet nejen z výsledků výše uvedených postupů realizace, ale také ze stávajících možností navrhování osvětlovacích soustav veřejného osvětlení, technických dat aplikovatelných svítidel, evropských norem na osvětlování komunikací, požadavků správce komunikace a v neposlední řadě i z požadavků policie ČR. V metodických pokynech bude zpracována řada pilotních projektů pro různé situace a tyto budou sloužit jako vzor při navrhování obnovy veřejného osvětlení. Metodické pokyny budou sloužit správcům a vlastníkům komunikací při posuzování stávajícího stavu, ale také při kontrole a schvalování nových projektů. V metodických pokynech budou samozřejmě zahrnuty i ekonomické aspekty, snižování energetické náročnosti osvětlovacích soustav a jejich environmentální vliv na životní prostředí.

7.3.3. Výstupem a dopadem řešení vlivu spektrálního složení moderních světelných zdrojů (LED) bude doporučení pro implementaci poznatků výzkumu do nové technické normy na osvětlování pozemních komunikací ČSN P 360455 (*v současné době připomínkové řízení zastaveno na podnět MŽP*).

8. Výstupy ze srovnávacího měření noční viditelnosti dopravního prostoru.

V listopadu 2018 proběhlo Srovnávací měření nočního dopravního prostoru, které se uskutečnilo na polygonu bezpečné jízdy LIBROS v Ostravě. V rámci této akce byla vytvořena modelová situace, kdy je rovný úsek dopravního prostoru osvětlen světlomety vozidel s různými technologiemi zdrojů světla se zapnutým či vypnutým veřejným osvětlením. Osvětlení komunikace odpovídalo reálným podmínkám, které mohou na pozemních komunikacích v běžném provozu nastat. Na modelové komunikaci byla provedena jasová analýza a měření vertikální osvětlenosti (dále E_v).

Cílem měření bylo získat základní informace a vyhodnotit osvětlený prostor světloomety různých technologií a dále porovnat rozložení naměřených hodnot E_v mezi jednotlivými technologiemi.

Měření je rozdělené do tří oblastí vnímání nočního dopravního prostoru:

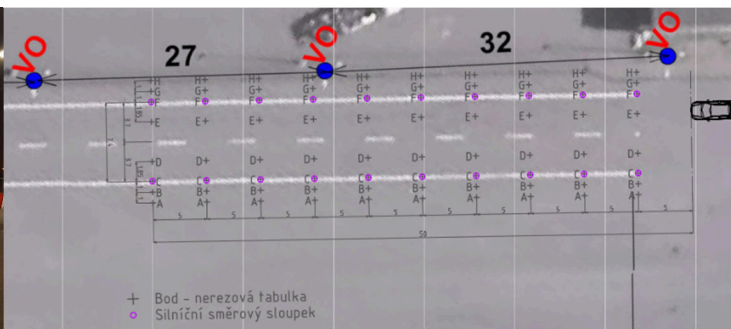
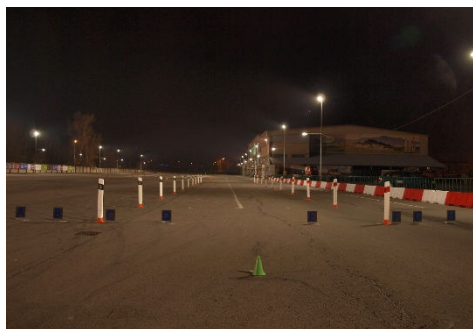
A) Metoda 1 měření, má cíl porovnat rozložení E_v modelového úseku komunikace, který byl osvětlen světloomety vozidel různými technologiemi zdroje světla. Pro měření byla vybrána tři vozidla Škoda Octavia stejné řady s halogenovými, xenonovými a LED zdroji světla v čelních světloometech.

B) Metoda 2 měření, má cíl zjistit bezpečnou viditelnost překážky na vozovce v zorném poli řidiče při použití tří typů světloometů (LED, xenon, halogen) v tlumeném – potkávacím režimu pro dvě standardní vzdálenosti figurantů (chodců) od vozidla. Vzdálenost figurantů od vozidla byla stanovena dle brzdné dráhy vozidla pro rychlost 50 km/hod na 35 metrů a pro rychlost 90 km/hod na vzdálenost 83 metrů.

C) Metoda měření 3, má cíl zjistit vliv viditelnosti chodců, překážek a dopravního značení na pozemních komunikacích v nočním prostředí intravilánů měst a obcí odstraněním modré složky světla z umělých zdrojů světla zejména nasazení svítidel LED AMBER (požadavek MŽP).

Informace o dopravním prostoru metody měření 1 a 2.

Jako modelový rovný úsek byla navržena komunikace se dvěma jízdními pruhy o celkové šířce 7,2 metrů. Celková délka modelovaného úseku komunikace byla 90 metrů s roztečí svítidel cca 30 metrů. Měřený úsek komunikace je zobrazený na obrázku č. 2. Na úseku bylo zvoleno deset řad s měřenými body, které byly v každé řadě značeny písmeny A až H. Rozvržení měřených bodů je schématicky znázorněno na níže uvedeném obrázku 3.

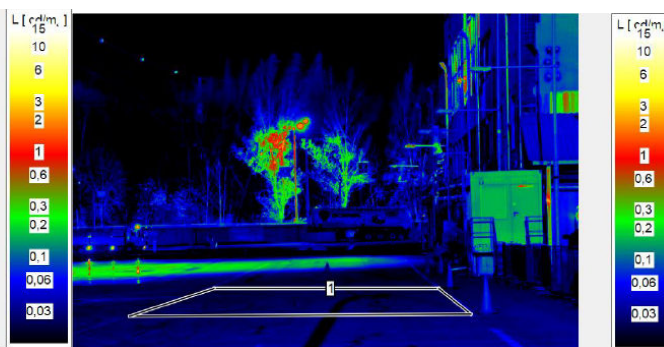
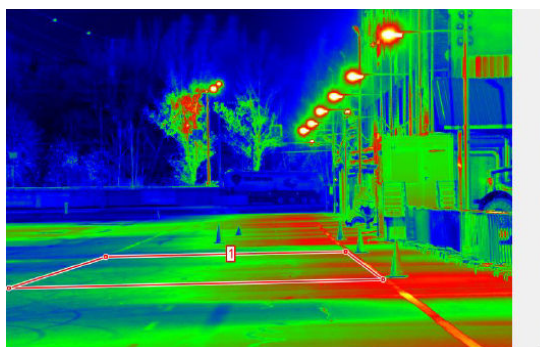


Obr. 2. Namodelovaný vzorový úsek komunikace

Obr. 3. Rastr měřících bodů na modelové komunikaci

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že rastr měřících bodů nebyl zvolen dle normy ČSN EN 13 201 -3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet. Rozložení měřících bodů na komunikaci reprezentuje pozici pravděpodobného výskytu chodce. Vertikální osvětlenost byla měřena ve výšce 1 m nad povrchem komunikace a pouze do vzdálenosti, ve které byla v bodě F hodnota větší než 1 lx.

Rozložení jasů na vzorovém úseku komunikace bylo měřeno pomocí jasového analyzátoru dle příslušných norem. Jasový analyzátor byl umístěn ve výšce 1,5 metrů nad vozovkou ve vzdálenosti 60 metrů od měřeného vzorového úseku. Měření bylo provedeno při zapnutém veřejném osvětlení a také v případě jeho vypnutí, aby se zjistili příspěvky osvětlení ze vzdálených okolitých světelných zdrojů. Na obrázku č. 4 můžeme vidět jasovou fotografii referenčního úseku při zapnutém veřejném osvětlení a na obrázku č. 5 naopak při veřejném osvětlení vypnutém. Naměřený průměrný jas vozovky osvětlené veřejným osvětlením je 0,29 cd/m^2 a příspěvky generovány z okolí na zmiňovaný úsek jsou řádově v setinách cd/m^2 .



Obr. 4. Namodelovaný osvětlený úsek komunikace

Obr. 5. Namodelovaný neosvětlený úsek komunikace

Měření dopravního prostoru bylo realizováno na rovném úseku za různých meteorologických podmínek. Popsat výsledky všech kombinací měření by bylo velmi obsáhlé, proto je v tomto článku popsáno jenom měření rovného suchého úseku komunikace. Měření bylo realizováno pro tři typy světlometů (LED, xenon, halogen) v tlumeném – potkávácím režimu pro dvě standardní vzdálenosti figurantů (chodců) od vozidla. Vzdálenost figurantů od vozidla byla stanovena dle brzdní dráhy vozidla pro rychlost 50 km/hod na 35 metrů a pro rychlost 90 km/hod na vzdálenost 83 metrů. Měření bylo provedeno pomocí dvou jasových analyzátorů. Jasové analyzátoři měli nastaveny stejné parametry pro měření jasů, jako jsou ISO, clona a délka uzávěrky, aby bylo možné posoudit, jaký vliv na vnímání okolí má čelní sklo automobilu. Vliv čelního skla automobilu není součástí této publikace a bude podrobně popsán v další části projektu Měření dopravního prostoru.

Na obrázku č. 6 jsou vyfoceny měřené figuríny a také automobily Škoda Octavia, zleva vozidlo s LED světlomety, uprostřed vozidlo s halogenovými světlomety a vpravo vozidlo se xenonovými světlomety. Model rovné suché vozovky byl měřen v případě zapnutého a vypnutého veřejného osvětlení pro vzdálenost figurantu 35 a 83 metrů při tlumeném režimu světlometů automobilu. Na jasových snímcích je vždy červený figurant umístěn vlevo a modrý umístěn vpravo. První série jasových snímků je zhotovená pro vzdálenost figurantů 83 metrů od vozidla, druhá série pak pro vzdálenost 35 metrů od vozidla. Na jasových snímcích se vždy vyhodnocoval jas pozadí, jako průměrný jas celého snímku a jas figurantů. Následně pak byl z naměřených hodnot spočítán kontrast mezi figurantem a pozadím, na základě kterého, lze jednoznačně určit, zda je možné figuranta v dopravním prostoru v dostatečném předstihu zaregistrovat. V následující kapitole jsou vždy uvedeny příklady vypočtených kontrastů pro figuranty ve vzdálenosti 35 m při zapnutém a vypnutém VO.



Obr. 6. Měřené automobily Škoda Octavia a figuranti reprezentující chodce v provozu

Výsledky měření metody 1

Celkem bylo modelováno šest situací, jak bylo zmíněno ve výše uvedené kapitole. Pro každou variantu byl sestaven graf rozložení E_v v prostoru. Pro lepší orientaci byly do grafů doplněny ilustrace směrových sloupků a vozidla. Daným modelem byly simulovány podmínky, které nastávají v intravilánu měst a obcí. Rozložení E_v pro jednotlivé technologie světlometů jsou uvedena v grafech níže. Rozložení jasů bylo zaznamenáno pro dopravní situace uvedeny v tabulce č. 2.

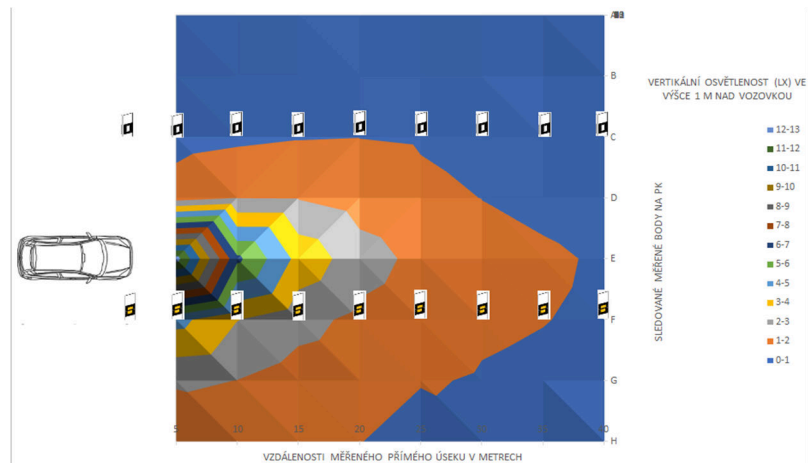
Tabulka č. 2. Vzorové situace v nočním dopravní prostoru

Světlomety	Situace v nočním dopravní prostoru
Halogen	Potkávací světla bez veřejného osvětlení
	Potkávací světla s veřejným osvětlením
Xenon	Potkávací světla bez veřejného osvětlení
	Potkávací světla s veřejným osvětlením
LED	Potkávací světla bez veřejného osvětlení
	Potkávací světla s veřejným osvětlením

1.1 Prostor osvětlený tlumenými světlomety bez veřejného osvětlení

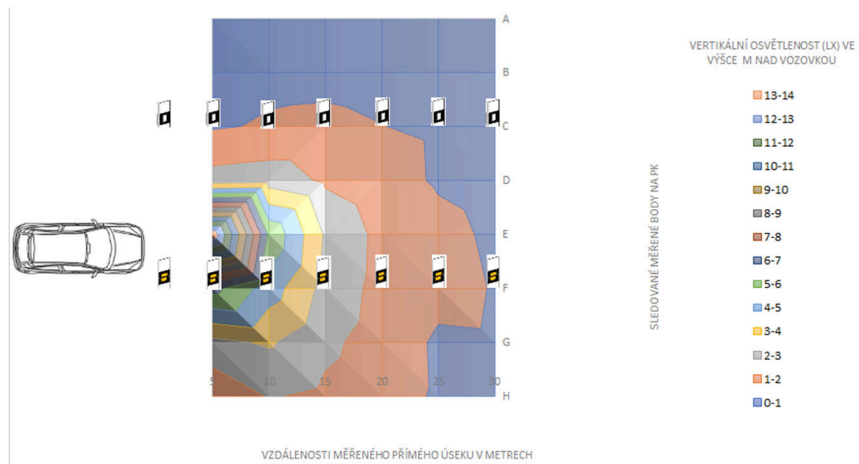
V této situaci je vozovka osvětlena pouze tlumenými světlomety vozidla. Je tedy vytvořena modelová situace, která nastává v extravilánu či nedostatečně osvětleném intravilánu. Rozložení E_v pro jednotlivé technologie světlometů jsou uvedena v grafech níže.

Rozložení naměřených hodnot E_v pro potkávací halogen je uvedeno v grafu 1.1. Vertikální osvětlenost E_v měřená v bodě F, tedy na pravém kraji vozovky ve směru jízdy vozidla, byla ve vzdálenosti 40 m od vozidla nižší než 1 lx.



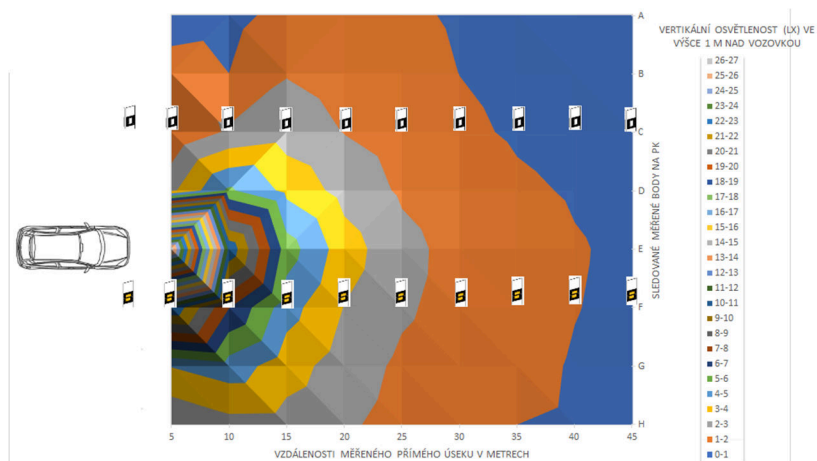
Graf 1.1: Průběh vertikální osvětlenosti výřezu měřené komunikace bez veřejného osvětlení. Dosvit světlometem vozidla tlumený halogen.

Rozložení naměřených hodnot E_v pro potkávací xenon je uvedeno v grafu 1.2. V dané modelové situaci byla již ve vzdálenosti 30 m v bodě F hodnota E_v menší než 1 lx.



Graf 1.2: Průběh vertikální osvětlenosti měřené vzorové komunikace bez veřejného osvětlení. Dosvit světlometem vozidla tlumený XENON.

Rozložení naměřených hodnot E_v pro potkávací LED je uvedeno v grafu 1.3. Hodnota E_v byla naměřena ve vzdálenosti 45 m od světlometů vozidla.



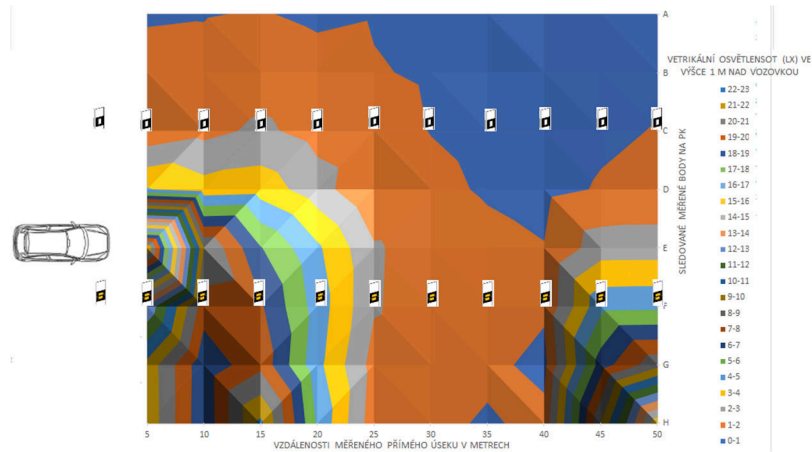
Graf 1.3: Průběh vertikální osvětlenosti měřené vzorové komunikace bez veřejného osvětlení. Dosvit světlometem vozidla tlumený LED.

U halogenu a xenonu jsou maximální hodnoty vertikální E_v do 15 lx. U LED je maximální hodnota téměř dvojnásobná. LED a xenon mají podobné rozložení vertikální osvětlenosti v prostoru. Nicméně u LED poklesla hodnota E_v v bodě F pod 1 lx o 10 m dále než u xenonu a také osvětlil levý prostor mimo vozovku do vzdálenosti 30 m. U halogenu lze pozorovat kratší osvětlení levé části vozovky. Levý prostor mimo vozovku není nasvětlen téměř vůbec.

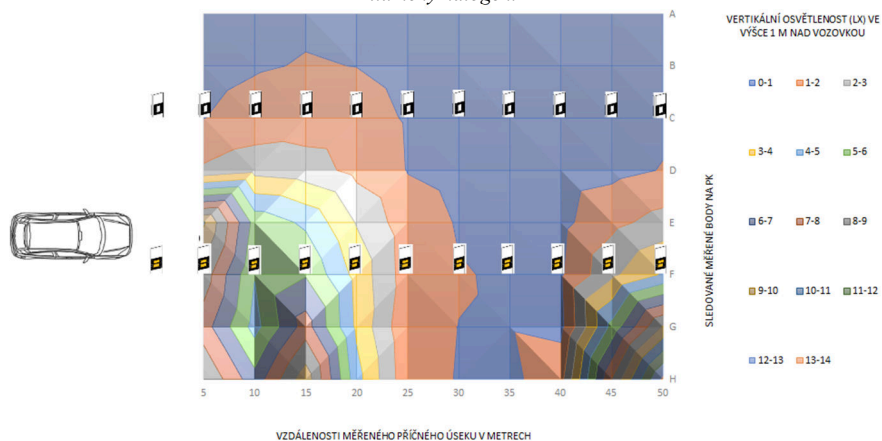
1.2 Prostor osvětlený tlumenými světly vozidla a svítidly VO (veřejného osvětlení)

V této modelové situaci byl výřez vozovky osvětlen tlumenými světly vozidla současně s veřejným osvětlením. Samotné veřejné osvětlení vozovky splňovalo požadavky třídy M6. Ve svítidlech byly osazeny halogenidové výbojky značky PHILIPS s příkonem 70 W a náhradní teplotou chromatičnosti 4000 K, Rozteče mezi světelnými body byly 32 m a 27 m.

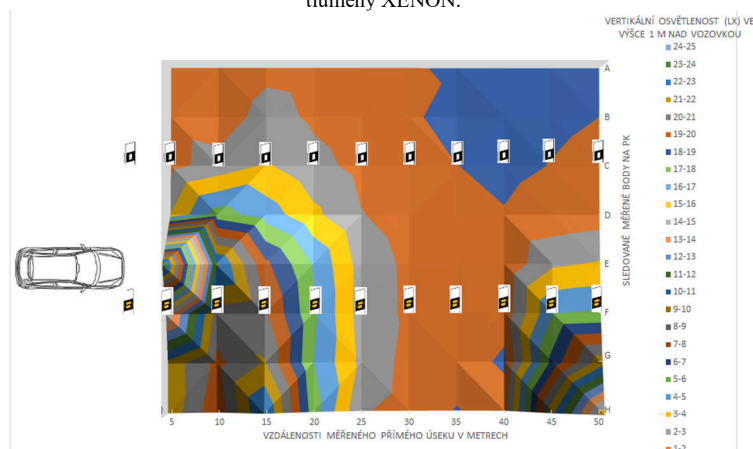
Naměřené hodnoty E_v pro halogen jsou znázorněny v grafu 1.4, pro xenon jsou uvedeny v grafu 1.5 a LED v grafu 1.6. V případě xenonu proti ostatním technologiím nebyla hodnota E_v bodů F v celé délce vyšší než 1 lx. Ve vzdálenostech 35 m a 40 m šlo ke zmíněnému poklesu.



Graf 1.4 Průběh vertikální osvětlenosti měřené vzorové komunikace s veřejným osvětlením třídy M6. Dosvit světlometem os. automobilu tlumený halogen.



Graf 1.5 Průběh vertikální osvětlenosti měřené vzorové komunikace s veřejným osvětlením třídy M6. Dosvit světlometem os. automobilu tlumený XENON.



Graf 1.6 Průběh vertikální osvětlenosti měřené vzorové komunikace s veřejným osvětlením třídy M6. Dosvit světlometem os. automobilu tlumený LED.

Z výše uvedených výsledků je patrné, že kombinací světlometů vozidla v tlumeném režimu a soustavy veřejného osvětlení dojde ke zvýšení E_v v celém prostoru vzorové komunikace. V bodech F poklesla hodnota E_v pod 1 lx pouze u xenonů, a to ve vzdálenostech 35 m a 40 m od vozidla. Tato varianta je spíše pro vytvoření představy průběhu E_v v prostoru, jelikož vždy záleží na konkrétním geometrickém uspořádání a svítidlech dané soustavy.

Vyhodnocení metody měření 1

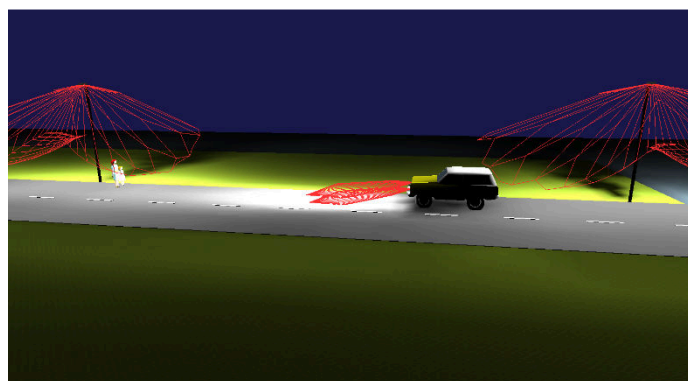
Měřením bylo zjištěno, že viditelnost, dohled na překážku u pravého kraje jízdního pruhu ve směru jízdy při zapnutých světlometech v tlumeném režimu bez veřejného osvětlení je maximálně do 40 m před vozidlem. **To je alarmující zjištění, jelikož na tuto vzdálenost nejsme schopni vozidlo bezpečně zastavit. Brzdné dráhy jsou pro návrhové rychlosti 35 m - 50 km/hod, 93 m - 90 km/hod a 147 m - 130 km/hod.**

Osvětlením komunikace kombinací tlumeného režimu světlometu vozidla a veřejného osvětlení splňující nejnižší požadavky třídy osvětlení M (M6) bylo dosaženo hodnoty E_v v bodě F větší než 1 lx. V celé délce úseku. Podmínku se nepodařilo splnit pouze u xenonu, kdy bylo naměřeno ve vzdálenostech 35 m a 40 m 0,9 lx.

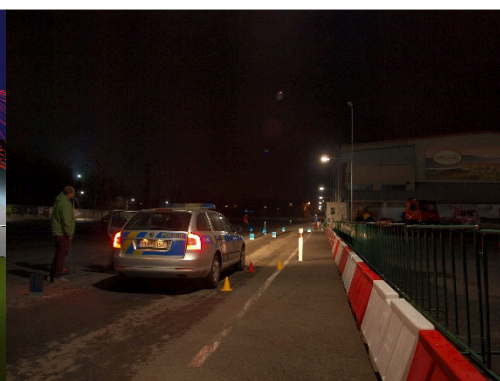
Z uvedených hodnot by se na první pohled zdálo, že v modelových situacích technologie LED předních světlometů jednoznačně překonala technologie zbylé. Avšak subjektivním pozorováním během měření byly pozorovány u zdrojů s vyšší náhradní teplotou chromatičnosti ostré stíny, které byly vytvářeny silničními směrovými sloupky. Dále díky vysokému světelnému toku světlometů docházelo k silnému oslnění oproti halogenům a xenonům. V rámci vývoje automobilových světlometů by bylo vhodné prověřit možnost kombinovaného světlometu, kdy tlumený režim by měl vlastnosti halogenu a dálkový režim vlastnosti LED. Důvodem použití potkávacího režimu halogenu by bylo z důvodu uspokojivých hodnot E_v a nižšímu oslnění. Dálkový režim LED byl vybrán kvůli vysokým hodnotám E_v v na konci vzorové komunikace. Vyšší oslnění by bylo možno vůči vyšším hodnotám E_v v tomto režimu pominout, jelikož v případě oslnění ostatních účastníků silničního provozu je použití dálkového režimu zakázáno pro všechny technologie. Problematika oslnění bude detailně zkoumána v následujících měřeních, které se budou zabývat jasovou analýzu zde popsaných i dalších modelových situací.

Výsledky měření metody 2

Při vyhodnocování vypočtených kontrastů mezi pozorovanými figuranty a pozadím bylo zjištěno, že když se pro stanovení průměrného jasu pozadí použije celý jasový snímek, rozdíly mezi vypočtenými kontrasty v situaci se zapnutým a vypnutým veřejným osvětlením jsou v případě červeného figuranta, umístěného vlevo minimální i když rozdíly jasů, samotného figuranta v těchto situacích jsou přibližně dvojnásobné. Toto zjištění platí pro všechny světlometry a pro obě měření vzdálenosti 35 m a 83 m. Je to způsobeno tím, že v případě zapnutí veřejného osvětlení se jednak zvýší jas figuranta, ale také se zvýší průměrný jas celého snímku, tudíž dochází k navýšení obou jasů v přibližně stejném poměru. V případě modrého figuranta, umístěného vpravo, je situace odlišná, rozdíly ve vypočtených kontrastech jsou výrazně vyšší v případě komunikace osvětlené veřejným osvětlením. Zde podstatný rozdíl způsobuje umístění figuranta, modrý figurant vpravo je umístěn na straně VO, červený figurant vlevo, je umístěn na protilehlé straně, tudíž jeho průměrný jas je přibližně dva krát menší než jas figuranta umístěného pod zapnutým VO viz obr. 7 a 8.



Obr. 7.



Obr. 8.

Když ale kontrast nebudeme hodnotit vůči průměrnému jasů celého snímku, ale jenom vůči blízkému okolí daného figuranta bude situace nepatrně odlišná. Důležité si je uvědomit, že v případě figuranta umístěného vlevo, je jeho pozadí tvořeno asfaltovou volnou plochou, a tudíž jas pozadí nabývá velmi nízké hodnoty cca 0,03 cd/m². Situace je obdobná v případě zapnutého a vypnutého VO. V případě figuranta umístěného na straně VO vpravo, je jeho pozadí tvořeno fasádou budovy. **V případě vypnutého VO je průměrný jas prakticky stejný, jako v případě chodce umístěného vlevo, když se však VO zapne, jas pozadí se zvětší přibližně deset krát. Proto při vyhodnocení výsledku bylo zjištěno, že figurant umístěný vlevo byl viditelnější v případě zapnutého VO.** Vypočtený kontrast v případě figuranta umístěný vpravo byl v případě zapnutého a vypnutého VO přibližně stejný. V případě figurantů

umístěných ve větší vzdálenosti od vozidla, figuranty není možné osvětlit potkávacími světly automobilu, a tudíž jediný zdroj vertikální osvětlenosti figurantů je VO. **Zde je ale důležité upozornit, že významnou úlohu v případě množství hodnot vertikální složky osvětlenosti sehrává poloha umístění figuranta. Je rozdíl, když se figurant nachází před nebo za sloupem VO z pohledu přijíždějícího automobilu.**

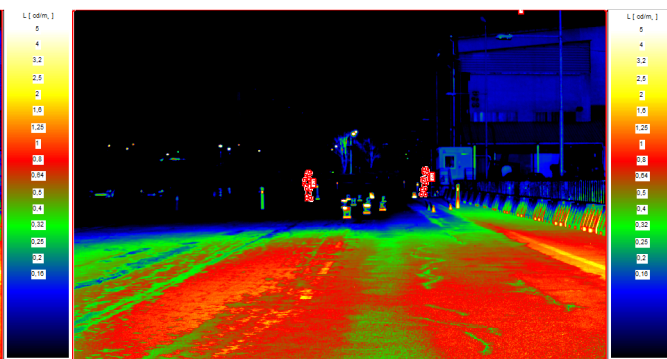
Z uvedených zjištění je možné konstatovat, že VO dopomáhá k viditelnosti chodců a překážek v dopravním prostoru, musí být, ale navrženo a realizována dle příslušných norem a předpisů. Viditelnost chodců je také výrazně ovlivněná jejich pozadím, vysoké jasy na fasádách přilehlých budov můžou negativně ovlivnit jejich viditelnost. Na obrázcích níže jsou vyobrazeny jednotlivé dopravní situace při měření, a vzorové vyhodnocení jasů a kontrastů vždy pro vzdálenost 83 m a 35 m.

A) Model rovné suché komunikace osvětlené LED světly

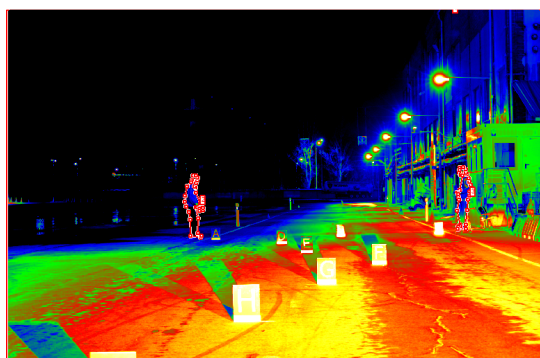
V případě komunikace osvětlené potkávacími LED světly je zabezpečeno kvalitní osvětlení nástupních zón v periferní oblasti z pohledu osvětlení i barvy světla a zároveň zajišťuje světelný tok až do oblasti dohledu 40 metrů před řidičem.



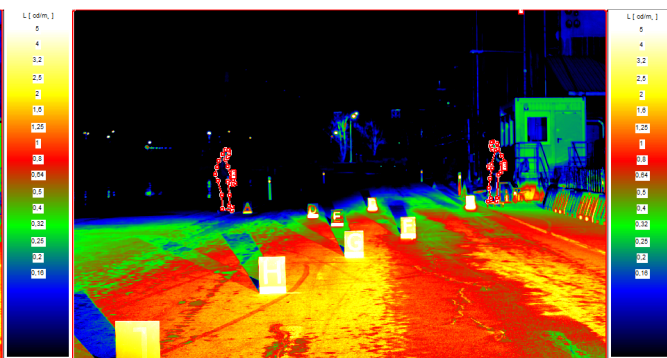
Obr. 9. VO zapnuto, figuranti - 83 m



Obr. 10. VO vypnuto, figuranti - 83 m



Obr. 11. VO zapnuto, figuranti - 35 m



Obr. 12. VO vypnuto, figuranti - 35 m

Tabulka č. 3. Naměřené jasy a vypočtené kontrasty pro situaci zapnutého VO s figuranty ve vzdálenosti 35 m

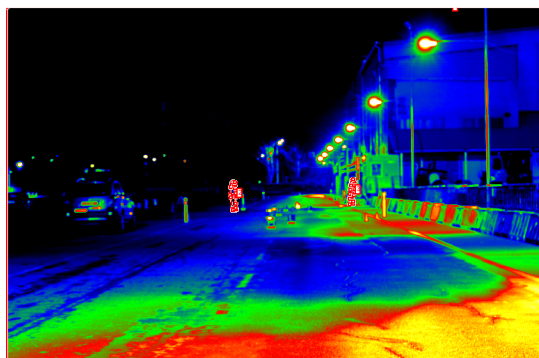
Průměrný jas figuranta vlevo (cd/m ²)	Průměrný jas figuranta vpravo (cd/m ²)	Průměrný jas pozadí (cd/m ²)	Kontrast figurant vlevo/pozadí	Kontrast figurant vpravo/pozadí
0,086	0,202	0,553	0,845	0,635

Tabulka č. 4. Naměřené jasy a vypočtené kontrasty pro situaci vypnutého VO s figuranty ve vzdálenosti 35 m

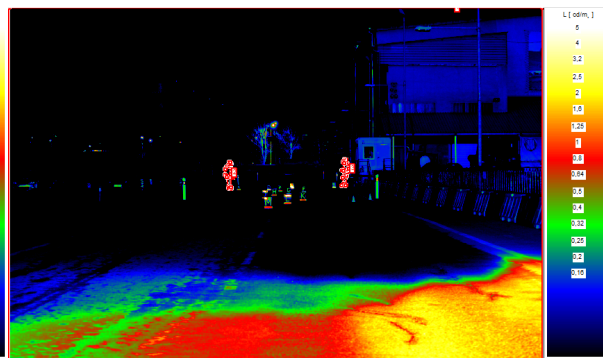
Průměrný jas figuranta vlevo (cd/m ²)	Průměrný jas figuranta vpravo (cd/m ²)	Průměrný jas pozadí (cd/m ²)	Kontrast figurant vlevo/pozadí	Kontrast figurant vpravo/pozadí
0,048	0,096	0,567	0,915	0,830

B) Model rovné suché komunikace osvětlený s xenonovými světly

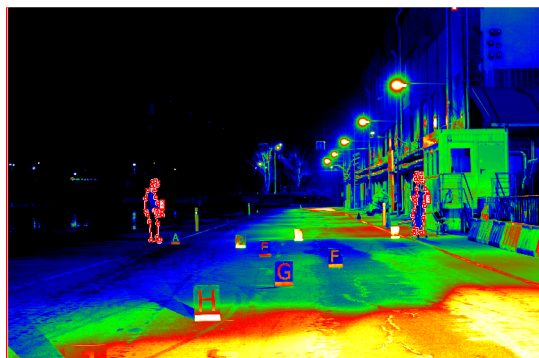
Xenon má výborný ořez světelného paprsku, který omezuje oslnění protijedoucích vozidel. Může ale nastat situace (nastavení světlometů), kdy potkávací světlomety osvětlují prostor před řidičem pouze do vzdálenosti 30 m. Velmi příznivá je situace v oblasti nástupních zón. Vysoká náhradní teplota chromatičnosti (Tc) xenonových světlometů je vhodná pro periferní oblasti vidění při nízkých adaptačních jasech.



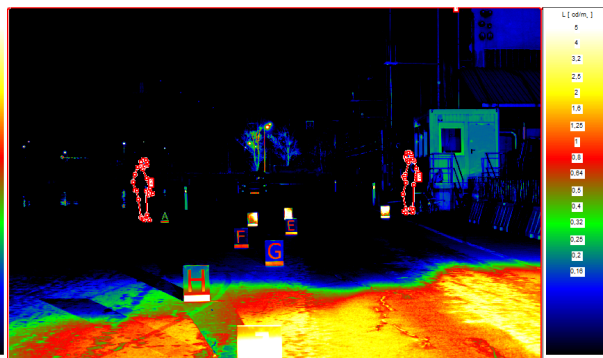
Obr. 13. VO zapnuto, figuranti - 83 m



Obr. 14. VO vypnuto, figuranti - 83 m



Obr. 15. VO zapnuto, figuranti - 35 m



Obr. 16. VO vypnuto, figuranti - 35 m

Tabulka č. 5. Naměřené jasy a vypočtené kontrasty pro situaci zapnutého VO s figuranty ve vzdálenosti 35 m

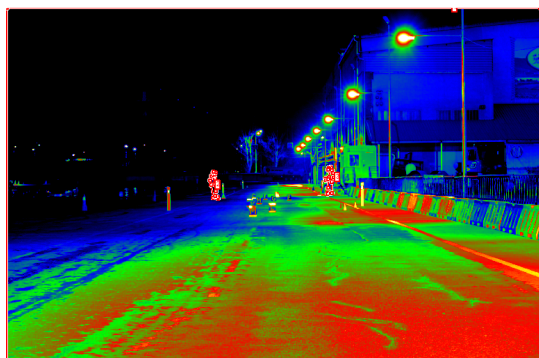
Průměrný jas figuranta vlevo (cd/m^2)	Průměrný jas figuranta vpravo (cd/m^2)	Průměrný jas pozadí (cd/m^2)	Kontrast figurant vlevo/pozadí	Kontrast figurant vpravo/pozadí
0,074	0,141	0,372	0,800	0,621

Tabulka č. 6. Naměřené jasy a vypočtené kontrasty pro situaci vypnutého VO s figuranty ve vzdálenosti 35 m

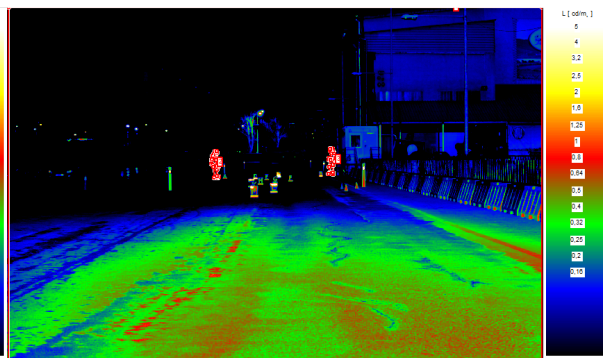
Průměrný jas figuranta vlevo (cd/m^2)	Průměrný jas figuranta vpravo (cd/m^2)	Průměrný jas pozadí (cd/m^2)	Kontrast figurant vlevo/pozadí	Kontrast figurant vpravo/pozadí
0,037	0,036	0,354	0,896	0,898

C) Model rovné suché komunikace osvětlený s halogenovými světly

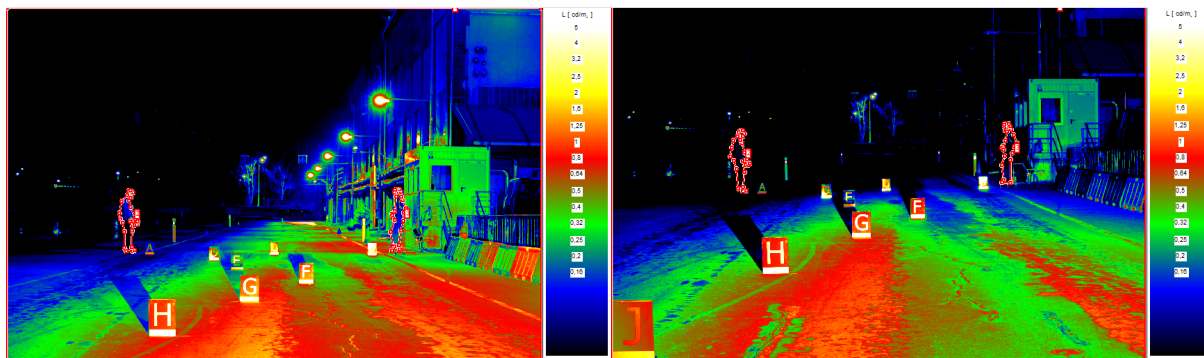
Klasická halogenová žárovka je schopná dosvítit do oblasti cca 35 m před řidičem. Nicméně, je důležité si uvědomit, že v pravém i levém nástupním pásmu se pohybujeme pouze v oblasti 20–25 m.



Obr. 17. VO zapnuto, figuranti - 83 m



Obr. 18. VO vypnuto, figuranti - 83 m



Obr. 19. VO zapnuto, figuranti - 35 m

Obr. 20. VO vypnuto, figuranti -35 m

Tabulka č. 7. Naměřené jasy a vypočtené kontrasty pro situaci zapnutého VO s figuranty ve vzdálenosti 35 m

Průměrný jas figuranta vlevo (cd/m ²)	Průměrný jas figuranta vpravo (cd/m ²)	Průměrný jas pozadí (cd/m ²)	Kontrast figurant vlevo/pozadí	Kontrast figurant vpravo/pozadí
0,080	0,167	0,316	0,748	0,472

Tabulka č. 8. Naměřené jasy a vypočtené kontrasty pro situaci vypnutého VO s figuranty ve vzdálenosti 35 m

Průměrný jas figuranta vlevo (cd/m ²)	Průměrný jas figuranta vpravo (cd/m ²)	Průměrný jas pozadí (cd/m ²)	Kontrast figurant vlevo/pozadí	Kontrast figurant vpravo/pozadí
0,043	0,057	0,284	0,850	0,801

Vyhodnocení metody měření 2

V případě komunikace osvětlené kombinací potkávacími světlomety (xenon, halogen, LED) a VO je z uvedených výsledků patrné, že kombinací světlometů vozidla v tlumeném režimu a soustavy veřejného osvětlení dojde ke zvýšení viditelnosti překážek v celém prostoru vzorové komunikace. Měřením bylo také zjištěno, že viditelnost překážky u pravého kraje jízdního pruhu ve směru jízdy při zapnutých světlometech v tlumeném režimu bez veřejného osvětlení je do 40 m od vozidla.

Na základě vyhodnocení jasových analýz lze potvrdit, že veřejné osvětlení zvyšuje viditelnost chodců v dopravním prostoru. Nic méně je důležité upozornit, že pozitivní vliv na registrování chodců v dopravním prostoru má jenom VO, které je navrženo dle příslušných norem. Je důležité, aby při návrhu veřejného osvětlení byly dodrženy požadované rovnoměrnosti a svítidla neoslňovali uživatele dopravního prostoru. Samozřejmě, ani dodržení normativních požadavků nemusí znamenat, že chodec bude viděn řidičem za každých okolností. V praxi může nastat situace, kdy se chodec nachází přímo pod svítidlem, nebo před ním z pohledu příjíždějícího vozidla, viz. obrázek č.7 a č.8, a tím pádem nebude chodec dostatečně osvětlen vertikální složkou osvětlenosti. Tým pádem může dojít k opožděné reakci řidiče na překážku, nebo může řidič chodce úplně přehlédnout. Výrazní vliv na vnímání překážek v dopravním prostoru má i typ světlometů viz. hodnocení v předchozí kapitole, které by v prvním řadě měli být správně nastaveny, aby osvětlovali komunikaci v délce potřebné pro včasné detekování překážky a aby nedocházelo k oslnění ostatních účastníků dopravního prostoru.

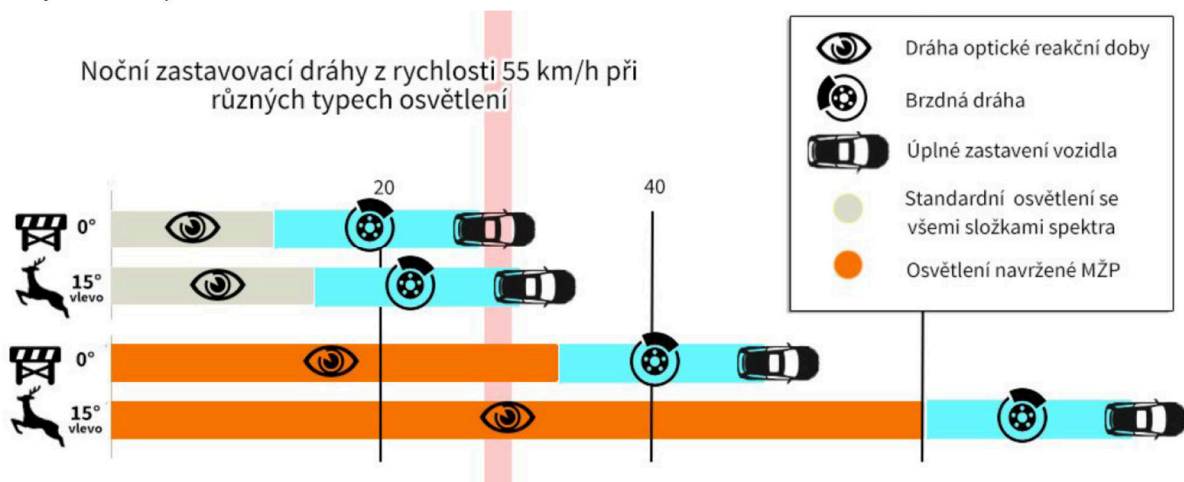
Proč byla do výzkumného úkolu zařazena metoda měření 3

Zástupci pracovních skupin MŽP představili v médiích plán na regulaci veřejného osvětlení v ČR. Ze svítidel má být uměle odstraněna modrá složka světla, intenzity mají být sníženy až na desetinu, mají být zavedena biodynamická nebo AMBER PC svítidla. Prezentovaná koncepce ale v tomto bodě a dalších aspektech obsahuje závažná pochybení a celkově projekt nese známky vlivu zájmových skupin. Díky tomu lze očekávat omezení bezpečnosti nočního provozu a zvýšení rizik pro chodce a řidiče. Akční plán byl předán Vládě ČR a dalším institucím k zapracování do zákonů a norem. Podle připravované regulace by měla naprostá většina svítidel v ulicích nově v noci svítit zcela bez modré složky světla, tzn., budou pouze žlutočervená. Současně by měla být výrazně ztlumena v nočních hodinách. MŽP také zaštiťuje testování neodborně upravených svítidel bez certifikace. A to přímo na široké veřejnosti v dopravním prostoru, bez ohledu na závažné porušování zákonů a platných bezpečnostních norem.

Vliv na bezpečnost v dopravním prostoru

Výsledky studií Evropské komise ukazují, že detekce překážek, cílů a celkový jízdní výkon se obecně zhoršuje s klesající světelnou intenzitou a rostoucí vzdáleností cílů od osy jízdy. Zhoršení je nejlépe demonstrováno v případě

využití kombinace velmi nízkého jasu a žlutočervené barvy. Zastavovací dráha při rychlosti 55 km/h se v noci v takových světelných podmínkách prodlužuje z 30 m až na 70 m. Zraková reakce řidiče na spatřenou překážku je totiž až šestinásobně pomalejší a odpovídá reakcím při řízení až se dvěma promile mi alkoholu v krvi nebo zdvojnásobení rychlosti.



Obr 21. Porovnání brzdných drah osvětlení v teple bílé barvě 3000 K (horní dva řádky) a žlutočerveného osvětlení LED AMBER (spodní dva řádky)

Výsledky měření metody 3

Viditelnost chodce (figuranta) snímky z měření kompenzované na přibližně shodnou osvětlenost pro tři případy osvětlení LED: Svítidlo LED AMBER, LED Tc 2700 K a LED svítidlo Tc 4000 K.

Měření provedl Assoc. Prof. Michal Vík, MSc., Ph.D. Technical University of Liberec LCAM DME, TF Studentská 2 CZ-461 17 Liberec, Czech Republic



Obr 22. Tc 4000 K

Obr 23. Tc 2700 K

Obr 24. PC AMBER

Vizualizace změny osvětlení přechodu pro chodce

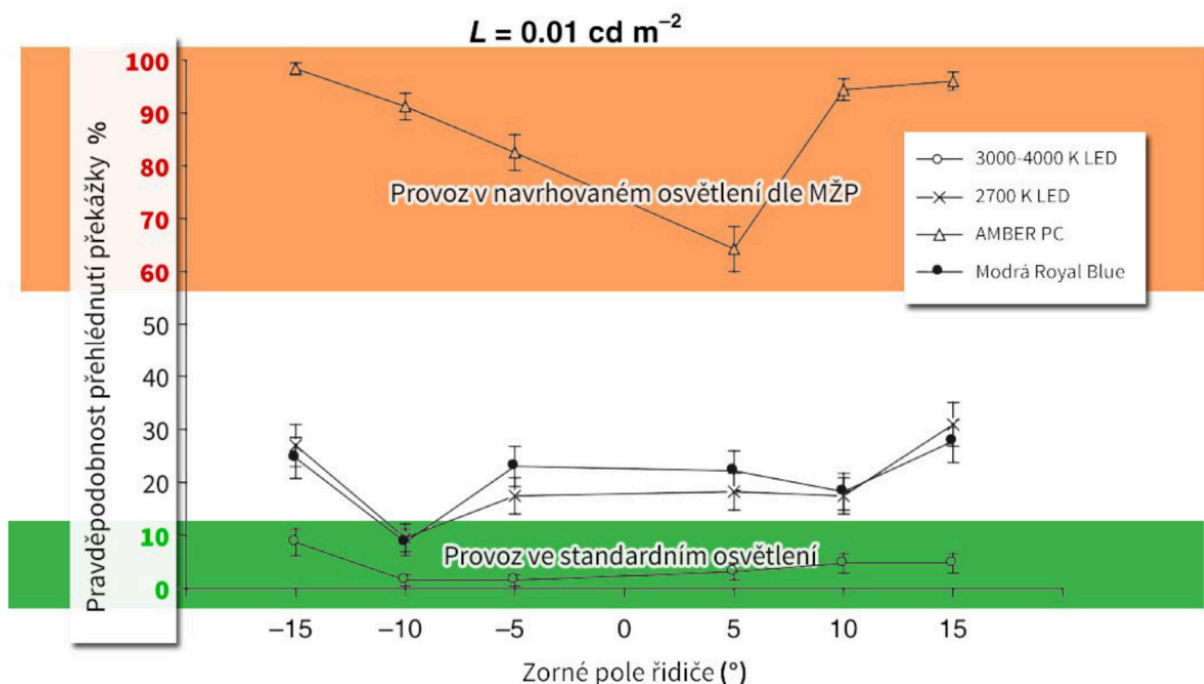


Obr 25. Tc 4000 K

Obr 26. PC AMBER

Po měření můžeme konstatovat, že při nízkých intenzitách žlutočerveného osvětlení se zvyšuje pravděpodobnost, že řidič překážku přehlédne úplně. Pro překážky blízké se z okolí komunikace (např. zvíř) se zvyšuje pravděpodobnost přehlédnutí až na 100 %. V přímém směru je pravděpodobnost přehlédnutí mezi 60 % a 70 %. Naproti tomu pod standardním LED osvětlením Tc 3000–4000 K je tato pravděpodobnost pouhých 0–5 %.

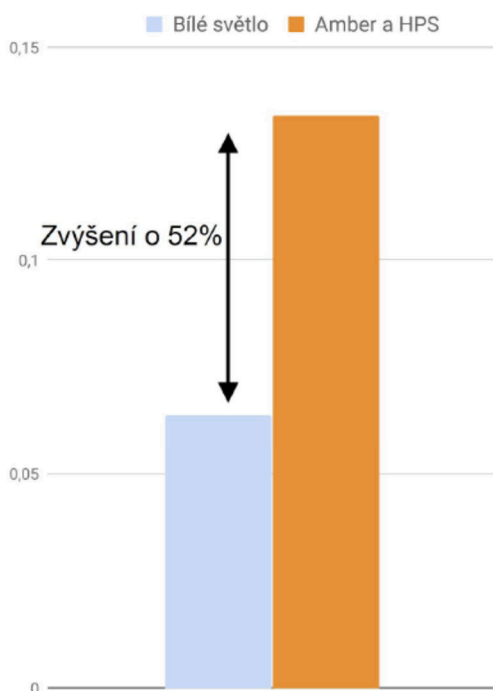
Pravděpodobnost přehlédnutí překážky pro jednotlivé barvy světla při nízké intenzitě osvětlení



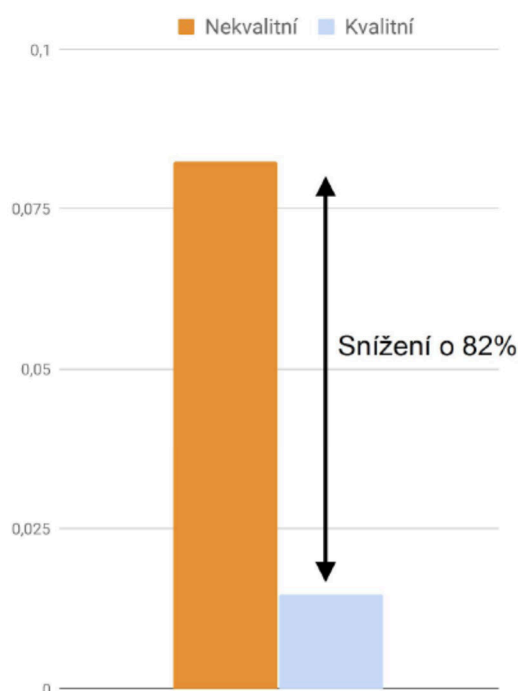
Uvedené údaje platí pro velmi nízké jasy a průměrné pozorovatele. Při vyšším jasu se hodnoty zlepšují, ale stále jsou ve srovnání s plno spektrálním osvětlením významně horší. V dopravě se však nevyskytují pouze „průměrní“ pozorovatelé. Starší řidiči, nebo osoby s vadami zraku se stávají při absenci modré části spektra **potenciálně nebezpeční okolí i sobě**.

Výsledky a závěry našeho srovnávacího měření metodou měření 3 jsou totožné s obdobnými studiemi zpracovanými ve Velké Británii a New Yorku v této souvislosti studie hovoří o nižším výskytu kriminality (o 40 %) v oblastech osvětlené standardním veřejným osvětlením oproti variantě, kdy bylo osvětlení vypnuto. Česká studie vyhodnocující snížení jasu komunikaci v Praze z roku 1981 přinesla zjištění, že nehodovost při pouhém snížení intenzity osvětlení vzrostla o 7,9 %, z toho nárůst smrtelných nehod byl 22,7 %. Počet srážek s tramvají vzrostl dokonce o 61,9 %. Další studie z roku 2014 potvrzuje, že obyčejné bílé světlo, oproti navrhovanému žlutočervenému, snižuje dopravní nehodovost na polovinu.

Vliv barvy světla na nehodovost



Vliv kvality soustavy na nehodovost



Jaké mohou být důsledky absence modré složky ve veřejném osvětlení?

Když odebereme modrou spektrální složku, ztrácíme periferní vidění a tím vzrůstá předpoklad noční nehodovosti.

Závěr

Podstatným znakem pozornosti je pohyblivost oka, která se vysvětluje jako rychlé přenášení pozornosti z podnětu na podnět, a tedy rychlá změna daných pozorovaných objektů. Charakteristikou pro rychlost přechodu ze stavu relativního klidu je tzv. vigilance. Značí, že řidiči jsou pohotová jen v případě dobrého vidění v dopravním prostoru. V některých případech svojí neznalostí tento dopravní prostor degradujeme na prostor životu nebezpečný.

I když problematika řízení motorových vozidel v noci, mimo městské aglomerace je řešena na různých vědeckých úrovních, mezinárodních doporučení, statistické údaje nejen z posledních roků, stále vykazují vysoký počet střetů motorových vozidel s chodci nebo s pevnou překážkou. Ve většině potom s tragickými následky.

Problém mezopického nočního vidění, na úrovni roku 2019, nelze chápat jako čistě fyzikální pojímaný problém, jenž je postaven na známé skutečnosti, že ***lidský činitel pro zpracování zrakového podnětu potřebuje světlo!***

Za klíčový problém lze označit skutečnost, že se u řidiče mylně předpokládá zpracování zrakového podnětu, za nočních světelných podmínek, i z periferní oblasti vidění.

V noci je zpracování zrakového podnětu jen z relativně malého zorného pole, ve kterém řidič registruje zrakové podněty a je schopen realizovat odpovídající odpověď – činnost na reálné vidění.

Literatura

ČSN 73 6110. *Projektování místních komunikací*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.

ČSN CEN/TR 13201-1. *Osvětlení pozemních komunikací: Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2016

Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (**Zákon** o silničním provozu)

SVĚTELNÁ TECHNIKA, tým autorů pod vedením prof. Ing. Karla Sokanského, CSc.

SVĚTLO A OSVĚTLOVÁNÍ, tým autorů pod vedením prof. Ing. Jiřího Habela, DrSc.

ANALÝZA VIDĚNÍ ZKUŠENÝCH A NEZKUŠENÝCH ŘIDIČŮ A ZÁVĚRY O BEZPEČNOSTI PROVOZU, Univ.Prof. DI Dr. Ernst PFLEGER, Chairman of EVU-Austria, EPIGUS-Institute of holistic accident and safety research, Schmerlingplatz 3/7, 1010 Wien, e-mail: ernst@pfleger.cc

ANALÝZA DOBY, KTEROU ŘIDIČ POTŘEBUJE K VYHODNOCENÍ SITUACE ZA A PŘED VOZIDLEM. Bradáč, Albert, Ing., Ph.D., Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, ing.bradac@usi.vutbr.cz

SOUBOR PŘEDNÁŠEK INSTRUKČNĚ METODICKÉHO ZAMĚSTNÁNÍ DOPRAVNÍCH INŽENÝRŮ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE ČR, Jirí Tesař, Česká společnost pro osvětlování, region Liberecký, Janáčkova 217/11, 466 06 Jablonec nad Nisou, jiri.tesar@artmetal-cz.com

ALFERDINCK, Johan W. A. M. Target detection and driving behaviour measurements in a driving simulator at mesopic light levels. *Ophthal. Physiol. Opt.* 2006, 26, 264–280.

SKÁLA J, TESAŘ J, Vyhodnocení vlivu úrovně hladiny osvětlení na počet dopravních nehod, Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení 2014
SKÁLA J, TESAŘ J, Vyhodnocení vlivu barvy světla veřejného osvětlení na počet dopravních nehod, Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení 2014

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA – archiv autora, fotodokumentace z měření