

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



Bc. Tomáš Blodek

**Hodnocení bezpečnosti pozemních komunikací
pomocí jasové analýzy**

Diplomová práce

2023

K622..... Ústav soudního znalectví v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Tomáš Blodek

Studijní program (obor/specializace) studenta:

navazující magisterský – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Hodnocení bezpečnosti pozemních komunikací pomocí jasové analýzy**

Název tématu (anglicky): **Road Safety Assessment Using Luminance Analysis**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Rešerše způsobu hodnocení osvětlení pozemních komunikací
- Analýza výsledků noční bezpečnostní inspekce PK na silnicích I. třídy
- Provedení lokálního šetření s využitím jasové analýzy alespoň v jedné rizikové lokalitě
- Statistické a grafické zpracování naměřených dat
- Komparace výsledků okometrického měření a jasové analýzy



- Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací - metodika provádění, Ostrava, VŠB - TUO, 2020
ČSN EN 13201 - Osvětlení pozemních komunikací

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Bc. Karel Kocián, Ph. D.**
Ing. Pavel Vrtal

Datum zadání diplomové práce: **6. července 2022**
(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 diplomové práce: **30. listopadu 2023**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
vedoucí
Ústavu soudního znaleství v dopravě




prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Tomáš Blodek
jméno a podpis studenta

V Praze dne 12. května 2023

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucím mé diplomové práce Ing. Bc. Karlovi Kociánovi, Ph.D. a Ing. Pavlovi Vrtalovi za ochotu při konzultacích a za jejich odborné rady a připomínky. Rovněž bych chtěl poděkovat Ústavu soudního znalectví v dopravě Fakulty dopravní ČVUT za zapůjčení měřicí techniky a jejího příslušenství. V neposlední řadě si zaslouží poděkování i moje rodina a zejména pak rodiče za neustávající finanční i psychickou podporu během celého studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne

.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Hodnocení bezpečnosti pozemních komunikací pomocí jasové analýzy

Diplomová práce

2023

Bc. Tomáš Blodek

Klíčová slova:

Bezpečnostní inspekce, noční bezpečnostní inspekce, kontrast, veřejné osvětlení, jas, jasový analyzátor

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou noční bezpečnosti na pozemních komunikacích se zaměřením na intravilánové úseky silnic I. třídy. V rámci diplomové práce byly definovány světelně technické veličiny a způsoby měření kvality osvětlení dopravního prostoru pomocí veřejného osvětlení. Praktická část diplomové práce cílila na komparaci okometrické metody provádění noční bezpečnostní inspekce pozemní komunikace s daty získanými pomocí jasového analyzátoru.

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

Road Safety Assessment Using Luminance Analysis

Master's thesis

2023

Tomáš Blodek

Keywords:

Safety inspection, night safety inspection, contrast, public lighting, luminance, luminance analyzer

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the issue of night safety on roads with a focus on intravilan sections of I. class roads. Within the framework of the diploma thesis the light technical variables and methods of measuring the quality of illumination of the traffic area by means of public lighting were defined. The practical part of the diploma thesis aimed at comparing the oculometric method of night safety inspection of roads with the data obtained using a luminance analyzer.

Obsah

1. Seznam použitých zkratek	9
2. Úvod	10
3. Bezpečnost na pozemních komunikacích	12
3.1. Faktory ovlivňující vznik dopravní nehody.....	12
3.2. Proaktivní nástroje a reaktivní nástroje	14
3.3. Rozdílný denní a noční pohled na bezpečnost.....	15
4. Způsoby hodnocení osvětlení	18
4.1. Světelně-technické veličiny.....	18
4.1.1. Světelný tok	18
4.1.2. Prostorový úhel	18
4.1.3. Svítivost	19
4.1.4. Osvětlenost.....	19
4.1.5. Jas	20
4.1.6. Kontrast	21
4.2. Okometrie.....	21
4.3. Měření založené na osvětlenosti.....	22
4.3.1. Měření osvětlenosti konfliktních oblastí	23
4.3.2. Měření osvětlenosti oblastí pro chodce a pomalou dopravu	25
4.3.3. Měření osvětlenosti motorové dopravy.....	27
4.4. Měření založené na jasové analýze	28
4.4.1. Jasoměry	32
4.4.2. Jasové analyzátory	33
4.4.3. LDA - Luminance Distribution Analyser	34
5. Noční bezpečnostní inspekce Jihočeského kraje	36
5.1. Postup provedení noční BI PK.....	37
5.2. Kategorie sledovaných deficitů	40
5.3. Identifikované dopravně-bezpečnostní deficity.....	41
6. Jasová analýza intravilánového úseku silnice I. třídy	44

6.1.	Faktory ovlivňující výsledky jasové analýzy	44
6.1.1.	Atmosférické podmínky	44
6.1.2.	Čas měření a fáze měsíce	44
6.1.3.	Povrchové vlastnosti vozovky.....	45
6.1.4.	Pozice a úhel pohledu pozorovatele.....	45
6.1.5.	Parametry VO	45
6.2.	Popis způsobu provádění jasové analýzy	46
6.2.1.	Postup sběru dat pomocí jasového analyzátoru	46
6.2.2.	Postup vyhodnocení dat z jasového analyzátoru.....	48
6.3.	Způsoby zisku bodových hodnot jasu	49
6.3.1.	Nástroj mřížka.....	49
6.3.2.	Nástroj pruh	50
6.3.3.	Porovnání výsledků.....	50
6.4.	Způsoby prezentace výsledů	52
6.4.1.	Výpočet a prezentace dat získaných na základě výpočtů dle osvětlovacích norem.....	52
6.4.2.	Grafické znázornění	53
7.	Jasová analýza vybraných obcí JČK.....	59
7.1.	Křenovice	59
7.1.1.	Informace o měřeném úseku a VO.....	60
7.1.2.	Klimatické podmínky měření	63
7.1.3.	Výpočet třídy osvětlení.....	63
7.1.4.	Porovnání naměřených hodnot s normou.....	67
7.2.	Skočice.....	69
7.2.1.	Informace o měřeném úseku a VO.....	70
7.2.2.	Klimatické podmínky měření	72
7.2.3.	Výpočet třídy osvětlení.....	73
7.2.4.	Porovnání naměřených hodnot s normou.....	75
7.3.	Bernartice	78

7.3.1.	Informace o měřeném úseku a VO.....	79
7.3.2.	Klimatické podmínky měření	82
7.3.3.	Výpočet třídy osvětlení.....	82
7.3.4.	Porovnání naměřených hodnot s normou.....	85
8.	Komparace výsledků noční BI PK a jasové analýzy.....	88
9.	Závěr	90
10.	Zdroje	93
11.	Seznam obrázků.....	97
12.	Seznam tabulek.....	99
13.	Seznam příloh	101

1. Seznam použitých zkratk

BI	Bezpečnostní inspekce
PK	Pozemní komunikace
LDA	Luminance Distribution Analyser
CEBASS	Centrální evidence bezpečnostních analýz silniční sítě
VO	Veřejné osvětlení
VDZ	Vodorovné dopravní značení
SDZ	Svislé dopravní značení
DZ	Dopravní zařízení
TKP	Technické kvalitativní podmínky staveb
HDR	High Dynamic Range
RPDI	Roční průměr denních intenzit
JČK	Jihočeský kraj

2. Úvod

Bezpečnost všech účastníků silničního provozu je jedním z hlavních pilířů moderních dopravních trendů. Moderní trendy v silniční dopravě se opírají o tzv. VIZI NULA [1], která pochází ze Švédska a jejíž myšlenky byly poprvé představeny již v roce 1995. VIZE NULA změnila zcela pohled na dopravu v oblasti odpovědnosti za dopravní nehodu a ve vnímání následků dopravních nehod. Její hlavní myšlenka spočívá ve snížení počtu dopravních nehod s vážným zraněním nebo dokonce s usmrcením účastníka dopravní nehody na hodnotu 0. Ostatní počty by měly být brány jako neakceptovatelné a vyšetřovány jakožto mimořádná událost. Dopravní nehoda by pak měla být vnímána jakožto pochybení celého systému (pozemní komunikace, legislativy, automobilu, policie...) a ne pouze jakožto pochybení konkrétního účastníka silničního provozu. [1] [2] Na základě této myšlenky byly v České republice vypracovány Národní strategie bezpečnosti silničního provozu, na které navazuje aktuálně platná Strategie BESIP 2021-2030 [3], jejíž náplní je snížení počtu usmrcených a těžce zraněných osob v silničním provozu o polovinu mezi roky 2020 a 2030. [3]

V rámci strategie bylo navrženo mnoho proaktivních i reaktivních nástrojů, které mají pozitivní vliv na bezpečnost silničního provozu. Jedním z proaktivních nástrojů jsou bezpečnostní inspekce pozemních komunikací, které mají za cíl vytvoření samovysvětlující a odpouštějící dopravní infrastruktury. [4] Specifickým příkladem bezpečnostní inspekce pozemních komunikací jsou noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací (dále jen „BI PK“), které se zaměřují na bezpečnost pozemních komunikací v době snížené viditelnosti. Na noční bezpečnost v České republice není kladen takový důraz, jaký by si tato problematika zasloužila. V České republice v roce 2022 zahynulo v noci 149 účastníků dopravních nehod. Tento počet tvoří téměř třetinu ze všech usmrcených účastníků provozu a přitom noční dopravní nehody tvoří necelou čtvrtinu ze všech dopravních nehod za rok 2022. [5] Počty nočních dopravních nehod a jejich následků jsou alarmující zejména s ohledem na skutečnost, že intenzita dopravy v tomto časovém období je na většině dopravní sítě mnohonásobně nižší než intenzita v denních hodinách.

V rámci noční BI PK je jedním ze zkoumaných bezpečnostních rizik i neadekvátní provedení či absence veřejného osvětlení v rámci intravilánu. Základem dopravně-bezpečnostních deficitů spojených s veřejným osvětlením je zhoršená viditelnost ostatních účastníků dopravního provozu (zejména chodců a cyklistů), překážek na komunikaci a celková snížená orientace v rámci pozemní komunikace. [6] [7] Diplomová práce si klade za cíl se zaměřit na dopravně-bezpečnostní závady tohoto charakteru. Hlavním úkolem je na základě výsledků provedené noční BI PK provést jasoměrná měření pomocí jasového analyzátoru Luminance Distribution Analyser (dále jen „LDA“) v předem definovaných lokalitách.

Diplomová práce, za účelem uvedení čtenářů do dané problematiky, vysvětlí základní pojmy spojené s bezpečností na pozemních komunikacích a popíše hlavní rozdíly v denním a nočním pohledu na bezpečnost pozemních komunikací. Základ teoretické části bude tvořit uvedení odlišných způsobů hodnocení kvality osvětlení. Hodnocení osvětlování bude provedeno na základě měřených různých světelně technických veličin, které budou rovněž definovány. V rámci teoretické části bude současně detailněji popsán způsob provedení noční BI PK v části Jihočeského kraje a statistické vyhodnocení jejích výsledků s ohledem zejména na kvalitu provedeného veřejného osvětlení.

Hlavním tématem praktické části bude způsob provedení jasové analýzy na vybraných úsecích silnic I. třídy v rámci Jihočeského kraje. V rámci popisu budou uvedeny faktory ovlivňující správnost provedení jasové analýzy, jejích výsledků a rovněž bude uveden detailní popis provedení jasové analýzy pomocí jasového analyzátoru LDA, a to včetně vyhodnocení získaných dat a jejich prezentace.

Závěr diplomové práce bude věnován komparaci výsledků noční BI PK a výsledků provedených jasových analýz. Cílem je zjištění propojenosti pohledu okometrické metody noční BI PK na bezpečnost dopravy a normativního hodnocení kvality osvětlení na základě jasové analýzy. Závěry plynoucí z diplomové práce mají za cíl obohacení noční bezpečnostní inspekce o jasoměrná měření.

3. Bezpečnost na pozemních komunikacích

Bezpečnost na pozemních komunikacích (dále jen „PK“) je již řadu let velmi diskutované téma, které vyžaduje neustálou pozornost. Každým rokem se na pozemních komunikacích stává vysoký počet dopravních nehod s vážnými následky, včetně usmrcení. [8] Dopravní nehody patří mezi nejčastější příčiny usmrcení v zemích Evropské unie a rovněž v jejich důsledku dochází k velkým ekonomickým ztrátám. Aby došlo ke zvrácení tohoto negativního trendu, všechny země EU, včetně České republiky, přijaly kroky ke snížení nehodovosti. Nejpozději do roku 2050 by měl být splněn cíl VIZE NULA [1], kterým je, že žádná osoba by neměla být na pozemních komunikacích usmrcena nebo těžce zraněna. VIZE NULA v současné době působí velmi nerealisticky, avšak měla by se realizovat veškerá opatření, abychom se k ní alespoň co nejdříve přiblížili. Pro splnění těchto cílů byly v České republice vytvořeny kroky pro zvýšení bezpečnosti. V současné době se touto problematikou zabývá Strategie BESIP 2021–2030. [3] Hlavním cílem této strategie je do roku 2030 snížit počet obětí dopravních nehod a těžkých zranění v důsledku těchto nehod o polovinu. Pro představu v roce 2011 bylo na silnicích v České republice těžce zraněno nebo usmrceno celkem 3 799 osob a v roce 2021 pouze 2 094 osob. [8] Na základě těchto dat by bylo snadné tvrdit, že došlo ke snížení těžkých nehod za 10 let o téměř 45 %, a že tedy Česká republika je na správně cestě k naplnění jednoho z cílů. Avšak je důležité si uvědomit, že v roce 2021 měla na dopravu, nejen v České republice, velký vliv epidemie onemocněním COVID 19. Z tohoto důvodu je nutné se na relevantnost dat podívat až s větším odstupem, avšak trend v podobě poklesu počtu těžkých dopravních nehod je neoddiskutovatelný. I přes tento zjevný trend Česká republika dlouhodobě vykazuje vysokou míru nehodovosti. Následky vyplývající z těchto mimořádných událostí jsou oproti ostatním evropským státům nadprůměrné, tudíž je nutné tuto skutečnost změnit. [8] Nejzranitelnějšími účastníky dopravního provozu na pozemních komunikacích jsou pěší a cyklisté. [9] Při řešení bezpečnosti je nezbytné na tyto skupiny klást důraz, protože srážka s nimi při vyšších rychlostech motorové dopravy znamená vždy vysoké riziko těžkého zranění či usmrcení chodce nebo cyklisty. Všeobecně z pohledu bezpečnosti je za nejvíce rizikové to, co není vidět. U osob pohybujících se na vozovce pak toto pravidlo platí dvojnásob. [10]

3.1. Faktory ovlivňující vznik dopravní nehody

Na vznik dopravních nehod mají největší vliv 3 základní faktory: řidič, vozidlo a pozemní komunikace.

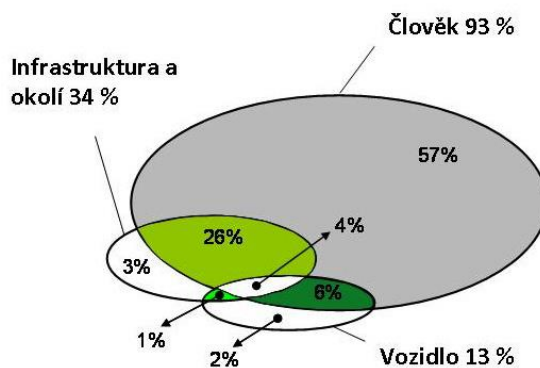
Řidič je ovlivněn mnoha faktory, které vychází z lidské podstaty. Podléhá svému psychickému a fyzickému stavu, ale také vychází ze svých zkušeností a naučených věcí. Návyky řidiče nejsou vždy z pohledu bezpečnosti žádoucí. Jedním z řidičových návyků může být kouření

nebo telefonování za volantem. Rovněž lze za nebezpečný návyk některých řidičů označit nadměrné spoléhání se na technické možnosti a pomocné systémy svého vozidla, které může vést k nedostatečné pozornosti při řízení. Řidiči by neměli za svoje špatné návyky být pouze perzekuováni. Udílení peněžitých trestů nebo zákazů řízení nesmí být jedinou metodou výchovy řidičů. Je důležité klást důraz na celoživotní vzdělávání řidičů a tvorbu osvěty řidičů z pohledu bezpečnosti dopravy. Z tohoto důvodu je nutné provozovat osvětové kampaně a další podobné aktivity, jejichž funkcí je upozornit účastníky provozu na PK na jejich základní chyby a prohřešky v řízení a přiblížit jim jaké následky mohou svým nevhodným chováním způsobit. Samozřejmostí je docílení co nejlepších výsledků při samotné výchově řidičů před splněním požadavků pro udělení řidičského oprávnění. [11] [12]

Faktorem vozidlo se rozumí jeho technický stav a vybavenost prvků aktivní a pasivní bezpečnosti. Špatný technický stav nebo přímo porucha vozidla (např. brzdového systému) může být hlavní příčinou vzniku dopravní nehody. Bohužel Česká republika pokračuje v trendu stárnutí českého vozového parku, který nadále vykazuje výrazně vyšší věkový průměr, než je tomu v EU jako celku. Průměrné stáří osobních automobilů v ČR činilo ke konci roku 2021 již více jak 15,5 roku, což je téměř o 3 roky více než v roce 2011. Když dojde k odhlédnutí této negativní statistiky týkající se konkrétně České republiky, lze tvrdit, že tento pilíř je ze všech nejlépe a nejrychleji se rozvíjícím pilířem. Prvky pasivní i aktivní bezpečnosti se každoročně posouvají na vyšší úroveň, a to zejména z důvodu vysoké konkurence v automobilovém průmyslu. Prvky aktivní bezpečnosti mohou účinně zabránit dopravní nehodě nebo společně s pasivními prvky alespoň minimalizovat její následky. Avšak je žádoucí, aby tyto prvky zasahovaly pouze v nezbytných případech. Pokud tak neučiní, může docházet k nežádoucímu účinku v podobě ztrácející pozornosti řidiče na řízení vozidla. [13]

Pozemní komunikace a její okolí musí splňovat taková dopravně-inženýrská opatření, která jsou v souladu s pravidly bezpečnosti silničního provozu. Tím je myšleno, aby technický stav vozovky nevykazoval nedostatky, které by mohly zapříčinit vznik dopravní nehody. Dokonce je vhodné, aby komunikace obsahovala prvky, které budou zabraňovat vzniku dopravních nehod nebo alespoň snižovat jejich následky. [12]

Dle statistik je uváděno, že člověk má podíl až na více než 90 % dopravních nehod. [11] Infrastruktura a okolí má podíl na přibližně třetině dopravních nehod a technický stav vozidla na přibližně 13 % nehod. Obrázek 1 zobrazuje podrobnější statistické hodnoty o příčině dopravních nehod.



Obrázek 1 Pilíře ovlivňující vznik dopravních nehod. [11]

Všechny 3 faktory ovlivňující vznik dopravních nehod jsou základem bezpečnosti na PK a společně vytváří tzv. 3 pilíře bezpečnosti – člověk, komunikace a vozidlo. Pro snížení počtu dopravních nehod je nezbytné klást důraz na všechny 3 pilíře, protože jenom docílením kvality všech pilířů dojde k maximálnímu pokroku ve snížení počtu dopravních nehod a jejich následků. Snížení počtu dopravních nehod lze docílit pomocí dvou druhů nástrojů – proaktivními a reaktivními. Optimální strategií je kombinace obou nástrojů, což umožňuje dosáhnout nejlepších výsledků v prevenci dopravních nehod. [11] [12]

3.2. Proaktivní nástroje a reaktivní nástroje

Zásadní rozdíl mezi proaktivními a reaktivními nástroji je úhel pohledu na bezpečnost. Jak už z názvu vyplývá, reaktivní nástroje bezpečnosti reagují na již vzniklé problémy. Především vycházejí z již už vzniklých dopravních nehod. Naproti tomu proaktivní nástroje bezpečnosti pomáhají nalézt a eliminovat rizika, která by mohla negativně přispívat ke vzniku dopravních nehod nebo zhoršovat jejich následky.

Cílem proaktivních nástrojů je zabránění dopravním nehodám dříve, než nastanou. Jejich hlavním nástrojem je audit bezpečnosti pozemních komunikací, který má za úkol odhalení bezpečnostních rizik již v projekční části výstavby. Díky tomuto proaktivnímu nástroji se předchází nutným opravám již fyzicky existující stavby. Dochází pouze k úpravě návrhu stávajícího projektu a tím lze předejít velkým ekonomickým úsporám. Dalším velmi prospěšným nástrojem je BI PK, která odhaluje nedostatky a rizika stávající infrastruktury, tzv. dopravně-bezpečnostní deficity. Princip BI PK spočívá v identifikaci deficitu, stanovení jeho rizikovosti a návrhu opatření na jeho odstranění. Mezi dopravně-bezpečnostní rizika patří například pevné překážky v blízkosti PK, neadekvátně provedená zádržná zařízení, ale i neadekvátně provedený přechod pro chodce či autobusová zastávka. Cílem není pouze na rizika upozornit, ale také doporučit opatření pro jejich odstranění nebo snížení jejich rizikovosti. Do kategorie proaktivních nástrojů také spadá osvěta a kampaně upozorňující

na problémy v provozu, jako je například nedodržování maximální dovolené rychlosti nebo řízení pod vlivem alkoholu. Snaha je docílit celoživotního vzdělávání účastníků provozu a neustále edukovat řidiče o tom, jak se mají adekvátně chovat při řízení dopravního prostředku. [4][12]

Reaktivní nástroje vycházejí již ze vzniklých dopravně-nebezpečných situací, neboli reagují na již vzniklé dopravní nehody. Cílem reaktivních nástrojů je nalezení příčin dopravních nehod a jejich odstranění ve snaze, aby k podobné dopravní nehodě již nedošlo, nebo aby se alespoň snížily její následky. Reaktivní nástroje vycházejí ze statistik nehodovosti a analýz dopravních nehod. Tyto podklady přispívají k identifikaci nehodových lokalit, (potencionálně nejnebezpečnější místa na komunikaci) a rovněž k určení příčiny již vzniklých dopravních nehod. Dle zjištěných příčin se vypracuje návrh na odstranění provozně-bezpečnostních deficitů. [4][12]

3.3. Rozdílný denní a noční pohled na bezpečnost

Bezpečnost dopravy je vysoce komplexní problematikou, zahrnující nespočet faktorů, které ji ovlivňují. Jedním z těchto faktorů je i denní doba, respektive viditelnost. Vnímání bezpečnostních rizik za snížené viditelnosti může být zcela diametrální oproti ideálním podmínkám při řízení. Jak již bylo zmíněno v předchozí podkapitole 3.2 mezi nástroje sloužící ke zvýšení bezpečnosti dopravy patří i BI PK. Na základě jejich znalostí budou v této kapitole popsány rozdíly v řešení noční a denní bezpečnosti.

Zásadními principy denní i noční BI PK je to, aby komunikace byly samovysvětlující a odpouštějící. Těmto principům by měla podléhat každá komunikace a rovněž by měla být dle nich již realizována. Samovysvětlující komunikace se definuje jako komunikace, ze které je jednoznačně patrné, co může řidič od komunikace očekávat a adekvátně se může na nastalou situaci připravit. Příkladem může být to, aby byl řidič adekvátně upozorněn na náhlou změnu křivolakosti trasy (směrový oblouk malého poloměru) a díky tomu mohl zavčas uzpůsobit rychlost své jízdy. [6] [12]

Stavební uspořádání odpouštějící komunikace eliminuje nebo alespoň snižuje následky chyb řidičů vozidel. Příkladem lze uvést, když řidič nezvládne svoji jízdu a s vozidlem nekontrolovatelně vybočí mimo vozovku. V bezprostřední blízkosti komunikace se nesmí poté nacházet žádné nechráněné pevné překážky. Při střetu s takovými překážkami se mohou výrazně zvýšit sekundární následky dopravní nehody a zvyšuje se i míra zranění osádky vozidla. Primárním cílem odpouštějící komunikace je zamezení tragických následků dopravních nehod. [6] [12]

Při provádění denní BI PK je kladen stejný důraz na to, aby byla komunikace samovysvětlující i odpouštějící. Naopak při noční BI PK je cílem zajistit zejména srozumitelnost komunikace. Tento cíl vychází z důvodu, že noční BI PK jsou vždy prováděny jako doplněk k denní BI PK. Z tohoto faktu vyplývá, že noční bezpečnost je nutné řešit s adekvátní znalostí denního pohledu na bezpečnost dané lokality.

Stejně jako u denních dopravních nehod, tak i u nočních, je nejčastějším faktorem vzniku dopravních nehod člověk, a to s podílem na 90 % všech nočních dopravních nehodách. Přitom přibližně v 60 % všech nočních dopravních nehod je označován za hlavního viníka právě člověk. [7] Může za to zejména špatná orientace, viditelnost a špatné vnímání nočního prostoru lidským okem. Účastníci provozu se dopouštějí chyb v úsudku, koncentraci a jsou omezeni svými psychickými a fyzickými vlastnostmi. Dalším faktorem je úmyslné porušování dopravních předpisů a tím vědomé vystavení se riziku. Avšak nelze opomenout, že na chování řidičů má znatelný vliv kvalita provedení pozemní komunikace (samovysvětlující komunikace). Jízda po noční komunikaci je odlišná v nočním rozhledu. Noční rozhled je vzdálenost, která je kvalitně osvětlena a řidič v ní dokáže bez větších problémů rozpoznat objekty, vedení komunikace, ale i ostatní účastníky silničního provozu (např. chodce). [7] Noční rozhled je ovlivněn v extravilánových úsecích zejména reflektory vozidla. V intravilánových úsecích kromě reflektorů často ovlivňuje noční rozhled veřejné osvětlení. S ohledem na danou problematiku je zde zaveden pojem účinně osvětlené plochy. Osvětlená plocha je taková plocha, která je ohraničena průmětem světelného kužele s hranicemi osvětlení. U běžných vozidel osvětlená plocha dosahuje až 75 m od vozidla, avšak nemusí mít na tuto vzdálenost dohled na všechny překážky. Nebo se mohou například chodci ukrývat ve stejném kontrastu s okolím, a tudíž se stávají téměř neviditelnými. [12]

Kontrast je považován za jeden z hlavních faktorů, které ovlivňují bezpečnost dopravy za snížených viditelnostních podmínek. Kontrast umožňuje řidiči odlišit aktivační objekt, kterým v řešení problematiky noční bezpečnosti dopravy je často chodec, od jeho okolí. Na rozlišitelnost aktivačního objektu má zásadní vliv provedení a vlastnosti aktivačního objektu a provedení a vlastnosti prvků okolí aktivačního objektu. Z pohledu provedení a vlastností aktivačního objektu jsou podstatné zejména barva, jeho odrazové vlastnosti a samozřejmě i velikost a tvar. Co se týče okolí, jsou opět nejdůležitějšími vlastnostmi jeho barva a odrazové vlastnosti. Na příkladu chodce lze říci, že na jeho odlišitelnosti od pozadí má zásadní vliv barva jeho oblečení. Neméně podstatným faktorem je, ale i kde se chodec nachází, neboli co je v jeho blízkém okolí a na pozadí. Pro docílení vyšší bezpečnosti chodců je nutné jejich včasné zpozorování, které má v rámci obcí zajistit kvalitně provedené veřejné osvětlení. Podrobnější informace o kontrastu je možné se dočíst v podkapitole 4.1.6.

Noční viditelnost je specifická i v tom, že každý člověk je jedinečný a vnímá kontrast i intenzitu světla odlišně. Je dokázáno, že s rostoucím věkem člověk potřebuje větší množství světla, aby viděl stejně dobře, jako když byl mladší. S každým zestárnutím o 13 let věku se potřeba světla zpravidla zdvojnásobí, proto například zdravý dvacetiletý člověk potřebuje 4x méně světla pro rozpoznání objektů než průměrná 46 letá osoba (viz Obrázek 2). [7]



Obrázek 2 Grafické znázornění množství světla nutného k řízení za tmy. [7]

Na velikost a tvar světelné plochy mají zásadní vliv reflektory. Je důležité jejich správné natočení. Každý druh reflektorů má jiné vlastnosti, které mohou subjektivně vyhovovat různým řidičům. Správné nastavení reflektorů je zásadní nejen pro viditelnost řidiče daného vozu, ale i pro ostatní účastníky provozu na PK. Ostatní účastníci nesmějí být jinými vozidly oslněni, protože by tato skutečnost mohla vést ke vzniku dopravní nehody. [7] [12]

4. Způsoby hodnocení osvětlení

Pro zajištění bezpečnosti zejména nejzranitelnějších účastníků dopravy, kterými jsou pěší a cyklisté, je při snížených viditelnostních podmínkách (dále používán jen nejběžnější případ snížené viditelnosti = noc), důležité zajištění v intravilánových oblastech adekvátního veřejného osvětlení. Hodnocení kvality veřejného osvětlení lze docílit mnoha způsoby. Tyto metody jsou popsány v následujících podkapitolách. Při popisu jednotlivých způsobů měření je kladen důraz zejména na jeho využití při hodnocení bezpečnosti v dopravním provozu.

4.1. Světelně-technické veličiny

Pro správné porozumění odlišných způsobů hodnocení kvality osvětlení je nutné znát některé světelně technické veličiny a další pojmy týkající se veřejného osvětlení.

4.1.1. Světelný tok

Světelný tok je veličina odpovídající zářivému toku a vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový vjem. Světelný tok se v řecké abecedě označuje písmenem Φ a jeho jednotkou je lumen [lm]. Světelný tok představuje primární parametr, jenž charakterizuje výkon světelného zdroje nebo svítidla v oblasti světelné techniky a obecně lze tvrdit, že čím větší je počet lumenů, tím více světla je vydáno ze zdroje světla. Stanovení světelného toku je možné za pomoci graficko-početních metod z naměřených křivek svítivosti, nebo pomocí přímého měření světelného toku v kulovém integrátoru. [15] [16]

4.1.2. Prostorový úhel

Je jedna ze základních veličin užívanou ve světelně technických výpočtech. Velikost prostorového úhlu je určena velikostí plochy vyřaté obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule, jejíž střed je shodný s vrcholem kužele. Značí se v řecké abecedě písmenem Ω a jeho jednotkou je steradián [sr]. [15] [16] Výpočet prostorového úhlu je dán rovnicí:

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

kde

A je plocha na povrchu koule v m²

r je poloměr koule v m

4.1.3. Svítivost

Svítivost můžeme definovat jako hustotu světelného toku v prostorovém úhlu, jímž tento tok prochází. Svítivost je označována písmenem **I** a její jednotka kandela [**cd**] je jednou ze sedmi základních jednotek soustavy SI. Svítivost je vektorová veličina a je možné ji určit pouze pro bodový zdroj. Bodovým zdrojem se rozumí zdroj, jehož rozměry jsou prakticky zanedbatelné ve srovnání se vzdáleností zdroje od kontrolního bodu. [15] [16] Svítivost bodového zdroje ve směru určeném úhlem γ je definována tímto vztahem:

$$I_{\gamma} = \frac{d\varphi}{d\Omega}$$

kde

φ je světelný tok vyzářený svítidlem

Ω je prostorový úhel

Měření svítivosti neprobíhá přímo, nýbrž se převádí z měření osvětlenosti. V současné době se k tomuto účelu převážně využívá tzv. goniofotometr, který dokáže změřit svítivost světelného zdroje v různých rovinách a pod různými úhly. [15] [16]

4.1.4. Osvětlenost

Osvětlenost lze definovat jako plošnou hustotu světelného toku dopadajícího na plochu A. Dopadající světelný tok způsobí vznik určité intenzity osvětlení na dané ploše. Osvětlenost se označuje písmenem **E** a jeho jednotkou jsou luxy [**lx**]. [15] [16] Osvětlenost lze vypočítat na základě tohoto vzorce:

$$E = \frac{d\varphi}{dA}$$

kde

φ je světelný tok v lm vyzářený svítidlem

A je plocha v m^2 , na kterou dopadá světelný tok

Při známosti svítivosti světelného zdroje je možné osvětlenost vypočítat pomocí tzv. čtvercového zákona. Pro vnímání osvětlované plochy je nejvýznamnější normálová složka osvětlenosti. Pro normálovou osvětlenost platí vztah podle kosinového (Lambertova) zákona dopadu světla (viz Obrázek 3):

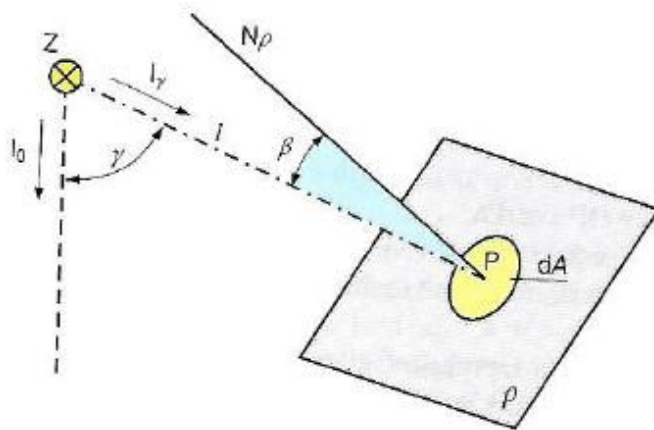
$$E = \frac{I_y}{l^2} \cos\beta$$

kde

I_y je svítivost známého zdroje

l je vzdálenost osvětlené plochy od bodového zdroje

β je úhel svírající dopadající paprsek a normála osvětlované plochy



Obrázek 3 Znárodnění výpočtu osvětlenosti. [16]

V praxi nedochází k používání vzorců na výpočet osvětlenosti. Její hodnoty se získávají pomocí zařízení zvané luxmetr. [15] [16]

4.1.5. Jas

Jas je z hlediska lidského vidění nejvýznamnější veličinou. Je to z důvodu toho, že lidské oko na tuto veličinu bezprostředně reaguje. Jas vyjadřuje množství světelného toku, které se odráží od daného elementu, případně je elementem vyřazováno v určitém směru k místu pozorovatele. Jas se označuje písmenem L a jeho jednotkou jsou kandely na metr čtvereční [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]. [15] [16] Jas lze vyjádřit pomocí vzorce:

$$L = \frac{I}{dA * \cos\beta}$$

kde

I je svítivost elementární plochy

dA je velikost plochy

β je úhel pozorování

4.1.6. Kontrast

Kontrast se obvykle definuje jako zrakový vjem závislý na rozdílu jasu dvou hraničních ploch. Je to stav umožňující rozlišení prvku od okolí. Kontrast se označuje písmenem **K** a jeho jednotka je bezrozměrná. Kontrast se nejčastěji vyjadřuje pomocí podílu jasů:

$$K = \frac{L_{chodce} - L_{pozadí}}{L_{pozadí}}$$

kde je tento vztah upraven do podoby kontrastu osoby (chodce) a jeho pozadí. Z hlediska bezpečnosti péší dopravy jsou definovány 2 přípustné kontrasty – negativní a pozitivní kontrast. Negativním kontrastem se rozumí tmavá silueta chodce na světlém pozadí. Většinou se však realizuje, zejména za pomoci přisvětlení, na přechodech pro chodce pozitivní kontrast. Při využití tohoto kontrastu řidiči vnímají světlého chodce na tmavém pozadí. Obrázek 4 znázorňuje příklady jednotlivých kontrastů. [7] [14]



Obrázek 4 Stejný kontrast, negativní kontrast a pozitivní kontrast. [7]

4.2. Okometrie

Okometrie je způsob měření založený na subjektivním zrakovém vnímání řešitele a jeho vyhodnocení. Při použití tohoto způsobu je nezbytná řešitelova důkladná znalost problematiky noční bezpečnosti a rovněž velká praxe. Okometrie je základem pro noční lokální bezpečnostní inspekce a noční BI PK formou průjezdu inspekčního vozidla. Realizace noční BI PK je nezbytná v tzv. auditorském týmu. Auditorský tým musí být složen z auditora bezpečnosti PK a dalšího minimálně jednoho člověka. [7] Postupy hodnocení lokální noční BI musí vycházet z metodiky provádění bezpečnostní inspekce pozemních komunikací v souladu se směrnicí EU 2008/96/EC [17], směrnicí EU Premium Light pro a provozem veřejného osvětlení. [18] Cílem noční BI PK je identifikace a popis rizikových faktorů negativně ovlivňující bezpečnost dopravy zejména za snížené viditelnosti. Tyto faktory lze rovněž označit jako dopravně-bezpečnostní deficity. Součástí noční BI PK jsou i doporučení, jakým způsobem

by bylo adekvátní tyto dopravně-bezpečnostní deficity řešit. Dopravně-bezpečnostní deficity týkající se veřejného osvětlení (dále jen „VO“) lze pomyslně rozdělit do 2 kategorií. První kategorií je bodová nebo liniová absence VO. Druhou kategorií je neadekvátně provedené VO. Neadekvátně provedené veřejné osvětlení může mezi jednotlivými lampami tvořit tzv. kontrastní stíny. V těchto kontrastních stínech se může ukrývat překážka, která je pro řidiče téměř neviditelná. Pod neadekvátně provedeným VO si lze rovněž představit nerovnoměrnou intenzitu osvětlení jednoho jízdního pruhu oproti druhému. [6] Noční BI PK lze nejlépe zaznamenávat pomocí kontrolních listů [7] nebo pomocí aplikace Centrální evidence bezpečnostních analýz silniční sítě (dále jen „CEBASS“). [19]

4.3. Měření založené na osvětlenosti

Nezákladnějším přístrojem měřící osvětlenost je luxmetr. Luxmetry jsou přístroje sloužící k měření osvětlenosti (viz Osvětlenost) ať už rovinné, kulové, válcové, horizontální či vertikální. Základním a nejčastěji používaným luxmetrem je luxmetr měřící rovinnou osvětlenost. Obrázek 5 uvádí příklad takového luxmetru. Snímací úhel luxmetru musí být při měření rovinné osvětlenosti ve všech rovinách kolmý k rovině, ve které se určuje osvětlenost. Pro docílení napodobení spektrálních vlastností lidského oka se využívají odpovídající korekce. Odchylka měření luxmetrů závisí zejména od jednotlivých druhů. Dražší luxmetry dosahují odchylek pouze $\pm 1 \%$, avšak levnější přístroje mohou dosahovat až 10x vyšší chybovosti. Přesnost měření se neodvíjí pouze od kvality přístroje, ale rovněž od kvality měření, zejména pak na dodržení úhlů měření. [20]



Obrázek 5 Luxmetr. [21]

V rámci ověřování kvality osvětlení pozemních komunikací se měření osvětlenosti využívá zejména při řešení konfliktních oblastí a oblastí se zvýšeným výskytem chodců nebo cyklistů. Při měření konfliktních oblastí je však doporučeno využití měření jasu.

4.3.1. Měření osvětlenosti konfliktních oblastí

Pro konfliktní oblast se využívá označení C. Konfliktní oblast je dle ČSN CEN/TR 13201-1 [22] definována jako relevantní oblast, kde dochází k vzájemnému křížení proudů motorové dopravy nebo kde se proud motorové dopravy překrývá s oblastí často využívanou dalšími uživateli dopravy.

Za konfliktní oblasti lze například označit: místa, kde dochází ke změně geometrie pozemní komunikace, jako je snížení počtu jízdních pruhů nebo zúžení komunikace, složité křižovatky, okružní křižovatky nebo obchodní zóny. Pro konfliktní oblasti jsou určovány třídy osvětlení označovány rovněž písmenem C, které jsou určeny zejména pro řidiče motorových vozidel. Avšak třídy osvětlení C lze rovněž použít u podchodů pro chodce a podjezdů pro cyklisty. Třídy osvětlení se dělí do 6 podskupin – třída C0 – C5, kde pro třídu C0 platí nejpřísnější podmínky. Jednotlivé třídy osvětlení C jsou pozemním komunikacím vybírány na základě hodnot parametrů. Tabulka 1 uvádí tyto parametry. [22][23]

Tabulka 1 Parametry pro výběr třídy osvětlení C. [22]

Parametr	Možnost	Popis	Váhová hodnota Vw
Návrhová rychlost nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h	3
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h	2
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h	0
	Nízká	$v \leq 40$ km/h	-1
Intenzita dopravy	Vysoká		1
	Střední		0
	Nízká		-1
Skladba dopravního proudu	Smišená s vysokým podílem nemotorové dopravy		2
	Smišená		1
	Pouze motorová		0
Směrové rozdělení komunikace	Ne		1
	Ano		0
Parkující vozidla	Vyskytují se		1
	Nevyskytují se		0
Jasnost okolí	Vysoká	Výlohy, reklamní plochy, sportoviště, nádraží a skladové areály	1
	Střední	Běžná situace	0
	Nízká		-1
Náročnost navigace	Vysoká		2
	Střední		1
	Nízká		0

Číslo třídy osvětlení C se vypočítá ze vzorce:

$$C = 6 - V_{WS}$$

kde

V_{WS} je součet váhové hodnoty Vw každého parametru. Pokud je hodnota $V_{WS} \leq 0$, stanoví se hodnota $V_{WS} = 1$ a pokud $V_{WS} \geq 6$ stanoví se hodnota $V_{WS} = 6$. [22]

Jednotlivé třídy osvětlení C musí splňovat hodnoty, které uvádí Tabulka 2. [23]

Tabulka 2 Třídy osvětlení C založené na osvětlenosti PK. [23]

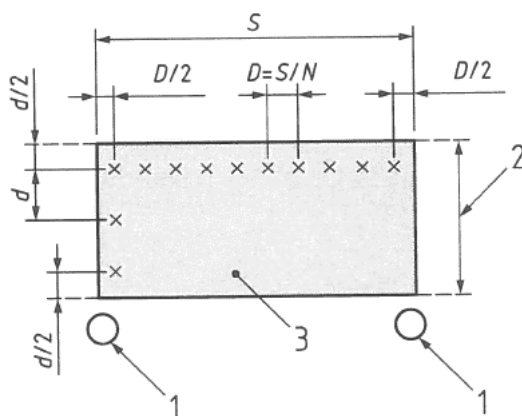
Třída	Vodorovná osvětlenost	
	\bar{E} (lx) (minimální udržitelná hodnota)	U_0 (-) (minimální hodnota)
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40
C5	7,50	0,40

kde

E je průměrná hodnota vodorovné osvětlenosti v luxech

U_0 je celková rovnoměrnost osvětlení, která je vypočítána na základě podílu minimální a maximální hodnoty.

Měření horizontální osvětlenosti v konfliktních oblastech pozemních komunikací za pomoci luxmetru se provádí vždy na předem vytyčené prostorové síti. Obrázek 6 zobrazuje schematické rozmístění bodů. Měření vertikální osvětlenosti se provádí na totožné síti, avšak je zde doporučeno umístění luxmetru do výšky 1,5 m nad povrchem země. [24]



- 1 svítidlo
- 2 šířka příslušné oblasti
- 3 oblast výpočtu
- x označuje linie výpočtových bodů v příčném a podélném směru

Obrázek 6 Prostorová bodová síť pro měření osvětlenosti. [24]

kde

D je vzdálenost bodů v podélném směru, která se vypočítá jako $D = \frac{S}{N}$

S je délka měřeného pole

N je počet bodů měření v podélném směru, pro které platí:

když $S \leq 30$ m, $N=10$

nebo $S > 30$ m, nejmenší celé číslo které dává $D \leq 3$ m

d je vzdálenost mezi body v příčném směru v metrech, která se vypočítá jako $d = \frac{W_r}{n}$

W_r je šířka vozovky nebo příslušné oblasti

n je počet bodů v příčném směru s hodnotou větší nebo rovnou 3, kde $d \leq 1,5$ m

Konkrétní podmínky pro realizaci měření, vytyčení prostorové sítě a následných výpočtů je možné vyčíst z norem ČSN EN 13201-3 Výpočet [24] a ČSN EN 13201-4 Metody měření. [25]

4.3.2. Měření osvětlenosti oblastí pro chodce a pomalou dopravu

Oblast pro chodce a pomalou dopravu se označuje písmenem P a dle ČSN CEN/TR 13201-1 [22] je definována jako relevantní oblast určená pro chodce, cyklisty a řidiče nemotorových vozidel jedoucích rychlostí nepřesahující 40 km/h.

Mezi tyto oblasti patří například chodníkové plochy, cyklostezky, pěší zóny nebo parkovací plochy. Stejným písmenem P jako oblasti pro chodce a pomalou dopravu je rovněž označena i třída osvětlení určená právě pro tyto oblasti. Tato specifická třída osvětlení je vytvořena z důvodu odlišných požadavků na zrakové úkoly rychle jedoucích motorové dopravy a pomalu se pohybujícími se chodci. Třidu osvětlení P lze rozdělit do 6 skupin (třídy P1 až P6). Rozdělení probíhá na základě parametrů, které obsahuje Tabulka 3.

Tabulka 3 Parametry pro výběr třídy osvětlení P. [22]

Parametr	Možnost	Popis	Váhová hodnota V_w
Rychlost pohybu	Nízká	$v \leq 40$ km/h	1
	Velmi nízká (rychlost chůze)	Velmi nízká, rychlost chůze	0
Intenzita dopravy	Vysoká		1
	Střední		0
	Nízká		-1
Skladba dopravního proudu	Chodci, cyklisté a motorová doprava		2
	Chodci a motorová doprava		1
	Pouze chodci a cyklisté		1
	Pouze chodci		0
	Pouze cyklisté		0
Parkující vozidla	Vyskytují se		1
	Nevyskytují se		0
Jasnost okolí	Vysoká	Výlohy, reklamní plochy, sportoviště, nádraží a skladové areály	1
	Střední	Běžná situace	0
	Nízká		-1
Rozpoznávání obličeje	Nutné		Dodatečné požadavky
	Není nutné		Žádné dodatečné požadavky

Číslo třídy osvětlení P se vypočítá ze vzorce:

$$P = 6 - V_{WS}$$

kde

V_{WS} je součet váhové hodnoty V_w každého parametru. Pokud je hodnota $V_{WS} \leq 0$, stanoví se hodnota $V_{WS} = 0$ a pokud $V_{WS} \geq 5$, stanoví se hodnota $V_{WS} = 5$. [22]

Jednotlivé třídy osvětlení P musí splňovat hodnoty, které stanovuje Tabulka 4 [23]

Tabulka 4 Třídy osvětlení P. [23]

Třída	Vodorovná osvětlenost		Vodorovná osvětlenost	
	\bar{E} (lx) (minimální udržovaná hodnota)	E_{min} (lx) (udržovaná hodnota)	$E_{v,min}$ (lx) (udržovaná hodnota)	$E_{sc,min}$ (lx) (udržovaná hodnota)
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	neurčeno	neurčeno		

Způsob měření třídy osvětlenosti P je velmi podobný jako u osvětlenosti C a jeho schéma je možné vidět na Obrázek 6.

Při řešení bezpečnosti chodců je důležité klást velký důraz na místa, kde pěší infrastruktura křížuje infrastrukturu motorové dopravy. Z tohoto důvodu jsou na přechody pro chodce a místa pro přecházení větší požadavky na osvětlení těchto míst a jejich okolí. Otázkou osvětlenosti přechodu pro chodce se v České republice zabývají zejména technické kvalitatívni podmínky staveb TKP 15. [26] V těchto TKP jsou specifikovány jednotlivé požadavky a způsoby měření osvětlení přechodů pro chodce včetně adaptačních pásem před a za nimi. [26]

4.3.3. Měření osvětlenosti motorové dopravy

Hodnocení kvality osvětlení spadající do kategorie motorové dopravy není vhodné realizovat za pomoci luxmetru, ale naopak za pomoci jasového analyzátoru, kdy kritériem hodnocení je jas a ne osvětlenost. Mezi oblasti motorové dopravy se řadí dopravní pozemní komunikace a pozemní komunikace v oblastech pro bydlení se střední až vysokou dovolenou rychlostí. Hodnocení osvětlení motorové dopravy je doporučeno provádět za pomoci měření osvětlenosti, pokud z jakéhokoli důvodu není možné provést měření jasu. Jedním z těchto důvodů je, že není možné dodržení podmínky vzdálenosti jasového analyzátoru ve vzdálenosti 60 m před místem měření. V těchto případech je možné provedení výpočtu třídy osvětlení C. Tabulka 5 uvádí možnost převodu třídy C na třídy osvětlení M. [22]

Tabulka 5 Ekvivalentní osvětlení M a C pro různé hodnoty Q_0 povrchu vozovky. [22]

Třídy osvětlení M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Třída osvětlení C pro $Q_0 \leq 0,05 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
Třída osvětlení C pro $0,05 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Třída osvětlení C pro $Q_0 > 0,09 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5

Vztah mezi jasem a průměrnou horizontální osvětleností závisí na světelnosti povrchu vozovky, vyjádřené hodnotou Q_0 povrchu vozovky.

Určení potřebné třídy osvětlení pro motorovou dopravu je založeno na stejném principu jako u předchozích tříd osvětlení. Na základě parametrů a jejich hodnot, které zobrazuje Tabulka 6, dojde k výpočtu potřebné třídy osvětlení. Číslo třídy osvětlení M se vypočítá ze vzorce:

$$M = 6 - V_{WS}$$

kde

V_{WS} je součet váhové hodnoty V_w každého parametru. Pokud je součet váhových hodnot $V_{WS} \leq 0$, stanoví se hodnota $V_{WS} = 0$. Pokud je výsledné číslo třídy osvětlení $M \leq 0$, použije se třída osvětlení M1.

Tabulka 6 Parametry pro výběr třídy osvětlení M. [22]

Parametr	Možnost	Popis		Váhová hodnota V_w
Návrhová rychlost nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové PK	Dvoupruhové PK	
	Vysoká	> 65 % max. kapacity	> 45 % max. kapacity	1
	Střední	35 %-65 % max. kapacity	15 %-45 % max. kapacity	0
	Nízká	< 35 % max. kapacity	< 15 % max. kapacity	-1
Skladba dopravního proudu	Smišená s vysokým podílem nemotorové			2
	Smišená			1
	Pouze motorová			0
Směrově rozdělená komunikace	Ne			1
	Ano			0
Hustota křižovatek		Úrovňové křižovatky (počet/km)	Mimoúrovňové křižovatky, vzdálenost mezi	
	Vysoká	> 3	< 3	1
	Střední	≤ 3	≥ 3	0
Parkující vozidla	Vyskytují se			1
	Nevyskytují se			0
Jasnost okolí	Vysoká	Výlohy, reklamní plochy, sportoviště, nádraží a skladové areály		1
	Střední	Běžná situace		0
	Nízká			-1
Náročnost navigace	Vysoká			2
	Střední			1
	Nízká			0

4.4. Měření založené na jasové analýze

Jasová měření jsou základem pro výpočet tříd osvětlení motorovou dopravou (třídy M) a jsou doporučena i při měření tříd osvětlení pro konfliktní oblasti (třídy C). [22] Pro získání dat ověřující, zda dané osvětlení vyhovuje konkrétní třídě, lze provést přímé měření jasu pomocí jasoměru nebo jasového analyzátoru, případně lze využít matematických výpočtů k získání hodnoty jasu za předpokladu znalosti osvětlenosti v daném bodě, vzdálenosti od daného bodu a dalších parametrů. Přepočítání jasu z osvětlenosti je neefektivní a náročnou metodou, která je ovlivněna mnoha faktory, které mohou výpočet provést pouze s výraznou odchylkou. Tabulka 7 slouží k vyhodnocení třídy osvětlení M pro danou PK. [23]

Tabulka 7 Třídy osvětlení M. [23]

Třída	Jas suchého a mokrého povrchu jízdního pásu PK			Omezující oslnění	Osvětlení okolí	
	Suchý povrch		Mokrá povrch	Suchý povrch	Suchý povrch	
	L (cd*m ⁻²) (minimální udržovaná hodnota)	U _o (-) (minimální hodnota)	U _i (-) (minimální hodnota)	U _{ow} (-) (minimální hodnota)	f _{Tl} (%) (minimální hodnota)	R _{EI} (-) (minimální hodnota)
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

L udává hodnotu průměrného jasu, která ovlivňuje výkon řidiče. Zrakový výkon se úměrně zvyšuje s růstem jasu na základě zvýšení kontrastní citlivosti, zrakové ostrosti a omezení oslnění. Průměrný jas povrchu (jízdního pásu) PK se vypočítá jako aritmetický průměr všech měřených bodů v daném úseku PK. [23] [24]

$$L = \frac{\sum \text{jasových hodnot}}{\text{počet jasových hodnot}} = [\text{cd} * \text{m}^{-2}]$$

U_o označuje celkovou rovnoměrnost, která je obecným měřítkem změny jasů v celém měřeném úseku. Vyjadřuje, jak dobře slouží povrch PK jako pozadí pro dopravní značení, předměty a pro ostatní uživatele PK. Výpočet U_o je z podílu minimální hodnoty (L_{min}) a průměrného jasu (L). [23] [24]

$$U_o = \frac{L_{min}}{L} = [-]$$

Podélná rovnoměrnost (U_i) je měřítkem rozlišitelnosti opakujícího se vzoru jasných a tmavých polí na PK. Ovlivňuje zrakové podmínky na dlouhých nepřerušovaných úsecích PK. Podélná rovnoměrnost se vypočítá jako podíl minimální a maximální hodnoty jasu v podélné ose jízdního pásu.

$$U_i = \frac{L_{p,min}}{L_{p,max}} = [-]$$

kde L_{p,min} je minimální hodnota jasu v podélné ose jízdního pásu a L_{p,max} je maximální hodnota.

Pro mokré vozovky byla zavedena hodnota celkové rovnoměrnosti jasu na mokré vozovce (U_{ow}). U_{ow} je jediné kritérium pro mokré vozovky. Výpočet je totožný s výpočtem celkové rovnoměrnosti na suché vozovce. [23] [24]

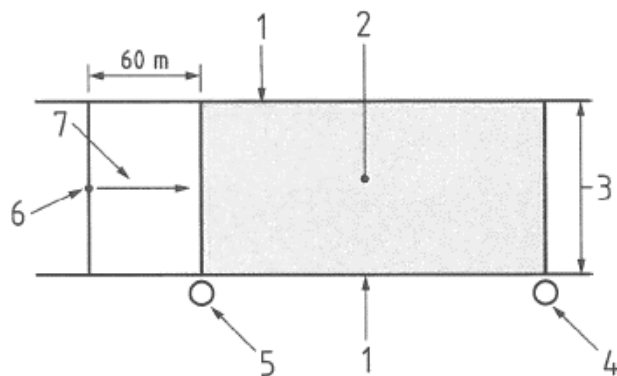
Prahový přírůstek (f_{TI}) udává procentuální zvýšení kontrastu předmětu, které je potřeba pro zachování prahu jeho viditelnosti při omezujícím oslnění způsobeném svítidly osvětlovací soustavy PK. Prahový přírůstek vyhodnocuje omezující oslnění vyvolané VO. Stupeň oslnění závisí na typu svítidel, typu světelných zdrojů a na geometrickém uspořádání. Vypočtené hodnoty platí pro mladé řidiče a lze je podle různých koeficientů převést na řidiče konkrétního věku. Hlavní příčinou oslnění je rozptyl světla v lidském oku, který má tendenci se s narůstajícím věkem zvyšovat. Avšak je nutné si uvědomit, že každý člověk je unikát a oslnění na něho může působit odlišnou intenzitou bez ohledu na věk. Matematický výpočet této hodnoty je velmi složitý a z tohoto důvodu zde není uveden, avšak funguje na principu rozdílu referenčního stavu bez oslňujícího zdroje a stavu s oslňujícím zdrojem. [23] [24]

Posledním kritériem uvedeným v tabulce je činitel osvětlenosti okolí (R_{EI}), který udává průměrnou vodorovnou osvětlenost pruhu přiléhajícího k okraji jízdního pásu zvenku dělenou průměrnou vodorovnou osvětleností pruhu přiléhajícího k okraji jízdního pásu zevnitř, přičemž pruhy mají šířku jednoho jízdního pruhu. Kritérium činitele osvětlenosti okolí se použije pouze v případě, že okolní dopravní prostory nemají vlastní požadavky na osvětlení.

Tabulka 7 uvádí pouze orientační hodnoty a v případě existence zvláštních národních nebo místních požadavků na projektování lze tyto hodnoty změnit. Upravené hodnoty mohou být vyšší nebo i nižší než současné hodnoty uvedené v tabulce, avšak je nutné zajistit dostatečné osvětlení v dané oblasti.

Při měření hodnot pro zhodnocení adekvátní třídy osvětlení je nezbytné dodržet správný postup, který definují normy ČSN EN 13201-3 Výpočet [24] a ČSN EN 13201-4 Metody měření [25]. Základem měření jasu je definování sítě měřících bodů a umístění měřícího zařízení do definované pozice.

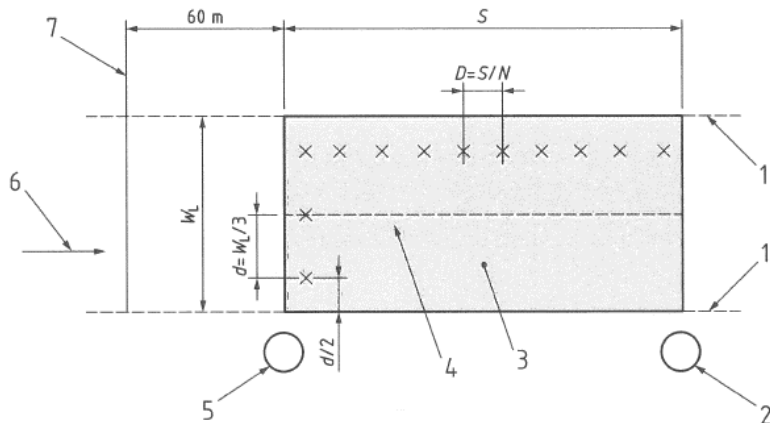
Obrázek 7 zobrazuje oblast měření jasu společně s umístěním měřícího zařízení. Obecně lze oblast v podélném směru definovat roztečí svítidel ležících ve stejné řadě. V případě, že v měřené lokalitě se nachází více než jedna řada svítidel, musí výpočtové pole ležet mezi dvěma svítidly v řadě s větší nebo největší roztečí. Měřící zařízení se umísťuje ve vzdálenosti 60 m od počáteční hrany měřené oblasti a do poloviny její délky.



- 1 okraj příslušné oblasti
- 2 oblast výpočtu
- 3 šířka příslušné oblasti
- 4 poslední svítidlo ve výpočetním poli
- 5 první svítidlo ve výpočetním poli
- 6 pozorovatel
- 7 směr pozorování

Obrázek 7 Oblast pro výpočet jasu. [24]

Obrázek 8 zobrazuje plánec rozmístění měřících bodů v oblasti. [24]



- 1 okraj linie
- 2 poslední svítidlo ve výpočetním poli
- 3 oblast výpočtu
- 4 osa jízdního pruhu
- 5 první svítidlo ve výpočetním poli
- 6 směr pozorování
- 7 podélná poloha pozorovatele
- X označuje linie výpočtových bodů v příčném a podélném směru

Obrázek 8 Přesné rozmístění bodů v oblasti při měření jasu. [24]

kde

D je vzdálenost bodů v podélném směru, která se vypočítá jako $D = \frac{S}{N}$

S je vzdálenost mezi svítilny ve stejné řadě v metrech

N je počet bodů měření v podélném směru, pro které platí:

když $S \leq 30$ m, $N=10$

nebo $S > 30$ m, nejmenší celé číslo které dává $D \leq 3$ m

d je vzdálenost mezi body v příčném směru v metrech, která se vypočítá jako $d = \frac{W_L}{3}$

W_L je šířka jízdního pruhu v metrech

4.4.1. Jasoměry

Jasoměry ve většině případů jsou založeny na stejném principu jako luxmetry, avšak jsou doplněny o optiku, která vymezuje kolmý dopad světla na čidlo jasoměru v definovaném prostorovém úhlu. Dojde ke stanovení velikosti světelného toku procházejícího clonou. V její rovině se zobrazí vyhrazená plocha zorného pole, na které se vypočítá střední hodnota jasu měřené plochy. Měření pomocí konvekčních digitálních jasoměrů je velmi jednoduché. Nejnáročnější částí měření je určení měřících bodů a pozice pozorovatele. Pozorovatel v hledáčku jasoměru vyhledá měřenou plochu a následnou aktivací ovládacího prvku se pozorovateli zobrazí hodnota jasu. Obrázek 9 vyobrazuje příklad bodového jasoměru LS 100/110. [20] [27]



Obrázek 9 Jasoměr LS 100/110. [28]

Hlavní úskalí při použití jasoměru se skrývá při vyhodnocování výsledků. Je obtížné přesně definovat umístění bodu měření. Jednou z možností je pořízení fotografie jako podklad k zakreslení bodu. Další možností je specifikovat pracovní souřadný systém a pomocí něho vytyčit místa měření. [27]

Na základě úhlu měření lze jasoměry rozdělit do 2 kategorií – bodové (úhel $< 0,6^\circ$) a integrační (úhel $> 2^\circ$). Odchyly měření jasoměry jsou závislé jednak od odchylek samotného přístroje, které se pohybují v řádech jednotek procent, ale i od odchylky vzniklé při měření. Mezi takovéto odchyly patří zejména chyby při určení vzdálenosti jasoměru a měřené plochy. Celkové odchyly měření pomocí jasoměru se nejčastěji pohybují v rozmezí 5-15 %. [16] [20] [27]

4.4.2. Jasové analyzátory

Jasové analyzátory jsou v podstatě upravené a kalibrované fotoaparáty. Jasové analyzátory se skládají většinou z digitálního fotoaparátu s CCD nebo CMOS snímačem a s objektivem s větší světelností. Při měření se nejčastěji umísťují na stativ z důvodu možnosti pohybu po vertikální nebo horizontální ose. Digitální fotografie není ničím jiným než datový proud informací, které lze reprodukovat více způsoby. Při klasické fotografii dochází k reprodukci zaznamenaného snímku do podoby člověkem vnímaného obrazu. Reprodukce je vytvořena aplikačním programem, který umí data dekodovat do potřebné podoby. Tato data poté lze pro účely jasové analýzy reprodukovat jako hodnoty jasů místo do podoby obrazu. Získané hodnoty jasů lze pomocí softwarových nástrojů zobrazovat například jako barevnou fotografii neboli jasovou mapu s definovanou škálou barev odpovídající získaným hodnotám jasu. Mezi softwarové nástroje zařizující datovou transformaci patří například: program LMK LabSoft od firmy TechnoTeam, Desktop Radiance nebo LumiDISP. [27] [29]

Největší výhodou jasových analyzátorů oproti využití klasických jasoměrů je rychlost a množství sběru dat. Z jedné fotografie lze získat podrobné statistiky o jasu v celém obraze nebo v námi definovaných částech o vybrané velikosti a tvaru – tzv. ve virtuálních detektorech o tvaru kruhu, úsečky, čtverce či libovolného polygonu. Na rozdíl od klasického jasoměru, který má obvyklý zorný úhel 1 stupeň a měřená plocha je pouze kruhová. Další výhodou jasových analyzátorů je oproti využití klasických jasoměrů v tom, že nemusí řešit náročné zjišťování polohy měřeného bodu. Na základě pořízené fotografie je k dispozici přesný pohled na měřenou scénu a lze z ní následně snadno určit potřebnou polohu měřeného bodu v libovolných souřadnicích, např. úhlových od směru pohledu. [27] [29] [30]



Obrázek 10 Jasový analyzátor LDA – Luminance Distribution Analyser. [31]

Obrázek 10 zobrazuje jasový analyzátor LDA – Luminance Distribution Analyser, který byl použit pro veškerá jasoměrná měření v rámci této diplomové práce. Bližší informace o tomto přístroji jsou uvedeny v následující podkapitole 4.4.3.

4.4.3. LDA – Luminance Distribution Analyser

Je jasový analyzátor vytvořený na Vysokém učení technickém v Brně. Tabulka 8 uvádí podstatná specifika fotoaparátu LDA použitého při sběru dat k praktické části diplomové práce. [32]

Tabulka 8 Specifika fotoaparátu LDA. [33]

Typ fotoaparátu	NIKON D7500
Typ snímače	CMOS Nikon DX 15.7 x 23.5 mm
Počet obrazových bodů	21,51 mil. bodů
Velikost obrazu	Large - 5568 x 3712, Medium - 4176 x 2784, Small - 2784 x 1856
Efektivní počet obrazových bodů	20,9 mil. bodů
A/D převodník	12 bitů / 4096 úrovní, či 14 bitů / 16384 úrovní
Rychlost uzávěrky	1/8000 - 30 sec. + Bulb
ISO citlivost	100 - 51200
Hledáček	Optický, vybavený dioptrickou korekcí -2 až +1 dioptrie, velikost 18,5mm, velké zvětšení 0,94. Pokrytí hledáčku 97% (100% DX), vybaven pentagonálním hranolem

Jasový analyzátor LDA lze využít s různými typy objektivů. Volba objektivu by měla probíhat na základě toho, co je cílem měření. Například tzv. Fish Eye objektiv je na základě svého širokého zorného pole vhodný pro analýzu oslnění pomocí metodiky UGR (index oslnění osvětlovací soustavy vnitřního prostoru) [32] nebo pro analýzu rozložení jasu v interiéru místnosti osvětlené umělým nebo denním světlem. Tabulka 9 uvádí specifika k objektivu použitého při měřeních na pozemní komunikaci v rámci sběru dat k této diplomové práci. [32]

Tabulka 9 Specifikace objektivu LDA. [33]

Typ objektivu	TOKINA 50 mm f/1,4 FF Opera pro Nikon F
Ohnisková vzdálenost	50 mm
Rozsah clony	f/1.4 - f/16
Bajonet	Nikon F
Průměr závitu filtru	72 mm

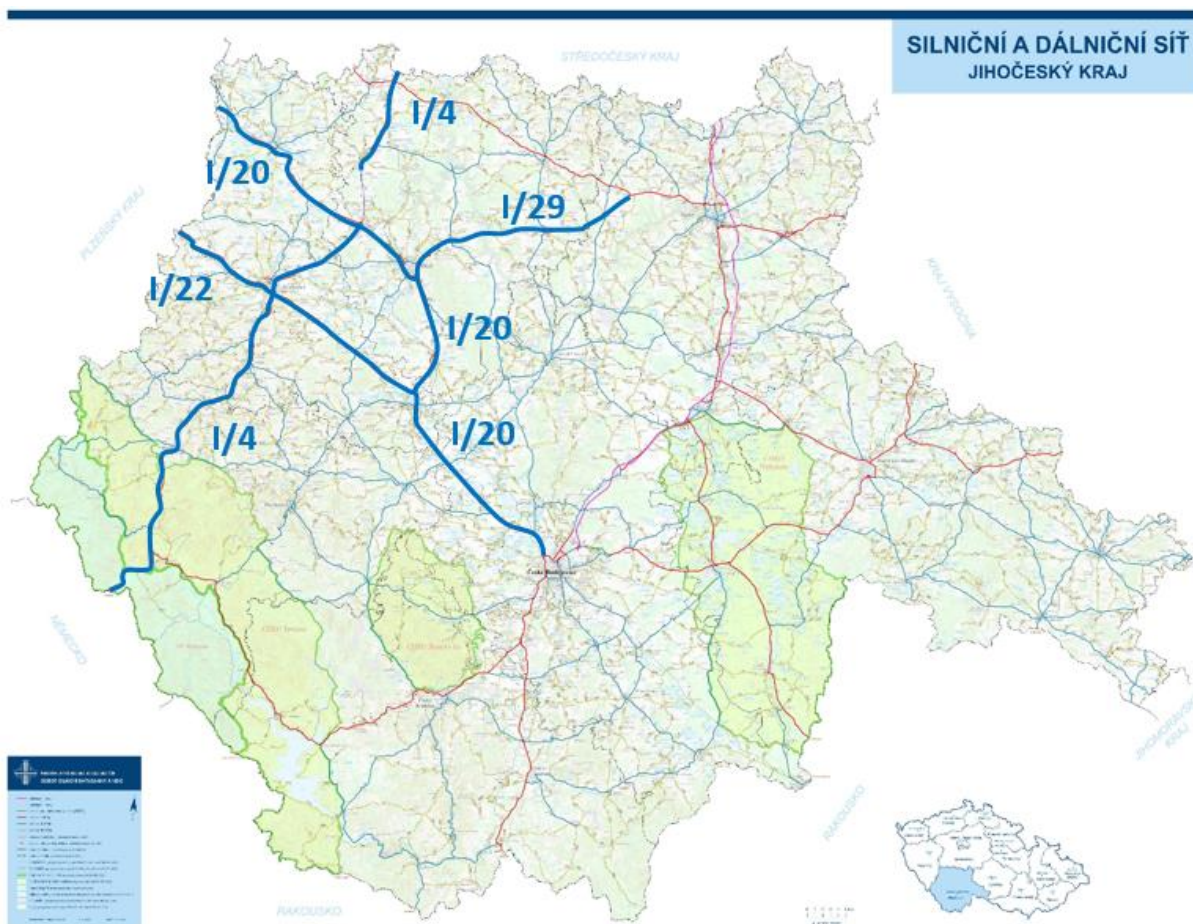
Podstatnou předností využití jasového analyzátoru LDA je software LumiDISP využívající se k získání a zpracování dat. Program disponuje intuitivním rozhraním, ve kterém nabízí širokou škálu funkcí, na základě, kterých lze provádět odlišná měření. Program umožňuje zpracování dat do výstupu jasové mapy, jasových řezů různých tvarů, histogramů a dalších statistických funkcí. Základem software LumiDISP je funkce HDR (High Dynamic Range). Funkce HDR umožňuje skládání více fotografií do jedné HDR kombinace. Tuto vlastnost lze označit za stěžejní, pokud se v měřené scéně vyskytují jak velmi tmavé, tak velmi jasné plochy. A to z důvodu, že rozsah hodnot jasu těchto míst bývá obvykle větší, než je možné zaznamenat pomocí jednoho snímku. Pro zachycení širšího rozsahu jasů se využívá zejména snímkovací frekvence s odlišnou expozicí. Po vyfotografování té samé scény s různými expozicemi dojde k proložení jednotlivých fotografií tak, aby došlo k výměně přexponovaných a podexponovaných částí jednoho snímku za totožné části jiné fotografie s adekvátním nastavením expozice. [32] [33]

5. Noční bezpečnostní inspekce Jihočeského kraje

V rámci diplomové práce byla provedena noční bezpečnostní inspekce v části silniční sítě Jihočeského kraje (dále jen „JČK“). Kompletní přehled silnic, kde byla noční BI provedena, popisuje Tabulka 10. V tabulce je uvedeno jejich rozložení na dopravní síti v JČK (viz Obrázek 11).

Tabulka 10 Sledovaná část silniční sítě JČK. [31]

Označení pozemní komunikace	Provozní staničení [km]		Délka úseku [km]
	od	do	
I/4	62,1	75,9	13,8
I/4	83,4	153,6	70,2
I/20	128,1	154,58	26,48
I/20	160,878	211,3	50,422
I/20 SMV	154,58	160,878	6,298
I/22	72,3	110,7	38,4
I/22H	0	1,444	1,444
I/29	0	33,3	33,3
celková délka silniční sítě			240,344



Obrázek 11 Mapa sledované části dopravní sítě Jihočeského kraje. [34]

5.1. Postup provedení noční BI PK

Noční BI PK byla provedena na základě okometrie podle postupů vyplývajících z manuálů pro provádění noční BI. [7] [35] Noční BI PK navazuje již na provedenou denní BI PK, Noční BI PK byla provedena formou průjezdu inspekčního vozidla s osazenou záznamovou technikou. Videozáznamy byly vždy pořízeny za astronomické noci, kdy je Slunce 18° pod horizontem za nezhoršených klimatických podmínek. [10] [12]

Noční BI PK byla vyhodnocena pomocí aplikace CEBASS, a to na základě pořízených videozáznamů průjezdu PK inspekčním vozidlem za astronomické noci a současně i z poznámek hodnotitelů provádějících sběr dat. Do aplikace CEBASS se zaznamenávají jednotlivé dopravně-bezpečnostní deficity. Aplikace nabízí rozšíření denních záznamů o nově identifikované noční dopravně-bezpečnostní deficity nebo rovněž založení zcela nově evidovaných záznamů nesouvisejících s denními deficity. Veškeré závady obsahují noční a denní fotografii. Fotografie slouží správci komunikace k snazšímu porozumění dané problematice a k snazší identifikaci problémového místa. Pro tyto lokalizační účely se k deficitu rovněž uvádí GPS souřadnice, číslo PK a její staničení. Další specifikace spočívá v konkretizaci, zda se závady nachází v extravilánu nebo v intravilánu, kde je uvedeno i o jakou konkrétní obec se jedná. Poslední obecnou informací uvedenou o deficitu je nejvyšší dovolená rychlost. [19]

Po vyplnění základních informací souvisejících s polohou deficitu nastává určení podstaty samotného deficitu. Deficity se dělí do 14 základních kategorií, jako je například pevná překážka, přechod pro chodce, křižovatka nebo autobusová zastávka. Jednotlivé kategorie jsou dále specifikovány v podobě výčtu jednotlivých bezpečnostních závad. Název jednotlivých deficitů reprezentuje konkrétní dopravně-bezpečnostní nedostatek na PK nebo v jejím okolí. Dále je zde uvedeno, zda se jedná o bodový nebo liniový problém, na základě čehož se specifikuje počet nebo délka a rovněž v některých případech vzdálenost identifikované závady od vodorovného dopravního značení (dále jen „VDZ“) V 4. Pro konkretizaci daného dopravně-bezpečnostního deficitu je zde prostor pro poznámku. Dle charakteru jednotlivých závad se určí závažnost rizikovitosti celého záznamu. Rizikovitost je dělena do tří kategorií – nízké, střední a vysoké riziko. Tento údaj je zejména důležitý pro určení tzv. prioritních deficitů, které ze své povahy (rizikovitosti) mají být neprodleně sanovány. Podrobnější vysvětlení kategorií rizik je popsáno v následující tabulce (Tabulka 11). [19]

Tabulka 11 Závažnosti rizika a jejich charakteristika. [4]

Úroveň rizika	Charakteristika
Vysoká	Při neodstranění rizika existuje značná pravděpodobnost vzniku dopravních nehod s osobními následky. Inspekční tým považuje jeho odstranění za prioritní a nezbytné.
Střední	Riziko má vliv na vznik nehod s osobními následky. Inspekční tým považuje jeho odstranění za důležité.
Nízká	Riziko má vliv na vznik kolizních situací, popřípadě zvyšuje subjektivní riziko (snižuje pocit bezpečí) účastníků silničního provozu. Vznik nehod s osobními následky je velmi málo pravděpodobný.

Poslední část formuláře se věnuje návrhu opatření sloužící k eliminaci identifikovaných deficitů. Navrhovaná opatření jsou samo vypovídající svým názvem a jsou pouze formou doporučení. Avšak v případě potřeby další specifikace je možné využít poznámku k opatření. Jednotlivá opatření se dělí na základě náročnosti jejich realizace na tři základní kategorie – jednoduché řešení, administrativní řešení a složité řešení. Tabulka 12 popisuje podrobnosti k jednotlivým mírám náročnosti řešení. [19]

Tabulka 12 Náročnost navržených opatření se zdůvodněním. [36]

Barva	Popis
Složité řešení	Finančně a časově náročné řešení (např. stavba okružní křižovatky), které v sobě zahrnuje projednávání a schvalovací procesy, tvorbu dokumentace, bezpečnostní audit apod.
Administrativní řešení	Zvýšená administrativa – návrh umístění vhodného svislého nebo vodorovného značení popř. drobných stavebních úprav.
Jednoduché řešení	Jednoduché řešení (např. prořezání zeleně, která zakrývá svislé dopravní značení, zvýraznění nebo obnova dopravního značení, úprava náběhového dílce svodidel, realizace adekvátního propojení svodidel).

Souhrnnou ukázkou evidenčního formuláře v aplikaci CEBASS, sloužícího k popsání dopravně-bezpečnostních deficitů, zobrazuje Obrázek 12.

Nový záznam - Noční BI PK (2022-2023)

Foto noc Foto noc - opačný směr Foto den Ilustrativní foto den - opačný směr

* Obrázky vytváříte v rozlišení 1175x710 ODEBRAT FOTOGRAFII

Lokalizace

Správce pozemní komunikace Vyberte možnost	Pozemní komunikace Vyberte možnost
Směr staničení <input type="radio"/> Směr staničení <input type="radio"/> Směr proti staničení	Staničení [m] Staničení v metrech
Poloha dle katastru <input type="radio"/> Extravilán <input type="radio"/> Intravilán	Obec Vyberte možnost
Nejvyšší dovolená rychlost [km/h] Vyberte možnost	GPS např. 50.0769108N, 14.7738022E MAPY.CZ GPS

Specifikace dopravně-bezpečnostního deficitu

Kategorie bezpečnostního deficitu Vyberte možnost	Typ deficitu <input type="radio"/> Bodový <input type="radio"/> Liniový	Počet / délka [m]	Vzdálenost od VDZ [m]
Bezpečnostní deficitu Vyberte možnost	<input type="radio"/> Bodový <input type="radio"/> Liniový	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vyberte možnost	<input type="radio"/> Bodový <input type="radio"/> Liniový	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vyberte možnost	<input type="radio"/> Bodový <input type="radio"/> Liniový	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vyberte možnost	<input type="radio"/> Bodový <input type="radio"/> Liniový	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vyberte možnost	<input type="radio"/> Bodový <input type="radio"/> Liniový	<input type="text"/>	<input type="text"/>

MAPY.CZ GOOGLE

Poznámka deficit <div style="border: 1px solid #ccc; height: 40px;"></div>	Závažnost rizika <input type="radio"/> Nízká <input type="radio"/> Střední <input type="radio"/> Vysoká
---	--

Opatření

Opatření Vyberte možnost	Náročnost realizace <input type="radio"/> Jednoduché řešení <input type="radio"/> Administrativní řešení <input type="radio"/> Složitě řešení
Poznámka opatření <div style="border: 1px solid #ccc; height: 40px;"></div>	

Auditorská reakce

Poznámka

ULOŽIT NESTANDARDNÍ ULOŽIT STANDARDNÍ

Obrázek 12 Formulář pro záznam nočních dopravně-bezpečnostních deficitů. [19]

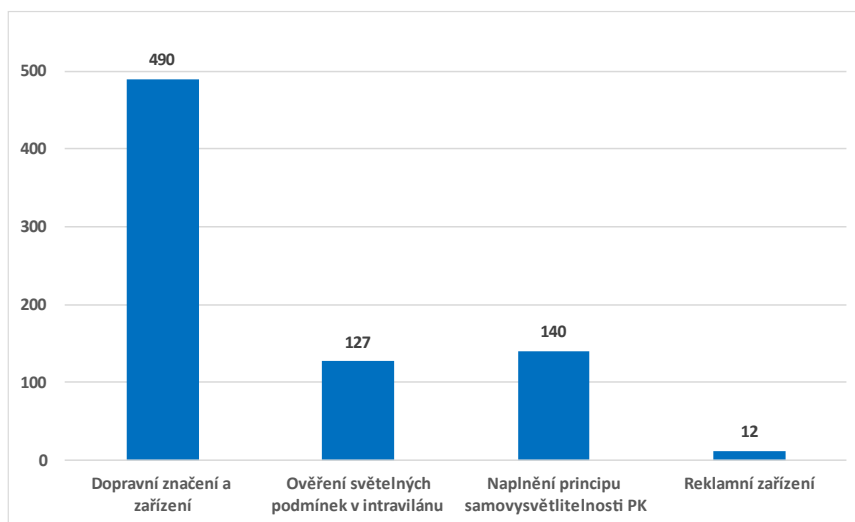
5.2. Kategorie sledovaných deficitů

V rámci noční BI PK bylo definováno celkem 16 nočních dopravně-bezpečnostních deficitů. Z důvodu dosažení názornosti a srozumitelnosti byly rozděleny na 4 základní skupiny: Dopravní značení, Ověření světelných podmínek, Naplnění principu samovysvětlitelnosti PK a Reklamní zařízení. Předmětná kategorizace (řazení do jednotlivých skupin) zohledňovala nejen společný charakter deficitů, ale také způsob předpokládané sanace a administrativní kompetence při odstraňování identifikovaných závad. [16]

- **Dopravní značení** (SDZ = svislé dopravní značení, VDZ = vodorovné dopravní značení a DZ = dopravní zařízení):
 - neadekvátní světelné vlastnosti SDZ;
 - neadekvátní světelné vlastnosti VDZ;
 - neadekvátní světelné vlastnosti DZ.
- **Ověření světelných podmínek** (osvětlení dopravního prostoru):
 - neadekvátní osvětlení dopravního prostoru;
 - absence osvětlení dopravního prostoru;
 - absence přisvětlení v místech přecházení pěších;
 - neadekvátní přisvětlení v místech přecházení pěších;
 - okolní zdroj světla vytváří významné kontrastní stíny;
 - neadekvátní postřehnutelnost přechodu pro chodce, resp. místa pro přecházení.
- **Naplnění principu samovysvětlitelnosti PK** (směrové oblouky, dopravní ostrůvky):
 - neadekvátní postřehnutelnost dopravního ostrůvku;
 - neadekvátní postřehnutelnost křižovatky;
 - neadekvátní postřehnutelnost autobusové zastávky;
 - nedostatečná postřehnutelnost směrového oblouku;
 - neadekvátní postřehnutelnost pevné překážky;
 - neadekvátní srozumitelnost vedení trasy.
- **Reklamní zařízení:**
 - rušivý efekt na účastníky silničního provozu za snížené viditelnosti.

5.3. Identifikované dopravně-bezpečnostní deficity

V rámci provedené noční BI PK vybrané sítě JČK bylo celkem identifikováno 769 dopravně-bezpečnostních deficitů. Graf 1 zobrazuje četnost jednotlivých základních kategorií. Nejvíce zastoupenou kategorií je dopravní značení a zařízení, avšak předmětem diplomové práce je zaměřeni se na kategorii ověření světelných podmínek v intravilánu, která obsahuje 127 dopravně-bezpečnostních deficitů. [19]



Graf 1 Četnost výskytu základních skupin nočních deficitů v JČK. [31]

Pro účely této diplomové práce byla provedena pouze analýza dopravně-bezpečnostních deficitů týkající se neadekvátního osvětlení intravilánových průtahů silnic I. třídy. Tabulka 13 naopak neudává data zabývající se adekvátním osvětlením přechodů pro chodce. Osvětlení přechodů pro chodce a míst pro přecházení sice úzce souvisí s adekvátním osvětlením celého intravilánového průtahu, avšak pro analýzu těchto specifických lokalit se používá jiná metodika. Eliminace těchto dat byla provedena na základě způsobu provádění jasové analýzy. Tato diplomová práce se zabývá způsobem získávání dat pouze horizontálního jasu a ne vertikálního, který je v problematice přechodů pro chodce zcela zásadní. [19]

Tabulka 13 Statistika výskytu dopravně-bezpečnostních deficitů VO. [19]

Počet obcí celkem	36
Počet obcí s dopravně-bezpečnostním deficitem VO	28
Počet dopravně-bezpečnostních deficitů VO	54
Absence osvětlení dopravního prostoru	20
Neadekvátní osvětlení dopravního prostoru	34

Tabulka 13 vykazuje značné nedostatky v kvalitním provedení VO a tudíž je nutné se touto problematikou vážněji zabývat. Z celkového počtu 36 obcí vyskytující se na této části silniční sítě, pouze v osmi obcích nebyl objeven žádný z dopravně-bezpečnostních deficitů týkajících se VO. Z hlediska procentuálního poměru pouze necelých 25 % obcí bylo posouzeno jako adekvátně osvětlených. Celkem bylo nalezeno 54 závad týkajících se nedostatečného osvětlení dopravního prostoru.

Do kategorie absence osvětlení dopravního prostoru spadají deficity jak bodového charakteru, jako je chybějící sloup VO v prostoru křižovatky, tak liniové intravilánové úseky bez VO. Rizikovost těchto závad bývá zpravidla nízká nebo střední, a to v závislosti na délce úseku a jeho umístění. Například absence VO může mít za následek vytvoření nepřehledné křižovatky. Obrázek 13 uvádí příklad bodové absence veřejného osvětlení v místě křižovatky, konkrétně se jedná o křižovatku v obci Sedlice na silnici I/20. Obrázek 14 reprezentuje liniovou přibližně 100 m absenci osvětlení v obci Hněvkov na silnici I/20.



Obrázek 13 Bodová absence VO. [19]



Obrázek 14 Liniová absence VO. [19]

Hlavním představitelem dopravně-bezpečnostního deficitu neadekvátního osvětlení dopravního prostoru je osvětlení, které vytváří mezi sebou kontrastní stíny. Kontrastními stíny se rozumí tzv. „tmavé fleky“ mezi osvětlenými prostory na pozemní komunikaci. Tyto tmavá místa jsou nebezpečná zejména proto, že se v nich může ukrývat chodec nebo pevná překážka, která může být pro řidiče automobilů téměř neviditelná. Obrázek 15 představuje ukázkou kontrastních stínů na vozovce v obci Katovice na silnici I/22. Druhým typem deficitu neadekvátního osvětlení dopravního prostoru je, když VO osvětluje pouze jednu polovinu dopravního prostoru, resp. že je adekvátně osvětlen například pouze jeden jízdní pruh. Typický příklad takového deficitu se vyskytuje ve městě Strakonice na silnici I/4 na ulici Volyňská (viz Obrázek 16). U většiny deficitů identifikovaných jako neadekvátní osvětlení dopravního prostoru je navrhováno opatření v podobě ověření světelných podmínek pomocí jasové analýzy. Pouze u dvou případů z 34 je navrženo opětovné zprovoznění nefunkčního či vypnutého VO. Míra rizikovosti se odvíjí zejména od rozsahu (velikosti) těchto tmavých míst, resp. dalších parametrů PK (např. křivolakost trasy, šíře vozovky) v místě kontrastních stínů.



Obrázek 15 Kontrastní stíny. [19]



Obrázek 16 Nerovnoměrné osvětlení. [19]

Rizikovost závad týkajících se veřejného osvětlení, s výjimkou přisvětlení u přechodů pro chodce a míst pro přecházení, je přibližně v 50 % stanovena na nízkou a přibližně v druhých 50 % na střední. Rizikovost se vždy určuje specificky pro každé místo, protože je ovlivněna celou řadou faktorů (např. pravděpodobnost výskytu pěších, křivolakost trasy, šíře vozovky, výskyt pevných překážek). [19]

6. Jasová analýza intravilánového úseku silnice I. třídy

V rámci diplomové práce bylo hlavním cílem realizovat jasovou analýzu v místě průtahu obcí silnice I. třídy. Na základě tohoto cíle je nutné nejprve definovat, jaké faktory mohou ovlivnit kvalitu sběru dat a jakým způsobem tyto faktory ovlivňují výsledná data. Je nutné zavést přesný postup měření, aby mohlo docházet k jeho reprodukovatelnosti. V rámci diplomové práce byla provedena tři jasoměrná měření intravilánového úseku silnic I. třídy, a to konkrétně v obci Křenovice, Skočice a Bernartice. Důvody volby právě těchto místních celků, lokální specifikace a výsledky měření jsou podrobně prezentovány v kapitole 6.

6.1. Faktory ovlivňující výsledky jasové analýzy

Existuje celá řada faktorů ovlivňující výsledky jasové analýzy. Pro konkrétní popis byly vybrány pouze ty, které mají zásadní vliv. Tyto faktory ovlivňují výsledky měření jasu zejména z podstaty fyzikálních vlastností světla. [25]

6.1.1. Atmosférické podmínky

Pro reprodukovatelnost měření je vždy zásadní si zaznamenat atmosférické podmínky. Mezi tyto podmínky se řadí teplota vzduchu, tlak vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost a směr šíření větru a oblačnost. Všechny tyto faktory mají vliv na šíření světla ve vzduchu. Zásadní vliv mají zejména srážky v době, kdy probíhají nebo je mlha nelze měření provádět. Ideální je měření na suché vozovce, protože mokrá vozovka má zcela odlišné odrazové vlastnosti než vozovka suchá. Avšak lze měřit i mokrou vozovku, kde dochází k výpočtu pouze jednoho parametru. [25]

6.1.2. Čas měření a fáze měsíce

Mezi zásadní vliv na výsledky měření jasu je nutné zařadit dobu provádění měření. Obecně je při měření jasu VO snaha eliminovat ostatní světelné zdroje Z tohoto důvodu je doporučeno provádění za tzv. astronomické noci. Astronomická noc nastává v době, kdy je Slunce více než 18° pod horizontem. Avšak v České republice se tento stav nevyskytuje v době letních měsíců. Z tohoto důvodu je možné provádět jasovou analýzu i za tzv. astronomického soumraku, který nastává, když je Slunce 12° pod horizontem. V průběhu astronomického soumraku již není možné zřetelně rozlišovat objekty ve volném terénu. Hvězdy za jasné oblohy jsou již vidět téměř jako při astronomické noci. [10] [25]

Druhým faktorem spadajícím do této kategorie jsou fáze měsíce. Je doporučeno neprovádět měření v době úplňku za jasného počasí. Tyto podmínky mohou opět zvýšit hodnotu jasu oproti klasickým podmínkám v odlišných fázích měsíce. [25]

6.1.3. Povrchové vlastnosti vozovky

Na tento faktor není potřebné klást důraz během realizování jasové analýzy, avšak je podstatné ho zmínit z toho důvodu, že povrchové vlastnosti vozovek se časem mění. Návrh veřejného osvětlení je prováděn na aktuální podmínky nebo na projektované podmínky. Ale tyto povrchové vlastnosti se zcela nemusí rovnat těm, které byly projektovány. [25]

6.1.4. Pozice a úhel pohledu pozorovatele

Zásadní pro adekvátní naměření jasu je dodržování ČSN EN 13201-3 [24], které definují způsoby provádění těchto měření. Pro měření jasovým analyzátozem je definovaná vzdálenost měřicího zařízení 60 m před začátkem měřené oblasti, výška měřicího zařízení 1,5 m nad niveletou vozovky a zorný úhel měřicího zařízení by měl být $89 \pm 0,5^\circ$ k normále k povrchu vozovky. [25]

6.1.5. Parametry VO

Největší vliv na hodnoty jasu má samozřejmě provedení VO. Mezi parametry ovlivňující jas patří například: rozteč stožárů VO, proporce a výška osvětlovacích stožárů, umístění osvětlovacích stožárů vzhledem k významným pohledům, způsob upevnění svítidel, sklon svítidel, volba druhu svítidel, typy světelných zdrojů, barevný tón světla neboli teplota chromatičnosti a další aspekty. Zásadní vliv na jas mají všechny parametry a zejména jejich kombinace. Některé vlastnosti je těžké parametrizovat jinak než absolutním číslem nebo jsou pro účely diplomové práce nepodstatné. Důležité je však rozlišit alespoň světelný zdroj a poznat nejčastější druhy světelných zdrojů používané na VO v rámci České republiky. [23] [25] [37] Nejčastěji vyskytujícím se světelným zdrojem VO v ČR jsou vysokotlaké sodíkové výbojky, které jsou založeny na principu výboje v parách sodíku a rtuti. Parametry vysokotlakých sodíkových výbojek jsou velmi příznivé pro použití ve VO, jejich měrný výkon je 70-115 lm/W a mají střední délku doby života (přes 25 000 hodin) a vysokou spolehlivost. [37] Hlavní nevýhodou těchto výbojek je nízký index podání barev ($R_a = 25$). Moderním trendem pro modernizaci VO je použití světelných diod neboli LED osvětlení. LED osvětlení vyzařuje světlo luminiscencí polovodičového PN přechodu a patří tak do skupiny polovodičových světelných zdrojů. LED osvětlení vyzařuje bílé světlo a současné světelné diody mohou dosahovat velmi vysokého měrného výkonu až 200 lm/W. Světlo LED má dobrý index podání barev, kde hodnota R_a je ve většině případů vyšší než 70. Velkou výhodou LED osvětlení je snadná regulace, volba světelného toku a jejich snadné přesné směřování. Nevýhodou jsou investiční náklady. Dalšími využívanými druhy svítidel VO v ČR jsou rtuťové výbojky a kompaktní zářivky. Oba druhy jsou v sektoru VO zastoupeny zhruba 5 % a nejsou doporučovány pro osvětlení významných pozemních komunikací. [37] [38]

6.2. Popis způsobu provádění jasové analýzy

V rámci diplomové práce byla prováděna měření jasu jasovým analyzátozem LDA - Luminance Distribution Analyser a postup měření byl volen adekvátně k tomuto měřicímu zařízení. Proces způsobu provádění jasové analýzy lze rozdělit do dvou základních částí: sběr dat a vyhodnocení dat. Tyto části budou dále v této kapitole podrobně rozebrány. Je však úvodem důležité zmínit, že tento popis se sice opírá o normy zabývající se předmětnou problematikou, avšak jsou do specifikace postupu přidány i vlastní zkušenosti z terénu.

6.2.1. Postup sběru dat pomocí jasového analyzátoru

V první fázi před samotným začátkem fyzického sběru dat je nutné realizovat přípravu měření. Přípravou měření se rozumí uvědomění si toho, co se bude měřit a jakým způsobem se měření bude provádět. Základem je definování jakou třídu osvětlení na dané lokalitě budeme měřit. Jednotlivé třídy a způsoby měření jsou popsány v kapitole 4. V rámci přípravy je nutné i uvědomění si místních specifikací, jako jsou například geometrické parametry PK. Geometrickými vlastnostmi se rozumí zejména směrové a výškové vedení. Některé způsoby měření mohou být pro konkrétní lokalitu nevhodné nebo dokonce nerealizovatelné. Podstatnou částí je i definování rozsahu prací, aby mohlo dojít k předběžnému odhadu časové náročnosti průběhu měření. Rozsah prací zejména ovlivňuje určení počtu světelných zdrojů, mezi kterými dojde k vyhodnocování adekvátnosti osvětlení. Na základě tohoto odhadu lze stanovit přibližný začátek a konec měření, které by v ideálním případě měly být oba v době astronomické noci. Při plánování měření je také nezbytné zkontrolovat meteorologickou předpověď, aby se nevyskytovaly v době měření nestandardní klimatické jevy. Více informací o tom, kdy provádět měření je možné najít v kapitole 6.1.

Další fází je příprava na sběr dat přímo v místě měření. V místě měření se provede přepočítání světelných zdrojů a ověří se data získaná o dané lokalitě. Poté následuje vytyčení měřících ploch a pozic měřícího zařízení. Tato činnost lze vykonávat i jednotlivě před každým měřením, avšak z pohledu efektivity práce je časově úspornější realizovat vytyčení všech ploch před samotným začátkem sběru dat. Při sběru dat pro tuto diplomovou práci bylo označení pozic jasového analyzátoru provedeno formou piktogramu (křížku) vytvořeného na povrch komunikace pomocí bílé křídly. Jak už bylo zmíněno v teoretické části, 60 m před začátkem měřené oblasti a ve středu její šířky. [24] Pro získání hodnot veškerých vzdáleností bylo použito dálkoměrné kolečko. Měřené oblasti byly rovněž vytyčeny pomocí bílé křídly, a to konkrétně symbolem matematického operátoru (+) v každém rohu měřené oblasti. Křída byla volena z důvodu její dostupnosti, viditelnosti za tmy, velkého neovlivnění výsledků jasů a také proto, že je snadno omyvatelná a nezůstanou na komunikaci dlouhodobější rušivé pozůstatky po měření.

Po vyznačení měřících bodů bylo provedeno jejich geodetické zaměření pomocí totální stanice pro stanovení přesných poloh bodů a následně pro jednodušší grafické zpracování a určení vzdáleností jednotlivých bodů. Na základě informací z totální stanice lze také dopočítat odchylku měření pomocí dálkoměrného kolečka. Použitá totální stanice má velkou výhodu v tom, že lze obsluhovat pouze jedním člověkem a měření jednoho bodu v případě dobrého signálu nepředstavuje časově významný úkon.

Samotné měření probíhalo jak ve směru staničení PK, tak proti jejímu směru. Tento způsob není v normách uveden [24] [25], avšak měření pro druhý směr bylo provedeno zejména pro účely vzájemného porovnání výsledků z jednotlivých jízdních směrů. Při jednotlivých měřeních docházelo k označení rohů měřené oblasti s využitím přibližně 30 x 8 cm velkými dřívky, dále jen označníky, na kterých byly připevněny pásy s retroreflexním fluorescenčním povrchem (viz Obrázek 17). Označníky byly využity k snadnějšímu určení měřené oblasti při vyhodnocování výsledků. Označníky v některých případech byly umístovány na šířku a v jiných na výšku. V testovacích měřeních docházelo k využití výškového umístění označníků, avšak vzhledem k povětrnostním podmínkám a sklonům komunikace bylo v praxi častěji realizováno šířkové umístění označníků.



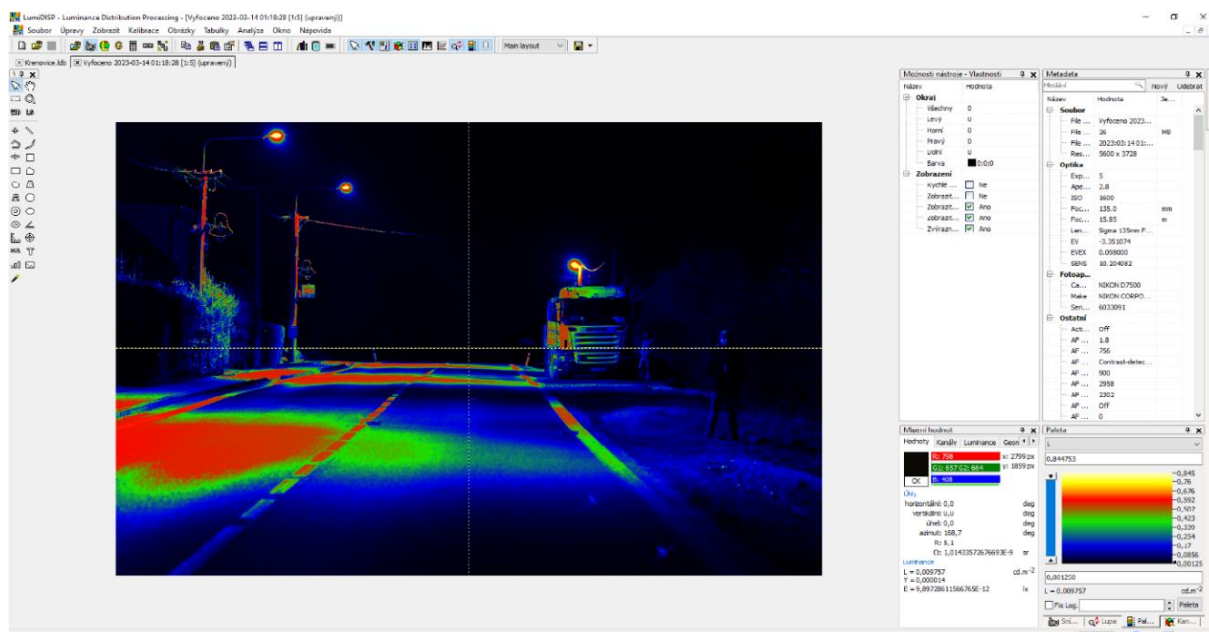
Obrázek 17 Označník. [31]

Při měření každé z oblastí bylo provedeno celkem 5 fotografií s odlišnými expozičními. Konkrétně docházelo ke změně času uzávěrky na hodnoty 1/10 s, 1/2 s, 1 s, 3 s a 5 s. Po každém měření byl přesunut jasový analyzátor do nové měřící pozice a současně byla pomocí označníků vymezena nová měřící oblast. Při nastavení krátké doby uzávěrky je nutné ověření frekvence světelného zdroje, kdy je obecně doporučeno, aby minimální čas uzávěrky byl roven minimálně dvojnásobku periody záření světelného zdroje.

6.2.2. Postup vyhodnocení dat z jasového analyzátoru

Základem pro vyhodnocení dat je stanovení třídy osvětlení, kterou budeme od komunikace či části komunikace vyžadovat. Toto zhodnocení musí probíhat na základě Návodu pro výběr třídy osvětlení. [22] Pro zjednodušení prezentace výsledků měření této diplomové práce bylo určeno, že obě obce v celém průtahu odpovídají třídám osvětlení M pro motorovou dopravu, přestože některé úseky by bylo adekvátní zařadit do třídy C – konfliktní oblasti. Použité metodické zjednodušení mohlo být aplikováno na základě stejného postupu měření pro tyto 2 třídy osvětlení a možnému přepočtu mezi nimi. Výpočet této třídy osvětlení je blíže specifikován v podkapitole 4.3.3. Druhým zásadním krokem je výpočet hodnot určující zda dané osvětlení dodržuje požadavky určení třídy osvětlení. Pro správný výpočet je nezbytné respektovat požadavky a postupy uvedené v ČSN EN 13201-2 [23] (viz Tabulka 7 na straně 29).

V rámci diplomové práce byla data k výpočtu třídy osvětlení zpracována pomocí programu LumiDISP a Microsoft Excel. V rámci měření se do programu LumiDISP systematicky ukládala jednotlivá měření a posléze se v něm i vyhodnocovala. V první části bylo nutné z jednotlivých fotografií vytvořit jasové snímky za pomoci funkce L – jasový kanál. Po převedení všech fotek s odlišnou expozicí jednoho úseku do jasového kanálu došlo pomocí funkce HDR k jejich sjednocení do jedné výsledné jasové fotografie. Obrázek 18 představuje příklad takové fotografie v rozhraní programu LumiDISP.



Obrázek 18 Jasová fotografie v programu LumiDISP. [31]

Za stěžejní při prvotním zpracování dat je možno označit, jakým způsobem z obecné fotografie v SW LumiDISP lze získat bodové hodnoty jasů. Poslední fází sběru dat je určení, jakou

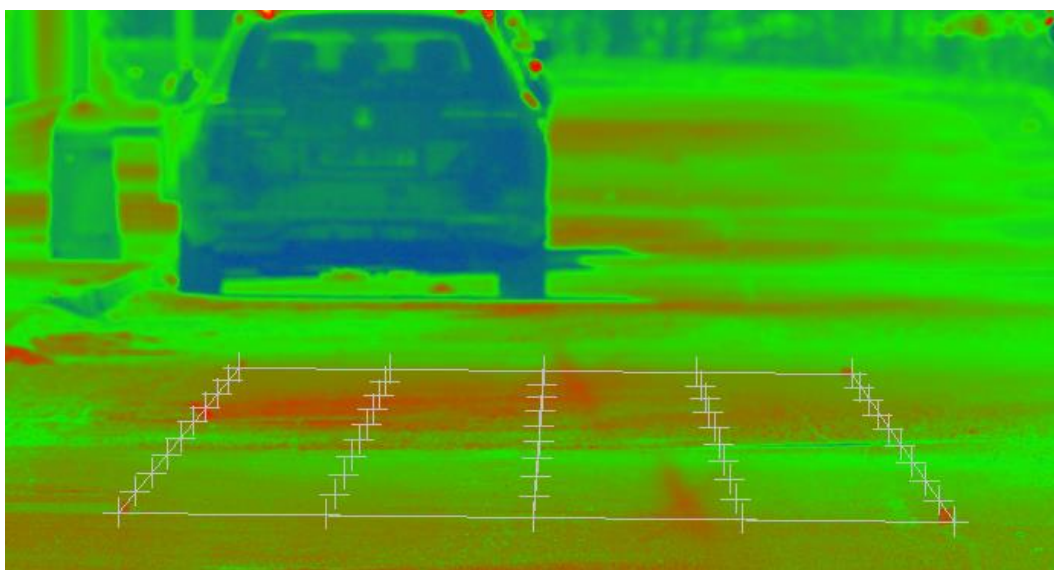
metodou bude provedeno grafické znázornění, a to za účelem dosažení optimální interpretaci naměřených hodnot.

6.3. Způsoby zisku bodových hodnot jasu

Program LumiDISP pro účely jasové analýzy pozemních komunikací nabízí dvě základní funkce: Mřížka (Grid) a Pruh (Strip).

6.3.1. Nástroj mřížka

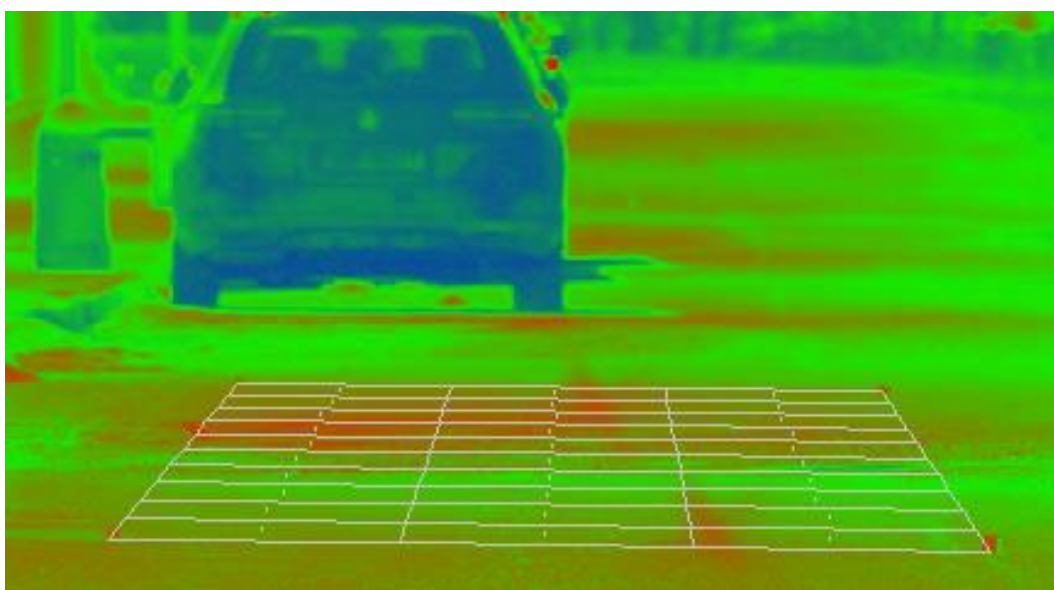
Na obrázku 19 lze vidět užití funkce Mřížka využitou při hodnocení osvětlení místní komunikace. Mřížka je objekt obsahující rovnoměrně rozložené body. Rozložení bodů je pomocí předvoleného rastru, jehož velikost lze jakkoli snadno modifikovat. Na Obrázek 19 je například rastr o velikosti 5 x 10 bodů. Základem funkce je definování rohových bodů zkoumané oblasti. Aby tyto body byly snadněji identifikovány, byly do jejich míst umístěny označnický. Program na základě označených rohů pole provede dopočítání bodů do mřížky podle perspektivního zobrazení. Možným výstupem tohoto objektu je matice hodnot jasů. Tento způsob získávání hodnoty jasů není pro účely vyhodnocení adekvátnosti osvětlení zcela ideální, a to zejména ze dvou důvodů. Prvním důvodem je to, že program bere pouze hodnotu jasů v jednom pixelu, takže může docházet k nalezení extrému, který zkreslí celou situaci. Druhým důvodem je rozložení bodů na ploše. Body jsou umisťovány již na hrany pomyslného čtyřúhelníku, ovšem v osvětlovacích normách se umisťují do třetiny šířky měřené oblasti a zároveň do poloviny vzdálenosti mezi body zobrazujících se na délku dané plochy. Obrázek 8 zobrazuje adekvátní rozložení měřících bodů [24], které lze docílit za pomoci aplikace většího množství bodů a výběrem pouze těch žádoucích. Avšak tento postup je více náchylný na uživatelskou chybu při zpracování výběrem neodpovídajících dat. [33]



Obrázek 19 Mřížka. [31]

6.3.2. Nástroj pruh

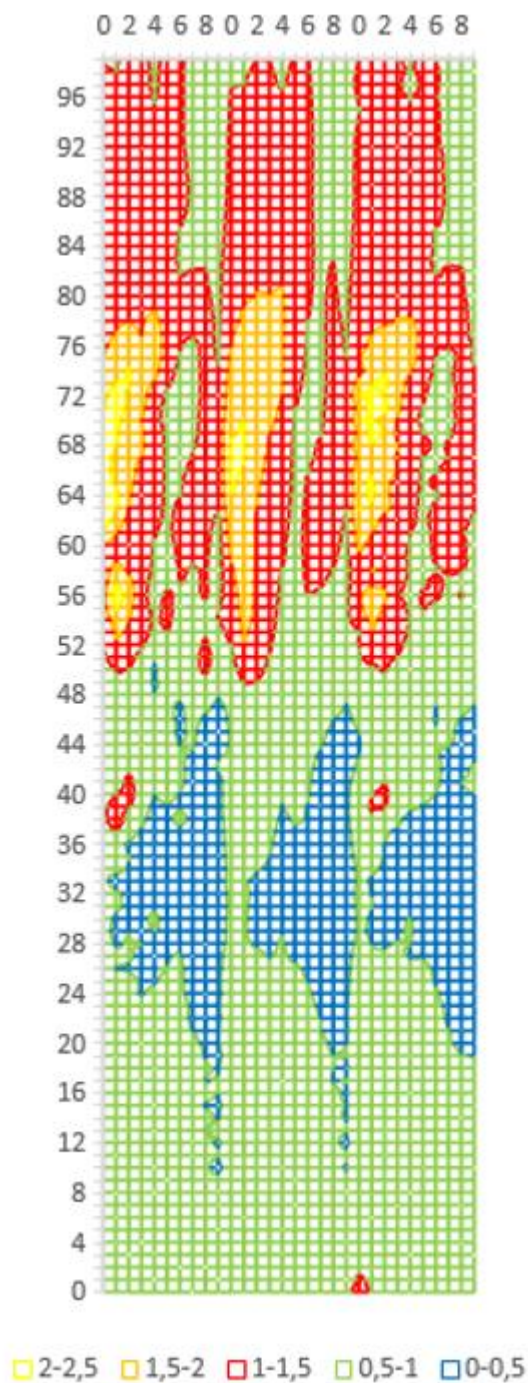
Druhým nástrojem je funkce Pruh (viz Obrázek 20). Oproti „mřížce“ umožňuje rozmístění měřících bodů podle osvětlovacích norem. [24] Pruh je v podstatě stejná funkce jako Mřížka, ale místo průsečíků čar (bodů) se pro vyhodnocení dat používá pole mezi body. Hodnota jasu může být z vytyčeného pole vypočítána na základě tří možností. První možností je výpočet průměrné hodnoty jasu z celé plochy. Tato možnost dokáže nejvíce eliminovat lokální extrém, avšak kromě podobných programů nelze ověřit například měřením pomocí jasoměru. Druhým způsobem je definování místa měření jasu zadáním prostorového úhlu v ose x a y. Posledním způsobem je do středu u každého pole umístit virtuální jasoměr zadaných rozměrů, např. 20'/2', který by měl reprezentovat měření pomocí běžně využívaných jasoměrů.



Obrázek 20 Pruh. [31]

6.3.3. Porovnání výsledků

Graf 2 zobrazuje výsledky všech tří způsobů výpočtu hodnoty jasu. Konkrétně se jedná o zobrazení části ulice Letecká v obci Praha v městské Ruzyně o šířce měřené plochy 3 metry a délce vzdálenosti dvou lamp, které se nacházely v rozestupu 31 m. V grafu je zobrazeno bodové pole o velikosti 10 x 100 bodů. V levé části grafu se nachází zobrazení hodnot za pomoci definované velikosti $x = 1$ a $y = 1$, což reprezentuje pole o velikosti jednoho pixelu, uprostřed se nachází hodnoty určené pomocí virtuálního jasoměru reprezentující klasický jasoměr o velikosti 20'/2' a v pravé části grafu je zobrazena hodnota jasu vypočítaná z celé plochy. Hodnoty jasu v bodech jsou uvedeny v $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$.



Graf 2 Porovnání hodnot jasu na základě způsobu jejich výpočtu. [31]

Pro účely diplomové práce byl jako výchozí způsob vyhodnocení jasu zvolen výpočet průměrné hodnoty z celé plochy výseku. Je to zejména z důvodu toho, že v tomto případě dojde k maximálnímu možnému vyhlazení extrémních hodnot a výsledek bude reprezentovat celá plocha a ne pouze určité části.

6.4. Způsoby prezentace výsledů

Správná interpretace dat z jasové analýzy a způsob jakým jsou představena veřejnosti s odlišnou odbornou úrovní, je nutný základ pro dosažení zlepšení bezpečnosti na PK. V této práci byl proveden výpočet tříd osvětlení podle platných norem ČSN EN 13201-3,4 [24] [25], a rovněž byla převedena získaná data o jasu do grafické podoby v podobě tzv. jasové mapy.

6.4.1. Výpočet a prezentace dat získaných na základě výpočtů dle osvětlovacích norem

Pro výpočet hodnot nutných pro určení třídy osvětlení byl použit program Microsoft Excel, do kterého byla nahrána data z LumiDISP a vyhodnocena na základě platných osvětlovacích norem PK. Tabulka 14 uvádí příklad grafické podoby vyhodnocení. V tabulce jsou znázorněny pouze hodnoty jasu pro jedno vytyčené pole z jednoho směru, konkrétně se jedná o pole označené jako S72 v obci Bernartice. V rámci posouzení osvětlenosti byly provedeny výpočty ve všech definovaných polích, a to v obou směrech staničení.

Tabulka 14 Příklad výpočtu třídy osvětlení z obce Bernartice. [31]

Data z celého výseku

	0	1	2
0	0,723062	0,704586	0,580988
1	0,645587	0,610424	0,496487
2	0,553629	0,480733	0,438631
3	0,499743	0,455943	0,401501
4	0,425663	0,405880	0,359764
5	0,468659	0,435723	0,388895
6	0,573279	0,539661	0,470905
7	0,641570	0,593468	0,519441
8	0,689478	0,648402	0,588123
9	0,742619	0,699042	0,678080
10	0,771989	0,701841	0,722990
11	0,657213	0,579079	0,604978

Data z virtuálního senzoru o velikosti 20'/2'

	0	1	2
0	0,770103	0,691664	0,570331
1	0,655194	0,608458	0,501542
2	0,575184	0,497467	0,429201
3	0,497484	0,401013	0,395231
4	0,400045	0,397724	0,355709
5	0,466137	0,433103	0,394742
6	0,567940	0,532191	0,480747
7	0,633101	0,577852	0,527033
8	0,691014	0,640250	0,597439
9	0,756861	0,681523	0,691488
10	0,789803	0,678398	0,737142
11	0,668057	0,545726	0,617391

	celá síť	očištěná síť	jednotky
počet dat	36	34	[-]
MAX	0,77	0,77	[cd*m ⁻²]
MIN	0,36	0,36	[cd*m ⁻²]
průměrný jas	0,57 M5	0,56 M5	[cd*m ⁻²]
celková rovnoměrnost	0,63 M1	0,64 M1	[-]
podélná rovnoměrnost	0,58 M5	0,58 M5	[-]
min	0,41	0,41	[cd*m ⁻²]
max	0,70	0,70	[cd*m ⁻²]

	celá síť	očištěná síť	jednotky
počet dat	36	34	[-]
MAX	0,79	0,79	[cd*m ⁻²]
MIN	0,36	0,36	[cd*m ⁻²]
průměrný jas	0,57 M5	0,56 M5	[cd*m ⁻²]
celková rovnoměrnost	0,63 M1	0,63 M1	[-]
podélná rovnoměrnost	0,58 M5	0,58 M5	[-]
min	0,40	0,40	[cd*m ⁻²]
max	0,69	0,69	[cd*m ⁻²]

Provedené výpočty byly vždy porovnány s hodnotami, které uvádí Tabulka 7. Na základě porovnání bylo provedeno zatřídění příslušných hodnot ke třídě osvětlení. V rámci diplomové práce bylo uvažováno při hodnocení třídy osvětlení pouze s kritérii jasu suchého a mokrého povrchu jízdniho pásu pozemní komunikace, a to z důvodu zjednodušení dané problematiky.

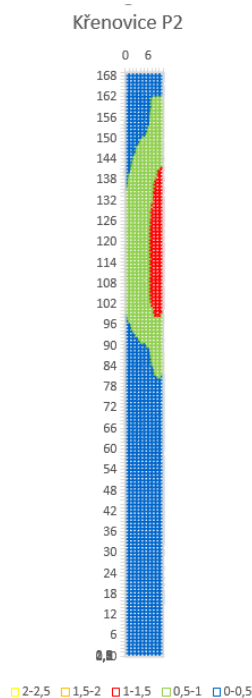
Při určení prahového přírůstku oslnění jsou nutné složité výpočty, založené na rozdílu při spuštěném a vypnutém veřejném osvětlení. Tato činnost by byla velmi komplikovaná a administrativně náročná. Vzhledem ke skutečnosti, že během provádění noční BI PK, nebyla v rámci zkoumaných lokalit shledána žádná riziková místa oslnění VO, mohlo dojít k zanedbání tohoto kritéria. Jedinými místy na komunikacích vykazující faktor oslnění byla reklamní zařízení podél komunikace a přisvětlené přechody pro chodce, avšak tato problematika není obsahem této diplomové práce. Druhým vynechaným kritériem je činitel osvětlenosti okolí. Již z definice tohoto kritéria je zřejmé, že mohlo dojít k zanedbání tohoto kritéria. Činitel osvětlenosti okolí se používá pouze tam, kde přiléhající prostor PK netvoří vlastní požadavky. Podél PK v intravilánových lokalitách však se vyskytují plochy, na kterých se pohybují pěší účastníci dopravního provozu, kteří mají vlastní kritéria osvětlení spadající do třídy osvětlení P.

Výpočty byly provedeny celkem čtyřmi kombinacemi. Jedním faktorem byl způsob výpočtu průměrného jasu. Hodnota průměrného jasu jednoho pole byla získána z obsahu celého vytyčeného obrazce nebo za pomoci virtuálního jasoměru umístěného právě v každém vytyčeném obrazci. Virtuální jasoměr simuluje využití klasického jasoměru o velikosti měřené polohy 20'/2'. Druhým faktorem je skutečnost, zda byla ve výpočtu parametrů třídy osvětlení uvažována všechna pole nebo byla některá z výpočtu odebrána. Hodnoty ve sloupci „celá síť“ reprezentují vypočtené hodnoty ze všech polí sítě. Sloupec označený „očištěná síť“ neobsahuje ve svých výpočtech pole, kde se nacházel alespoň částečně označnick, VDZ nebo místo s významnou odchylkou. Za místo s významnou odchylkou je považována plocha, která vykazovala neúměrně odlišné hodnoty bez jakékoli zjevné příčiny. Tyto hodnoty jsou považovány za chybu měření. Eliminace ploch, které by mohly mít vliv na výslednou třídu osvětlení, se ve většině případech jeví jako zbytečná (viz Příloha č. 2). Podstatné rozdíly byly zaznamenány zejména v oblastech, kde se vyskytoval přechod pro chodce.

6.4.2. Grafické znázornění

Grafická znázornění jsou nedílnou součástí při prezentacích výsledků před odbornou a zejména neobornou veřejností. Pomáhají k snadnějšímu pochopení tématu a dokreslují situaci. Prvotním nápadem bylo pro vytvoření grafického znázornění využít funkce povrchový graf, kde došlo k vlastnímu definování barevné škály a nastavení parametrů tak, aby věrně reprezentovaly rozložení jasu na PK. Toto jednoduché řešení má bohužel celou řadu nevýhod a limitací. Základní nevýhodou je, že pomocí grafu nelze efektivně znázornit směrové vedení trasy. Další nevýhodou je limitace v podobě pouze šesti barevné škálové stupnice, kde není dostatečně znázorněn plynulý přechod hodnot jasu. Poslední nevýhodou je, že je nutné pro získání přehledného grafu získat větší množství dat pomocí zvýšení podrobnosti. Při zvýšené

podrobnosti dochází k vyšší chybovosti hodnot a na základě toho je náročnější filtrace a úprava dat. Graf 3 představuje ukázkou grafického znázornění pomocí povrchového grafu.



Graf 3 Ukázka povrchového grafu. [31]

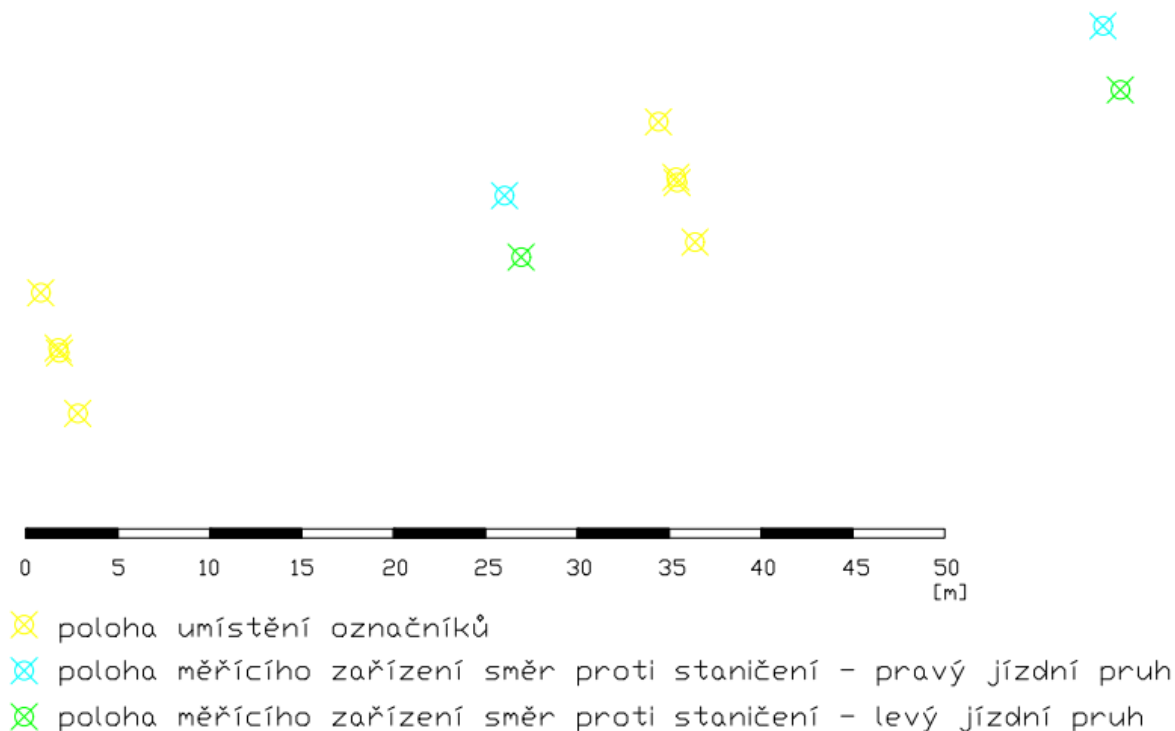
Za účelem komplexního zpracování dat byla navržena implementace jasové mapy do katastrálního mapového podkladu jednotlivých obcí. Pro získání takového grafického znázornění bylo nezbytné stanovit souřadnicový systém a přenést požadovanou barevnou informaci do programu AutoCAD.

První krok pro zanesení jasové mapy do katastrálního podkladu bylo nutné provést již při samotném měření jasu. Pomocí totální stanice založené na GNSS – Leica GS18 (Obrázek 21) byly zaměřeny body, na které se umisťovaly kolíky, a také pro reprodukovatelnost měření byla zaměřena i místa umístění jasového analyzátoru.



Obrázek 21 Leica GS18. [39]

Obrázek 22 zobrazuje body v obci Bernartice vynesené do programu AutoCAD, kde žluté body jsou polohy měřících kolíků neboli rohů měřené plochy. Světle modré a zelené body reprezentují polohy umístění jasového analyzátoru při měření pravého a levého jízdního pruhu ve směru jízdy proti staničení silnice I/29 (směr město Písek).



Obrázek 22 Vynesené body z totální stanice do programu AutoCAD. [31]

Po vynesení bodů došlo k propojení bodů reprezentující označnický a importu katastrálních map konkrétní obce. Výsledná katastrální mapa s geodetickými body tvoří základ pro import dat reprezentující jas v daném místě.

Pro import dat o jasu v daném místě komunikace bylo uvažováno s dvěma kombinacemi. U obou variant bylo nutné vytvořit souřadnicový systém, který byl vztažen vždy k rohu měřené oblasti. Roh této oblasti byl definován pomocí bodů (kolíků) umístěných na PK (žluté křížky v AutoCADu). Na základě dat z jasového analyzátoru poté byly rozpočítány body tak, aby tvořily rovnoměrnou mřížku ve fiktivním obdélníku (měřené plochy). Jeden bod plochy poté reprezentuje plochu obdélníku o přibližných rozměrech 0,5 m x 3 m. Tabulka 15 představuje výřez z tabulky souřadnic vytvořeného pro obec Bernartice, konkrétně se jedná o část úseku označenou jako Q12. Žlutý řádek označuje x-ovou souřadnici neboli rozestup bodů po šířce jízdního pruhu. Růžový sloupec představuje y-ovou souřadnici, tedy jak daleko jsou od sebe body vzdáleny ve směru jízdy (rozložení na vzdálenosti lampa-lampa). Ve středu tabulky jsou přes funkci CONCATENATE složeny souřadnice x, y, z, kde z je vždy rovno 0.

Tabulka 15 Příklad souřadnic bodů vynášených do katastrální mapy. [31]

	0,291667	0,875	1,458333
1,47931	0,291667;1,479310;0	0,875;1,479310;0	1,458333;1,479310;0
4,437931	0,291667;4,437931;0	0,875;4,437931;0	1,458333;4,437931;0
7,396552	0,291667;7,396552;0	0,875;7,396552;0	1,458333;7,396552;0
10,35517	0,291667;10,35517;0	0,875;10,35517;0	1,458333;10,35517;0

Kromě vynesení bodů do 2D sítě (katastrální mapy) bylo nutné tyto body obarvit tak, aby vytvořily jasovou mapu. Prvotní nápad spočíval v převzetí koncepce povrchového grafu a převedení 2D sítě do 3D, kdy by poslední „výšková souřadnice z“ reprezentovala barvu. Nejprve by bylo nutné definovat barevnou škálu a poté jednotlivé „jasové skupiny“ (hodnoty jasu ve stejném intervalu, kterým byla přiřazena daná barva). Tyto jasové skupiny by se jednotlivě vkládaly do programu Civil 3D, kde by podle z-tové souřadnice byly následně manuálně obarveny na předem definovanou barvu.

Druhým a finálním řešením bylo využití programu rovněž od společnosti Autodesk – program ReCap, který byl vytvořen pro práci s mračny bodů. Tento program dokáže vytvořit barevné bodové mračno s definováním barvy jednotlivých bodů pomocí RGB. Díky tomuto lze vytvořit „nekonečné množství“ barev, které pomohou dosáhnout plynulých přechodů a lépe tak reprezentovat skutečné rozložení jasu na PK. Pro dosažení plynulých barevných přechodů byla využita funkce v programu Microsoft Excel – podmíněné formátování – tříbarevná škála. Tabulka 16 popisuje rozložení jednotlivých barev a Obrázek 23 ukazuje jejich barevné znázornění.

Tabulka 16 Hodnoty barevné škály jasů. [31]

	Nejnižší hodnota	Prostřední hodnota	Nejvyšší hodnota
Číselně [cd*m ⁻²]	0	0,925	1,85
Barva	modrá	žlutá	červená
Kód barvy (RGB)	0,102,204	255,255,0	255,0,0

Formátovat všechny buňky na základě hodnot:

Styl formátování:

	Minimum	Střední bod	Maximum
Typ:	<input type="text" value="Nejnižší hodnota"/>	<input type="text" value="Percentil"/>	<input type="text" value="Nejvyšší hodnota"/>
Hodnota:	<input type="text" value="(Nejnižší hodnota)"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="(Nejvyšší hodnota)"/>
Barva:	<input type="text" value="Blue"/>	<input type="text" value="Yellow"/>	<input type="text" value="Red"/>
Náhled:			

Obrázek 23 Nastavení podmíněného formátování pro vytvoření barevné škály. [31]

V případě, že se v dané oblasti nacházela hodnota jasu vyšší než $1,85 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$, byla tato hodnota pro grafické znázornění nahrazena hodnotou $1,85 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Hodnota 1,85 reprezentuje nejvyšší naměřený jas v obci Křenovice, která byla první měřenou a zpracovávanou obcí. Obce Skočice a Bernartice poté potvrdily správnost nastavené hodnoty, jelikož vyšší hodnoty jasu se vyskytovaly pouze na přisvětleném přechodu pro chodce v obci Skočice nebo v bodech, které byly posléze označeny za chybné – neodpovídající jasu komunikace. Tabulka 17 ukazuje část jasových hodnot v barevné škále v obci Bernartice.

Tabulka 17 Barevné znázornění hodnot jasu v Excelu. [31]

0,597	0,817	0,748	0,699	0,791	0,678	0,558	0,588	0,469	0,413	0,379	0,341
0,507	0,763	0,667	0,600	0,732	0,601	0,505	0,529	0,432	0,376	0,344	0,314
0,454	0,790	0,652	0,562	0,715	0,543	0,495	0,502	0,418	0,360	0,329	0,291
0,457	0,822	0,676	0,558	0,750	0,550	0,503	0,496	0,409	0,354	0,333	0,280
0,492	0,892	0,726	0,605	0,808	0,588	0,518	0,519	0,425	0,368	0,349	0,286
0,481	0,897	0,774	0,688	0,838	0,635	0,565	0,584	0,474	0,406	0,377	0,306

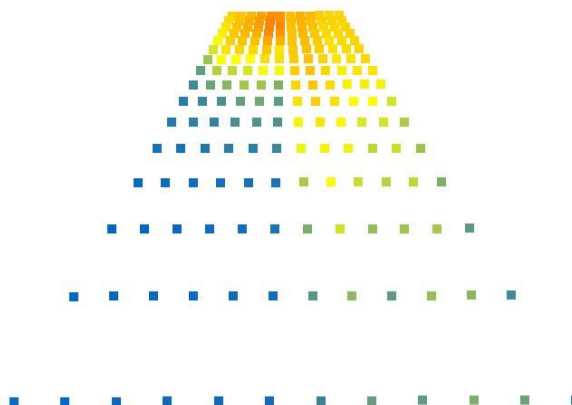
Pro efektivní práci s daty byly používány tzv. ‚makro funkce‘, které pomáhaly rozkládat a skládat matice, kopírovat barevnou informaci a vytvořit RGB kód barvy.

Po dokončení přípravy dat definující souřadnici a barvu daného bodu byla provedena transformace dat do formátu vhodného pro program ReCap. Program vyžaduje nastavení, kde jsou jednotlivé složky odděleny mezerou a čísla s desetinným rozvojem zapsána pomocí tečky. Tabulka 18 uvádí pořadí jednotlivých složek.

Tabulka 18 Formát dat pro import do programu ReCap. [31]

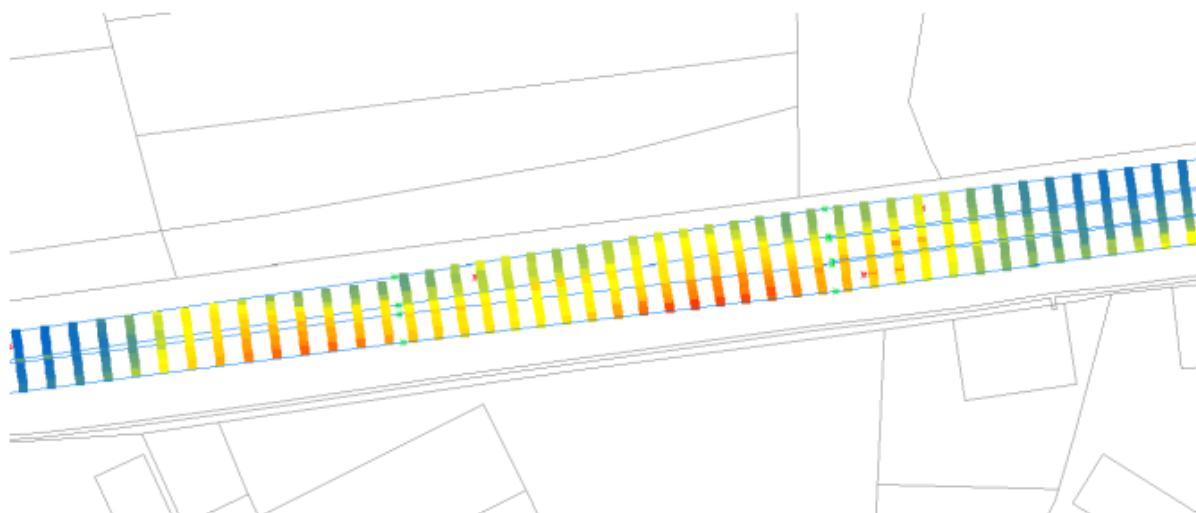
x	y	z	R	G	B
---	---	---	---	---	---

Program ReCap na základě datového souboru vytvoří barevné mračno bodů s konkrétními souřadnicemi (viz Obrázek 24).



Obrázek 24 Příklad výstupu z programu ReCap. [31]

Při vytváření mračen bodů je vhodné zohlednit křivolakost trasy (směrového vedení PK). Pokud se jedná o dlouhý přímý úsek lze spojit více mračen do jednoho. Pokud se však jedná o úsek nacházející se ve směrovém oblouku, je vhodné realizovat rozdělení mračna na více částí, aby šlo lépe slícovat katastrální a jasovou mapu. Import dat do programu Civil 3D se provádí funkcí import mračna bodů. Po importu lze nastavit velikost zobrazovaných bodů, aby došlo k ideálnímu překrytí vložených bodů. Obrázek 25 zobrazuje importovanou jasovou mapu do katastrální mapy. Tento příklad je z obce Křenovice.



Obrázek 25 Jasová mapa importovaná do katastrální mapy. [31]

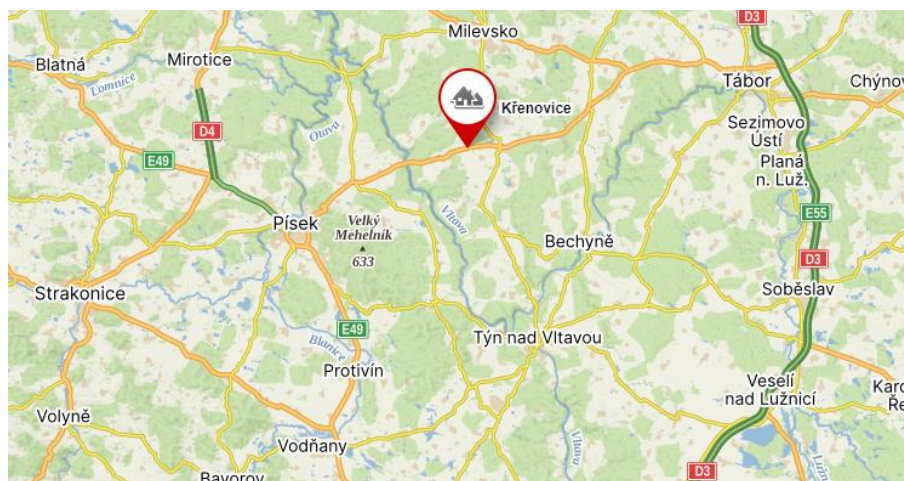
7. Jasová analýza vybraných obcí JČK

Pro terénní měření byly vybrány celkem tři obce, a to konkrétně obce Křenovice, Skočice a Bernartice. Výběr obcí primárně vycházel z definované silniční sítě v rámci provedené noční BI. Dalším požadavkem byla rozmanitost jednotlivých obcí v podobě druhů osvětlení a identifikovaných, resp. nenalezených nočních dopravně-bezpečnostních deficitů týkající se bezprostředně veřejného osvětlení. V neposlední řadě byly preferovány z výběru obce s nižší předpokládanou intenzitou dopravy, a to zejména pro dodržení maximální bezpečnosti účastníků měření, ale rovněž pro časovou efektivitu měření a nízkého počtu ovlivněných účastníků provozu.

Obec Křenovice byla vybrána zejména na základě provedené noční BI, v rámci které zde byla zaznamenána noční dopravně-bezpečnostní závada v podobě neadekvátně realizovaného osvětlení dopravního prostoru se středním rizikem. Obec Skočice se nachází na silnici I/22 a byla zvolena z důvodu, že zde byla v nedávné době provedena rekonstrukce VO a současně v průběhu noční BI PK nedošlo k zjištění žádného dopravně-bezpečnostního deficitu týkající se bezprostředně VO. Další výhodou této lokality byly rozmanité sklonové poměry komunikace a přítomnost přisvětleného přechodu pro chodce. Poslední zkoumanou lokalitou je přibližně 430 m dlouhý úsek v rámci obce Bernartice, který má výhodu v podobě využití dvou osvětlovacích soustav – soustava LED svítidel a výbojková soustava. Druhým významným faktorem je, že zde byla identifikována závada v podobě bodové absence VO.

7.1. Křenovice

Obec Křenovice se nachází v Jihočeském kraji v okrese Písek a leží přibližně 16 km severovýchodně od města Písek (Obrázek 26). Obcí probíhá silnice I/29, která spojuje právě město Písek a město Tábor. [40] Dle celostátního sčítání dopravy 2020 má silnice I/29 v úseku obce Křenovice hodnotu ročního průměru denních intenzit (dále jen „RPDI“) 6 049 voz/h. [41]




Obrázek 26 Umístění obce Křenovice v JČK. [42]

V rámci noční BI PK v obci Křenovice byly nalezeny čtyři dopravně-bezpečnostní deficity, z toho tři závady identifikovaly neadekvátní světelně technické vlastnosti SDZ. Poslední, a pro účely diplomové práce nejvýznamnější, dopravně-bezpečnostní deficit v podobě neadekvátního osvětlení dopravního prostoru je na 495 m dlouhém úseku. V rámci noční BI PK bylo stanoveno, že okolní zdroje světla vytváří významné kontrastní stíny, které byly klasifikovány z pohledu bezpečnosti jako střední riziko. Navrženo bylo administrativní řešení v podobě ověření světelných podmínek pomocí jasové analýzy. Obrázek 27 zobrazuje tuto dopravně-bezpečnostní závadu pomocí vyplněného formuláře v aplikaci CEBASS. [19]

Nově evidováno
I/29 - Směr staničení | km 17,611 | ID 40915
Bez reakce

Fotodokumentace



Nápravné opatření

Návrh opatření: Ověření světelných podmínek pomocí jasové analýzy

Poznámka opatření: -

Náročnost realizace: Administrativní řešení

Specifikace dopravně-bezpečnostního deficitu

Bezpečnostní deficit: Mezikřižovatkový úsek

Kategorie: 495 m - Neadekvátní osvětlení dopravního prostoru

Závažnost rizika: Střední

Poznámka: Okolní zdroj světla vytváří významné kontrastní stíny.

Lokalizace

GPS: [49.368373870850N,+14.340991020203E](https://www.google.com/maps/place/49.368373870850N,+14.340991020203E)

Staničení: km 17,611

Katastrální území: Intravilán - Křenovice

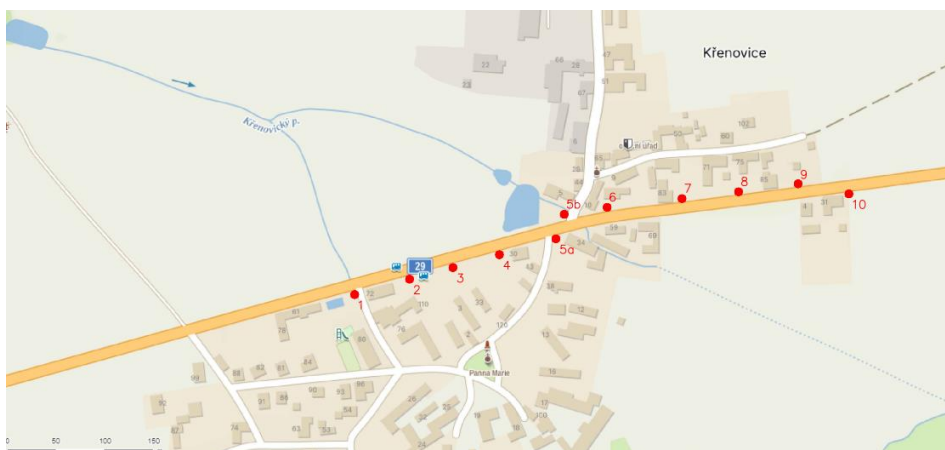
Správce PK: Správa České Budějovice

Nejvyšší dovolená rychlost: 50 km/h

Obrázek 27 Dopravně-bezpečnostní deficit ID 40 915 v obci Křenovice. [19]

7.1.1. Informace o měřeném úseku a VO

Délka měřeného úseku pomocí jasového analyzátoru byla 513 m. Měřený úsek začínal první lampou VO v rámci obce a končil poslední lampou VO. Celkem se na zkoumaném úseku nachází 11 lamp, které jsou rozděleny do 9 měřících úseků. Schematické umístění sloupů VO zobrazuje Obrázek 28 a podrobnější popis rozložení lamp uvádí Tabulka 19.



Obrázek 28 Plán rozmístění lamp – Křenovice. [42]

Tabulka 19 Rozmístění lamp v obci Křenovice podél silnice I/29. [31]

lampa	rozteč mezi lampami	umístění dle směru staničení PK	vzdálenost od VDZ V 4
1	[m]	vpravo od PK	4m
	51		
2	48	vpravo od PK	6m
	50		
3	63 (76)	vpravo od PK (i vlevo)	5m (9m)
	51 (38)		
4	77	vlevo od PK	3m
	66		
5a(b)	57	vlevo od PK	4m
	50		
6	50	vpravo od PK	4m
7		vpravo od PK	4m
8		vpravo od PK	4m
9		vpravo od PK	4m
10		vpravo od PK	4m
délka úseku		513m	

Tabulka 20 Charakteristiky osvětlovací soustavy v obci Křenovice. [31]

lampa	druh svítidla	upevnění	výška stožáru + výložníku	délka výložníku
1	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	ocelový stožár	10m	2m
2	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	ocelový stožár	10m	2m
3	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	ocelový stožár	10m	2m
4	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	ocelový stožár	10m	2m
5a(b)	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	betonový sloup	8m	0,5m
6	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	betonový sloup	10m	2m
7	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	betonový sloup	10m	2m
8	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	betonový sloup	10m	2m
9	vysoko tlaká sodíková výbojka -I	betonový sloup	10m	2m
10	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	betonový sloup	8m	0m

Tabulka 20 popisuje charakteristiky jednotlivých lamp veřejného osvětlení. Podél silnice I/29 v obci Křenovice se vyskytují lampy se světelnými zdroji v podobě vysokotlakých sodíkových výbojek. Všechny lampy, až na lampu označenou číslem 10, jsou osazeny stejným světelným zdrojem. Porovnání těchto dvou světelných zdrojů reprezentuje Obrázek 29, kde vlevo se nachází fotografie vysokotlaké sodíkové výbojky-I a vpravo vysokotlaké sodíkové výbojky-II upevněné na lampě 10.



Obrázek 29 Vysokotlaké sodíkové výbojky. [31]

V rámci obce se vyskytují 4 lampy na ocelovém stožáru s výložníkem (viz Obrázek 30), zbylé sloupy VO jsou betonové s i bez použití výložníku o různých délkách. Obrázek 31, Obrázek 32 a Obrázek 33 zobrazují příklady jednotlivých druhů lamp na betonovém sloupu.



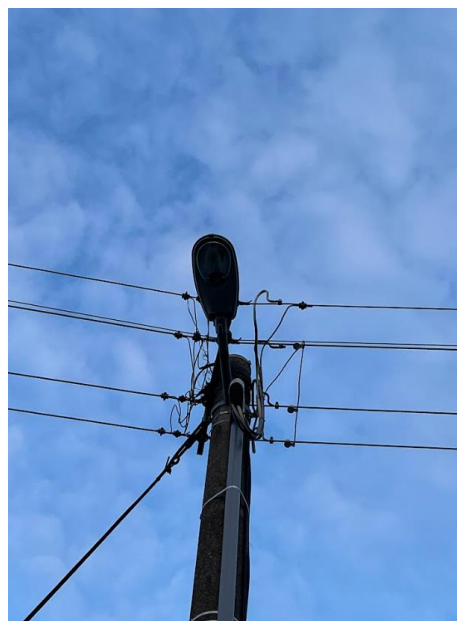
Obrázek 30 Lampa č. 3 v obci Křenovice. [31]



Obrázek 31 Lampa č. 10 v obci Křenovice. [31]



Obrázek 32 Lampa č. 9 v obci Křenovice. [31]



Obrázek 33 Lampa č. 5b v obci Křenovice. [31]

7.1.2. Klimatické podmínky měření

Tabulka 21 zobrazuje přesný čas měření a klimatické podmínky v průběhu měření. Během měření bylo zataženo, měsíc netvořil rušivý efekt v rámci nočních světelných podmínek.

Tabulka 21 Klimatické podmínky v obci Křenovice během měření. [43] [44]

Křenovice	
datum měření	13.3.-14.3.2023
čas měření jasovým analyzátozem	00:30-02:00
stav vozovky	suchá
teplota vzduchu	4-6° C
vlhkost vzduchu	70%
tlak vzduchu	999hPa
rychlost větru	4 km/h
oblačnost	zataženo
fáze měsíce	dorůstání
osvětlená plocha měsíce	61,50%

7.1.3. Výpočet třídy osvětlení

Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/29 obcí Křenovice byl proveden podle ČSN EN 13201-1. Tabulka 22 reprezentuje modifikovanou Tabulka 7, která je převzatá právě z ČSN EN 13201-1 [22], kde jsou vyznačené hodnoty týkající se tohoto průtahu a je zde již vypočítána minimální vyžadovaná třída osvětlení.

Tabulka 22 Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/29 v obci Křenovice. [22]

Parametr	Možnost	Popis		Váhová hodnota Vw
Návrhová rychlost nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	v ≥ 100 km/h		2
	Vysoká	70 < v < 100 km/h		1
	Střední	40 < v ≤ 70 km/h		-1
	Nízká	v ≤ 40 km/h		-2
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové PK	Dvoupruhové PK	
	Vysoká	> 65 % max. kapacity	> 45 % max. kapacity	1
	Střední	35 %-65 % max. kapacity	15 %-45 % max. kapacity	0
	Nízká	< 35 % max. kapacity	< 15 % max. kapacity	-1
Skladba dopravního proudu	Smíšená s vysokým podílem nemotorové dopravy			2
	Smíšená			1
	Pouze motorová			0
Směrově rozdělená komunikace	Ne			1
	Ano			0
Hustota křižovatek		Úrovňové křižovatky (počet/km)	Mimoúrovňové křižovatky, vzdálenost mezi mosty (km)	
	Vysoká	> 3	< 3	1
	Střední	≤ 3	≥ 3	0
Parkující vozidla	Vyskytují se			1
	Nevyskytují se			0
Jasnost okolí	Vysoká	Výlohy, reklamní plochy, sportoviště,		1
	Střední	Běžná situace		0
	Nízká			-1
Náročnost navigace	Vysoká			2
	Střední			1
	Nízká			0
Výsledná třída osvětlení M		M6		Σ 0

Maximální dovolená rychlost na měřeném úseku je 50 km/h a podle celostátního sčítání dopravy 2020 je hodnota RPD1 6 049 voz/h. [41] Kapacita dopravních proudů se rovná kapacitě volně se pohybujících dopravních proudů, která má všeobecně uznávanou hodnotu 1 800 pvoz/h pro jeden jízdní pruh. [45] Na základě převedení maximální hodinové kapacity na maximální denní kapacitu a vydělení RPD1 právě touto hodnotou dostáváme vztah pro výpočet zatížení dopravy.

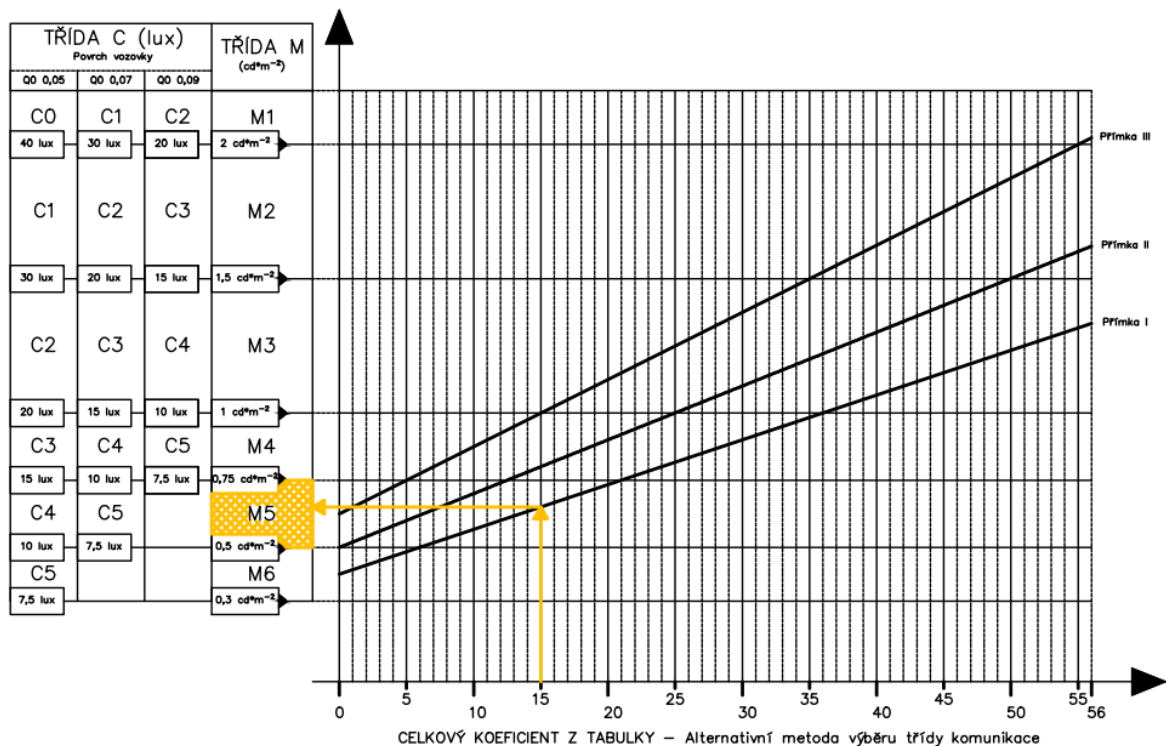
$$C_{max} = \frac{RPDI}{24 * 1800} * 100 = \frac{6049}{24 * 1800} * 100 = 14\%$$

Na základě výpočtu bylo stanoveno, že intenzita dopravy v daném úseku dosahuje pouze 14 % maximální kapacity komunikace. Vzhledem k běžnému intravilánovému charakteru komunikace byla skladba dopravního proudu stanovena na smíšenou a směrově nerozdělenou. Hustota křižovatek byla rovna dvěma a nebyla definována žádná vyšší jasnost okolí, avšak vzhledem k blízkosti obytné zástavby byla stanovena jasnost jako běžná. Na komunikaci se nevyskytují žádné parkovací pruhy nebo pásy, pouze na konci obce ve směru staničení se nachází podél komunikace prostor sloužící k odstavení, resp. parkování vozidel, který však není vyznačen jako parkoviště. Vzhledem ke skutečnosti, že téměř celý úsek je veden v přímém směru a hlavní pozemní komunikace je odlišná svým charakterem od ostatních PK, byla náročnost navigace stanovena jako nízká.

Výsledný součet váhových hodnot je roven 0. Na základě vzorce $M = 6 - V_W$ je určena minimální třída osvětlení M6. Některé parametry byly na hraně rozhodování, a proto by se dané koeficienty mohly v případě potřeby i upravit. Výsledná hodnota třídy osvětlení by poté mohla být stanovena na M5. Pro ověření správnosti vybrané třídy byl proveden i alternativní způsob výběru třídy komunikace, který je uveden v ČSN EN 13201-1 v příloze B – Alternativní metoda výběru třídy osvětlení [22], jejíž základ je založen na druhu PK. Tabulka 23 a Graf 4 definuje alternativní postup výběru třídy osvětlení.

Tabulka 23 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Křenovice. [22]

Označení PK	Vozovka a dovolená rychlost				Doprava									A	B	C	Celkový koeficient					
	PK		Dovolená rychlost	koeficient PK a rychlosti	Skladba				Intenzita			Jasnost okolí	Psychická zátěž	Rychlost x skladba x intenzita	Jasnost okolí	Psychická zátěž	A x B nebo A x C	A x B x C				
	Směrově nerozdělená	Směrově rozdělená	km/h		koeficienty				koeficienty			koeficienty		1,25	1,25	Přímka I	Vysoká	Vysoká	Přímka II	Přímka III		
					1	2	3	4	3	2	1	1	1									
dálnice		x	≤ 130	5		2				3				●	●	30 20 10	-	●	38 25 12			
průjezdni úsek dálnice		x	≤ 110	5		2				3				-	-			●	●	38 25 12	47 31 15	
silnice I. třídy	x		≤ 90	5			3			3		2	1	●	●	45 30 15	-	●		38 19		
rychlostní MK	x		≤ 70	4			3			3		2	1	-	-			●	●	45 30 15	58 37 19	
sběrná MK	x		≤ 50	3			3			3		2	1	-	-			●	●	34 23 11	42 28 14	
obslužná MK - městská třída	x		≤ 50	3			3			3		2	1	●	●	18 9		●	-		22 11	
obslužná MK	x		≤ 50	2			3			3		2	1	●	●	12 6		●	-		15 8	
nebezpečné křižovatky na MK	x		≤ 50	3			3			3		2	1	●	●	27 18 9		●	●		34 23 11	42 28 14
nebezpečné úseky MK	x		≤ 30	1			4			3		2	1	●	●	12 8 4		●	●		15 10 5	18 12 7



Graf 4 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Křenovice. [22]

Nejprve se v tabulce (Tabulka 23) stanoví označení pozemní komunikace, které určí hlavní koeficient. Následně dojde i k určení dalších koeficientů na základě intenzity, jasnosti okolí a psychické zátěži. Posledním krokem je roznásobení koeficientů, které definují celkový koeficient. Vyhodnocovaný úsek se nachází na silnici I. třídy s nízkou intenzitou, nezvýšeným jasnem a s nezvýšenou psychickou zátěží.

$$\text{celkový koeficient} = 5 * 3 * 1 * 1 * 1 = 15$$

Na základě vypočteného koeficientu se určí přímka grafu (Graf 4), z které bude vyhodnocena potřebná třída osvětlení. Hodnota 15 odpovídá přímce I.

Na ose Y se nachází třídy osvětlení M a na ose X je číselná řada reprezentující hodnoty celkových koeficientů. Pro získání konkrétní třídy osvětlení je nutné vynést kolmici z hodnoty celkového koeficientu do místa průsečíku s odpovídající přímkou. V našem případě došlo k průsečíku s přímkou I v oblasti grafu M5. Z tohoto důvodu by bylo adekvátní, kdyby VO v obci Křenovice u silnice I/29 mělo osvětlovací třídu ideálně alespoň M5.

7.1.4. Porovnání naměřených hodnot s normou

Vypočtené hodnoty průměrného jasu, celkové rovnoměrnosti a podélné rovnoměrnosti byly provedeny na základě již popsaných výpočtů a postupů. Tabulka 24 a Tabulka 25 obsahuje barvy určující, zda daná měřená oblast splňuje požadavky třídy osvětlení M6. Zelenou barvou jsou znázorněny hodnoty, které splňují dané požadavky pro třídu osvětlení M6, a červeně hodnoty nesplňující požadavky. Tabulky s konkrétními hodnotami jsou uvedeny v příloze č. 2. Dle předchozí kapitoly by bylo žádoucí provést totožné ověření pro třídu osvětlení M5, avšak žádný z úseků nesplňuje kompletní požadavky pro třídu osvětlení M6, tudíž by bylo takové ověření nadbytečné. Pro zařazení osvětlení do třídy M6 je nutné splnění všech tří hlavních podmínek: průměrného jasu, celkové rovnoměrnosti a podélné rovnoměrnosti. Daný úsek však nesplňuje tyto podmínky ve všech oblastech. Měření bylo pro ověření a lepší pochopení provedeno v obou směrech staniční. Ke snazší orientaci v příložených tabulkách byl vytvořen Obrázek 34.

Tabulka 24 Kritéria třídy osvětlení M6 směr staničení v obci Křenovice. [31]

Směr proti staničení (P) - kritéria třídy osvětlení M6							
označení pravého jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost	označení protisměrného jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost
	[cd*m-2]	[-]	[-]		[cd*m-2]	[-]	[-]
P11				P12			
P21				P22			
P31				P32			
P41				P42			
P51				P52			
P61				P62			
P71				P72			
P81				P82			
P91				P92			

Tabulka 25 Kritéria třídy osvětlení M6 směr proti staničení v obci Křenovice. [31]

Směr proti staničení (Q) - kritéria třídy osvětlení M6							
označení pravého jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost	označení protisměrného jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost
	[cd*m-2]	[-]	[-]		[cd*m-2]	[-]	[-]
Q11				Q12			
Q21				Q22			
Q31				Q32			
Q41				Q42			
Q51				Q52			
Q61				Q62			
Q71				Q72			
Q81				Q82			
Q91				Q92			

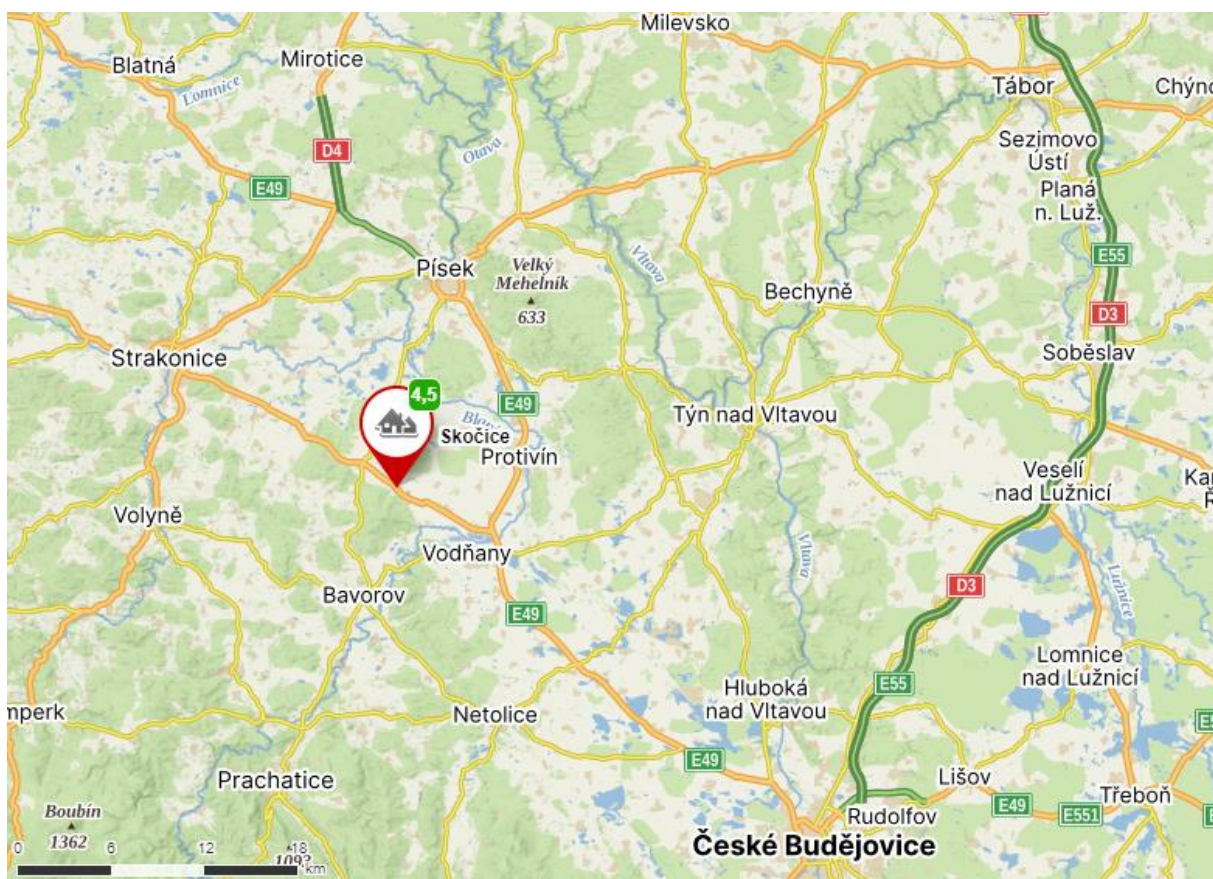


Obrázek 34 Schematický plán měření v obci Křenovice. [42]

Ve schematickém plánu měření jsou červeně vyznačeny měřené oblasti ve směru staničení silnice I/29 a modře oblasti měření proti směru staničení.

7.2. Skočice

Druhou vybranou měřicí lokalitou byla obec Skočice nacházející se v okrese Strakonice zhruba 8 km severozápadně od města Vodňany (Obrázek 35). Obcí prochází silnice I/22, která spojuje například města Vodňany a Strakonice, mezi kterými se právě tato obec nachází. [46] Dle celostátního sčítání dopravy 2020 má silnice I/22 v úseku obce Skočice hodnotu RPDI 4 672 voz/h. [41]

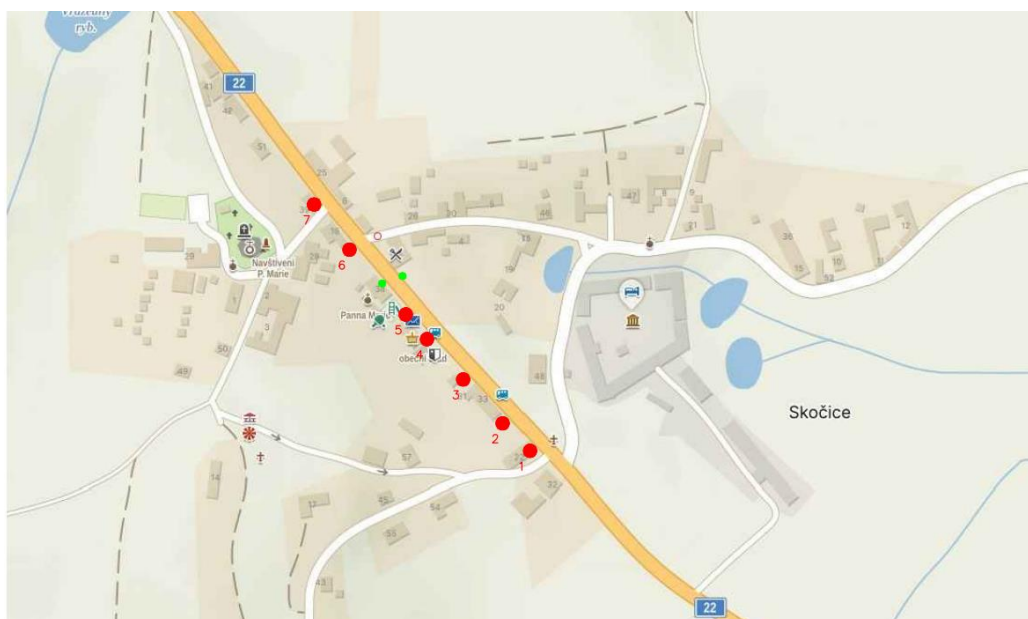


Obrázek 35 Umístění obce Skočice v JČK. [42]

Provedená noční bezpečnostní inspekce na silnici I/22 na území obce Skočice odhalila pouze jeden dopravně-bezpečnostní deficit. Tento deficit spočívá v neadekvátních světelně technických vlastnostech SDZ IZ 4a („Začátek obce“). [47] V obci byly v posledních letech realizovány rozsáhlé stavební práce, při kterých byly na průtahu silnice I/22 zrekonstruovány chodníkové plochy, autobusové zastávky, přechod pro chodce a i veřejné osvětlení. Z tohoto důvodu byla obec Skočice vybrána jakožto reprezentativní obec s bezpečně osvětlenou PK v intravilánovém úseku.

7.2.1. Informace o měřeném úseku a VO

Silnice I/22 má v rámci obce délku přibližně 485 m [42] a při měření bylo v plánu vypracovat jasovou analýzu na kompletním průtahu. Vzhledem však k nečekaně velkému rozdílu podélných sklonů, které tvořily vrcholový oblouk, nešlo naměřit pomocí jasového analyzátoru LumiDISP všechny potřebné oblasti. Z tohoto důvodu byl měřený úsek zkrácen na 225 m. Začátek měření byl na konci obce ve směru staničení a konec měření se nacházel za křižovatkou k místnímu kostelu Navštívení Panny Marie. Na tomto úseku se nachází sedm lamp VO a dvě lampy sloužící jako přisvětlení přechodu pro chodce. Na základě toho byl tento úsek obce rozdělen do šesti měřících úseků. Obrázek 36 zobrazuje schematické rozmístění sloupů VO a Tabulka 26 toto umístění specifikuje.



Obrázek 36 Plán rozmístění lamp – Skočice. [42]

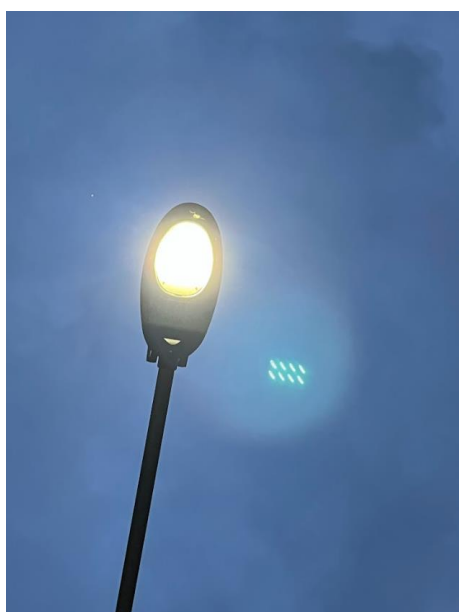
Tabulka 26 Rozmístění lamp v obci Skočice podél silnice I/22. [31]

lampa	rozteč mezi lampami	umístění dle směru staničení PK	vzdálenost od VDZ V 4
1	[m]	vpravo od PK	3m
2	39	vpravo od PK	3m
3	45	vpravo od PK	3m
4	45	vpravo od PK	4m
5	24	vpravo od PK	4m
6	45	vpravo od PK	4m
7	27	vpravo od PK	3m
délka úseku		225m	

Tabulka 27 Charakteristiky osvětlovací soustavy v obci Skočice. [31]

lampa	druh svítidla	upevnění	výška stožáru + výložníku	délka výložníku
1	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
2	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
3	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
4	LED - neznámého původu	betonový sloup	8m	2m
5	LED - neznámého původu	betonový sloup	8m	2m
6	LED - neznámého původu	betonový sloup	8m	2m
7	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m

Tabulka 27 charakterizuje jednotlivé lampy VO včetně svítidel. V průtahu silnice I/22 obcí Skočice se v době provádění jasové analýzy vyskytoval pouze jeden druh svítidla a tím bylo LED svítidlo neznámého původu (viz Obrázek 37). Svítidla jsou vždy upevněna na výložníku (viz Obrázek 38), a to konkrétně na dvou typech sloupů. Prvním typem jsou ocelové stožáry s pasivní třídou bezpečnosti 0, které se nacházejí přibližně 3 metry vpravo od VDZ V 4 ve směru staničení. Tento typ upevnění mají čtyři lampy z měřeného úseku. Obrázek 39 ukazuje příklad takto provedeného sloupu VO. Obrázek 40 zobrazuje druhý typ, kterým jsou svítidla upevněna na výložníku na betonových sloupech, které se nacházejí přibližně 4 metry od VDZ V 4.



Obrázek 37 LED svítidlo. [31]



Obrázek 38 Výložník. [31]



Obrázek 39 Lampa č. 3 v obci Skočice. [31]



Obrázek 40 Lampa č. 6 v obci Skočice. [31]

7.2.2. Klimatické podmínky měření

Tabulka 28 obsahuje informace o čase měření a klimatických podmínkách právě v čase měření. Největším problémem v době měření bylo to, že vozovka byla nerovnoměrně proschlá. Například zejména na okraji levého jízdního pruhu směrem na Strakonice byla vozovna velmi mokrá a naopak v ose komunikace byla vozovka poměrně dost proschlá.

Tabulka 28 Klimatické podmínky v obci Skočice během měření. [43][44]

Skočice	
datum měření	19.3.-20.3.2023
čas měření jasovým analyzátozem	23:15-00:15
stav vozovky	mokrá - zejména na krajích a ve vyjetých kolejích
teplota vzduchu	5-7° C
vlhkost vzduchu	84%
tlak vzduchu	1017 hPa
rychlost větru	6 km/h
oblačnost	zataženo
fáze měsíce	dorůstání
osvětlená plocha měsíce	4,10%

7.2.3. Výpočet třídy osvětlení

Výpočet třídy osvětlení na průtahu silnice I/22 obcí Skočice byl proveden podle ČSN EN 13201-1. Tabulka 29 uvádí, jak bylo provedeno určení nejnižší požadované třídy osvětlení podle ČSN EN 13201-1. [22] V tabulce jsou modře vyznačeny koeficienty použité pro výpočet minimální třídy osvětlení.

Tabulka 29 Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/22 v obci Skočice. [22]

Parametr	Možnost	Popis		Váhová hodnota Vw
Návrhová rychlost nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové PK	Dvoupruhové PK	
	Vysoká	> 65 % max. kapacity	> 45 % max. kapacity	1
	Střední	35 %-65 % max. kapacity	15 %-45 % max. kapacity	0
	Nízká	< 35 % max. kapacity	< 15 % max. kapacity	-1
Skladba dopravního proudu	Smišená s vysokým podílem nemotorové dopravy			2
	Smišená			1
	Pouze motorová			0
Směrově rozdělená komunikace	Ne			1
	Ano			0
Hustota křižovatek		Úrovňové křižovatky (počet/km)	Mimoúrovňové křižovatky, vzdálenost mezi mosty (km)	
	Vysoká	> 3	< 3	1
	Střední	≤ 3	≥ 3	0
Parkující vozidla	Vyskytují se			1
	Nevyskytují se			0
Jasnost okolí	Vysoká	Výlohy, reklamní plochy, sportoviště,		1
	Střední	Běžná situace		0
	Nízká			-1
Náročnost navigace	Vysoká			2
	Střední			1
	Nízká			0
Výsledná třída osvětlení M		M6		Σ 0

Maximální dovolená rychlost v rámci celého úseku je 50 km/h. RPDl podle celostátního sčítání dopravy z roku 2020 je 4 672 voz/h. [41] Intenzita dopravy byla stanovena na nízkou, a to na základě níže uvedeného vzorce, kde 1 800 je hodnota kapacity volného dopravního proudu jednoho jízdního pruhu. [45]

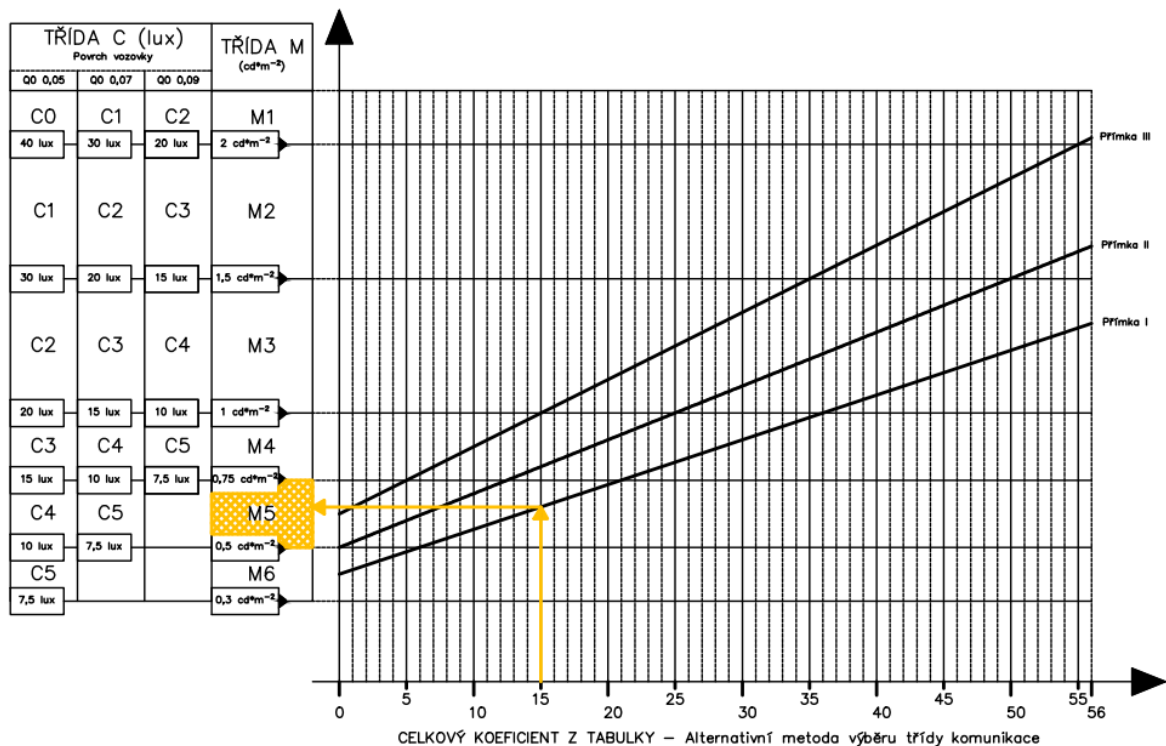
$$C_{max} = \frac{RPDI}{24 * 1800} * 100 = \frac{4672}{24 * 1800} * 100 = 11\%$$

Skladba dopravního proudu odpovídá intravilánovému úseku se smíšeným dopravním proudem na směrově nerozdělené komunikaci. V obci se nachází dvě významné křižovatky a jasnost okolí je běžná s ohledem na přilehlou zástavbu. Na průtahu se nenachází žádné parkovací pruhy nebo pásy, pouze sjezdy k jednotlivým domům a objektům. Komunikace vede v přímém směru s odlišnými podélnými sklony, které však nezhoršují orientaci. Připojované komunikace jsou svým charakterem významně odlišné od hlavní PK. Na základě těchto parametrů je náročnost navigace stanovena jako nízká.

Výsledný součet váhových hodnot je roven 0. Na základě vzorce $M = 6 - V_W$ byla vypočtena minimální třída osvětlení M6. Některé parametry byly na hraně rozhodování, a proto by se dané koeficienty mohly v případě potřeby i upravit. Výsledná hodnota třídy osvětlení by poté mohla dosáhnout na třídu osvětlení M5. Pro ověření správnosti vybrané třídy byl proveden i alternativní způsob výběru třídy komunikace, který je uveden v ČSN EN 13201-1 v příloze B – Alternativní metoda výběru třídy osvětlení [22], jejíž základ je založen na druhu PK. Tabulka 30 a Graf 5 uvádí alternativní postup provedení výběru třídy osvětlení. V tabulce a v grafu jsou barevně vyznačené hodnoty související s danou zkoumanou PK.

Tabulka 30 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Skočice. [22]

Označení PK	Vozovka a dovolená rychlost				Doprava									A	B	C	Celkový koeficient	
	PK		Dovolená rychlost km/h	Koeficient PK a rychlosti	Skladba				Intenzita			Jasnost okolí 1	Psychická zátěž 1	Rychlost x skladba x intenzita	Jasnost okolí 1,25	Psychická zátěž 1,25	A x B nebo A x C	A x B x C
	Směrově nerozdělená	Směrově rozdělená			koeficienty				koeficienty									
			1	2	3	4	3	2	1	1	1	1	1					
					Nemotorová	Pouze motorová	Smíšená	Smíšená převážně nemotorová	Vysoká	Střední	Nízká	Nízká až střední	Přímka I	Vysoká	Vysoká	Přímka II	Přímka III	
dálnice		x	≤ 130	5		2			3	2	1	●	●	30 20 10	-	●	38 25 12	
průjezdni úsek dálnice		x	≤ 110	5		2			3	2	1	-	-		●	●	38 25 12	47 31 15
silnice I.třídy	x		≤ 90	5		3			3	2	1	●	●	45 30 15	-	●	58 38 19	
rychlostní MK	x		≤ 70	4			3		3	2	1	-	-		●	●	45 30 15	58 37 19
sběrná MK	x		≤ 50	3			3		3	2	1	-	-		●	●	34 23 11	42 28 14
obslužná MK - městská třída	x		≤ 50	3			3		3	2	1	●	●	18 9	●	-	22 11	
obslužná MK	x		≤ 50	2			3		3	2	1	●	●	12 6	●	-	15 8	
nebezpečné křižovatky na MK	x		≤ 50	3			3		3	2	1	●	●	27 18 9	●	●	34 23 11	42 28 14
nebezpečné úseky MK	x		≤ 30	1			4		3	2	1	●	●	12 8 4	●	●	15 10 5	18 12 7



Graf 5 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení-Skočice. [22]

Na základě tabulky (Tabulka 30) se stanoví podle druhu PK hlavní koeficient, který je roznásoben koeficienty intenzity, jasnosti okolí a psychické zátěže řidiče.

$$\text{celkový koeficient} = 5 * 3 * 1 * 1 * 1 = 15$$

Na základě vypočteného koeficientu se určí přímka grafu, z které bude vyhodnocena potřebná třída osvětlení. Hodnota 15 odpovídá přímce I.

Na y-nové ose se nacházejí třídy osvětlení M a na x-ové ose je číselná řada reprezentující hodnoty celkových koeficientů. Pro získání konkrétní třídy osvětlení je nutné vynést kolmici z hodnoty celkového koeficientu do místa průsečíku s odpovídající přímkou. V našem případě došlo k průsečíku s přímkou I v oblasti grafu M5. Z tohoto důvodu by bylo adekvátní, kdyby VO v obci Skočice u silnice I/22 mělo osvětlovací třídu ideálně alespoň M5.

7.2.4. Porovnání naměřených hodnot s normou

Na průtahu silnice I/22 obcí Skočice byly provedeny výpočty jak pro mokrou, tak pro suchou variantu. Všechna měření a výpočty podléhala výše zmíněným postupům. V případě mokré komunikace dochází k výpočtu pouze celkové rovnoměrnosti jasu mokré komunikace. Po provedení těchto výpočtů VO ve všech měřených úsecích splňuje požadavky třídy M6 i M5. Při výpočtu byly odebrány oblasti s významným zásahem označníku, VDZ nebo místa

se zjevnou chybou měření. Místa se zjevnou chybou měření byla eliminována na základě vysoké odchylky jasů od okolních oblastí s relativně stejnými vlastnostmi.

Na základě nízkých požadavků na jasové poměry mokré komunikace byly provedeny i výpočty pro suché povrchy. Tyto výpočty nelze zcela respektovat, avšak mají zajímavý informativní charakter. Primární nerelevantnost těchto výsledků je způsobena zejména nerovnoměrným vysycháním vozovky. Tabulka 31 a Tabulka 32 shrnují výpočty třídy osvětlení, kde tmavě zelená barva znázorňuje splnění podmínek pro třídy osvětlení M5 a M6, světle zelená splnění podmínek pouze pro třídu osvětlení M6 a červená barva nesplnění žádných tříd osvětlení PK. Jak je z tabulek patrné, největší nedostatky vykazuje parametr podélná rovnoměrnost v pravém jízdním pruhu ve směru staničení a průměrný jas v levém jízdním pruhu ve směru staničení. Nesplnění požadavku podélné rovnoměrnosti lze snadno přiřadit vlivu nerovnoměrného vysychání vozovky. Nedosažení minimální hodnoty jasů však může evokovat potencionální nedostatky v osvětlení. Mokrý povrch totiž odráží více světla, a tudíž by měla být i jasnější. Avšak při určitém množství vody by mohlo dojít pouze k ztmavení vozovky, které by mělo za následek snížení jasů. Pro potvrzení této hypotézy by bylo nutné provést speciální výzkum, který nebyl cílem této práce.

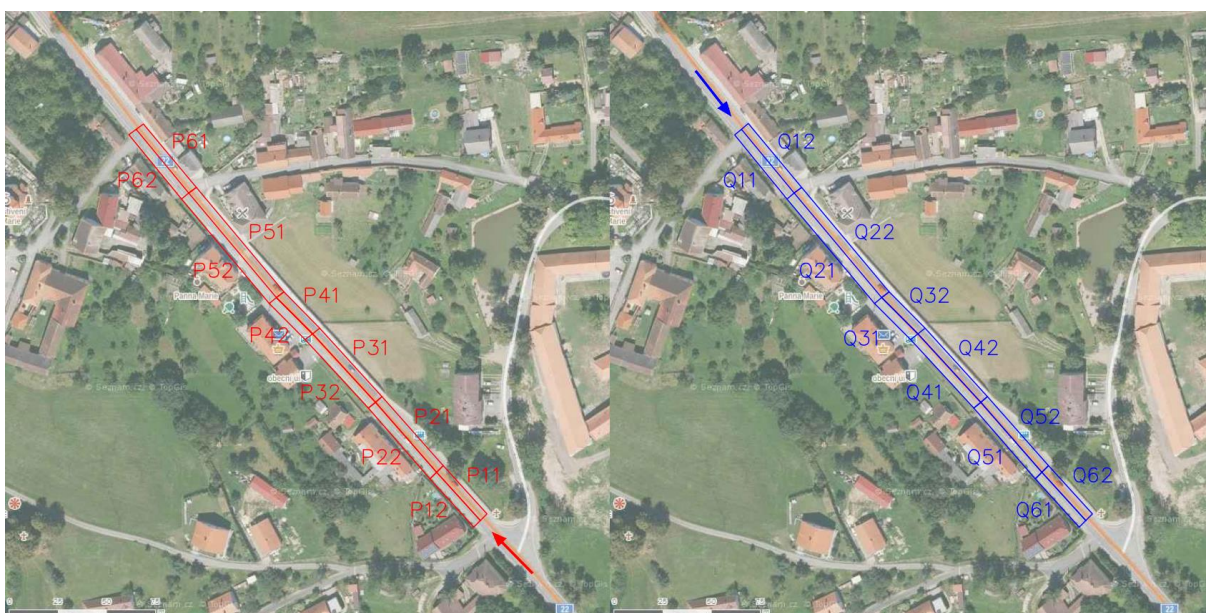
Tabulka 31 Kritéria třídy osvětlení M6 a M5 směr staničení v obci Skočice. [31]

Směr proti staničení (Q) - kritéria třídy osvětlení M6							
označení pravého jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost	označení protisměrného jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost
	[cd*m-2]	[-]	[-]		[cd*m-2]	[-]	[-]
Q11				Q12			
Q21				Q22			
Q31				Q32			
Q41				Q42			
Q51				Q52			
Q61				Q62			

Tabulka 32 Kritéria třídy osvětlení M6 a M5 směr proti staničení v obci Skočice. [31]

Směr proti staničení (P) - kritéria třídy osvětlení M6							
označení pravého jízdniho pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost	označení protisměrného jízdniho pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost
	[cd*m-2]	[-]	[-]		[cd*m-2]	[-]	[-]
P11				P12			
P21				P22			
P31				P32			
P41				P42			
P51				P52			
P61				P62			

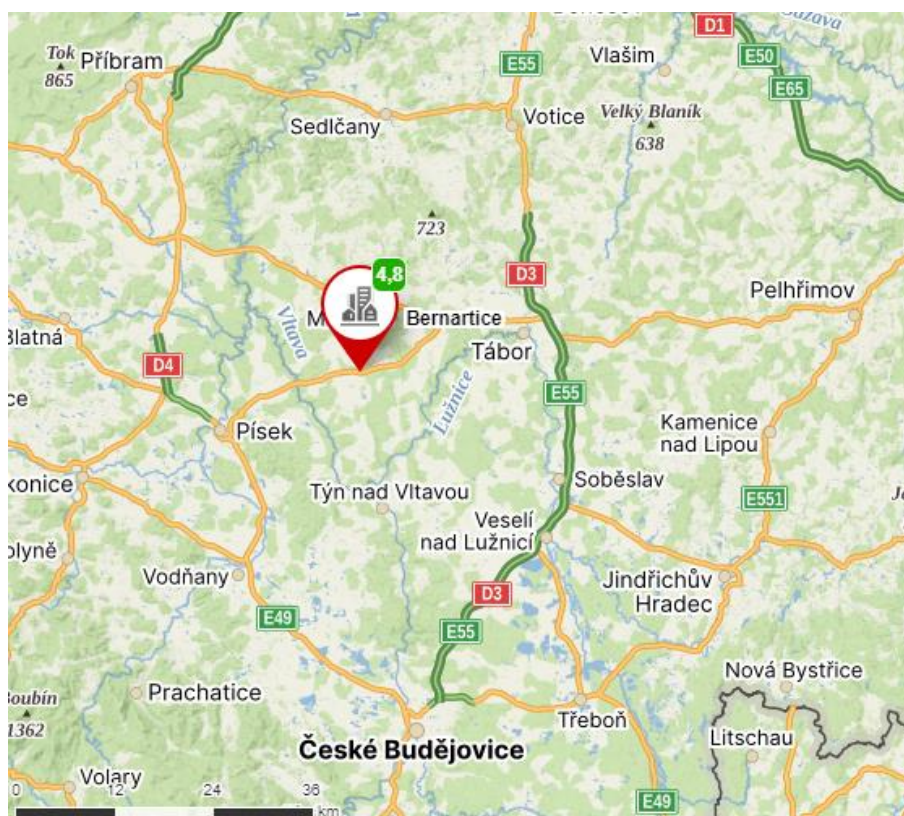
K snazší orientaci v tabulkách byl vytvořen Obrázek 41. Na obrázku jsou vyznačeny červenou barvou úseky P, kterými započalo měření a které jsou měřeny proti směru staničení. Modré oblasti Q jsou měřeny ve směru staničení. Postup měření probíhal následovně: P11-P12-P21.....-P62-Q11-Q12-Q21-.....Q62.



Obrázek 41 Schematický plán měření v obci Skočice. [42]

7.3. Bernartice

Městys Bernartice se nachází v Jihočeském kraji v okrese Písek a sousedí s obcí Křenovice, ve které bylo rovněž provedeno měření jasu (Obrázek 42). Obcí Bernartice prochází silnice I/29 spojující města Tábor a Písek. Obě města se nacházejí ve vzdálenosti necelých 20 km od obce Bernartice. [48] V rámci předmětného intravilánového úseku se vyskytují na silnici I/29 dva sčítací úseky z celostátního sčítání dopravy z roku 2020. Sledovaný úsek náleží do úseku s hodnotou RPDI 4 680 voz/h, tato hodnota má přibližně o 1 500 voz/h nižší velikost, než byla zjištěna na druhém úseku. [41]

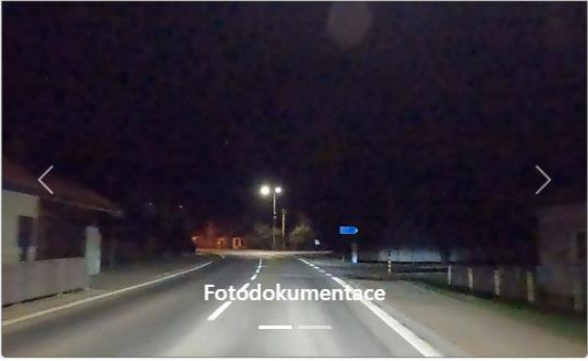


Obrázek 42 Umístění obce Bernartice v JČK. [42]

V rámci noční bezpečnostní inspekce na silnici I/29 byl vytipován 429 m dlouhý intravilánový úsek na území obce Bernartice, který obsahuje dva typy VO a dopravně-bezpečnostní deficit v podobě bodové absence VO. Na tomto úseku bylo definováno celkem pět dopravně-bezpečnostních závad, z toho čtyři dopravně-bezpečnostní deficity poukazují na neadekvátní světelně technické vlastnosti SDZ, které jsou klasifikovány jako nízko rizikové deficity. Pátou závadou je již zmíněný deficit týkající se přímo VO (Obrázek 43). Jedná se o bodovou absenci VO v prostoru křižovatky, kterému bylo přiřazeno střední riziko. Doporučené sanační opatření bylo z kategorie realizace sloupu VO mezi současné sloupy VO. Závada byla identifikována mezi lampami VO č. 5 a č. 6, kde je největší vzdálenost mezi jednotlivými sloupy VO.

Nově evidováno I/29 - Směr staničení | km 20,898 | ID 5175 **Bez reakce**

Fotodokumentace



Fotodokumentace

Nápravné opatření

Návrh opatření	Realizace VO
Poznámka opatření	-
Náročnost realizace	Složitě řešení

Specifikace dopravně-bezpečnostního deficitu

Bezpečnostní deficit	Křížovatka
Kategorie	<input checked="" type="checkbox"/> 1x - Absence osvětlení dopravního prostoru
Závažnost rizika	Střední
Poznámka	-

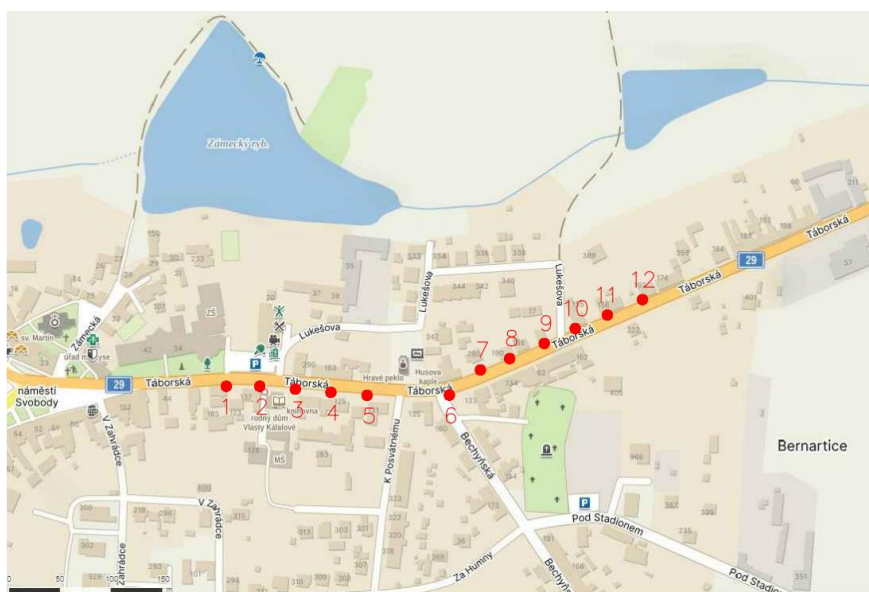
Lokalizace

GPS	49.368743896484N, 14.386216163635E
Staničení	km 20,898
Katastrální území	Intravilán - Bernartice
Správce PK	Správa České Budějovice
Nejvyšší dovolená rychlost	50 km/h

Obrázek 43 Dopravně-bezpečnostní deficit ID 5175 v obci Bernartice. [19]

7.3.1. Informace o měřeném úseku a VO

Měřený úsek se nachází v obci Bernartice na 21. kilometru silnice I/29. Jasová analýza byla provedena na úseku dlouhém 429 m, na kterém se nachází celkem 12 sloupů VO dělicí jasovou analýzu do 11 měřících úseků. Výhodou tohoto úseku je to, že se zde nachází šest sloupů VO stejného typu za sebou a na ně navazuje úsek s šesti sloupy VO jiného typu. Obrázek 44 uvádí schematické rozmístění sloupů VO a Tabulka 33 toto umístění detailněji specifikuje.



Obrázek 44 Plán rozmístění lamp – Bernartice. [42]

Tabulka 33 Rozmístění lamp v obci Bernartice podél PK I/29. [31]

lampa	rozteč mezi lampami	umístění dle směru staničení PK	vzdálenost od VDZ V 4
1	[m]	vpravo od PK	2m
	36		
2	36	vpravo od PK	2m
	36		
3	36	vpravo od PK	2m
	36		
4	36	vpravo od PK	2m
	36		
5	78	vpravo od PK	2m
	31		
6	31	vpravo od PK	3m
	35		
7	35	vlevo od PK	1m
	36		
8	36	vlevo od PK	1m
	35		
9	35	vlevo od PK	1m
	35		
10	35	vlevo od PK	1m
	35		
11	35	vlevo od PK	1m
	35		
12		vlevo od PK	1m
délka úseku		429m	

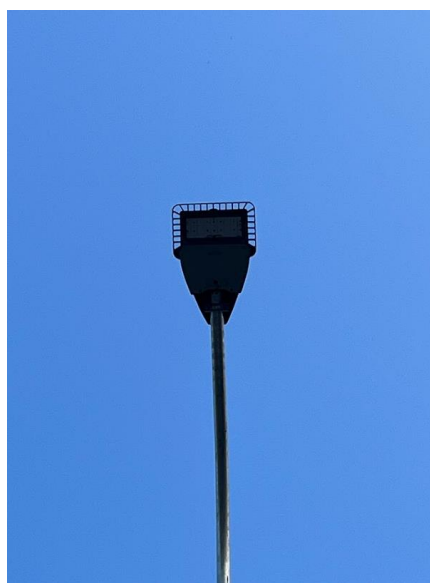
Tabulka 34 Charakteristiky osvětlovací soustavy v obci Bernartice. [31]

lampa	druh svítidla	upevnění	výška stožáru + výložníku	délka výložníku
1	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
2	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
3	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
4	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
5	LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
6	2 x LED - neznámého původu	ocelový stožár	8m	2m
7	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	ocelový stožár	8m	2m
8	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	ocelový stožár	8m	2m
9	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	ocelový stožár	8m	2m
10	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	ocelový stožár	8m	2m
11	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	ocelový stožár	8m	2m
12	vysoko tlaká sodíková výbojka -II	ocelový stožár	8m	2m

Tabulka 34 uvádí charakteristiky jednotlivých lamp VO. V měřené části obce Bernartice se nacházejí dva typy VO. Prvním typem jsou lampy označeny čísly 1-6, které se nacházejí dva metry od VDZ V 4 na pravé straně PK ve směru staničení (Obrázek 45). Ocelové stožáry jsou osazeny LED osvětlovací soustavou neznámého původu (Obrázek 46). Obrázek 47 zobrazuje specifickou lampu označenou číslem 6. Na jednom jejím ocelovém stožáru se nacházejí dvě LED svítidla. Druhý typ představují lampy s ocelovými stožáry osazenými vysokotlakými sodíkovými výbojkami (Obrázek 48). Lampy se nacházejí na levé straně ve směru staničení, a to přibližně 1 metr od VDZ V 4. Výbojky byly označeny římskou číslicí II, protože jsou stejného typu jako vysokotlaká sodíková výbojka – II použitá u lampy č. 10 v obci Křenovice. Obrázek 49 zobrazuje detailní pohled na tuto výbojku.



Obrázek 45 LED lampa č. 1 v obci Bernartice. [31]



Obrázek 46 Detail LED svítidla v obci Bernartice. [31]



Obrázek 47 LED lampa č. 6 v obci Bernartice. [31]



Obrázek 48 Lampa č. 7 v obci Bernartice. [31]



Obrázek 49 Detail svítidla č. 7 v obci Bernartice. [31]

7.3.2. Klimatické podmínky měření

Tabulka 35 obsahuje informace o přesném čase měření a o přibližných klimatických podmínkách. Měření bylo provedeno shodně jako u ostatních lokalit, tedy v době astronomické noci. [43] [44]

Tabulka 35 Klimatické podmínky v obci Bernartice během měření. [43] [44]

Bernartice	
datum měření	24.5.-25.5.2023
čas měření jasovým analyzátozem	00:15-02:00
stav vozovky	suchá
teplota vzduchu	8-10° C
vlhkost vzduchu	60%
tlak vzduchu	1019 hPa
rychlost větru	10km/h
oblačnost	polojasno
fáze měsíce	couvání
osvětlená plocha měsíce	25,70%

7.3.3. Výpočet třídy osvětlení

Výpočet třídy osvětlení na průtahu silnice I/29 obcí Bernartice byl proveden podle ČSN EN 13201-1. [22] Tabulka 36 znázorňuje postup určení nejnižší požadované třídy osvětlení podle ČSN EN 13201-1. [22] V tabulce jsou modře vyznačeny koeficienty použité pro výpočet minimální třídy osvětlení.

Tabulka 36 Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/29 v obci Bernartice. [22]

Parametr	Možnost	Popis		Váhová hodnota Vw
Návrhová rychlost nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	v ≥ 100 km/h		2
	Vysoká	70 < v < 100 km/h		1
	Střední	40 < v ≤ 70 km/h		-1
	Nízká	v ≤ 40 km/h		-2
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové PK	Dvoupruhové PK	
	Vysoká	> 65 % max. kapacity	> 45 % max. kapacity	1
	Střední	35 %-65 % max. kapacity	15 %-45 % max. kapacity	0
	Nízká	< 35 % max. kapacity	< 15 % max. kapacity	-1
Skladba dopravního proudu	Smíšená s vysokým podílem nemotorové dopravy			2
	Smíšená			1
	Pouze motorová			0
Směrově rozdělená komunikace	Ne			1
	Ano			0
Hustota křižovatek		Úrovňové křižovatky (počet/km)	Mimoúrovňové křižovatky, vzdálenost mezi mosty (km)	
	Vysoká	> 3	< 3	1
	Střední	≤ 3	≥ 3	0
Parkující vozidla	Vyskytují se			1
	Nevyskytují se			0
Jasnost okolí	Vysoká	Výlohy, reklamní plochy, sportoviště,		1
	Střední	Běžná situace		0
	Nízká			-1
Náročnost navigace	Vysoká			2
	Střední			1
	Nízká			0
Výsledná třída osvětlení M		M5		Σ 1

Maximální dovolená rychlost v rámci celého úseku je 50 km/h. RPDI má podle celostátního sčítání dopravy z roku 2020 hodnotu na měřeném úseku 4 680 voz/h. [41] Intenzita dopravy byla stanovena na nízkou hodnotu, a to na základě níže uvedeného vzorce, kde 1 800 je hodnota kapacity volného dopravního proudu jednoho jízdního pruhu. [45]

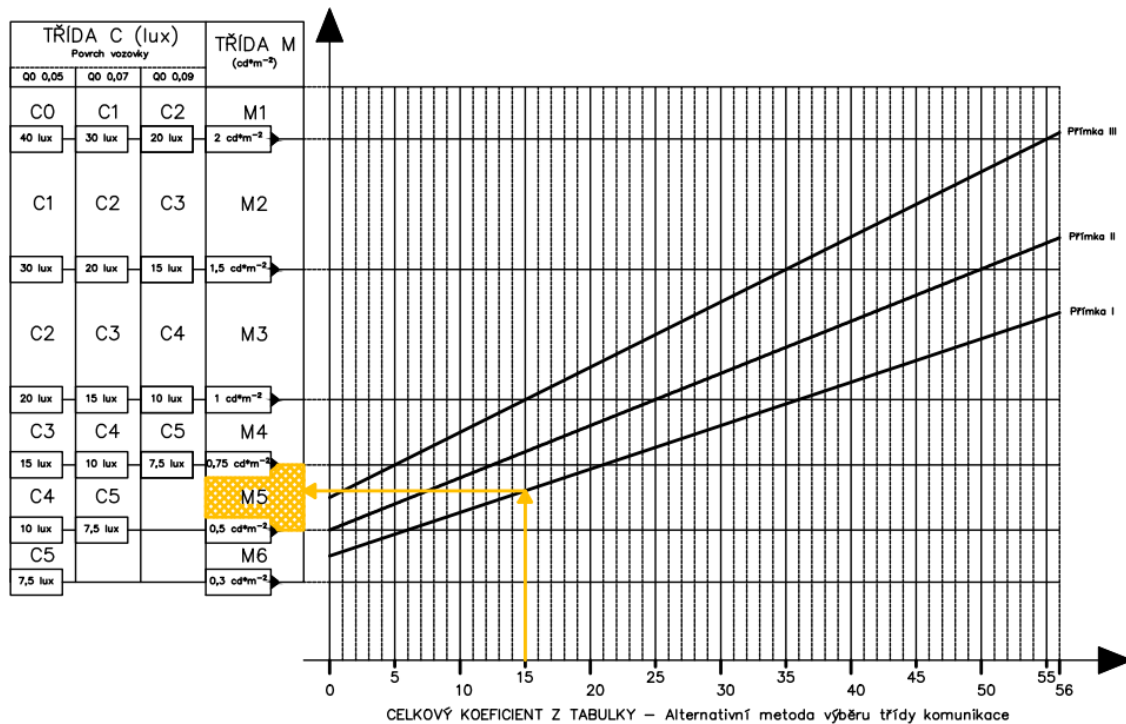
$$C_{max} = \frac{RPDI}{24 * 1800} * 100 = \frac{4680}{24 * 1800} * 100 = 11\%$$

Skladba dopravního proudu odpovídá klasickému intravilánovému úseku se smíšeným dopravním proudem na směrově nerozdělené komunikaci. V rámci vybraného úseku silnice I/29 se nacházejí pouze dvě významnější křižovatky. Avšak na základě charakteru okolí měřeného úseku a přepočtu počtu křižovatek na jeden kilometr, byla hustota křižovatek

stanovena na vysokou. Na průtahu se nenachází žádné parkovací pruhy nebo pásy, pouze sjezd k parkovišti. Komunikace je vedena v přímém úseku s jedním směrovým obloukem se středně velkým poloměrem, který však nezhoršuje srozumitelnost vedení hlavní PK. Hlavní PK je rovněž odlišná od vedlejších PK svým charakterem, z tohoto důvodu komunikace vykazuje nízkou navigační náročnost. Výsledný součet váhových hodnot je roven 1. Na základě vzorce $M = 6 - V_W$ byla vypočtena minimální třída osvětlení M5. Pro ověření byla opět provedena i alternativní metoda výběru třídy osvětlení. Tabulka 37 a Graf 6 uvádí alternativní postup výběru třídy osvětlení. V tabulce a v grafu jsou oranžově vyznačené hodnoty související s danou zkoumanou PK.

Tabulka 37 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Bernartice. [22]

Označení PK	Vozovka a dovolená rychlost				Doprava									A	B	C	Celkový koeficient		
	PK		Dovolená rychlost km/h	Koeficient PK a rychlosti	Skladba				Intenzita			Jasnost okolí	Psychická zátěž	Rychlost x skladba x intenzita	Jasnost okolí	Psychická zátěž	A x B nebo A x C	A x B x C	
	Směrově nerozdělená	Směrově rozdělená			koeficienty				koeficienty			koeficienty		Nizká až střední	Přímka I	Vysoká	Vysoká	Přímka II	Přímka III
			1	2	3	4	3	2	1	1	1								
dálnice		x	≤ 130	5		2				3	2	1	●	●	30 20 10	-	●	38 25 12	
průjezdni úsek dálnice		x	≤ 110	5		2				3	2	1	-	-		●	●	38 25 12	47 31 15
silnice I.třídy	x		≤ 90	5		3				3	2	1	●	●	45 30 15	-	●	58 38 19	
rychlostní MK	x		≤ 70	4		3				3	2	1	-	-		●	●	45 30 15	58 37 19
sběrná MK	x		≤ 50	3		3				3	2	1	-	-		●	●	34 23 11	42 28 14
obslužná MK - městská třída	x		≤ 50	3		3				3	2	1	●	●	18 9	●	-	22 11	
obslužná MK	x		≤ 50	2		3				3	2	1	●	●	12 6	●	-	15 8	
nebezpečné křižovatky na MK	x		≤ 50	3		3				3	2	1	●	●	27 18 9	●	●	34 23 11	42 28 14
nebezpečné úseky MK	x		≤ 30	1			4			3	2	1	●	●	12 8 4	●	●	15 10 5	18 12 7



Graf 6 Alternativní metoda výběru třídy komunikace – Bernartice. [22]

Rovněž jak u předchozích PK došlo k výpočtu celkového koeficientu, který je základním vstupem do grafu (Graf 6).

$$\text{celkový koeficient} = 5 * 3 * 1 * 1 * 1 = 15$$

Výsledná hodnota odpovídá přímce I, na kterou z hodnoty celkového koeficientu se vynese kolmice. Průsečík těchto dvou přímek se nachází v oblasti grafu spadající do třídy osvětlení M5, která se shoduje s vypočtenou minimální třídou osvětlení klasickou metodou.

7.3.4. Porovnání naměřených hodnot s normou

Vypočtené hodnoty průměrného jasu, celkové rovnoměrnosti a podélné rovnoměrnosti byly provedeny na základě již popsaných výpočtů a postupů. Tabulka 38 a Tabulka 39 uvádí výsledky pomocí barevného znázornění. Tmavě zelenou barvou jsou vyobrazeny hodnoty, které splňují dané požadavky pro třídu osvětlení M5, světle zelenou barvou hodnoty splňující požadavky pouze pro třídy osvětlení M6, červeně hodnoty nespĺňující požadavky. Poslední barvou v tabulce je růžová, která označuje hodnotu, která nespĺňuje požadavky norem pouze v řádu jednotek setin. Tabulky s konkrétními hodnotami veškerých parametrů jsou uvedeny v příloze č. 2. Ke snazší orientaci v tabulkách byl vytvořen přehledový Obrázek 50, který představuje schematický plán měřených oblastí v obci Bernartice. Na obrázku jsou vyznačeny červenou barvou úseky S, kterými započalo měření a které jsou měřeny ve směru staničení. Modré oblasti Q jsou měřeny proti směru staničení.

Tabulka 38 Kritéria třídy osvětlení směr staničení v obci Bernartice. [31]

Směr staničení (S) - kritéria třídy osvětlení							
označení pravého jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost	označení protisměrného jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost
	[cd*m-2]	[-]	[-]		[cd*m-2]	[-]	[-]
S11				S12			
S21				S22			
S31				S32			
S41				S42			
S51				S52			
S61				S62			
S71				S72			
S81				S82			
S91				S92			
S101				S102			
S111				S112			

Tabulka 39 Kritéria třídy osvětlení směr proti staničení v obci Bernartice. [31]

Směr proti staničení (Q) - kritéria třídy osvětlení							
označení pravého jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost	označení protisměrného jízdního pruhu	průměrný jas	celková rovnoměrnost	podélná rovnoměrnost
	[cd*m-2]	[-]	[-]		[cd*m-2]	[-]	[-]
Q11				Q12			
Q21				Q22			
Q31				Q32			
Q41				Q42			
Q51				Q52			
Q61				Q62			
Q71				Q72			
Q81				Q82			
Q91				Q92			
Q101				Q102			
Q111				Q112			



Obrázek 50 Schematický plán měření v obci Bernartice. [42]

Jak je z tabulek patrné, měřený úsek téměř ve všech částech splňuje požadavky norem pro třídu osvětlení M6. Velmi mnoho hodnot průměrného jasu bylo na hraně splnění požadavků pro třídu osvětlení M5, kde nespĺňovaly požadavky v řádu jedné desetiny $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Celkově lze zhodnotit, že úsek PK v obci Bernartice splňuje požadavky bezpečnosti až na části označené jako S51, S52, Q71 a Q72, kde výsek komunikace S51 je totožný s výsekem Q72, a S52 je s Q71. V této oblasti byl rovněž zaznamenán dopravně-bezpečnostní deficit: bodová absence VO. Pro docílení bezpečnosti v celém úseku bude nutné provedení nápravné opatření v podobě realizace sloupu VO k docílení eliminace tohoto deficitu.

8. Komparace výsledků noční BI PK a jasové analýzy

Komparace výsledků noční BI PK a jasové analýzy probíhala na vybraných intravilánových úsecích silnic I. třídy na území JČK. Vzájemné porovnání zjištěných výsledků bylo provedeno přibližně na 1 150 m dlouhém intravilánovém úseku s odlišným způsobem osvětlení pomocí VO, které se nacházely na území obce Křenovice, Skočice a Bernartice. Úseky byly vybírány na základě rozmanitosti druhů svítidel, vzdálenosti jednotlivých sloupů veřejného osvětlení a na charakteru identifikovaných dopravně-bezpečnostních deficitů.

Na území obce Křenovice byla v rámci noční BI PK identifikována dopravně-bezpečnostní závada v podobě neadekvátního osvětlení dopravního prostoru, která vytváří významné kontrastní stíny (viz Obrázek 27). Provedená jasová analýza potvrdila předpoklad v neadekvátním provedení VO, protože ve všech 18 měřených úsecích mezi jednotlivými lampami VO odhalila nesplnění požadovaných hodnot pro nejnižší třídu osvětlení M6. Předmětná skutečnost byla potvrzena jak ve směru, tak proti směru staničení PK. Kromě jednoho úseku ve směru staničení byla ve všech úsecích nedodržena minimální hodnota podélné rovnoměrnosti. Pro třídu osvětlení M6 je minimální hodnota stanovena na 0,4, avšak některé úseky dosahovaly i desetkrát nižších hodnot. Shodnou situaci lze pozorovat i u parametru celkové rovnoměrnosti osvětlení, kde podmínky splnily pouze tři úseky. Tabulka 24 a Tabulka 25 udávají podrobnější informace, které lze rovněž vyčíst z přílohy č. 2.

V rámci provedené noční BI PK na území obce Skočice nebyl zaznamenán žádný dopravně-bezpečnostní deficit, který by byl přímo generován nevyhovujícím stavem veřejného osvětlení. Jasová analýza na tomto úseku byla provedena na částečně mokré vozovce, z tohoto důvodu zde bylo porovnání kvality osvětlení sníženo na rozhodnutí pouze na základě jednoho parametru. Tímto parametrem je podélná rovnoměrnost komunikace. Podélná rovnoměrnost splňuje v celém zkoumaném úseku PK kritéria odpovídající třídám osvětlení M a potvrzuje tvrzení o adekvátní kvalitě VO. Při vyhodnocování byly z výpočtů odebrány oblasti zasahující přímo do VDZ označující přechod pro chodce. Měření jasů přímo v místě VDZ není v souladu s normami [24] [25] a rovněž problematika bezpečně osvětlených přechodů pro chodce není předmětem této diplomové práce. Pro zajímavost byla naměřená data z jasového analyzátoru porovnána i s normovými hodnotami pro suché vozovky. Tabulka 31 a Tabulka 32 shodně zobrazují výsledky vzájemného porovnání pomocí barevné interpretace. Přibližně dvě třetiny měřených oblastí splňovalo podmínky celkové rovnoměrnosti jasů na vozovce třídy osvětlení M5 a přibližně zbývající polovina dat splňovala podmínky podélné rovnoměrnosti. Avšak očekávání nenaplnila hodnota průměrného jasů, která nevyhověla normám splňující třídu osvětlení M5 ve více než polovině oblastí. Z obecné znalosti, že jas vyjadřuje množství světelného toku, které se odráží od daného elementu, a že mokré povrchy mají lepší odrazivé

vlastnosti, se nabízí předpoklad, že jas na mokré vozovce bude znatelně vyšší než na suché. Nicméně prvotní úvaha za prvé počítá s větším množstvím vody na PK a rovněž zanedbává skutečnost, že suchá vozovka je světlejší, nežli mokrá vozovka. Obecně platí, že tmavé povrchy mají vyšší schopnost absorpce světla a naopak světlé povrchy odrazí větší množství světla. [16]

Posledním zkoumaným úsekem byl přibližně 430 m dlouhý úsek v obci Bernartice na silnici I/29 (označovaná také jako ulice Táborská). Provedená noční BI PK odhalila jednu dopravně-bezpečnostní závadu vyplývající přímo z neadekvátně provedeného VO. Za dopravně-bezpečnostní deficit se střední rizikovostí byla stanovena bodová absence osvětlení v úseku mezi křižovatkami ulic Táborská x K Posvátnému a ulic Táborská x Bechyňská (viz Obrázek 44). Z jasové analýzy provedené právě v této oblasti jasně vyplývá, že osvětlení je zde realizováno chybně. V rámci celého úseku, pouze tato oblast vykazuje v obou jízdních pruzích i v obou směrech staničení nedostatečné hodnoty u celkové rovnoměrnosti osvětlení a i podélné rovnoměrnosti osvětlení. Další problémovou oblastí je následující měřená oblast ve směru staničení, kde podélná rovnoměrnost nesplňuje limit pro třídu osvětlení M5 a M6 o necelé tři setiny. Nesplnění kritéria podélné rovnoměrnosti o takto malou hodnotu může být z velké pravděpodobnosti způsobeno odchylkou měření. V rámci celého úseku hodnoty průměrného jasu v jízdních pruzích, nacházejících se ve větší vzdálenosti od sloupů VO, nedosahují dostatečně vysokých hodnot. Ve vzdálenějších jízdních pruzích hodnota průměrného jasu odpovídá v 21 případech ze 44 měřených oblastí pouze třídě osvětlení M6, a nikoliv požadované třídě M5. Z naměřených dat nevyplývá žádná souvislost s použitým druhem světelného zdroje. Tabulka 38 a Tabulka 39 udávají podrobnější informace o jednotlivých měření v obci Bernartice, které lze rovněž vyčíst z přílohy č. 2.

9. Závěr

Problematika bezpečnosti je v moderní společnosti velmi probírané téma ve všech oborech, zejména pak v oblasti dopravy. I přes zjevnou snahu bezpečnost v silniční dopravě oproti letecké či železniční dopravě v některých ohledech velmi zaostává. Velkou revoluci ve vnímání nehodovosti silniční dopravy přinesla VIZE NULA [1], která zjednodušeně tvrdí, že smrtelné a vážné dopravní nehody jsou pochybení celého systému, které nesmí nastat za žádných okolností. Diplomová práce rozvíjí tuto myšlenku a její motivací je přispět ke snižování počtu nehod a jejich následků na pozemních komunikacích, a to nejen v České republice. K dosažení těchto cílů slouží prohloubení znalostí v rámci vlivu veřejného osvětlení na bezpečnost dopravy na průtazích silnic I. třídy zastavěným územím.

V úvodu teoretická část pojednává obecně o bezpečnosti na pozemních komunikacích, zmiňuje faktory vzniku dopravních nehod, vysvětluje rozdíly mezi proaktivními a reaktivními nástroji sloužícími ke snižování nehodovosti a definuje základní rozdíly ve vnímání bezpečnosti nočního a denního dopravního prostoru. Podstatná část je věnována způsobům hodnocení kvality veřejného osvětlení a na základě jakých veličin lze definovat adekvátně provedené veřejné osvětlení. Detailněji jsou popsány metody založené na měření osvětlenosti, jasové analýze a okometrii.

V následující kapitole je představena noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací (BI PK) provedená na vybraných úsecích silniční sítě Jihočeského kraje. Čtenáři je vysvětlena použitá metoda využívající Centrální evidenci bezpečnostních analýz silniční sítě (CEBASS). Jsou zmíněny jednotlivé kategorie dopravně-bezpečnostních deficitů a detailně jsou rozebrány dopravně-bezpečnostní závady týkající se přímo přítomnosti nebo nepřítomnosti veřejného osvětlení. Součástí je i statistika, která se zaměřuje na četnost zastoupení tohoto charakteru dopravně-bezpečnostních závad. Z provedené noční BI PK bylo zjištěno, že ve více než 75 % obcí ležících na průtazích silnic I. třídy v rámci Jihočeského kraje obsahuje alespoň jeden dopravně-bezpečnostní deficit z kategorie absence nebo neadekvátního provedení veřejného osvětlení.

Primární část práce byla zaměřena na realizaci jasové analýzy pomocí jasového analyzátoru LDA a prezentaci zjištěných výsledků. První podkapitola zmiňuje faktory ovlivňující výsledky jasové analýzy a na jaké z těchto faktorů je důležité dbát zvýšenou pozornost. Následující podkapitola vysvětluje postup měření jasovým analyzátozem přímo v terénu a rovněž následný postup při zpracování dat, a to zejména za pomoci programu LumiDISP. Metodicky významnou kapitolu reprezentuje popis způsobu získání bodových hodnot jasu z jasové fotografie, který lze uskutečnit na základě dvou funkcí pracujících na podobném principu. Nedílnou součástí této kapitoly je i jakým způsobem lze získaná data prezentovat

jak pro vědeckou obec, tak širokou veřejnost. Zvláštní pozornost je věnována grafické prezentaci v podobě realizace jasových map v katastrálních mapách jednotlivých obcí.

Následující kapitola přímo navazuje na předešlou a obsahuje kritéria výběru obcí, kde byla realizována jasová analýza. V rámci diplomové práce byly vybrány celkem tři obce, na jejichž částech byla provedena jasová analýza. Konkrétně se jednalo o obce Křenovice, Skočice a Bernartice. V jednotlivých podkapitolách jsou zmíněny obecné informace o těchto územních celcích, klimatické podmínky při měření a výpočty požadovaných tříd osvětlení, které by dané obce měly splňovat podle norem zabývajících se veřejným osvětlením. Zásadní podkapitolou této části je porovnání naměřených a vypočtených hodnot parametrů ovlivňující třídy osvětlení M s právě teoretickými hodnotami, které by měla daná komunikace splňovat.

Posední kapitola je zaměřená na komparaci výsledků noční BI PK a jasové analýzy. V rámci této kapitoly bylo zjištěno, že na základě provedené noční BI PK a jasoměrných měření ve vybraných lokalitách lze tvrdit, že pomocí okometrie lze identifikovat osvětlení nesplňující požadavky žádné z třídy osvětlení M. Tento výsledek lze rovněž interpretovat z druhého úhlu pohledu, že všechny třídy osvětlení M splňují požadavky na veřejné osvětlení plynoucí z noční BI PK. Identifikované dopravně-bezpečnostní deficity se vždy nacházely v místech, kde nedocházelo ke splnění alespoň jedné z podmínek pro třídu osvětlení M. Úseky, které byly označeny za bezpečné, splňovaly minimálně požadavky třídy osvětlení M6, vypočtené na základě dat získaných jasovým analyzátozem LDA.

Noční BI PK a i normy na osvětlení mají společný cíl v podobě zajištění celospolečensky akceptovatelné úrovně bezpečnosti všech účastníků provozu za snížené viditelnosti. Noční BI PK se zaměřuje zejména na prvek samovyšvitelnosti PK. Z tohoto pohledu je nutné zajištění dostatečné viditelnosti všech účastníků provozu, ale i všech překážek či nestandardních řešení vedení PK. Při návrhu veřejného osvětlení pro celé obce je však uvažováno s více kritérii jako je pocit bezpečí pěších účastníků dopravy na chodníkových plochách, světelné emise zhoršující kvalitu života obyvatel dané obce nebo limity související s ochranou životního prostředí. Jasová analýza, jakožto metoda hodnocení kvality osvětlení liniových úseků, používá hodnoty pouze horizontálního osvětlení, které je sice základním předpokladem pro viditelnost překážek na komunikaci, avšak není jediným. Na viditelnost překážek na komunikaci má zásadní vliv i vertikální osvětlenost a samozřejmě kontrast překážky s okolím PK nebo s jejím povrchem. Z tohoto důvodu a na základě vzorku měření obsahující téměř 100 oblastí, lze konstatovat, že metodika provádění nočních BI PK dokáže spolehlivě odhalit zjevné pochybení v osvětlování PK a je žádoucí, aby s ohledem na svoji efektivnost byla primárním nástrojem při řešení bezpečnosti provozu na PK. [6][7] [12] Tyto závěry mají bohužel limitaci v podobě nedostatečného množství provedených jasoměrných měření,

kteřá by byla porovnána s větším množstvím dopravně-bezpečnostních deficitů z kategorie veřejného osvětlení. Tudíž nelze s jistotou tvrdit, že vyplývající závěry jsou stoprocentně pravdivé, avšak lze konstatovat, že jsou vysoce pravděpodobné.

Zvolená metodika měření kvality osvětlení za pomoci jasového analyzátoru LDA a programu LumiDISP přinesla zajímavé závěry, např. že výsledky jasové analýzy jsou přímo závislé na směru měření. Ovlivnění výsledku na směru provedené jasové analýzy je zejména patrné v grafickém znázornění ve formě jasové mapy. Jednotlivé podmínky pro třídy osvětlení v podobě průměrného jasu, celkové rovnoměrnosti a podélné rovnoměrnosti byly téměř vždy splněny / nesplněny v obou směrech provedení jasové analýzy i na základě odlišného datového vstupu.

Limitací použitého jasového analyzátoru je i měření jasu ve směrovém oblouku malého poloměru nebo v úseku, kde se nachází vrcholový oblouk. V těchto specifických částech pozemních komunikací lze očekávat, že může nastat situace, kdy z norem vyplývající vzdálenosti měření 60 m, nelze zachytit celou měřenou oblast. Problém rovněž nastává v případě, kdy je velmi odlišný příčný sklon v místě jasového analyzátoru a v místě měřené oblasti.

Vzhledem k ověřené propojenosti tříd osvětlení vypracovaných na základě jasových hodnot a požadavkům na veřejné osvětlení plynoucích z noční BI PK, je žádoucí pokračovat v propojování právě vybraného způsobu jasové analýzy s noční BI PK, a to zejména pro její efektivnost a jednoduchost. Pro komplexnější využívání tohoto propojení je nutná eliminace limitů této metody a v ideálním případě přenesení této metody ze statického do dynamického měření.

10. Zdroje

- [1] Staff Working Paper, EU Road Safety Policy Framework 2021-2030 – Next steps towards “Vision Zero” [online] 2020 [cit. 17.4.2023]. Dostupné z: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0211_EN.html
- [2] VIZE NULA. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. Brno [cit. 2023-08-14]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/vizenula>
- [3] Ministerstvo dopravy, Oddělení BESIP: Strategie BESIP 2021-2030. [online] 2020 [cit. 17.4.2023]. Dostupné z: <https://besip.cz/Besip/media/Besip/data/web/Strategie-BESIP-2021-2030.pdf>
- [4] Metodika provádění bezpečnostní inspekce pozemních komunikací, Brno, CDV, v.v.i., 2013.
- [5] *DOPRAVNÍ NEHODY V ČR* [online]. [cit. 2023-08-14]. Dostupné z: <https://nehody.cdv.cz/>
- [6] ZIKÁNOVÁ, Gabriela. *Manuál pro realizaci nočních bezpečnostních inspekcí PK*, Diplomová práce, Praha, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2023.
- [7] Noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací – metodika provádění, Ostrava, VŠB - TUO, 2020
- [8] Ročenka nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2021, Praha, Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky, září 2022. Copyright © 2023 Policie ČR. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>
- [9] Centrum dopravního výzkumu. Fatální nehody chodců a cyklistů klesají v EU velmi pozvolně [online]. 2020 [cit. 17.4.2023]. Dostupné z WWW: <<https://www.cdv.cz/file/tz-fatalni-nehody-chodcu-a-cyklistu-klesaji-v-eu-velmi-pozvolne/>>
- [10] ŠACHL, J. a kol.: *Analýza nehod v silničním provozu 2*, Praha, ČVUT, 2010
- [11] *Audit bezpečnosti pozemních komunikací – metodika provádění*. Brno: CDV, v.v.i, 2012. ISBN 978-80-86502-44-1.
- [12] BLODEK, Tomáš. *Měřicí technika pro provádění noční bezpečnostní inspekce PK*, Bakalářská práce, Praha, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2021.
- [13] Výroční zpráva, Svaz Dovozců Automobilů, SDA [online]. Copyright © [cit. 15.08.2023]. Dostupné z: <https://portal.sda-cia.cz/clanky/download/vyrocní-zpráva-SDA-2021.pdf>
- [14] *ZJIŠŤOVÁNÍ DOHLEDNOSTI NA CHODCE ZA VIDITELNOSTI SNÍŽENÉ TMOU: PŘÍLOHA Č. 1 - PŘÍPRAVA, NÁVRH A REALIZACE EXPERIMENTŮ* Brno. Brno: VUT – Ústav soudního inženýrství, 2015.

- [15] HABEL, Jiří. *Osvětlování*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. Učební texty vysokých škol. ISBN isbn80-01-00728-6.
- [16] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN isbn978-808-6534-213.
- [17] Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2008/96/ES ze dne 19. listopadu 2008 o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury, Dostupné z: EUR-Lex – 32008L0096 - EN - EUR-Lex (europa.eu)
- [18] Premium light pro: Směrnice pro veřejné zakázky a návrh veřejného osvětlení [online]. říjen 2017 [cit. 2023-8-15]. Dostupné z: http://www.premiumlight.cz/fileadmin/cz/pdf/CS_outdoor-cs-guidelines.pdf
- [19] CEBASS: Centrální Evidence Bezpečnostních Analýz Silniční Sítě [online]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní [cit. 15.08.2023]. Dostupné z: <https://cebass.rsd.cz>
- [20] PLCH, Jiří. *Světelná technika v praxi*. Praha: IN-EL, 1999. Knižnice Elektro. ISBN isbn80-862-3009-0.
- [21] RadioLux 111. *Luxmetry.cz* [online]. [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://luxmetry.cz/>
- [22] ČSN CEN/TR 13201-1 - *Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr třídy osvětlení*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [23] ČSN EN 13201-2 - *Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [24] ČSN EN 13201-3 - *Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [25] ČSN EN 13201-4 - *Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [26] *TKP 15 - Kapitola 15 - Osvětlení pozemních komunikací*. Praha: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2015.
- [27] BAXANT, P., ŠKODA, J. – Digitální fotografie a její využití ve světelné technice, Odborný časopis Světlo – časopis pro světelnou techniku a osvětlování [on-line], číslo 1/2010, [cit 2011-11-01] dostupný z [www: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40815](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40815)
- [28] Jasoměr LS – 100/110. *ANAMET: analytical & measuring & testing* [online]. Praha [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.anamet.cz/jasomer-ls-100-110/>
- [29] BAXANT, P., ŠKODA, J. – Digitální fotografie a její využití ve světelné technice, Odborný časopis Světlo – časopis pro světelnou techniku a osvětlování [on-line], číslo 1/2010, [cit 2023-11-08] dostupný z [www: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40815](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=40815)

- [30] WOLF, S., GALL, D. – Luminance Analyzers – What they do and how do they work, [on-line], 2003, [cit. 2012-02-11], dostupný z www: <http://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/public/lichttechnik/Publikationen/2003/cie2003.pdf>
- [31] Autorova tvorba
- [32] *LumiDIPS* [online]. Brno [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://lumidisp.eu/>
- [33] *LDA – Luminance Distribution Analyser: Návod k obsluze*. Brno: VUT, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2020.
- [34] Ředitelství silnic a dálnic ČR, „Náhledy map silniční a dálniční sítě ČR po krajích“, [Online]. Přístupné z: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/mapy>. [Přístup získán 10. 8. 2023].
- [35] ZIKÁNOVÁ, Gabriela. *Komparace zjištěných výsledků z denní a noční bezpečnostní inspekce PK*, Bakalářská práce, Praha, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2021.
- [36] KOCOUREK, J.: *Posuzování závažnosti dopravních konfliktů a rizik při provádění bezpečnostních inspekcí PK*, Habilitační práce, Praha, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, 2010.
- [37] Veřejné osvětlení. *Světloblog* [online]. 2020 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.svetloblog.cz/index.php?svetlo=verejne-osvetleni>
- [38] *Veřejné osvětlení pro 21. století: Příručka pro města a obce* [online]. PORSENNA, 2017 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/prirucka-vo-21.stoleti-efekt-2017-porsenna.pdf>
- [39] Antenne GNSS GS18. *Direct Industry* [online]. [cit. 2023-08-20]. Dostupné z: <https://www.directindustry.fr/prod/leica-geosystems/product-14324-1907165.html>
- [40] *Obec Křenovice: Okres Písek* [online]. [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.obeckrenovice.cz/>
- [41] Silniční a dálniční síť ČR (veřejná aplikace): Geoportál ŘSD. *ŘSD ČR – ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR* [online]. [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: https://geoportal.rsd.cz/apps/silnicni_a_dalnicni_sit_cr_verejna/
- [42] *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, 2023 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4240548&y=50.0671550&z=11>
- [43] *Meteogram.cz* [online]. Meteogram.cz, 2023 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.meteogram.cz/>
- [44] *IN-POČASÍ* [online]. InMeteo, 2023 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/>
- [45] *TP 188 - POSUZOVÁNÍ KAPACITY KŘÍŽOVATEK A ÚSEKŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ*. Ministerstvo dopravy, srpen 2018.

- [46] *Skočice: Oficiální stránky obce* [online]. [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.skocice.cz/>
- [47] *TP 65 - ZÁSADY PRO DOPRAVNÍ ZNAČENÍ NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH*.
Ministerstvo dopravy odbor pozemních komunikací, 2013.
- [48] *Městys Bernartice* [online]. [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.bernartice.cz/>

11. Seznam obrázků

Obrázek 1 Pilíře ovlivňující vznik dopravních nehod. [11]	14
Obrázek 2 Grafické znázornění množství světla nutného k řízení za tmy. [7].....	17
Obrázek 3 Znázornění výpočtu osvětlenosti. [16].....	20
Obrázek 4 Stejný kontrast, negativní kontrast a pozitivní kontrast. [7].....	21
Obrázek 5 Luxmetr. [21]	22
Obrázek 6 Prostorová bodová síť pro měření osvětlenosti. [24]	24
Obrázek 7 Oblast pro výpočet jasu. [24]	31
Obrázek 8 Přesné rozmístění bodů v oblasti při měření jasu. [24].....	31
Obrázek 9 Jasoměr LS 100/110. [28].....	32
Obrázek 10 Jasový analyzátor LDA - Luminance Distribution Analyser. [31]	34
Obrázek 11 Mapa sledované části dopravní sítě Jihočeského kraje. [34].....	36
Obrázek 12 Formulář pro záznam nočních dopravně-bezpečnostních deficitů. [19].....	39
Obrázek 13 Bodová absence VO. [19].....	42
Obrázek 14 Liniová absence VO. [19].....	42
Obrázek 15 Kontrastní stíny. [19].....	43
Obrázek 16 Nerovnoměrné osvětlení. [19].....	43
Obrázek 17 Označnick. [31]	47
Obrázek 18 Jasová fotografie v programu LumiDISP. [31].....	48
Obrázek 19 Mřížka. [31].....	49
Obrázek 20 Pruh. [31].....	50
Obrázek 21 Leica GS18. [39].....	54
Obrázek 22 Vynesené body z totální stanice do programu AutoCAD. [31].....	55
Obrázek 23 Nastavení podmíněného formátování pro vytvoření barevné škály. [31]	56
Obrázek 24 Příklad výstupu z programu ReCap. [31]	57
Obrázek 25 Jasová mapa importovaná do katastrální mapy. [31]	58
Obrázek 26 Umístění obce Křenovice v JČK. [42]	59
Obrázek 27 Dopravně-bezpečnostní deficit ID 40 915 v obci Křenovice. [19]	60
Obrázek 28 Plán rozmístění lamp – Křenovice. [42]	60
Obrázek 29 Vysokotlaké sodíkové výbojky. [31]	62
Obrázek 30 Lampa č. 3 v obci Křenovice. [31].....	62
Obrázek 31 Lampa č. 10 v obci Křenovice. [31].....	62
Obrázek 32 Lampa č. 9 v obci Křenovice. [31].....	63
Obrázek 33 Lampa č. 5b v obci Křenovice. [31].....	63
Obrázek 34 Schematický plán měření v obci Křenovice. [42].....	68
Obrázek 35 Umístění obce Skočice v JČK. [42].....	69

Obrázek 36 Plán rozmístění lamp – Skočice. [42].....	70
Obrázek 37 LED svítidlo. [31]	71
Obrázek 38 Výložník. [31].....	71
Obrázek 39 Lampa č. 3 v obci Skočice. [31]	72
Obrázek 40 Lampa č. 6 v obci Skočice. [31]	72
Obrázek 41 Schematický plán měření v obci Skočice. [42]	77
Obrázek 42 Umístění obce Bernartice v JČK. [42].....	78
Obrázek 43 Dopravně-bezpečnostní deficit ID 5175 v obci Bernartice. [19].....	79
Obrázek 44 Plán rozmístění lamp – Bernartice. [42]	79
Obrázek 45 LED lampa č. 1 v obci Bernartice. [31].....	81
Obrázek 46 Detail LED svítidla v obci Bernartice. [31].....	81
Obrázek 47 LED lampa č. 6 v obci Bernartice. [31].....	81
Obrázek 48 Lampa č. 7 v obci Bernartice. [31].....	82
Obrázek 49 Detail svítidla č. 7 v obci Bernartice. [31]	82
Obrázek 50 Schematický plán měření v obci Bernartice. [42]	87

12. Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry pro výběr třídy osvětlení C. [22].....	23
Tabulka 2 Třídy osvětlení C založené na osvětlenosti PK. [23].....	24
Tabulka 3 Parametry pro výběr třídy osvětlení P. [22].....	26
Tabulka 4 Třídy osvětlení P. [23]	26
Tabulka 5 Ekvivalentní osvětlení M a C pro různé hodnoty Q_0 povrchu vozovky. [22].....	27
Tabulka 6 Parametry pro výběr třídy osvětlení M. [22].....	28
Tabulka 7 Třídy osvětlení M. [23].....	29
Tabulka 8 Specifika fotoaparátu LDA. [33]	34
Tabulka 9 Specifikace objektivu LDA. [33]	35
Tabulka 10 Sledovaná část silniční sítě JČK. [31].....	36
Tabulka 11 Závažnosti rizika a jejich charakteristika. [4]	38
Tabulka 12 Náročnost navržených opatření se zdůvodněním. [4]	38
Tabulka 13 Statistika výskytu dopravně-bezpečnostních deficitů VO. [19]	41
Tabulka 14 Příklad výpočtu třídy osvětlení z obce Bernartice. [31].....	52
Tabulka 15 Příklad souřadnic bodů vynášených do katastrální mapy. [31].....	56
Tabulka 16 Hodnoty barevné škály jasů. [31].....	56
Tabulka 17 Barevné znázornění hodnot jasu v Excelu. [31].....	57
Tabulka 18 Formát dat pro import do programu ReCap. [31]	57
Tabulka 19 Rozmístění lamp v obci Křenovice podél silnice I/29. [31]	61
Tabulka 20 Charakteristiky osvětlovací soustavy v obci Křenovice. [31]	61
Tabulka 21 Klimatické podmínky v obci Křenovice během měření. [43] [44]	63
Tabulka 22 Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/29 v obci Křenovice. [22].....	64
Tabulka 23 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Křenovice. [22].....	65
Tabulka 24 Kritéria třídy osvětlení M6 směr staničení v obci Křenovice. [31]	67
Tabulka 25 Kritéria třídy osvětlení M6 směr proti staničení v obci Křenovice. [31]	68
Tabulka 26 Rozmístění lamp v obci Skočice podél silnice I/22. [31].....	70
Tabulka 27 Charakteristiky osvětlovací soustavy v obci Skočice. [31].....	71
Tabulka 28 Klimatické podmínky v obci Skočice během měření. [43][44].....	72
Tabulka 29 Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/22 v obci Skočice. [22]	73
Tabulka 30 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Skočice. [22].....	74
Tabulka 31 Kritéria třídy osvětlení M6 a M5 směr staničení v obci Skočice. [31].....	76
Tabulka 32 Kritéria třídy osvětlení M6 a M5 směr proti staničení v obci Skočice. [31].....	77
Tabulka 33 Rozmístění lamp v obci Bernartice podél PK I/29. [31].....	80
Tabulka 34 Charakteristiky osvětlovací soustavy v obci Bernartice. [31].....	80
Tabulka 35 Klimatické podmínky v obci Bernartice během měření. [43] [44].....	82

Tabulka 36 Výpočet třídy osvětlení pro průtah silnice I/29 v obci Bernartice. [22]	83
Tabulka 37 Alternativní metoda výběru třídy osvětlení – Bernartice. [22]	84
Tabulka 38 Kritéria třídy osvětlení směr staničení v obci Bernartice. [31].....	86
Tabulka 39 Kritéria třídy osvětlení směr proti staničení v obci Bernartice. [31].....	86

13. Seznam příloh

- 1.1. Katalog nočních dopravně-bezpečnostních deficitů silnice I/4 (pouze elektronicky)
- 1.2. Katalog nočních dopravně-bezpečnostních deficitů silnice I/20 a I/20 SMV (pouze elektronicky)
- 1.3. Katalog nočních dopravně-bezpečnostních deficitů silnice I/22 a I/22H (pouze elektronicky)
- 1.4. Katalog nočních dopravně-bezpečnostních deficitů silnice I/29 (pouze elektronicky)
2. Výpočty třídy osvětlení (pouze elektronicky)
 - 3.1. Jasová mapa obce Křenovice – směr P
 - 3.2. Jasová mapa obce Křenovice – směr Q
 - 3.3. Jasová mapa obce Skočice – směr P
 - 3.4. Jasová mapa obce Skočice – směr Q
 - 3.5. Jasová mapa obce Bernartice – směr S
 - 3.6. Jasová mapa obce Bernartice – směr Q