

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Provedení studie na renovaci veřejného osvětlení ve
zvolené lokalitě**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch SEDLÁČEK**
Osobní číslo: **E13N0063P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Provedení studie na renovaci veřejného pouličního osvětlení ve zvolené lokalitě**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vytvořte studii na renovaci veřejného pouličního osvětlení na náměstí krále Jiřího z Poděbrad v Chebu.

1. Popište stávající pouliční osvětlení na náměstí krále Jiřího z Poděbrad v Chebu a proveďte jeho kontrolní měření.
2. Vytvořte model tohoto pouličního osvětlení v dané lokalitě v programu RELUX.
3. Proveďte výběr nových vhodných svítidel a vypočtete impedanci pro nové vedení v programu SICHR.
4. Vytvořte model nového osvětlení v dané lokalitě v programu RELUX.
5. Porovnejte nově navržené pouliční osvětlení s osvětlením původním a dosažené výsledky zkonzultujte s památkáři a hlavním projektovým architektem města Chebu.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. **Linda, Josef: Elektrické světlo 1, 2, 3. ZČU v Plzni, Plzeň 1993, 1994, 1995.**
2. **Sokanský, Karel, a kol.: Světelná technika. ČVUT v Praze, Praha 2011.**
3. **Elektrotechnické normy a předpisy týkající se dané problematiky.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Kroupa**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřena na tvorbu studie renovace veřejného osvětlení. Pojednává o možnostech a způsobech provedení renovace s ohledem na energetickou efektivnost provozu veřejného osvětlení a zároveň s ohledem na plnění estetických požadavků, které jsou na soustavu kladeny v historických částech měst. Práce je sepsána pro lokalitu náměstí Krále Jiřího z Poděbrad v Chebu, avšak je možné ji použít jako podkladový materiál pro výstavbu veřejného osvětlení i v jiných městech. Práce je zaměřena na modelování osvětlovacích soustav a s ním související světelně technické výpočty.

Klíčová slova

Veřejné osvětlení, světelný tok, osvětlenost, jas, svítidlo, světelný zdroj, renovace osvětlení, Relux, Sichr...

Abstract

This Master thesis is aimed on making the study for renovation of the street lighting. It deals with options and ways to make the renovation with view to the energy efficient of street lighting operation as well as with view to the aesthetic requirements which are put on the system in the historical parts of cities. The paper is made for the town square of the city Cheb however it can be used like basis for construction of the street lighting in some other towns or locations. This thesis is focused on the simulation of street lighting systems and on its mathematical models.

Key words

Street lighting, luminous flux, luminance, brightness, light, light source, light renovation, Relux, Sichr

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 6.5.2015

Vojtěch Sedláček

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Oldřichu Kroupovi, PhD. za metodické vedení práce, připomínky a cenné profesionální rady. Velmi bych chtěl poděkovat panu Ing. Jozefu Čverhovi, mistrovi veřejného osvětlení ve společnosti Chetes, a.s. za jeho neocenitelné profesní rady, za jeho čas, který se mnou ztratil při konzultacích, za vynikající komunikaci a za lidský přístup při řešení nastalých problémů.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 ZÁKLADNÍ SVĚTELNÉ VELIČINY	12
1.1 PROSTOROVÝ ÚHEL	12
1.2 SVĚTELNÝ TOK	13
1.3 SVÍTIVOST	15
1.4 OSVĚTLENOST	16
1.5 JAS SVAZKU SVĚTELNÝCH PAPERŮ	17
1.6 SVĚTLENÍ	18
1.7 MĚRNÝ VÝKON SVĚTELNÉHO ZDROJE	18
2 ČÁSTI OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ	19
2.1 SVĚTELNÉ ZDROJE	19
2.1.1 Indukční výbojky	20
2.1.2 Vysokotlaké rtuťové výbojky	21
2.1.3 Halogenidové výbojky	22
2.1.4 Vysokotlaké sodíkové výbojky	24
2.1.5 Elektroluminiscenční světelné zdroje	25
2.1.6 Porovnání představených světelných zdrojů	27
2.2 SVÍTIDLA	29
2.2.1 Světelně technické veličiny svítidel	30
2.2.2 Elektrotechnické vlastnosti svítidel	31
2.2.3 Provozně technické vlastnosti	31
2.2.4 Energetická náročnost svítidel	33
2.2.5 Hlavní části svítidel	33
2.3 OSVĚTLOVACÍ STOŽÁRY	35
2.3.1 Základy stožáru	35
2.3.2 Patice stožáru	36
2.3.3 Elektrická výzbroj	36
2.3.4 Části osvětlovacího stožáru	37
2.4 ŘÍZENÍ OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV	37
3 POULIČNÍ OSVĚTLENÍ POUŽITÉ VE ZVOLENÉ LOKALITĚ	39
3.1.1 Popis náměstí Krále Jiřího z Poděbrad	39
3.1.2 Označení a charakteristika kontrolovaného prostoru	40
3.2 KONTROLNÍ MĚŘENÍ NÁMĚSTÍ	42
3.2.1 Účel měření	42
3.2.2 Náčrt osvětlovací soustavy	42
3.2.3 Postup měření	44
3.2.4 Naměřené a vypočítané hodnoty	44
3.2.5 Grafy	45
3.2.6 Použité přístroje	45
3.2.7 Podmínky při měření	45
3.2.8 Závěr z měření	45
4 MODEL STÁVAJÍCÍHO POULIČNÍHO OSVĚTLENÍ V DANÉ LOKALITĚ	47
4.1 TVORBA ZÁKLADNÍ MATRICE NÁMĚSTÍ V PROGRAMU PROGE CAD	47
4.2 TVORBA MODELU SOUČASNÉHO POULIČNÍHO OSVĚTLENÍ V PROGRAMU RELUX	48
4.2.1 Výpočet relevantní oblasti: dopravní komunikace pro vozidla	53
4.2.2 Výpočet relevantní oblasti: komunikace pro pěší	54

5	NÁVRH NOVÉHO POULIČNÍHO OSVĚTLENÍ V DANÉ LOKALITĚ.....	56
5.1	VÝBĚR NOVÝCH SVÍTIDEL PRO UVAŽOVANOU LOKALITU	57
5.1.1	<i>Svítilno OSLO</i>	57
5.1.2	<i>Historizující lucerna 9000</i>	59
5.2	VOLBA STOŽÁRŮ PRO NAVRHOVANÁ SVÍTIDLA	60
5.3	ELEKTROINSTALAČNÍ MATERIÁL	61
5.3.1	<i>Stožárová svorkovnice</i>	61
5.3.2	<i>Předřadný systém</i>	62
5.3.3	<i>Rozváděč</i>	62
5.3.4	<i>Použité vodiče</i>	63
5.4	MODEL NOVÉHO POULIČNÍHO OSVĚTLENÍ V DANÉ LOKALITĚ	63
5.4.1	<i>Výpočet relevantní oblasti: dopravní komunikace pro vozidla</i>	66
5.4.2	<i>Výpočet relevantní oblasti: komunikace pro pěší</i>	67
6	VÝPOČET IMPEDANCE VEDENÍ POMOCÍ PROGRAMU SICHR.....	69
6.1	IMPEDANČNÍ SMYČKY.....	69
6.1.1	<i>Výpočet impedance navrhovaného vedení</i>	69
7	POROVNÁNÍ NOVĚ NAVRŽENÉHO OSVĚTLENÍ S OSVĚTLENÍM PŮVODNÍM	78
7.1	POSOUZENÍ NAVRHOVANÉHO OSVĚTLENÍ ODBOREM PAMÁTKOVÉ PÉČE MĚSTA CHEB	81
	82	
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM LITERATURY A DALŠÍCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	85

Seznam symbolů a zkratk

A	.....	Plocha vyřatá na povrchu koule
E	.....	Osvětlenost
E_N	.....	Normálová osvětlenost
I	.....	Svitivost
$K_{(\lambda)}$	.....	Spektrální účinnost záření
L	.....	Jas svazku světelných paprsků
M	.....	Světlení
P	.....	Elektrický příkon
r	.....	Poloměr
$V_{(\lambda)}$	.....	Monochromatické záření
β	.....	Úhel mezi paprskem a normálou plochy
η	.....	Měrný výkon světelného zdroje
λ	.....	Vlnová délka
ρ	.....	Označení roviny
Φ	.....	Světelný tok
Φ_e	.....	Zářivý tok
Ω	.....	Prostorový úhel
CIE	.....	Mezinárodní komise pro osvětlování
IP	.....	International protection
IK	.....	Mezinárodní mechanická ochrana
v.o.d.	.....	Výrobně obchodní družstvo
VO	.....	Veřejné osvětlení
nKJzP	.....	náměstí Krále Jiřího z Poděbrad

Úvod

Tuto diplomovou práci jsem si zvolil zejména kvůli prostoru, v němž je řešena. Pocházím z města Chebu a tak jsem se v něm chtěl i nějak realizovat a něco pro město vykonat. Lokalitu náměstí Krále Jiřího z Poděbrad jsem si vybral kvůli její celkové složitosti a zároveň mne zajímalo, jak se řeší a projektuje osvětlení v historických částech měst. Dle mého názoru současná instalovaná soustava veřejného osvětlení neodpovídá danému prostoru. Za dobu své existence již značně zastarala, a když se člověk pohybuje po náměstí v noci, ať už jako chodec či řidič, není na něm téměř nic vidět. Současný typ svítidel působí velmi rušivě. Jako běžnému uživateli tohoto prostoru se mi nelíbí noční pohled na náměstí, kdy všechny domy vypadají stejně, což je dáno použitím vysokotlakých sodíkových výbojek, které mají velmi špatné podání barev. Dalším důvodem, proč jsem chtěl současná svítidla nahradit, bylo jejich špatné konstrukční řešení. Jedná se o svítidlo, které vyzařuje světelný tok do všech směrů, tedy i do horního poloprostoru, což mě jako nezasvěcenému pozorovateli přišlo naprosto zbytečné a jako velké plýtvání.

Problematika osvětlování je velmi rozsáhlá, a proto se budu v této diplomové práci snažit o co nejdetajnější popis pouze jedné sekce této problematiky, a to veřejného pouličního osvětlení. Pro snadné porozumění celé problematice jsem práci rozdělil do sedmi částí. První část bude věnována objasnění základních pojmů osvětlovací techniky, vysvětlím zde nejdůležitější pojmy, bez jejichž znalosti by nebylo možné dané téma zpracovat nebo jej následně číst.

Ve druhé části vysvětlím, jak osvětlovací soustava veřejného osvětlení vypadá a z jakých součástí se skládá. Tyto poznatky jsou pak velmi důležité pro návrh vlastní osvětlovací soustavy. Proberu zde možnosti a omezení jednotlivých světelných zdrojů a řízení osvětlovacích soustav. Poukážu zde rovněž na důležité parametry svítidel a osvětlovacích stožárů.

V třetí části práce důkladně popíši zkoumaný prostor, a provedu v něm kontrolní měření, které mi odhalí možné nedostatky instalovaného veřejného osvětlení. Zatřídím prostor podle legislativních specifik tak, abych následně dovedl posoudit, zda současná soustava ještě technicky vyhovuje normám či nikoliv. Z výše uvedeného zjištění budu pak vycházet při

návrhu vlastní osvětlovací soustavy, kdy se budu snažit, aby mnou navržená varianta splnila všechny legislativní požadavky, které jsou na soustavu VO kladeny.

Ve čtvrté části pak vytvořím model současného osvětlení. Podle zadání práce pro tuto simulaci využiji výpočtový program Relux. Vytvořený model by mohl odhalit další nedostatky současného veřejného osvětlení, které by nemusely být zcela patrné z naměřených hodnot.

Pátá část pak bude věnována popisu mnou navržené osvětlovací soustavy, uvedu zde použité komponenty soustavy, vysvětlím důvody, proč jsem zvolil právě uvedenou variantu. V této části rovněž dle nashromážděných poznatků z předcházejících částí vytvořím model vlastní varianty veřejného osvětlení. Nový model musí být takový, aby vyhovoval všem legislativním předpisům a aby obraz náměstí při umělém osvětlení byl působivější, zajímavější a snad i kvalitnější co se týče podání barev a celkového vytvoření atmosféry, než je tomu u současné osvětlovací soustavy.

V šesté části pak prohloubím informace o nové soustavě a pomocí programu Sichr, jež mám předepsáno zadáním použít, vytvořím model napájecího vedení pro nově vytvořená světelná místa. Vedení budu navrhovat s ohledem na celkový úbytek napětí, a proto potřebuji znát jeho impedanci, neboť při použití dlouhého kabelu není již odpor vedení zanedbatelný a musí se s ním v projektu počítat. Rozhodl jsem se, že pro vytvoření správného vedení nestačí znát pouze impedanci, ale je důležité si kontrolovat i celkovou selektivitu obvodu, neboť ta má vliv na bezpečnost a provozuschopnost celé soustavy.

V poslední části porovnám původní variantu pouličního osvětlení s variantou mnou vytvořenou. Dále zde zhodnotím vyjádření pracovnice památkové péče města Chebu, která by mi měla vydat stanovisko k navrhované soustavě veřejného pouličního osvětlení. V této části bych chtěl rovněž vyhodnotit stanovisko hlavního architekta města, ale bohužel tato funkce v současné době není ve městě obsazena a tak tento bod zadání nemohu splnit.

1 Základní světelné veličiny

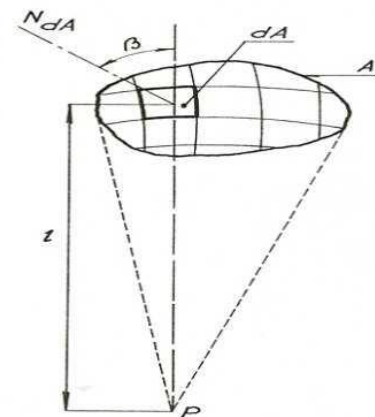
Základní světelně technické veličiny slouží k vyjádření vlastností a kvality světelného pole, které je vytvářeno soustavou svítidel s různorodými světelnými zdroji. Světelné pole je vymezená část prostoru, ve kterém se šíří světelná energie, jejíž vlastnosti je nutno posuzovat vzhledem k tzv. normálnímu fotometrickému pozorovateli. Normální fotometrický pozorovatel zohledňuje při hodnocení světelné energie vlastnosti lidského oka na jednotlivá spektrální rozhraní. Lidské oko vnímá různé vlnové délky odlišně a není schopno vnímat celkový součet vyzářené energie za jednotku času, ale pouze světelný výkon, tzv. světelný tok. Z těchto důvodů není možné světlo posuzovat pouze elektrickými veličinami, ale je nutno zavádět veličiny fotometrické. [1]

1.1 Prostorový úhel

Prostorový úhel Ω je základní geometrickou veličinou vyzářované světelné energie. Velikost prostorového úhlu je dána velikostí plochy, vyřáté obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule. Střed jednotkové koule je v podstatě vrcholem prostorového úhlu, tedy vrcholem uvažované kuželové plochy. Toto prostorové uspořádání je dobře patrné na obr. 1.1.1. Jednotkou prostorového úhlu je Steradián [sr], který je dán jednotkovou plochou (1 m^2) na povrchu jednotkové koule (o poloměru 1 m). Výsledný prostorový úhel, při němž lze ze středu jednotkové koule s poloměrem r pozorovat plochu A , vyřátou na povrchu této koule, se stanoví ze vztahu 1.1.

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (\text{sr}; \text{m}^2; \text{m}) \quad (1.1)$$

Celkový prostorový úhel lze rovněž vypočítat jako součet prostorových úhlů, pod kterými jsou z bodu P vidět jednotlivé elementární plošky s plochou dA , na které si celkovou plochu A rozdělíme. Prostorový úhel vztážený na elementární plošku se spočte ze vztahu 1.2, kde β je úhel, který svírá osa prostorového úhlu $d\Omega$, tj. paprsek t , s normálou N_{da} plošky dA . [1,2]



Obr. 1.1.1 Pro výpočet prostorového úhlu, pod nímž je z bodu P vidět elementární ploška dA

$$d\Omega = \frac{dA \cos\beta}{r^2} \quad (sr; m^2; m) \quad (1.2)$$

Pro návrhy veřejného osvětlení se nejčastěji počítá prostorový úhel, pod nímž se z určité vzdálenosti pozoruje obdélníková plocha. Tedy v případě veřejného pouličního osvětlení se jedná o výšku umístění světelného zdroje a osvětlovanou plochu (komunikaci). Pozorovaná plocha (obdélník $ABCD$), obr. 1.1.2 se nachází v soustavě x, y, z , v rovině rovnoběžné s rovinou xy ve vzdálenosti h od počátku P soustavy (světelného zdroje). Prostorový úhel se vypočítá v tomto případě jako:

$$\Omega = \arctg \frac{cd}{h\sqrt{c^2+d^2+h^2}} \quad (sr; m, m, m; -, -) \quad (1.3)$$

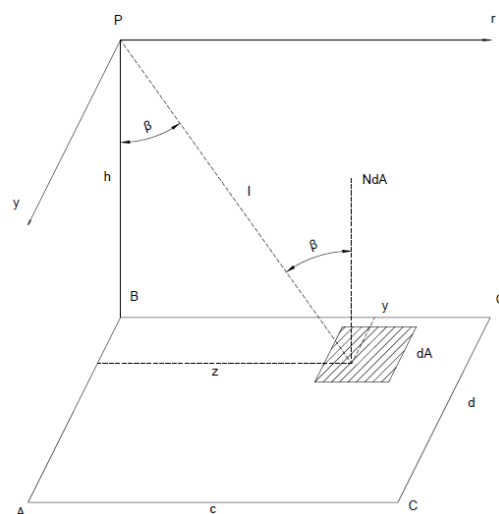
Bude-li zdroj světla ve výšce h vně ozařované plochy (obdélník $GBCD$) umístěn dle obrázku 1.1.3, pak se prostorový úhel vypočte jako součet všech dílčích prostorových úhlů $\Omega(a)$, $\Omega(b)$, $\Omega(c)$, $\Omega(d)$, pod kterými lze vidět z bodu P dílčí obdélníky a, b, c, d dle vztahu 1.4. [2]

V případě, že je nutné určit prostorový úhel dopadající ze zdroje P na nakloněnou obdélníkovou plochu, je třeba si tuto nakloněnou plochu převést do roviny ρ kolmé k úsečce PP_0 . [2]

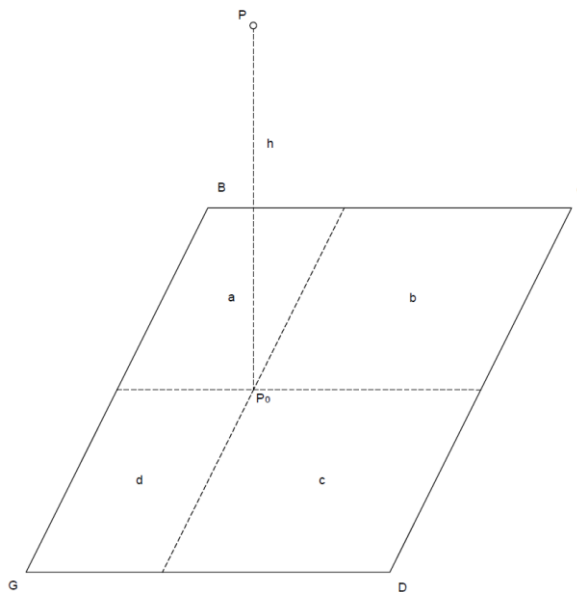
$$\Omega_{(a+b+c+d)} = \Omega_{(a)} + \Omega_{(b)} + \Omega_{(c)} + \Omega_{(d)} \quad (1.4)$$

1.2 Světelný tok

Další základní světelně technickou veličinou je světelný tok. Světelný tok vychází ze závislosti lidského oka na dopadající zářivý tok Φ_e . Jednotkou světelného toku Φ je



Obr. 1.1.2 Aplikace prostorového úhlu při návrhu veřejného osvětlení



Obr. 1.1.3 Příklad rozdělení ozařované plochy na dílčí obdélníky

lumen [lm]. Tato jednotka se odvozuje od základní jednotky svítivosti SI soustavy (1 kandela). Odvozuje se tedy od svítivosti zdroje zařízení o kmitočtu $f=540\text{THz}$ při zářivosti zdroje $1/683\text{ W/sr}$. V běžném ovzduší odpovídá tento kmitočet vlnové délce $555,0155\text{ nm}$. [2]

Pro monochromatické záření se vypočte světelný tok s vlnovou délkou λ jako součin spektrální účinnosti záření $K(\lambda)$ a zářivého toku $\Phi_e(\lambda)$, o téže vlnové délce. [1]

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, \text{W}) \quad (1.5)$$

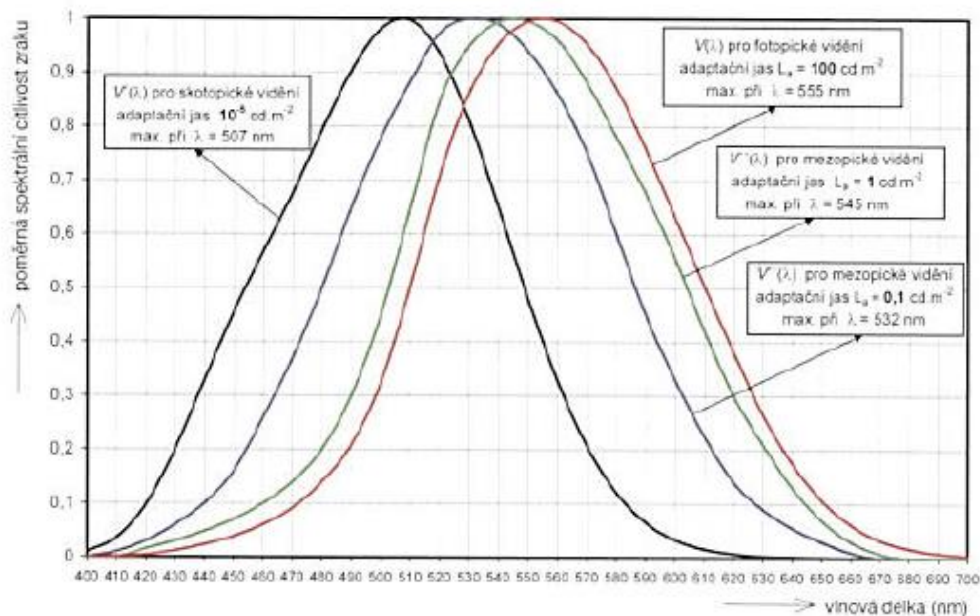
Spektrální světelná účinnost zařízení se určí buď jako poměr světelného toku a jemu úměrného zářivého toku viz vzorec 1.5, nebo jako součin maximální hodnoty K_m veličiny $K(\lambda)$ a poměrné světelné účinnosti monochromatického záření $V(\lambda)$, tedy ze vztahu 1.6. [2]

$$K(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda) \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, -) \quad (1.6)$$

Poměrná světelná účinnost monochromatického záření $V(\lambda)$ je totožná s poměrnou spektrální citlivostí lidského oka (viz obr. 1.2.1).

HAbel strana 59

Obr. 1.2.1 Světelná účinnost monochromatického záření, popř. spektrální citlivost oka [2]



Pro složené záření se stejně jako pro monochromatické záření definují pojmy jako světelný účinek záření a poměrná světelná účinnost složeného záření:

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e} \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{lm}) \quad (1.7)$$

$$V = \frac{K}{K_m} \quad (-; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) \quad (1.8)$$

Světelný tok Φ složený z různých monochromatických záření se vypočte podle rovnice 1.9, kde $\left(\frac{d\Phi_e(\lambda_i)}{d\lambda_i}\right)_\lambda$ je spektrální hustota zářivého toku Φ_e pro vlnovou délku λ a hodnota 683 je absolutní hodnota světelného účinku záření K , pro vlnovou délku 555 nm. [2]

$$\Phi = 683 \int_0^\infty \left(\frac{d\Phi_e(\lambda_i)}{d\lambda_i}\right)_\lambda V(\lambda) d\lambda \quad (lm; lm \cdot W^{-1}, W \cdot m^2, m) \quad (1.9)$$

Světelný tok bodového zdroje vyzařovaný na elementární plošku pod prostorovým úhlem $d\Omega$ se určí pomocí další světelně technické veličiny, a to svítivosti ze vztahu:

$$d\Phi = I \cdot d\Omega \quad (lm; cd, sr) \quad (1.10)$$

1.3 Svítivost

Svítivost je jednou z dalších světelně technických veličin, značí se písmenem I a udává se v základní jednotce SI soustavy, a to v kandelách [cd]. Svítivost charakterizuje rozložení světelného toku zdrojů v prostoru. Je definována jako prostorová hustota světelného toku vždy v různých směrech, nejčastěji označovaných řeckými písmeny γ a ζ . [1]

Svítivost se stanoví jako poměr světelného toku $d\Phi$, jež vyzařuje svítidlo vůči prostorovému úhlu $d\Omega$, jehož osa leží ve směru určeném úhly γ a ζ . Výpočet svítivosti je znázorněn ve vzorci 1.11. [1]

$$I_{\gamma\zeta} = \frac{d\Phi}{d\Omega_{\gamma\zeta}} \quad (cd; lm, sr) \quad (1.11)$$

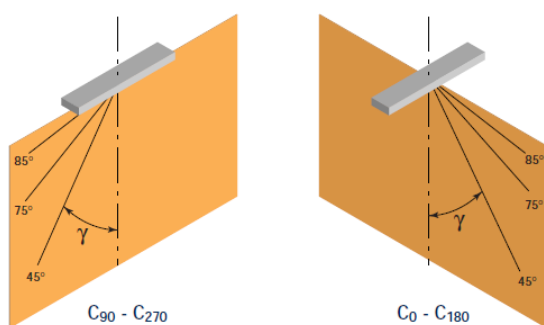
Pro stanovení svítivosti je důležité, aby bylo na světelný zdroj nahlíženo tak, jako kdyby se jednalo o zdroj bodový. Celková vyzařovací plocha zdroje musí být zanedbatelně menší, než je vzdálenost vrcholu prostorového úhlu $d\Omega_{\gamma\zeta}$ od ozařované roviny. [1]

Budeme-li znát hodnoty svítivosti ve všech směrech prostoru a nanese-li se prostorově od světelného středu jako radiusvektory a následně pospojujeme všechny koncové body, tak získáme fotometrickou plochu svítivosti. Tato plocha je pro výpočet samotné svítivosti velmi komplikovaná, a tak se pomocí metody řezů zvolí pouze ty roviny, které protínají světelný bodový zdroj. Vzniknou tzv. křivky svítivosti v polárních souřadnicích. Bude-li fotometrická plocha rotačně souměrná, např. povrch koule, pak nám pro výpočet svítivosti postačí pouze jedna křivka svítivosti. Tato křivka svítivosti se vypočte dle vzorce 1.12, jako součin svítivosti uvažovaného zdroje I_0 ve zvoleném směru a indikatrixu svítivosti $f_{I(\rho)}$. Indikatrix je

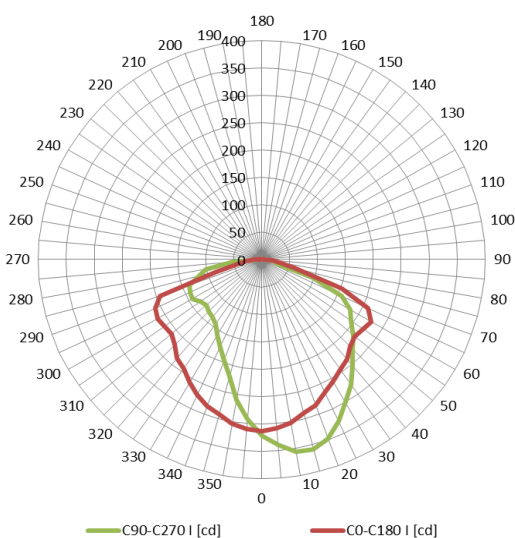
charakteristickou funkcí svítivosti, tedy matematickou funkcí aproximující uvažovanou křivku svítivosti. Nejčastěji se křivka aproximuje podle vztahu 1.13. [2]

$$I_{\gamma} = I_0 \cdot f_{I(\gamma)} \quad (cd; cd, -) \quad (1.12)$$

$$f_{I(\gamma)} = \cos^n \gamma \quad (-; -) \quad (1.13)$$



Obr. 1.3.1 Náskres měření zářivkového svítidla ve dvou, vzájemně kolmých rovinách



Obr. 1.3.2 Příklad křivek svítivosti pro rovinu C90-C270 a její kolmou rovinu C0-C180

Z důvodu toho, aby bylo možné křivky svítivosti používat pro jakoukoliv hodnotu světelného toku zdroje, udávají výrobci křivky svítivosti pro světelný tok Φ_Z , který je roven 1000 lm. Pro správný výpočet reálné svítivosti I_{γ} je nutné přepočítat svítivost udávanou výrobcem I_{γ}' dle vztahu (1.14). [2]

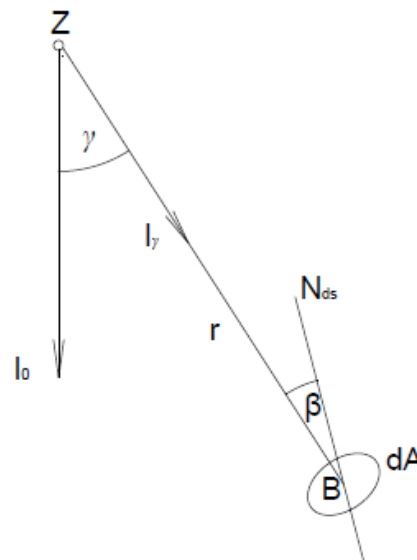
$$I_{\gamma} = I_{\gamma}' \cdot \frac{\Phi_Z}{1000} \quad (cd; cd, lm, lm) \quad (1.14)$$

1.4 Osvětlenost

Osvětlenost neboli intenzitu osvětlení označujeme písmenem E a jedná se vlastně o plošnou hustotu světelného toku Φ_Z dopadajícího na osvětlovanou plochu A . Pro výpočet bodové osvětlenosti použijeme vzorec 1.15, kde je nutné si celkovou plochu zmenšit na elementární plošku o obsahu dA . [1]

$$E = \frac{d\Phi_d}{dA} \quad (lx; lm, m^2) \quad (1.15)$$

Hlavní jednotkou osvětlenosti je lx (lux). Na obrázku 1.4.1 je vidět názorná situace pro výpočet osvětlenosti bodovým zdrojem Z na elementární plošce dA , která velmi úzce obklopuje bod B na libovolně umístěné rovině. Úhel β znázorňuje odchylku mezi směrem normály N_{ds} plochy dA a směrem průvodiče r , tedy směrem ve kterém se vyzářuje světelný tok ze zdroje. [2]



Obr. 1.4.1 Náčrt situace pro výpočet osvětlenosti bodovým zdrojem Z

Osvětlenost E vytvořená bodovým zdrojem, se vypočte dle vzorce 1.15, jako poměr svítivosti I v daném směru γ s prostorovým úhlem $d\Omega$ vůči elementární plošce dA . Výpočet osvětlenosti je vidět ve vzorci 1.16. [2]

$$E = \frac{I_\gamma \cdot d\Omega}{dA} = \frac{I_\gamma \cdot dA \cdot \cos\beta}{dA \cdot r^2} = \frac{I_\gamma \cdot \cos\beta}{r^2} \quad (lx; cd, sr, m^2) \quad (1.16)$$

Pokud bude rovina, ve které leží bod B , umístěna vůči průvodiči r kolmo ($\beta=0$), bude hodnota intenzity osvětlení nabývat nejvyšších hodnot. Výslednou osvětlenost pak nazýváme osvětleností normálovou E_N , jejíž velikost se řídí vztahem 1.17. [2]

$$E_N = E_{max} = \frac{I_\gamma}{r^2} \quad (lx; lx; cd, m) \quad (1.17)$$

1.5 Jas svazku světelných paprsků

Stejně jako svítivost je i jas světelných paprsků L vázán na určitý směr. Jedná se o veličinu, která je definována plošnou a prostorovou hustotou světelného toku, který je přenášen paprsky záření. Jas svazku světelných paprsků se spočítá dle vzorce 1.18, jako světelný tok Φ vztažený na prostorový úhel $d\Omega$, ve kterém se paprsky šíří a plošku kolmou k ose svazku paprsků dA_n , na níž dopadá plošná hustota svazku světelného toku. [1]

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega \cdot dA_n} \quad (cd \cdot m^{-2}; lm, sr, m^2) \quad (1.18)$$

Jednotkou jasu je kandela na metr čtvereční ($cd \cdot m^{-2}$). Jas je nejdůležitější veličinou pro osvětlování dopravních komunikací. Zatímco u komunikací pro pěší se využívá především kritérií pro osvětlení, tak právě u silničních komunikací je nejvýraznější kritérium jas, o

kterém bude ještě v této práci pojednáváno. Hodnoty jasu se mění jak v závislosti na poloze osvětlované plošky vůči pozorovateli, tak i vlivem směru jeho pozorování. Pro popis jasové situace se používají podobně jako u svítivosti křivky v polárních souřadnicích, které získáme rozdělením fotometrické plochy na jednotlivé řezy, jejichž koncové body propojíme právě do tvaru kýžených křivek jasu. Křivka jasu se popisuje rovnicí 1.19, kde L_0 je jas svazku paprsků ve směru, který je zvolen jako vztažný směr, L_γ je jas svazku paprsků ve směru pod úhlem γ měřeným od vztažného směru a $f_L(\gamma)$ je charakteristická funkce jasu, již výše zmiňovaný indikatrix. Funkce indikatrix je opět rovna $\cos^n \gamma$, kde $n \in (0 \div 5)$. [2,3]

$$L_\gamma = L_0 \cdot f_L(\gamma) \quad (cd \cdot m^2; cd \cdot m^2, -) \quad (1.19)$$

1.6 Světlení

Pojem světlení definujeme jako plošnou hustotu světelného toku, která je vyzařována z osvětlené plochy. Světlení značíme písmenem M a hlavní jednotkou je $lm \cdot m^{-2}$. Hodnotu této světelně technické veličiny určíme ze vztahu 1.20. [1]

$$M = \frac{d\Phi_v}{dS} \quad (lm \cdot m^{-2}; lm, m^2) \quad (1.20)$$

1.7 Měrný výkon světelného zdroje

Měrný výkon světelného zdroje se označuje písmenem η a jednotkou je zde $lm \cdot W^{-1}$. Z této jednotky si můžeme odvodit definici měrného výkonu zdroje, jako podíl světelného toku zdroje a elektrického příkonu, kterým zdroj napájíme, viz vztah 1.21. [2]

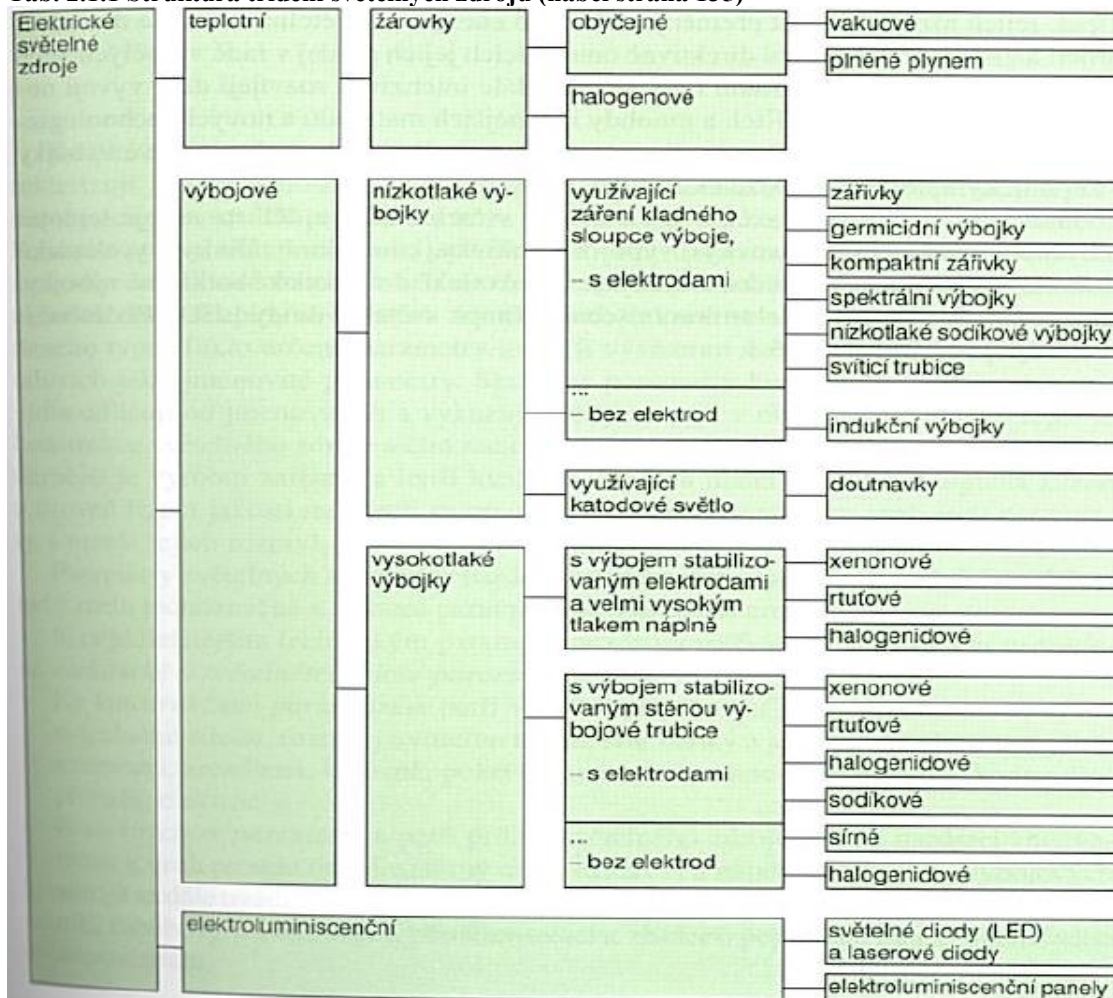
$$\eta = \frac{\Phi_Z}{P} \quad (lm \cdot W^{-1}; lm, W) \quad (1.21)$$

2 Části osvětlovacích soustav veřejného osvětlení

2.1 Světelné zdroje

Nejdůležitější částí osvětlovací soustavy je bezesporu světelný zdroj. Každý světelný zdroj má své pozitivní i negativní aspekty. Některé vynikají dobrým podáním barev, některé zase efektivností přeměny elektrické energie na energii světelnou. Energie potřebná k osvětlení se podílí, dle sdělení Mezinárodní komise pro osvětlování CIE, ve vyspělých zemích 5 % až 15 % z celkové spotřeby elektrické energie. V rozvojových zemích je podle komise tento podíl ještě vyšší a dosahuje až 80 %. Je nutné si uvědomit, že na výrobu elektrické energie je zapotřebí spálit (zuzitkovat) určité množství paliva, s čímž je spojeno i vytvoření

Tab. 2.1.1 Struktura třídění světelných zdrojů (habel strana 135)



velkého množství emisí CO₂. Dle komise pro osvětlování (CIE) je na výrobu elektrické energie, která je následně přeměněna ve světlo, zapotřebí 1,777 mld. t/rok. I při takto vysokém čísle spáleného paliva však není v některých případech dodrženo předepsaných mezních normativních hodnot daného státu, a proto se stále sortiment světelných zdrojů dynamicky rozvíjí a jsou tak vyvíjeny světelné zdroje s mnohem lepšími světelnými parametry. Emitují více světla při nižším příkonu. [2]

V této diplomové práci budu uvažovat pouze světelné zdroje, které se reálně v ČR používají k osvětlování venkovních prostorů, a to zejména komunikací pro motorová vozidla a prostorů určených pro chodce pohybujících se na chodnících, cyklistických stezkách a ostatních částech pozemní komunikace, které leží odděleně nebo podél jízdního pásu, po komunikacích v sídelních útvarech, pěších zónách, parkovacích plochách apod.

2.1.1 Indukční výbojky

Indukční sodíkové výbojky se dle tab. 2.1.1 řadí mezi nízkotlaké výbojové zdroje bez použití elektrod. Konstrukce při níž nejsou použity elektrody, značně přispívá ke zvýšení životnosti. Běžně se u tohoto světelného zdroje udává životnost až 100 000 hodin. Přičemž pokles světelného toku pod hodnotu 80% nastává po cca 70 000 hodinách. Bezelektrodotová konstrukce výbojky rovněž zvyšuje její provozní parametry, protože v těle výbojky nejsou přítomny žádné konstrukční části, se kterými by mohla náplň výbojky reagovat. [2]

Princip činnosti výbojek je založen na vysokofrekvenčním buzení v bezelektrodotovém prostoru. V současné době existují různé varianty těchto světelných zdrojů, které se od sebe liší druhem svítících prvků a druhem jejich par, mechanismem buzení, budicí frekvencí a konstrukčním uspořádáním výbojového prostoru. [2]

U nízkotlakých indukčních výbojek se nejčastěji jako svítící prvek používá rtuť. Při výboji ve rtuťových parách vzniká značné množství UV záření, které je následně díky vysoce moderní skladbě luminoforu převedeno do viditelného spektra. U zmíněného druhu indukčních výbojek se jedná o provedení výbojky, v jejíž vnitřní části je vynutí indukční cívky. Vývojářem tohoto typu výbojky



Obr. 2.1.1 Nízkotlaká indukční výbojka Apollo 3 (typu QL) [5]

je společnost Phillips a uvedla ji na trh v roce 1991 pod označením QL. Konstrukční uspořádání je viditelné na obrázku 2.1.1. [4]

Dalším druhem indukčních výbojek jsou vysokotlaké sírné výbojky bez luminoforu, jejichž pracovní frekvence dosahuje hodnot až několika GHz. Vývojářem tohoto typu výbojky je společnost Osram, která jej uvedla na trh pod názvem Endura. U tohoto typu výbojek je konstrukční řešení provedeno poněkud odlišně, a to tak, že jsou budící cívky umístěny vně výbojového prostoru. Toto konstrukční uspořádání je viditelné na obrázku 2.1.2. [4]



Obr. 2.1.2 Vysokotlaká indukční výbojka Saturn (typu Endura) [5]

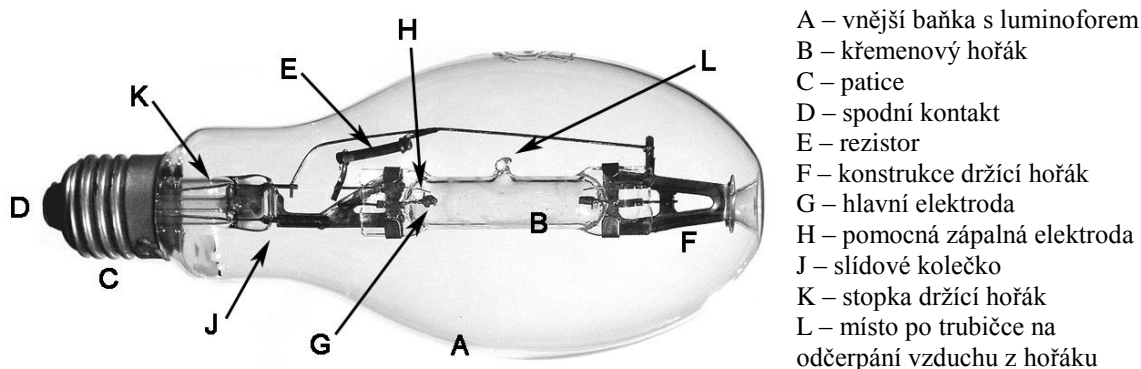
Jelikož se jedná o moderní světelný zdroj, nabízí indukční výbojky celou řadu výhod. Jejich doba života je cca někde na 80 000 hodinách, index podání barev je vysoký, při vyšších výkonech až $R_a > 80$. Měrný výkon tohoto zdroje je přibližně $100 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Další výhody jsou pak okamžitý start i znovuzápal, dobrá stabilita světelného toku v průběhu života, malá závislost světelného toku na kolísajícím napájecím napětí. [4]

Mezi nevýhody bychom mohli zařadit vyšší pořizovací cenu a díky velkému množství výrobců i neunifikovaný sortiment výbojek a s tím spojený omezený výběr svítidel. Další nevýhodou je to, že až na výjimky nejsou tyto zdroje stmívatelné, a tedy se hůře reguluje osvětlení při změněných podmínkách. [4]

2.1.2 Vysokotlaké rtuťové výbojky

Vysokotlaké světelné zdroje pracují na principu tvorby rtuťových par při jmenovitém tlaku převyšujícím 100 kPa. VT rtuťové výbojky mají velmi špatné podání barev, jelikož při emitování světla ze rtuťových par vzniká velký podíl UV záření a úplně chybí oblast červeného viditelného světla. Pro odstranění této nevýhody se vnější baňka opatřuje tenkou vrstvičkou luminoforu, díky které se převádí UV záření do viditelného spektra. Existují i takové varianty VT rtuťových výbojek, u kterých se tato vlastnost nepotlačuje, ale naopak je využívána. Jedná se např. o aplikace v sektoru bankovníctví či v kriminalistice, kdy se díky

UV záření zjišťuje pravost bankovek, potažmo fyziologické stopy trestné činnosti. Konstrukční model vysokotlaké rtuťové výbojky je vidět na obrázku 2.1.3. [2,4]



Obr. 2.1.3 Konstrukce vysokotlaké rtuťové výbojky [7]

Mezi výhody tohoto druhu výbojek můžeme zahrnout fakt, že díky své jednoduchosti zapojení dosahuje VT rtuťová výbojka vysoké spolehlivosti. Ve schématu zapojení je pouze tlumivka bez zapalovače. VT rtuťová výbojka je schopna svítit v jakékoli poloze, což usnadňuje její nasazení z hlediska konstrukčního řešení svítidel. Další výhodou je malý vliv okolní teploty na světelné parametry. Doba života se uvádí 12 000 až 16 000 hodin. [4]

Hlavní nevýhody jsou již výše zmíněné slabé podání barev a také poměrně malá účinnost v porovnání s moderními výbojovými zdroji. Nevýhodou spojenou s vlastností rtuťového výboje je to, že výbojku lze znovu uvést do provozu až po jejím úplném zchlazení po předchozím vypnutí, s tím je rovněž spojena i nevhodnost pro stmívání. [2]

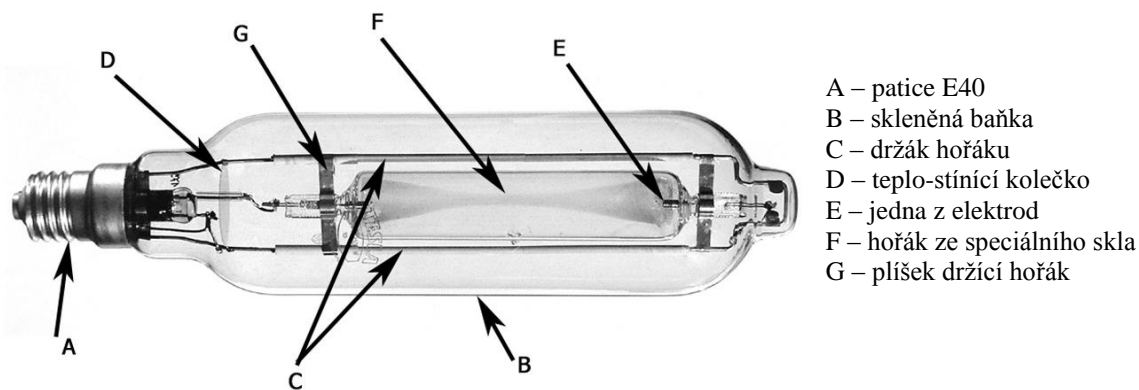
V současné době jsou rtuťové výbojky stahovány z provozu a nahrazovány modernějšími světelnými zdroji a to především kvůli účinnosti přeměny elektrické energie na energii světelnou. Dalším důvodem, proč již nejsou tyto výbojky v některých státech normativně povoleny, je jejich obtížná recyklovatelnost. Obsahují zdraví škodlivou rtuť a nedají se tak bezpečně odkládat do běžného komunálního odpadu. [2]

2.1.3 Halogenidové výbojky

Jedná se o druh vysokotlakých výbojek. Tentokrát není světlo emitováno pouze parami rtuti, tak jako tomu bylo u vysokotlakých rtuťových výbojek, ale začínají zde hrát svou roli i další chemické prvky a sloučeniny, jež mají takové barevné spektrum, které velmi vhodně

doplňuje čárové spektrum rtuti. Pomocí těchto příměsí lze získat velké množství variant světelného spektra od chladně bílé, přes teple bílou, až po speciální barevná spektra či UV spektra. Pro nízký tlak par vzácných zemin, při maximálních přípustných pracovních teplotách výbojové trubice, se nevyužívají přímo čisté prvky vzácných zemin, ale jejich halogenidy (jodidy, bromidy). Alkalické kovy se zase nepoužívají v čistém stavu z toho důvodu, že při provozní teplotě 300°C působí velmi agresivně vůči křemennému sklu, z něhož je vyroben hořák. Halogenidy jsou při vysokých teplotách poměrně stálé, nejsou příliš chemicky reaktivní s hořákem, ať už je vyroben z korundové keramiky nebo z křemenného skla. Jsou rovněž charakteristické vyšším tlakem par. [2]

Vysokotlaké halogenidové výbojky se rozdělují podle použitého hořáku na výbojky s křemenným a keramickým hořákem, nejčastěji používaným materiálem pro keramický hořák je v současné době oxid hlinitý, avšak již se vyvíjí materiály na bázi oxidu yttritového. Důležité je dosáhnout co největší teplotní odolnosti hořáku a tím zvýšit efektivnost a možnosti vyvolaného výboje. Mezi výhody halogenidových výbojek s křemenným hořákem patří možnost vytvoření širokého světelného spektra, velmi dobré podání barev ($R_a > 80$),



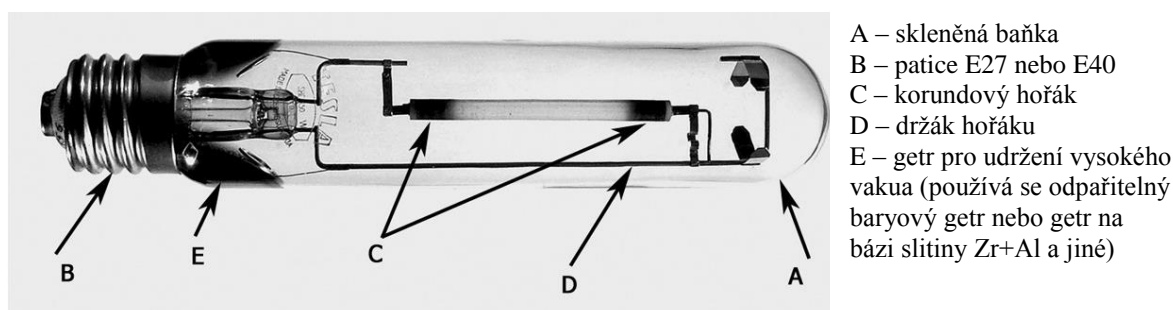
Obr. 2.1.4 Konstrukce vysokotlaké halogenidové výbojky [7]

velký rozsah příkonů (70 až 5 000 W), rozměrová kompaktnost a poměrně dlouhá životnost. Keramické hořáky zvládají všechny tyto přednosti stejně dobře jako křemenné, avšak mají i další výhody. Patří mezi ně zvýšení měrného výkonu v oblasti malých příkonů (15-35 W), větší zmenšení výbojky, zlepšení stability teploty chromatičnosti (± 200 K oproti ± 600 K u výbojek s křemenným hořákem). Avšak díky náročnější technologii výroby keramického korundového hořáku je tento typ výbojek o poznání dražší. [2]

2.1.4 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Sodíkové vysokotlaké výbojky patří mezi nejpoužívanější osvětlovací zdroje používané v soustavách veřejného osvětlení v ČR. Světlo je v těchto zdrojích emitováno pomocí výbojů v sodíkových parách s příměsí rtuti. Provozní tlaky par se pohybují na hodnotách 3 až 60 kPa. Maximální světelná účinnost nastává při 10 kPa. V závislosti na dalších parametrech, jako je tlak a druh plnicího plynu, geometrické parametry hořáku, kvalita použitého materiálu a příkon výbojky, může dosáhnout měrný výkon tohoto druhu výbojek hodnot až 150 lm/W. [2]

Z důvodu vysoké agresivity sodíkových par o vysokém tlaku vůči hlinito-boritým sklům, která jsou používána jako materiál hořáku u nízkotlakých sodíkových výbojek, se jako



Obr. 2.1.5 Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky [7]

materiál používá průsvitný polykrystalický korund. Konstrukce vysokotlaké sodíkové výbojky je znázorněna na obrázku 2.1.5. Poloha, ve které je výbojka ve svítidle uložena, je velmi důležitá a to z hlediska toho, že udává velikost volného prostoru kolem elektrod. Ten má vliv na teplotu elektrod a výrazně tak ovlivňuje tlak sodíkových par a tím i světelné parametry zdroje. Rtuť a sodík se dávkuje do hořáku stejně jako u jiných vysokotlakých výbojek ve formě amalgámu (halogenidu) a jako inertní plyn je v hořácích standardně používán xenon. Xenon, jelikož je nejméně teplotně vodivý, zajišťuje nejvyšší měrný výkon výbojky. Jeho nevýhodou však je to, že k zapálení výbojky je zapotřebí vysokonapěťový impulz s amplitudou 2,8 až 4,5 kV. [2]

Mezi hlavní výhody vysokotlakých sodíkových výbojek můžeme zařadit jejich velkou životnost dosahující až 30 000 hodin a díky zvládnuté technologii sériové výroby i jejich nízkou cenu spolu s kompaktností výbojek. Další výhodou je i jejich vysoký měrný výkon, avšak při podání barev pouze $R_a < 25$. Špatné podání barev u tohoto duhu výbojek je důvodem, proč se tyto zdroje nahrazují modernějšími halogenidovými výbojkami nebo LED zdroji. [2]

2.1.5 Elektroluminiscenční světelné zdroje

Dle tabulky 2.1.1 patří do této skupiny elektroluminiscenčních světelných zdrojů laserové diody, elektroluminiscenční panely a světelné diody LED, které jsou nejvýznamnější pro obecné, ale i pro speciální osvětlení. LED zdroje jsou nejprogresivněji se rozvíjející možností moderního osvětlování, o čemž svědčí i snaha mnoha států, zahrnout využívání osvětlování pomocí tohoto světelného zdroje do svých vládních programů, a tím snížit obsah skleníkových plynů vypuštěných díky výrobě elektrické energie, která je následně spotřebována neúčinnými světelnými zdroji. Příkladem tohoto tvrzení je např. Japonsko, které se zavázalo k využívání elektroluminiscenčních zdrojů v Kjótském protokolu roku 1998. [2]

Princip činnosti tohoto světelného zdroje je zcela odlišný od zdrojů, které byly představeny v minulých kapitolách. V elektroluminiscenčních panelech je světlo emitováno elektrickým polem v luminoforu. Laserové a světelné diody jsou polovodičové součástky a světlo je tak v nich emitováno průchodem elektrického proudu přes PN přechod. Pro vytvoření PN přechodu se používají polovodiče vysoké čistoty typu $A^{III}B^V$, které jsou často legovány, pro vytvoření buď přebytku děr (materiál typu P), nebo přebytku elektronů (materiál typu N) v přechodu. [2]

Z počátku byly diody vyráběny pouze s možností emitovat světlo pouze v určité části viditelného spektra, nejdříve se podařilo vyvinout diody, jenž emitovaly červené spektrum, pak zelené, oranžové, žluté a teprve až s možností získat na PN přechodu i modré světlo, bylo možné vyvinout i světlo bílé, které bylo v prvopočátcích získáváno složením červených, modrých a zelených barevných diod, na jednom LED čipu. Tento způsob získávání je velmi náročný na softwarové a hardwarové řízení PN přechodů a také nezaručuje doživotní stálost barevného odstínu výsledné LED



Obr. 2.1.6 ukázka vícečipové diody[8]

kombinace, jelikož každá dioda degraduje s jinou rychlostí. Druhý způsob je založen na principu fosforescence luminoforů. Tento způsob výroby světla je energeticky úspornější, než současné napájení tří LED čipů a zároveň je tato varianta i rozměrově menší. Složením luminoforu se dá ovlivnit celkové barevné spektrum emitované modrou či fialovou LED

diodou a zároveň se LED diody díky tomu vyrábí i s různými teplotami chromatičnosti, které jsou výrobci odstupňovány v řadách po 1000 K. [8]

V současné době lze LED diody rozdělit podle velikosti přiváděného vstupního proudu na diody o malém výkonu (proud je 1 až 2 mA), standardní diody (proud větší než 20 mA) a výkonné diody (proud větší než 350 mA). Světlo vyzařované



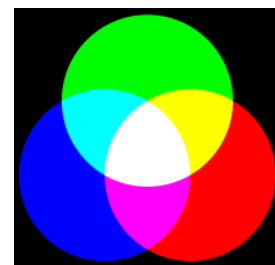
Obr. 2.1.7 ukázka monochromatických diod

jakoukoliv diodou je potřeba nejdříve rozptýlit. Nejčastěji se tak provádí pomocí krytu z epoxidové pryskyřice. Tento kryt nám zajistí rozptyl světla v rozmezí 8 až 120°. Celkový měrný výkon lze zvyšovat velice snadným zapojením více čipů do série. [2,8]

LED diody mají velké množství výhod, pro názornost vhodnosti použití tohoto zdroje vyjmenuji pouze ty hlavní, kvůli kterým začínají LED diody dominovat ve většině oblastí osvětlování.

a) Kalorimetrické vlastnosti:

- díky velké variabilitě míchání různě barevných LED čipů lze získat nepřeborné množství barev a barevných odstínů
- bílé LED diody obsahující spojitě spektrum barev se řadí mezi zdroje s nejlepším podáním barev $R_a > 80$
- míšením barev lze vytvořit i kombinace vyzařující IF nebo UV záření a tak se pro použití LED diody otevírá celá řada oborů



Obr. 2.1.8 Možnosti míchání barev RGB

b) Provozní vlastnosti:

- vysoká spolehlivost. Životnost se běžně udává jako 80 000 hodin
- pro usměrnění světelného toku není zapotřebí speciálních konstrukčních prvků v samotném svítidle, a to díky již výše zmíněnému rozptylu světla
- díky vysoké životnosti se tak snižují i náklady na údržbu

c) Světelné a elektrické vlastnosti:

- snadná regulace napájecím napětím, dají se ihned zapínat i vypínat
- velmi krátká doba náběhu do provozního stavu
- při RGB kombinaci se dají tvořit pomocí těchto zdrojů zajímavé světelné scény, např. pro osvětlování krajinných útvarů, či významných architektonických děl
- napájení malým napětím neklade požadavky na ochranu zdroje před nebezpečným dotykem
- dokáží svítit stejně dobře v jakékoliv instalační poloze

d) Geometrické vlastnosti

- díky svým kompaktním rozměrům umožňují projektantům vytvářet nejrůznější aplikační místa pro tyto zdroje. Umožňuje jim to vytvářet velmi malá kompaktní svítidla o různých tvarech a vyzařovacích výkonech
- velkou výhodou je u malých LED diod vysoce koncentrovaný svazek světelné energie, čehož se využívá zejména v optických kabelech [2]

Mezi nevýhody světelných zdrojů LED patří jejich vysoká cena, která však rok od roku klesá a již dnes se dá říci, že díky svým výborným světelně-technickým vlastnostem diody vytlačí spoustu starších, zaběhlých světelných zdrojů. Jedinou zápornou technickou vlastností je závislost světelných parametrů na teplotě okolí. Tato nevýhoda se dá odstranit vhodnou konstrukcí svítidel tak, aby bylo zajištěno dobré chlazení PN přechodů na použitých LED čípech. [2]

2.1.6 Porovnání představených světelných zdrojů

V tabulce 2.1.2 jsem vzájemně porovnával na trhu běžně dostupné světelné zdroje podle nejdůležitějších kritérií. Samozřejmě existuje mnoho podob těchto zdrojů, které jsou specifické dle výrobce zdroje, elektrického příkonu, instalační patice a mnoha dalších

Tab. 2.1.2 Porovnání běžně dostupných světelných zdrojů pro veřejné osvětlování

Typ zdroje	Vysokotlaké výbojky				elektrolum.
	Indukční	rtuťová	halogenidová	sodíková	LED
Výrobní označení	Indukční žárovka Apollo3 85W E40	HPL4 80W/642 E27 Philips	CDO-ET Plus Philips MASTER City White	SON-T PIA Plus Philips Master	SV-SD806
Příkon	85 W	80 W	72 W	73 W	70 W
Jmenovitý světelný tok	5 510 lm	3 600 lm	7 230 lm	6 600 lm	< 5 785 lm
Měrný výkon	64 lm/W	44 lm/W	101 lm/W	91 lm/W	80 lm/W
Index podání barev	$R_a > 80$	$R_a < 60$	$R_a > 87$	$R_a < 25$	$R_a > 80$
Patice	E40	E27	E27	E27	E27/E40
Cena za jednotku	3 380 Kč	123 Kč	817 Kč	194 Kč	5 400 Kč
Životnost (80% svět. Toky)	60 000 hodin	20 000 hodin	12 000 hodin	20 000 hodin	50 000 hodin

vlastností. Tyto další varianty mohou dosahovat mnohem lepších světelně technických vlastností, ale pro renovaci veřejného osvětlení a návrh nové soustavy jsem se soustředil

pouze na ty opravdu běžně dostupné. Rozhodl jsem se, jako hlavní kritérium pro výběr uvádět elektrický příkon zdroje, od něj je závislý měrný výkon, a tím i efektivnost celé soustavy. Zároveň jsem nechtěl pouze uvádět, že daný zdroj je lepší nebo horší, ale chtěl jsem názorně ukázat na vybraných vzorcích, o kolik jsou dané zdroje výhodnější. Vybrané vzorky jsem vždy volil podle vlastností, které byly u daného prodejce udávány jako nejlepší varianta v dané příkonové třídě.

Běžně se uvádí jako nejvhodnější náhrada za sodíkové vysokotlaké výbojky LED osvětlení. Z výsledku mého testu si to nemyslím. Jednoznačně nejlepší variantou, co se týká světelně technických parametrů, se mi jeví halogenidové žárovky. V mém porovnání vybraný vzorek dosáhl nejvyššího měrného výkonu a to 101 lm/W a zároveň vyzařuje i nejvyšší světelný tok ze všech zkoumaných světelných zdrojů a to 7230 lm. Jediné v čem halogenidová výbojka zaostává za průměrem ostatních světelných zdrojů je její životnost, která dosahuje pouze 12 000 hodin. Tím se prodražují náklady na údržbu celé soustavy, avšak jelikož se jedná o instalaci osvětlení na chebském náměstí, kde jsou všechna svítidla lehce dostupná pro obsluhu, neviděl bych toto jako zásadní problém. Ve srovnání s LED zdrojem či indukční výbojkou, které mají 4krát až 5krát delší životnost, ale jsou o něco dražší, dosahuje halogenidová výbojka velmi dobrého poměru cena/výkon. Pro dobu života 60 000 hodin, jaké dosahuje indukční výbojka, by byla potřeba halogenidovou žárovku vyměnit 5krát, přičemž by tak její cena za dobu svícení 60 000 hodin byla 4 085 Kč. Příklad výpočtu je patrný ze vzorce 2.1. Což znamená o 705 Kč vyšší pořizovací náklady. Příklad výpočtu je patrný ze vzorce 2.2. Celková úspora u halogenidové výbojky je 1 200 Kč, což je patrné z rovnice 2.5. [6,9,10]

$$N_{hal(celk)} = N_{1hal} \cdot \frac{t_{ind}}{t_{hal}} = 817 \cdot \frac{60\,000}{12\,000} = 4085 \quad (Kč; Kč, h, h) \quad (2.1)$$

$$N_{roz} = N_{hal(celk)} - N_{ind} = 4085 - 3380 = 705 \quad (Kč; Kč, Kč) \quad (2.2)$$

$$C_{hal} = \frac{P_{hal} \cdot t}{1000} \cdot C_{1kWh} = \frac{72 \cdot 60\,000}{1\,000} \cdot 2,5 = 10\,800 \quad (Kč; W, h, Kč) \quad (2.3)$$

$$C_{ind} = \frac{P_{ind} \cdot t}{1000} \cdot C_{1kWh} = \frac{85 \cdot 60\,000}{1\,000} \cdot 2,5 = 12\,750 \quad (Kč; W, h, Kč) \quad (2.4)$$

$$U_{hal} = C_{ind} - C_{hal} - N_{roz} = 12\,750 - 10\,800 - 750 = 1\,200 \quad (Kč; Kč, Kč, Kč) \quad (2.5)$$

Popis proměnných ve výše zmíněném výpočtu:

$N_{hal(celk)}$	Pořizovací náklady za halogenidovou výbojku na 60 000 hod. svícení
N_{Ihal}	Pořizovací náklady na jednu halogenidovou výbojku
t_{ind}	Doba životnosti indukční výbojky
t_{hal}	Doba životnosti halogenidové výbojky
N_{roz}	Rozdíl nákladů na světelný zdroj za dobu svícení 60 000 hod.
N_{ind}	Pořizovací náklady na jednu indukční výbojku
C_{hal}	Celková cena energie halogenid. výbojky za dobu svícení 60 000 hod.
C_{ind}	Celková cena energie indukční výbojky za dobu svícení 60 000 hod.
P_{hal}	Příkon halogenidové výbojky
P_{ind}	Příkon indukční výbojky
C_{1kWh}	Cena energie za 1 kWh
U_{hal}	Finanční úspora halogenidové výbojky za dobu svícení 60 000 hod.

Z výsledku výpočtu je patrné, že použití halogenidové výbojky, byť jen velmi těsně, dokáže uspořit určité finanční prostředky a dokonce i s lepšími světelně technickými parametry.

Propočítáme-li výpočet i pro ostatní zdroje, uvedené v tabulce 2.1.2 stejným způsobem pomocí vzorců 2.1 až 2.5 dospějeme k závěru, že LED zdroj se v porovnání s halogenidovou žárovkou finančně nevyplatí, o 2 094 Kč za dobu svícení 60 000 hod. Naopak halogenidová zářivka se finančně nevyplatí v porovnání se sodíkovou výbojkou o 3 054 Kč za dobu svícení 60 000 hod a v porovnání se rtuťovou výbojkou je jejich finanční odchylka ještě nižší, vyjde totiž za dobu svícení 60 000 hod. na pouhých 2 517 Kč. Celkové finanční poměry jsou zpracovány v tabulce 2.1.3. Z této tabulky je vidět, že finančně lze uspořit řádově několik tisíc

Tab. 2.1.3 Porovnání cenových nákladů vůči halogenidové výbojce při svícení 60 000 hod.

Sodíková výb.	Rtuťová výb.	Halogenidová výb.	Indukční výb.	LED
-3054 Kč	-2517 Kč	0	1200 Kč	2094 Kč
Úspora			Vyšší náklady	

korun za 60 000 hodin, což budeme-li počítat dobu svícení světelného místa ročně 4100 hodin, je přibližně úspora za 15 let provozu. Z toho vyplývá, že finanční hledisko při instalaci osvětlení není opodstatněným kritériem a světelně technické vlastnosti jsou tak mnohem důležitější. [6,9,10]

2.2 Svítidla

Svítidla jsou velmi důležitou součástí osvětlovací soustavy. Bez nich by žádný světelný zdroj nebyl schopen dobře fungovat, nedalo by se s ním snadno a hlavně bezpečně

manipulovat a světelný tok daného zdroje by rovněž nebyl tak účinně vyzařován a směřován do oblasti našeho zájmu, kvůli které právě daný světelný bod instalujeme. Nejprve je důležité definovat si dané světelné technické veličiny, tak jako jsme to učinili i v případě světelných zdrojů. Dále vysvětlím a popíši funkci jednotlivých součástí svítidla.

2.2.1 Světelné technické veličiny svítidel

Vyzařování svítidel - základní parametry týkající se vlastností svítidel jsou již uvedeny v kapitole 1.3, jedná se především o křivky svítivosti, kde pro podrobný popis vyzařování svítidel jsou uváděny hodnoty svítivosti formou tabulky pro určitý počet polorovin a úhlů, viz názorné obrázky 1.3.1 a 1.3.2. Tento soubor fotometrických dat je pod názvem Elumdata či IES nabízen výrobcí vždy pro daný typ svítidla nebo jako součást celého katalogu výrobků. S těmito daty pracuje rovněž i výpočtový program Relux, ve kterém jsem řešil návrh osvětlovací soustavy. Další možností, jak popsat vyzařování svítidel jsou tzv. izoluxové diagramy. Tyto diagramy spojují místa se stejnou hladinou osvětlenosti a vznikají tak spojitě křivky. Izoluxové diagramy jsou vždy platné jen pro určitou vzdálenost světelného bodu od ozařované roviny. Jedná se tedy o charakteristiku, na níž lze vidět osvětlenost dané komunikace, která je osvětlována z určité pevné výšky daným svítidlem. Izoluxy se udávají v poměrných jednotkách (lx/klm). [2]

Jas svítidel - u svítidel je jas důležitým parametrem ovlivňujícím pohodu pozorovatele. Při příliš vysokých hodnotách jasů dochází k oslnění pozorovatele a tím i k ovlivnění jeho zrakové pohody. Úvod do problematiky jasu je již uveden v kapitole 1.5. Pro správné navržení či výběr svítidla z hlediska oslnění přílišným jasnem je důležité definovat určité pojmy, které jsou normativně zakotveny v normě ČSN EN 13201-2 v části požadavky na osvětlovací soustavy pozemních komunikací. [2,12]

Prvním pojmem je průměrný jas povrchu pozemní komunikace \bar{L} , jedná se o jas povrchu pozemní komunikace v jízdním pásu, udávaný v $Cd \cdot m^{-2}$. Další je podélná rovnoměrnost jasu povrchu pozemní komunikace v jízdním pruhu, ta je udávána jako poměr nejvyšší a nejnižší hodnoty jasu v podélné ose. Podobným pojmem je podélná rovnoměrnost jasu povrchu pozemní komunikace v jízdním pásu U_l . S těmito dvěma pojmy souvisí ještě celková rovnoměrnost U_0 , která je definována jako poměr minimální a průměrné hodnoty. Posledním

pojmem týkajícím se jasu je tzv. prahový přírůstek TI , což je míra zhoršení viditelnosti způsobená omezujícím oslněním svítidla osvětlovací soustavy pozemní komunikace. [12]

Nepříznivé účinky přílišného jasu se dají v praxi odstranit buď zastíněním přímého pohledu do daného svítidla nebo rozptylem světla na prizmatickém či rozptylném krytu. Nevýhodou jakéhokoliv stínění je ztráta účinnosti svítidla.

2.2.2 Elektrotechnické vlastnosti svítidel

Mezi důležité elektrotechnické vlastnosti patří elektromagnetická kompatibilita, což je vlastnost daného zařízení, v tomto případě svítidla, odolávat rušivým elektromagnetickým polím, šířeným po vedení nebo volným prostorem. Zároveň nesmí být dané zařízení rušivým zdrojem pro okolní zařízení. [2]

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je další důležitou vlastností svítidel. Pro svítidla se zavádí tzv. třídy ochrany, které svou povahou vypovídají o tom, jak je dané svítidlo bezpečné z hlediska nebezpečného dotyku. Třídy ochrany se značí římskými číslicemi (0-III) Nultá třída, je zabezpečení pouze základní izolací, tato ochrana je z hlediska legislativních požadavků v ČR zakázána a svítidla s označením pro nultou třídu nesmí být v tuzemsku dodávána na trh. První třídu tvoří svítidla, která jsou opatřena základní izolací a svorkou pro ochranný vodič. Do druhé třídy spadají taková svítidla, která jsou chráněna dvojitou izolací, nebo mají zesílenou základní izolaci. A poslední třetí třídu tvoří svítidla, jež jsou napájena pouze malým bezpečným napětím (SELV). [2]

2.2.3 Provozně technické vlastnosti

Provozně technické vlastnosti jsou velmi důležité pro správnou volbu svítidla do uvažovaného prostředí. Parametry kterými se při návrhu osvětlovací soustavy a vybírání vhodných svítidel musíme řídit, jsou např. mechanická odolnost, povrchová teplota, riziko výbuchu a odolnost proti vodě, prachu a vnikání pevných těles do svítidla. Odolnost zařízení proti vodě, prachu a vnikání těles je obsažena v kódu IP. Kód IP je vidět v tabulce 2.2.1. Pro svítidla, která se používají ve veřejném osvětlení, a jsou tedy vystavena běžným klimatickým

podmínkám a je u nich předpokládáno údržbové čištění, by měla splňovat minimální hodnotu krytí IP54 pro optickou část a krytí IP44 pro předřadňkové části. [2]

Tab. 2.2.1 Význam jednotlivých číslic v kódu IP (IPxx) [14]

odolnost proti prachu a vnikání pevných cizích těles		odolnost proti vodě	
kód	popis	kód	popis
0x	nechráněno	x0	nechráněno
1x	chráněno proti pevným cizím tělesům větším než 50 mm	x1	chráněno proti kapající vodě
2x	chráněno proti pevným cizím tělesům větším než 12 mm	x2	chráněno proti kapající vodě, při naklonění do 15°
3x	chráněno proti pevným cizím tělesům větším než 2,5 mm	x3	chráněno proti rozprášené vodě
4x	chráněno proti pevným cizím tělesům větším než 1 mm	x4	chráněno proti stříkající vodě
5x	chráněno proti prachu	x5	chráněno proti tryskající vodě
6x	prachotěsné	x6	chráněno proti tryskající vodě pod tlakem
		x7	chráněno proti účinkům ponoření do vody
		x8	chráněno proti účinkům trvalého ponoření do vody
		x9k	chráněno proti účinkům tryskající horké vody o vysokém tlaku

Tepelné vlastnosti a požární bezpečnost nehrají ve veřejném osvětlení sice tak velikou roli jako v interiérovém osvětlení, nicméně zejména tepelné poměry mají velký vliv na životnost světelných zdrojů a například u elektroluminiscenčních diod či zářivek přímo ovlivňují velikost vyzářeného světelného toku. Tepelné vlastnosti se sledují kvůli zamezení popálení osob či zvířat a stanovují se pro zařízení podle jejich umístění, tedy kvůli riziku doteku horké části s pokožkou. Z hlediska hořlavosti je nutné zatřídit svítidlo dle podkladového materiálu, na který je svítidlo instalováno. Je důležité zamezit vzniku a šíření požáru. Materiály se dělí na nehořlavé, normálně zápalné a snadno zápalné. Svítidla jsou označena podle hořlavosti podkladových materiálů a následně opatřena odpovídajícím symbolem. [2]

Svítilidla jsou rovněž tříděna podle provozních prostředí, ve kterých jsou používána. Tyto provozní podmínky rozlišujeme na normální a těžké. Svítidla pro těžký provoz musejí být více mechanicky odolná a jsou označována symbolem kladiva. Svítidla používaná ve veřejném osvětlení musejí mít zvýšenou mechanickou odolnost, kvůli případnému vandalizmu a jiným neočekávaným vlivům. Vlastnost svítidel odolávat mechanickým rázům se označuje písmeny IK, kde jednotlivé číslice tohoto kódu odpovídají velikosti působící energie uváděné v Joulech. Zatřídění je patrné z tabulky 2.2.2. [2]

Obr. 2.2.2 Vztah mezi kódem IK a energií nárazu [2]

Kód IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energie nárazu [J]	nechráněno	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

2.2.4 Energetická náročnost svítidel

Z hlediska energetické náročnosti svítidla je důležité si uvědomit, že celkový příkon, který světelný bod spotřebovává je roven součtu příkonu pro napájení předřadného systému a příkonu pro napájení světelného zdroje. Svítidlo je vždy označeno pouze příkonem, který je spotřebováván světelným zdrojem. U svítidel rozlišujeme tři druhy účinnosti. Rozlišujeme účinnost optickou, provozní a pracovní. Nejvíce se pro popis svítidla používá provozní účinnost, která je definována jako poměr vyzářeného světelného toku světelnými zdroji umístěnými ve svítidle vůči světelnému toku, které vyzáří stejné světelné zdroje vně zdroje za nezměněných napájecích podmínek a s použitím stejného předřadného systému. Ještě lepším srovnávacím parametrem je měrný výkon svítidla, který se určí analogicky jako měrný výkon světelného zdroje, a to jako poměr celkového vyzářeného světelného toku vůči přivedenému příkonu. Tento parametr zohledňuje a zároveň dovoluje objektivně popsat svítidlo z hlediska celkové energetické náročnosti. Výpočet měrného výkonu svítidla je uveden ve vzorci 2.6. [2]

$$l = \frac{\phi_{SV}}{P_{SV}} = \frac{\phi_{SV} \cdot \eta_{SV}}{P_{ZD} + P_{PZ}} \quad (lm \cdot W^{-1}; lm, W) \quad (2.6)$$

2.2.5 Hlavní části svítidel

Svítidlo je nedílnou součástí světelného bodu, a je tomu právě proto, že je důležité, aby světelný tok byl přesně směřován do požadovaného prostoru, a nebo aby naopak světlo, pocházející ze světelných zdrojů, se ve svých vnitřních částech dokonale rozptýlilo a ozářilo

nám tak okolní prostor rovnoměrně. Svítidlo může plnit rovněž funkci korekčního činitele světelného spektra produkovaného světelnými zdroji. K úpravě záření a jeho požadovaného vyzáření do světlovaného prostoru slouží ve svítidle jeho několik základních částí. [2]

Konstrukční část svítidel je tvořena nosnou a ochranou konstrukcí. Nosná část má za úkol držet veškeré vnitřní vybavení svítidla pevně na svém místě tak, aby byla zajištěna předem navržená geometrie svítidla. Jako materiály pro nosné konstrukce jsou nejčastěji používány ocel, hliník a plast. Ochranná část má za úkol zvýšit mechanickou odolnost celého svítidla nebo třeba pouze jeho optické části. Tato mechanická ochrana může být buď mřížková, to znamená, že před optickou část je nainstalována mechanicky odolná (nejčastěji ocelová) mřížka, s co nejmenší plochou drátů tak, aby zbytečně nestínila vyzařovanému světelnému toku. Další možností mechanické ochrany je zakrýt svítidlo celoplošným krytem, který může plnit i funkce světelně technického rázu (difuzor nebo refraktor). [2]

Část, která slouží ke změně prostorového rozložení světelného toku vyzařovanými světelnými zdroji a zároveň vlivem mnohonásobných odrazů dokáže měnit spektrální složení světla, se nazývá reflektor. [2]

V části tzv. difuzoru je prostorové rozložení světelného toku změněno vlivem průchodu přes průsvitný materiál. Takovými materiály mohou být plasty (polystyren, akrylát) nebo opálové sklo. Difuzor slouží pro utlumení přílišných jasů, což je speciálně požadováno u bodových zdrojů, jejichž vyzařovací plocha je velmi malá a světelný tok a jas paprsků velmi ostrý. Nevýhodou použití difuzoru je jeho částečné pohlcení světelného toku vlivem rozptýlu v samotném materiálu. [2]

Refraktory a čočky pozměňují rozložení světelného toku principem lomu světelných paprsků. Zatímco difuzor světelný tok pouze rozptýlí, refraktor a čočka jsou schopny světelný tok usměrnit do požadované oblasti. Například při původním rovnoměrném rozložení paprsků dokáží změnit vyzařovací charakteristiku na válcovou a tím větší množství světelného toku směřují do požadovaného prostoru. [2]

Holografické optické prvky jsou ve své podstatě modernější refraktory a čočky, ke změně směru vyzařovaného světelného toku se nevyužívá lomu světelného paprsku, ale jen jeho ohybu na mikroskopické struktuře materiálu. Jelikož je tato struktura tvořena velmi přesným

laserem, je i možnost směřování světelného toku mnohem větší a přesnější, než v případě výše zmíněných. [2]

Filtry slouží pro změnu spektrálních charakteristik vyzařovaného světelného toku. Nejen, že dokáží odfiltrovat určité barvy z výsledného spektra, ale dokáží rovněž měnit jeho teplotu chromatičnosti. Používají se dva druhy filtrů. První, který využívá k filtrování pohlcování části světelného spektra, se nazývá absorpční. Druhý, který využívá pro filtraci spektra zpětného odrazu, se nazývá interferenční. První z nich má tu nevýhodu, že se při vykonávání své činnosti ztlačí, což je většinou ve všech druzích svítidel negativním aspektem. [2]

Předposledním pojmem v rozvodu světla a jeho úpravy jsou tzv. světlovody. Jedná se o nový trend v osvětlování interiérů. K osvětlení daného prostoru se využívá zdroj s velmi vysokým výkonem, jehož světelný tok je pomocí světlovodu přiveden do vzdáleného místa. Výhodou použití světlovodů je to, že nemusíme mít daný světelný zdroj umístěn přímo v prostoru, který osvětlujeme. [2]

Poslední důležitou částí pro kvalitní svítidlo je clona společně se stínidly. Tyto prvky se na svítidlo instalují kvůli zamezení oslnění přímým pohledem do světelného zdroje. Pro stínění se používají světlu neprostupné látky, jako je neprůsvitný plast či kov. Clona může rovněž sloužit pro usměrnění světelného toku do určitých prostorů. [2]

2.3 Osvětlovací stožáry

2.3.1 Základy stožáru

Všechny druhy dnešních základů se již dělají betonové, a to buď jako vlastní betonové pouzdro nebo jsou součástí základů jiného objektu, např. mostní konstrukce, domů apod. Vždy musí být pro kabelové vedení vynechán v těchto základech volný prostor, a pokud jsou v místě instalace již rozvedeny existující sítě, musí být v betonovém základu pro ně vyřezán průstup. I v případě použití již existujícího základu musí být stožár ukládán do betonového pouzdra tak, aby byla umožněna jeho demontáž a následné znovu osazení světelného místa. [15]

Instalovaný stožár se vloží do betonového pouzdra, jehož průměr je minimálně o 10cm větší než průměr stožáru, a po zaklínění a zafixování požadované polohy se obsype vhodným materiálem, pro tyto účely se používá hlavně písek. Vstupy a výstupy z pouzdra musejí být řešeny pomocí volných průchodů. Nejběžněji se používá korugovaná chránička o průměru 110 mm. V místě vstupu kabelu do dřívku stožáru musí být kabel chráněn rovněž korugovanou chráničkou, ale o průměru 40 mm. [15]

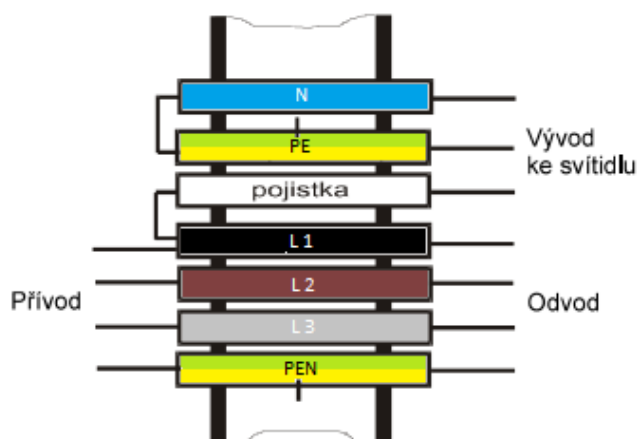
2.3.2 Patice stožáru

Stožáry VO se provádějí buď v provedení s paticí nebo bez ní. Není-li stožár opatřen paticí, pak je veškerá elektrická výzbroj uložena přímo v jeho útrokách a úložné místo je opatřeno krycími dvířky, které jsou správcem veřejného osvětlení uzamčeny speciálním klíčem. Je-li stožár opatřen paticí, musí být tato patice vyrobena z nevodivého materiálu, výjimkou mohou být litinové patice u historických svítidel. Dvířka jsou řešena obdobným způsobem jako u bezpaticového systému, rovněž jsou zabezpečena speciálním zámkem. Spodní okraj dvířek musí být ve výšce minimálně 20 cm nad místem vetknutí stožáru. Dolní okraj patice musí být zapouštěn v zemi, aby nemohlo dojít jeho pootočení, a vrchní okraj patice musí být přitěsněn ke dřívku stožáru. [15]

2.3.3 Elektrická výzbroj

. Světelné místo je připojeno do sítě soustavou TN C-S. Místem rozdělení je elektrická výzbroj, která se sestává ze svorkovnice, vodičů a pojistky. Minimální krytí pro elektrickou výzbroj musí být alespoň IP 33.

Vlastnosti tohoto krytí lze vyčíst z tabulky 2.2.1. Každý světelný zdroj musí být samostatně jištěn nebo lze vymínit i jiná řešení, avšak po dohodě se správcem veřejného osvětlení. Pro jištění výbojek o příkonu 50 a 70 W se používají pojistky o hodnotě 6 A. Pro jištění výbojek o příkonech 100, 150, 250, 400 W se používají pojistky o

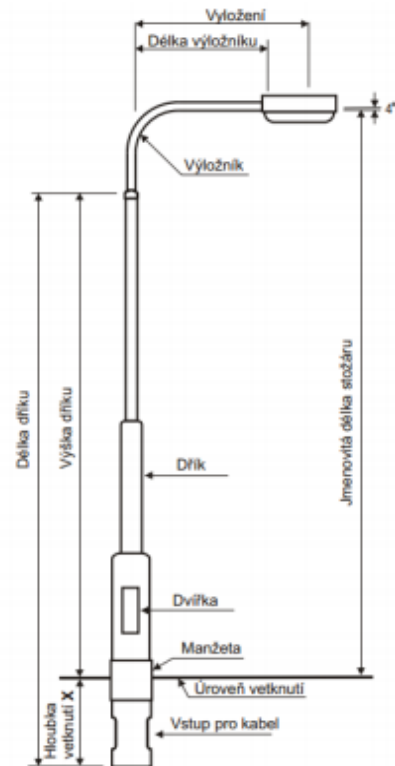


Obr. 2.3.1 Provedení vodičů ve výzbroji stožárů

hodnotě 10 A. Do svorek smí být přivedeno pouze tolik vodičů, na kolik je daná svorkovnice vybavena. Jednotlivé barevné značení vodičů svorkovnice je znázorněno na obrázku 2.3.1. [15]

2.3.4 Části osvětlovacího stožáru

Stožár veřejného osvětlení je složen ze tří hlavních částí. Jsou to patice, dřík a výložník. Možnosti osazení stožáru paticí byly již popsány v předchozí kapitole. Dřík je součástí světelného místa, která určuje výšku daného světelného bodu. Stožáry se vyrábí ve velikostech od 4 do 20 m. V případě dekorativního, sadového nebo historizujícího osvětlení se používají dříky o jmenovitých výškách 4-6 m. V případě osvětlování komunikací vyšších tříd se pak používají, s ohledem na rovnoměrnost jasů, dříky o větších výškách. Stožáry VO se vyrábí z oceli, litiny, nebo v některých případech i betonu či dřeva. [15]



Obr. 2.3.2 Náčrt osvětlovacího stožáru

Výložník je ta část stožáru, která nese svítidlo.

Na jednom stožáru může být několik výložníků a tedy i více světelných bodů. Výložník se zpravidla umísťuje na stožáry VO, ale také může být umístěn na externích konstrukcích, kterými jsou např. stěny domů, popř. mostní konstrukce. Rovněž lze světelný bod zkonstruovat i zcela bez použití výložníku, v takovém případě je svítidlo umístěno přímo na samotném dříku stožáru. [15]

2.4 Řízení osvětlovacích soustav

Pro regulaci veřejného osvětlení je důležité si nejdříve zvolit vlastní způsob zapínání a vypínání soustavy. Metody pro zapínání a vypínání jsou dvě a to buď manuální, nebo automatické. V dnešní době se volí převážně automatické řízení soustavy. Rozhodovacím činitelem pro spuštění/vypnutí soustavy může být buď časový údaj (spínací hodiny) nebo údaj o hladině denního světla (čidla). [15]

Regulace světelné soustavy se používá zejména z důvodu úspor elektrické energie a tím úspor celkových nákladů na provoz osvětlovací soustavy. Optimalizace spotřeby elektrické energie se docílí lepším naplánováním doby využití osvětlovací soustavy, přesnější specifikací účelu využití nebo eliminací předimenzování osvětlovací soustavy. [15]

Prvým ze způsobů je optimalizace doby využití, která se realizuje pomocí automatického spínání astronomických hodin, závislých na čase. Díky takové regulaci je zajištěno, že se osvětlovací soustava zapne pouze v požadovaném čase, který je vymezen východem a západem slunce. V případě, že by byla použita metoda regulace závislá na hladině denního osvětlení, tedy závislá na čidle snímajícím hladinu denního světla, mohlo by dojít k tomu, že osvětlovací soustava se samovolně zapne při zastínění tohoto čidla, což je z hlediska úspor energie nežádoucí. [15]

Druhým způsobem, jak optimalizovat spotřebu, je přesné upravení doby využití osvětlovací soustavy. Je definována tzv. doba klidu, při níž je dlouhodobým pozorováním zjištěno, že pohyb na komunikacích popř. pěších zónách apod. se sníží tak výrazně, že z hlediska bezpečnosti provozu se nezvýší (ani při nižší hladině osvětlení) riziko dopravních nehod, či možnosti páchat trestnou činnost. Tato doba je běžně udávána jako 23:00 hodin, avšak každý provozovatel si ji může stanovit samovolně, dle svého uvážení a to s ohledem na hustotu provozu. Při regulaci musí projektant dbát na to, aby se nezvýšilo oslnění způsobené jasem svítidel a rovněž, aby se nesnížila celková podélná rovnoměrnost jasů. [15]

Posledním způsobem jak ušetřit množství elektrické energie je zamezit předimenzování soustavy. Předimenzování může být způsobeno jednak stárnutím osvětlovací soustavy, kdy s ohledem na stárnutí svítidel, při kterém klesá jejich světelný tok, je od samého počátku soustava záměrně předimenzována tak, aby byl postupně ubývající světelný tok svítidel kompenzován zvýšením jejich příkonu. Předimenzování se rovněž dopustíme, nahradíme-li stará svítidla za nová bez upravení geometrického uspořádání celé soustavy. Každé svítidlo má své specifické vyzářovací charakteristiky a nelze je tak libovolně mezi sebou zaměňovat. Dalším z možných důvodů předimenzování je zatřídění pozemní komunikace do nižší třídy osvětlení. Tyto třídy osvětlení jsou odvozeny z normy ČSN 13201-1, kde jsou pro každou třídu osvětlení definovány určité světelné požadavky. [15]

3 Pouliční osvětlení použité ve zvolené lokalitě

3.1.1 Popis náměstí Krále Jiřího z Poděbrad

Osvětlovací soustava instalovaná na náměstí Krále Jiřího z Poděbrad v Chebu těsně po roce 1992 v současné době již výrazně překročila svoji plánovanou životnost a osvětlování takto historicky výjimečného prostoru je pomocí ní tak již nevhodné. Náměstí leží přímo v samém centru města Chebu a je tedy velmi důležité pro získání toho nejlepšího dojmu z města. Rozloha náměstí je přibližně 12,5 tisíc m². Foto náměstí je zobrazeno na obrázku 3.1.1.



Obr. 3.1.1 Ilustrační foto náměstí Krále Jiřího z Poděbrad [17]

V současné době je na náměstí instalováno 27 světelných míst, z nichž na patnácti jsou instalována 4 svítidla, na třech je umístěno 5 svítidel a na zbývajících devíti světelných místech jsou instalována 2 svítidla. Svítidla jsou umístěna na ocelovém sloupu s odpovídajícím počtem výložníků a to vždy ve výšce 4 m nad terénem, s výjimkou použití pěti svítidel na jednom stožáru, kde středové svítidlo je umístěno ve výšce 4,3 m nad terénem a oproti okolním čtyřem svítidlům je tedy vyvýšeno o 30 cm. Instalovaná světelná místa lze vidět na obrázku 3.1.2. Na budově historického Špalíčku jsou instalovány historizující lucerny, které byly instalovány teprve před několika lety, a z tohoto důvodu se změnou těchto svítidel nebudu v práci zabírat. Celkem je na budově Špalíčku šest těchto svítidel.

V každém svítidle jsou jako světelné zdroje použity vysokotlakové sodíkové výbojky o jmenovitém příkonu 70 W. K celkovému příkonu musíme započítat ztráty v předřadných systémech, jenž při takovém počtu svítidel nejsou zdaleka zanedbatelné. Příkon jednoho svítidla i s předřadníkem je tak 83 W. Na náměstí je tedy instalováno celkem 99 svítidel o celkovém příkonu 8 139 W.



Obr. 3.1.2 a) světelné místo s pěti svítidly b) místo se čtyřmi svítidly c) místo se dvěma svítidly

Svítidla typu koule, která lze vidět na obrázcích 3.1.1 a 3.1.2, mají průměr 450 mm a jsou na stožárech osazeny v kvadrantech kružnice o průměru 110 cm.

Hlavní nevýhodou a zároveň i důvodem, proč jsem si zvolil renovaci veřejného osvětlení jako téma diplomové práce je to, že použitá svítidla typu koule jsou velmi neefektivní. Celá polovina světelného toku směřuje do horního poloprostoru což je nežádoucí jak z hlediska přesvětlení noční oblohy, ale zároveň i oslnění a zrakové nepohody obyvatel domů, jimž světelný tok vniká přímo do pokojů, kde ruší jejich klidný spánek. Tento ztracený tok pak samozřejmě chybí při osvětlování dopravních komunikací a komunikací pro pěší. Odmyslíme-li si účinky rušivého světla na obyvatele domů, pak můžeme tvrdit, že světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru je vlastně velmi užitečný k dokreslení atmosféry historického náměstí, že ozařuje fasády budov a centrum tak vypadá velmi přívětivě a světle.

3.1.2 Označení a charakteristika kontrolovaného prostoru

Nejdříve jsem si lokalitu náměstí Krále Jiřího z Poděbrad musel zařadit podle normy ČSN EN 13201-1 do odpovídající třídy osvětlení. K rozhodování jsem využil protokol, který je uveden v příloze A na konci této práce. Dle tohoto protokolu jsem byl pak schopen zařadit náměstí, zejména pak dopravní komunikace, které přes něj vedou do světelné situace B2 viz

tabulka 3.1.1. Na komunikaci se vyskytují hlavní uživatelé a to motorová doprava, velmi pomalá vozidla a cyklisté. Třídu osvětlení jsem pak jednoznačně vyhodnotil jako ME5, viz tabulka 3.1.2. Převládající počasí je v dané lokalitě převážně suché, stavební opatření ke zklidnění dopravy, jako jsou např. retardéry, zde nejsou instalovány. Náročnost navigace je zcela běžná, přičemž počet křižovatek na kilometr je menší než 3 a intenzita silničního provozu je nižší než 7 000 vozů za den. [11]

Tabulka 3.1.1 Skupiny světelných situací [11]

Typická rychlost hlavního uživatele km/h	Druh uživatelů v relativní oblasti			Skupiny světelných situací
	Hlavní uživatel	Další povolený uživatel	Nepovolený uživatel	
>30 a ≤60	Motorová doprava, Velmi pomalá vozidla	Cyklisté, Chodci		B1
	Motorová doprava, Velmi pomalá vozidla, Cyklisté	Chodci		B2

Tab. 3.1.2 Skupina světelných situací B2 [11]

Obvyklé počasí	Stavební opatření ke zklidnění dopravy	Hustota křižovatek	Náročnost navigace	Intenzita silničního provozu za den					
		počet křižovatek/km		< 7 000			≥ 7 000		
				□	o	→	□	o	→
Suché	Ne	< 3	Běžná	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
			Větší než běžná	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
		≥ 3	Běžná	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
			Větší než běžná	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
Ano		Výběr jako výše, ale v místě opatření ke zklidnění dopravy se použije o jeden stupeň vyšší hladina jasu.							
Vlhké		Výběr jako výše, ale použití tříd MEW.							

Tab. 3.1.3 Třídy osvětlení s porovnatelnými hladinami osvětlení [11]

	ME 1	ME 2	ME 3	ME 4	ME 5	ME 6		
	MEW 1	MEW 2	MEW 3	MEW 4	MEW 5			
CE 0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5			
			S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6

Tabulky 3.1.1 a 3.1.2 platí pouze pro dopravní komunikace. Jelikož však přímo k náměstí přiléhají sousední oblasti, a to komunikace pro pěší a v části náměstí i parkoviště, je nutno uvést ještě tabulku 3.1.3, kde jsou uvedeny třídy osvětlení pěších zón a parkovišť odpovídající hladinám osvětlení pro dopravní komunikace. Z této tabulky je patrné, že osvětlení v okolních oblastech musí být zajištěno minimálně pro třídu osvětlení S3. [11]

3.2 Kontrolní měření náměstí

Kontrolní měření jsem provedl z důvodu porovnání výpočtového programu Relux s realitou. Bylo důležité zjistit, zda program skutečně správně počítá osvětlenost v dané lokalitě. Ověřoval jsem tak, zda jsou v něm nastaveny a naprogramovány správné algoritmy, odpovídající skutečným výpočtovým metodám. Bez tohoto porovnání by nemělo smysl v současnosti použítou soustavu modelovat ve výpočtovém programu Relux. Naměřené hodnoty se zcela jistě budou nepatrně lišit od veličin vypočítaných programem a to z důvodu zastarání svítidel, které v programu sice lze zohlednit tzv. udržovacím činitelem, avšak jeho výpočet není zcela objektivní a to zejména kvůli dostupnosti pouze orientačních informací o stavech svítidel.

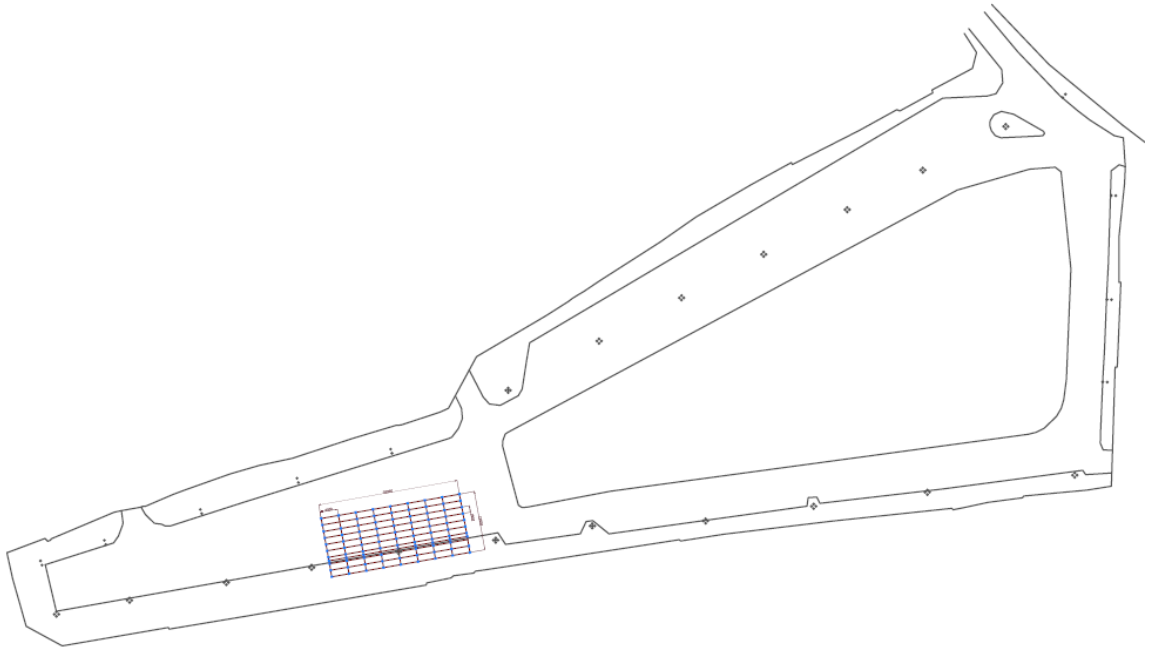
3.2.1 Účel měření

Účelem měření bylo posouzení technického stavu osvětlovací soustavy a porovnání nynějšího stavu s legislativními požadavky odpovídající dané třídě osvětlení. Dalším důvodem proč jsem měření provedl, bylo posouzení správnosti výpočtů získaných pomocí programu Relux.

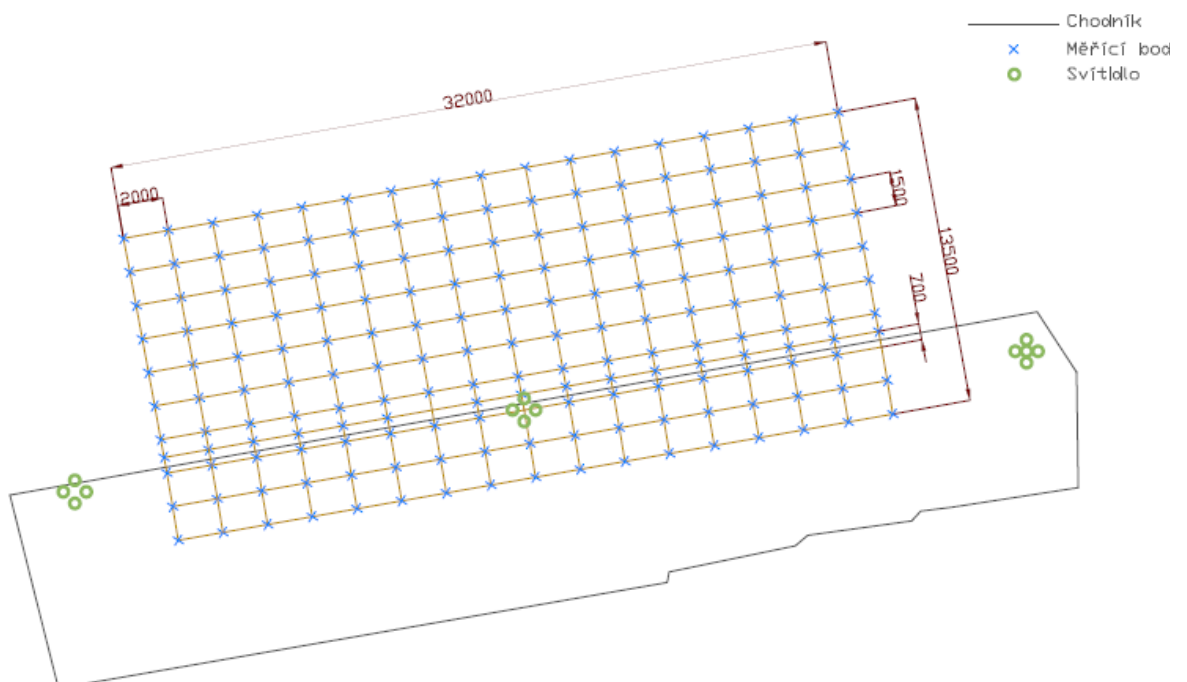
3.2.2 Náčrt osvětlovací soustavy

Pro správné naměření osvětlenosti je důležité si správně rozvrhnout měřící body. Body jsem volil s ohledem na odbornou literaturu a požadavky normy ČSN EN 13201 – 3. Rozteč měřících bodů v podélném směru komunikace jsem volil s ohledem na to, že maximální hodnota rozteče měřících bodů u světelných míst, která jsou od sebe vzdálena méně jak 30 m musí být rovna jedné desetíně vzdálenosti mezi dvěma světelnými místy. Kvůli tomuto požadavku jsem zvolil v podélném směru komunikace rozteč měřících bodů 2 m, jelikož rozteč mezi světelnými místy je v současné době 20 m. V příčném směru komunikace je pak rozteč dána jako 1/6 celkové šířky komunikace. V mém případě, kdy celková šířka komunikace je 8,5 m až 9 m, jsem tuto rozteč stanovil na 1,5 m. První příčný bod se volí ve

vzdálenosti $1/12$ šířky celé komunikace od paty stožáru. V mém případě tedy první měřicí bod je ve vzdálenosti 0,75 m. Srovnávací rovina je v 10 cm nad zemí. Náčrt soustavy a měřicí body jsou znázorněny na obrázcích 3.1.1 a 3.1.2. [13]



Obr. 3.1.1 Náčrt osvětlovací soustavy



Obr. 3.1.2 Detail části osvětlovací soustavy s naznačenou měřicí mřížkou

3.2.3 Postup měření

Po navržení měřících bodů jsem pomocí luxmetru ve všech těchto bodech změřil osvětlenost a zapisoval ji do souřadnicové tabulky. Naměřené hodnoty jsem posléze zpracoval do grafu, ve kterém jsem znázornil závislost velikosti osvětlenosti na vzdálenosti měřícího bodu od světelného místa.

3.2.4 Naměřené a vypočítané hodnoty

Tab. 3.1.4 Osvětlenost (lx) v závislosti na vzdálenosti a směru od světelného místa

Souřadnice Y (příčná osa komunikace)	Souřadnice X (podélná osa komunikace)																
	16	14	12	10	8	6	4	2	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16
10,5	2	2	2	2	2	3	4	4	4	5	7	6	6	5	4	4	5
9	3	2	2	2	2	3	4	4	5	6	7	6	6	5	4	5	7
7,5	4	3	2	2	3	3	4	6	7	7	8	7	7	6	4	5	7
6	4	3	2	3	3	4	5	7	9	9	9	8	7	7	6	6	7
4,5	6	4	3	3	4	6	8	9	11	11	11	9	7	7	7	8	9
3	9	6	4	5	6	8	10	13	15	14	13	10	8	8	8	9	10
1,5	11	8	5	5	5	10	13	15	22	16	14	11	8	8	8	10	12
0,75	12	10	6	6	6	11	15	21	29	20	13	11	6	6	6	9	9
0	13	10	5	6	6	10	14	30	40	30	15	13	8	8	8	8	10
-1,5	11	9	5	5	5	9	13	21	29	20	17	13	9	8	7	7	7
-3	8	6	5	5	5	9	12	17	22	16	14	11	9	10	11	11	12

$$E_{max} = 40 \text{ lx}$$

$$E_{min} = 2 \text{ lx}$$

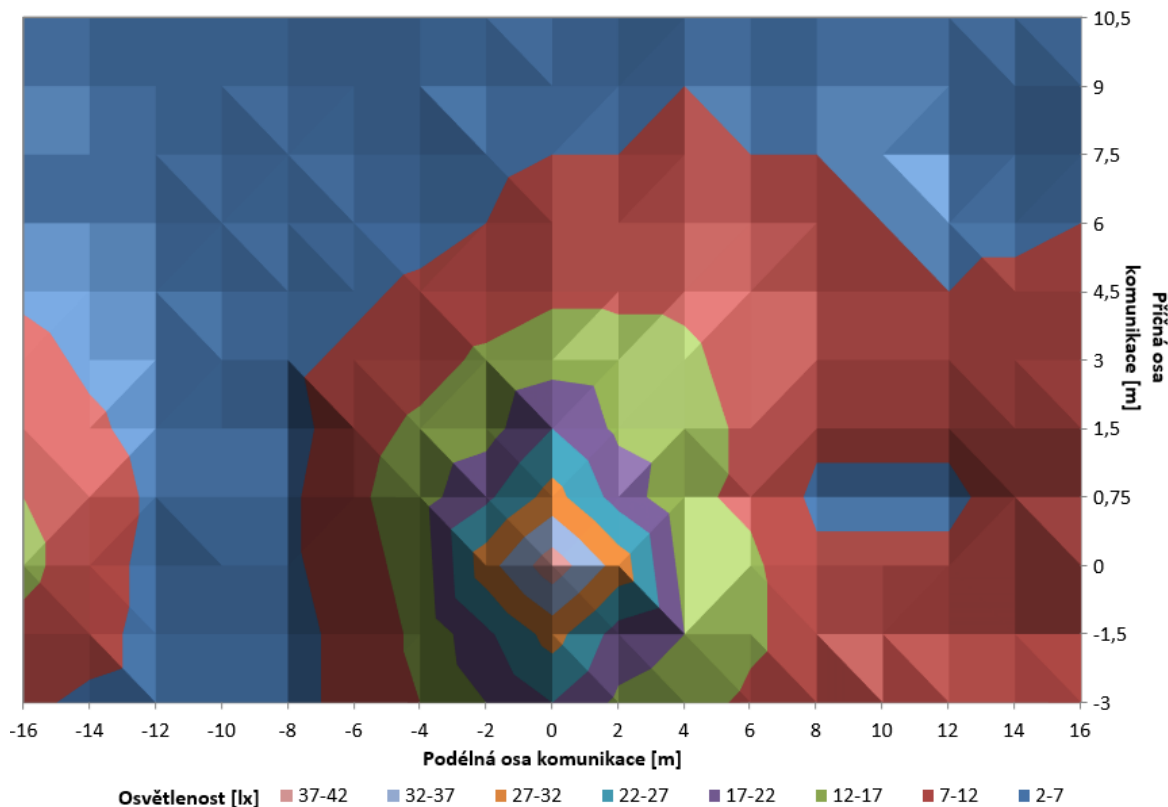
$$E_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i) = 5,765 \text{ lx} \quad (3.1)$$

$$\bar{E} = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{2}{5,765} = 0,345 \quad (\text{lx}; \text{lx}, \text{lx}) \quad (3.2)$$

E_{max}	.....	maximální hodnota osvětlenosti
E_{min}	.....	minimální hodnota osvětlenosti
E_p	.....	průměrná hodnota osvětlenosti komunikace
\bar{E}	.....	udržovaná hodnota osvětlenosti
n	.....	počet členů pro aritmetický průměr

3.2.5 Grafy

Osvětlenost v závislosti na vzdálenosti a směru od světelného místa



3.2.6 Použité přístroje

Luxmetr - Multitester MT-51 (měřící rozsah osvětlenosti 1-40 000 lx $\pm 5\%$)

3.2.7 Podmínky při měření

Měření jsem provedl dne 3. 4. 2015. Začal jsem měřit ve 22:05 h, kdy byla výbojka již dostatečně zahřátá a tak její světelný tok byl maximální. V době počátku měření jsem naměřil teplotu 8,5 °C. Měřil jsem za suchého počasí, aby výsledky nebyly zkresleny nežádoucími odlesky od komunikace. Měření jsem dokončil ve 23:35, kdy teplota okolí klesla na 7 °C.

3.2.8 Závěr z měření

Naměřené hodnoty neodpovídají normativním požadavkům, které lze vidět v tabulce 3.1.5. Vypočtená hodnota průměrné osvětlenosti E_p vyšla dle naměřených hodnot 5,765 lx, což nesplňuje minimální požadavek normy ČSN EN 13201-2, kdy musí být splněna minimální hodnota průměrné osvětlenosti $E_p = 7,5$ lx. Požadavky na minimální osvětlenost

E_{\min} avšak splněny jsou. Z naměřených hodnot i grafu je vidět, že minimální osvětlenost na vybraném úseku komunikace byla $E_{\min} = 2 \text{ lx}$, přičemž normativní požadavek je $E_{\min} = 1,5 \text{ lx}$.

Z toho, že naměřená průměrná osvětlenost komunikace neodpovídá požadavkům normy usuzují, že instalovaná osvětlovací soustava je již velmi zastaralá a výsledky měření byly zkresleny faktory stárnutí, kterými jsou např. činitel poklesu světelného toku zdrojů (fLLM), činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů (fLS), činitel znečištění svítidel (fLM), činitel stárnutí materiálů svítidel (fNRL). [16]

Tab. 3.1.5 Legislativní požadavky pro třídy osvětlení S [12]

Třída	Vodorovná osvětlenost	
	\bar{E} [lx] ^a (udržovaná hodnota)	E_{\min} [lx] (udržovaná hodnota)
S1	≥ 15	≥ 5
S2	≥ 10	≥ 3
S3	≥ 7,5	≥ 1,5
S4	≥ 5	≥ 1
S5	≥ 3	≥ 0,6
S6	≥ 2	≥ 0,6
S7	neurčeno	neurčeno

^a Pro zajištění dostatečné rovnoměrnosti osvětlení, nesmí vypočtená hodnota \bar{E} navržené osvětlovací soustavy překročit 1,5 násobek hodnoty \bar{E} uvedené v tabulce.

4 Model stávajícího pouličního osvětlení v dané lokalitě

K namodelování současné soustavy veřejného osvětlení jsem dle zadání použil výpočtový program Relux. Tento program vznikl díky sloučení tří firem zabývajících se osvětlovací technikou. Jednalo se o tři akciové společnosti Fluora AG, Regent Beleuchtungskörper AG a Tulux AG. Program ReluxPro, který slouží pro modelování osvětlování, je součástí balíčku s názvem ReluxSuite, tento software je legálně stažitelný na stránkách výrobce. Pouze některé části balíčku jsou zpoplatněny a opatřeny licencí. Celý tento balík aplikací vznikl v roce 2008 u příležitosti výročí spojení výše jmenovaných společností. [18]

Samotný program ReluxPro je velmi intuitivní a velmi dobře v něm lze simulovat soustavy osvětlení. Při spuštění programu je možno navolit oblast, pro kterou se bude dané osvětlení modelovat a to z výběru:

vnitřní prostor, venkovní osvětlení a uliční osvětlení. Já jsem při modelování používal jak venkovní, tak i uliční osvětlení. Po zvolení prostoru se zobrazí projektový formulář, viz obrázek 4.1.1. Následně se navolí oblast srovnávací roviny pro výpočet osvětlení a pak již přichází na řadu samotné projektování. Do ReluxPro lze jednoduše importovat CAD plány

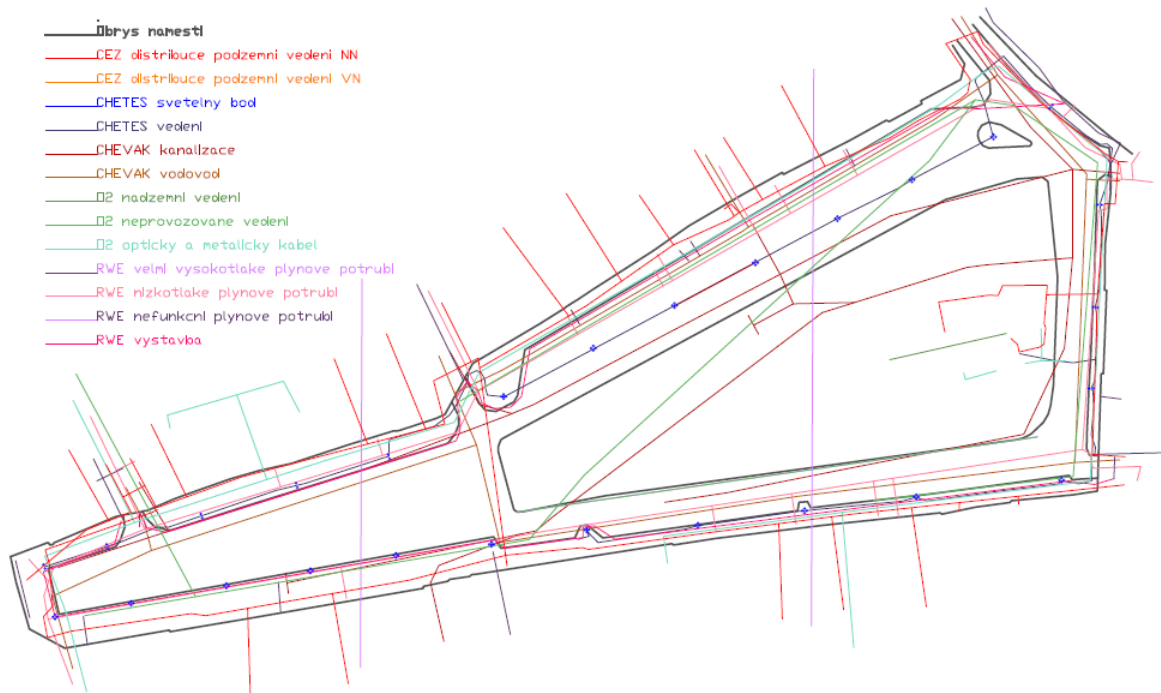
Obr. 4.1.1 zadávání údajů o projektu

s příponou dwg, takže nebyl problém si do Reluxu zanezt základní matici náměstí, kterou jsem vytvořil v programu ProgeCAD podle katastrální mapy. [18]

4.1 Tvorba základní matrice náměstí v programu ProgeCad

Jak již bylo zmíněno výše, do ProgeCadu jsem naimportoval katastrální mapu zobrazující náměstí a velmi pečlivě jsem vytvořil její grafický obraz s příponou dwg, který umí ReluxPro zpracovat. Do vytvořené matrice jsem zanesl současná existující světelná místa společně s rozvedením inženýrských sítí. Inženýrské sítě zanesené v matici jsou důležité z toho důvodu, že při jakýchkoliv úpravách stávajících sítí, týkajících se veřejného osvětlení, je zapotřebí mít kladný souhlas od provozovatelů ostatních sítí, které v dané lokalitě již existují nebo by mohli existovat. Všechna potřebná vyjádření od společností, které jsou v dané

lokalitě zainteresováni, jsem získal a jsou uvedeny v přílohách na konci této práce. Jednalo se o společnosti: ČEZ Distribuce, a.s., ČEZ ICT Services, a.s., CHEVAK Cheb, a.s., Telefónica Czech Republic, a.s., RWE Distribuční služby, s.r.o. a UPC Česká republika, s.r.o. Výsledná vytvořená matrice náměstí spolu s existujícími sítěmi je uvedena na obrázku 4.1.2. [19]

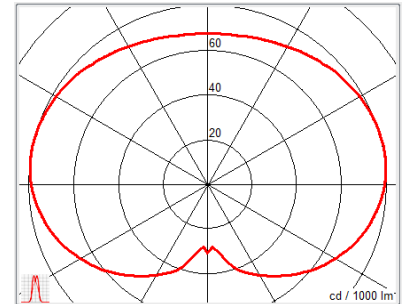


Obr. 4.1.2 Náměstí s vyznačením inženýrských sítí

4.2 Tvorba modelu současného pouličního osvětlení v programu Relux

Pomocí již výše zmíněného postupu jsem vytvořil v programu ReluxPro nový projekt venkovního osvětlení s parametry, které jsou uvedeny na obrázku 4.1.1. Po vytvoření projektu jsem naimportoval matici vytvořenou v ProgeCadu a pomocí vložených 3D objektů jsem namodeloval budovy, které se vyskytují reálně na náměstí. Těmto 3D budovám jsem přiřadil výšku 15 m, přičemž tato výška bohatě postačuje pro názornou ukázkou odrazu a rozptylu světla na budovách. Pro zpřesnění odrazných, pohlcujících a rozptylových vlastností každé budovy jsem jim přiřadil rovněž barvu, odpovídající téměř reálně fyzickým fasádám budov.

Na místa, která jsem v CADu označil jako světelný bod, jsem pak umístil svítidla. Jedná se o svítidla typu koule s označením OP OPAL vyráběných firmou ELEKTROSVIT Svatobořice, a.s. Technická specifikace daného svítidla je patrná z obrázku 4.2.2. Jedná se pouze o svítidlo napodobující současné použité svítidlo a to z důvodu již neexistence dokumentace o původu instalovaných svítidel. Vyzařovací charakteristika pro napodobující svítidla OP Opal je avšak stejná, jako u původního svítidla, a to díky použití stejného difuzoru, kterým je opálové sklo. Svítidlo je umístěno ve výšce 4 m nad zemí nebo v případě světelného místa s pěti svítidly, je prostřední svítidlo ve výšce 4,3 m. [20]



Obr. 4.2.1 Křivka svítivosti OP OPAL [19]



OP OPAL

IP 65

Určení: Pro osvětlení parků, sadů, pěších zón a jiných veřejných prostranství.

Technický popis: Těleso svítidla je vytlisováno z PC. Optický kryt tvoří výlisek ø 450 mm z opálového PMMA. Výměnná základová deska s elektrovýzbrojí je upevněna k tělesu svítidla pomocí tříbodového bajonetu. Svítidlo se upevňuje na dřík sloupu ø 60 mm. Max. průřez připojovacích vodičů je 2,5 mm².

Příslušenství (na objednávku): nerezová mřížka, kryt prizmatický, čirý nebo čirý s horním stříbrným nátěrem.

Náhradní díly (na objednávku): opálový kryt, elektrický předřadník Ecolum EC4-70.

Typy	Doporučený světelný zdroj	Hmotnost (kg)	El. předřadník
446 36 10	Vysokotlaká sodíková výbojka NAV 100	4,5	-
446 36 11	Vysokotlaká halogenidová výbojka HQI-E 100		
446 36 12	Vysokotlaká rtuťová výbojka HQL 125		
446 36 50	Vysokotlaká sodíková výbojka NAV-E 50	4,1	
446 36 70	Vysokotlaká sodíková výbojka NAV-E 70	4,3	
446 36 71	Vysokotlaká halogenidová výbojka HQI-E 70		
446 36 72	Vysokotlaká sodíková výbojka NAV-E 70	3,8	
446 36 80	Vysokotlaká rtuťová výbojka HQL 80		











Obr. 4.2.2 Technická specifikace svítidla OP OPAL [20]

Pro správné chování světelného toku vyzařovaného svítidly je důležité nejen namodelovat vertikální plochy jako jsou budovy, ale i horizontální plochu, která je v případě náměstí Krále Jiřího z Poděbrad složena z dlažebních kostek tmavě šedé barvy. Struktura a barva kostek vytvořená programem Relux v porovnání s reálnými dlažebními kostkami, které jsou na náměstí položeny, je vidět z obrázku 4.2.3.



Obr 4.2.3 Porovnání dlažebních kostek a) v Relux b) reálných použitých

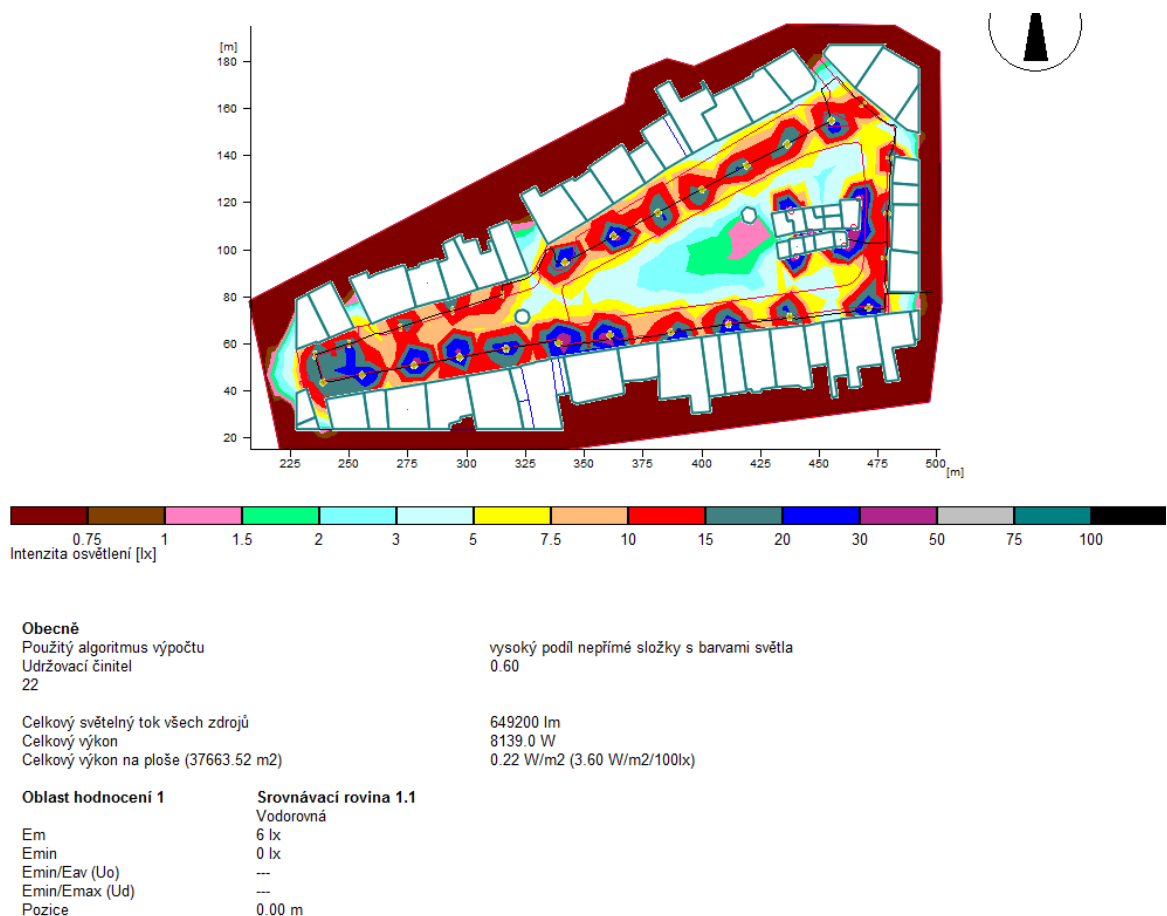
Nyní, když už jsem nasimuloval prostředí, ve kterém je daná osvětlovací soustava provozována, je nutné ještě nastavit parametry výpočtu. Velmi důležitý je udržovací činitel soustavy. Jak již bylo zmíněno ve třetí kapitole této diplomové práce, instalovaná osvětlovací soustava je za hranicí své životnosti a proto volím udržovací činitel roven 0,6. Běžně se udává



Obr. 4.2.4 Model osvětlovací soustavy za provozu při běžné noční hladině osvětlenosti

udržovací činitel roven hodnotě 0,8. Avšak tento je počítán pro konečnou fázi životnosti soustavy a nikoliv pro její překročení. V možnostech výpočtu jsem zvolil, že se jedná převážně o svítidla s vysokým podílem nepřímé složky, tedy o svítidla, která nevyzařují směrově, nýbrž rovnoměrně do celého prostoru a v případě použitých svítidel OP OPAL i do horního poloprostoru. Ve výpočtu jsou rovněž zohledněna svítidla jako stínící prvky. ReluxPro bohužel nevykresluje stožáry, na kterých jsou svítidla nainstalována, avšak zahrnuje je při výpočtu rovněž jako stínící prvky. Proto se ve výsledném modelu zdá, jako by světla levitovala v prostoru. Výsledný 3D model osvětlovací soustavy v zapnutém stavu je zobrazen na obrázku 4.2.4.

Hodnoty rozložení osvětlenosti jsou pak dobře viditelné na obrázku 4.2.5. Toto zobrazení je relevantní pouze pro vnitřní části náměstí, ale nikoliv pro části vnější, protože nezahrnuje svítidla umístěná v přilehlých ulicích. Jako relevantní oblast, tedy oblast v níž se uvažuje zkoumaný prostor byl zvolen polygon obtékající náměstí. Tento polygon přesně nekopíruje hranici budov, a proto celkový výkon na ploše neodpovídá celkovému výkonu na ploše ve zkoumané oblasti.



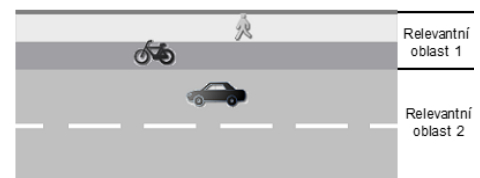
Obr. 4.2.5 Přehled aktuálního projektu včetně výsledku výpočtu

Pro přesnější výpočet, nezkrájený okolními oblastmi kolem náměstí, je nutné si celou zkoumanou oblast rozdělit na jednotlivé relevantní oblasti, které udává norma 13201-1. Pro třídy světelných situací B2 se jako první relevantní oblast volí přiléhající chodník, popř. komunikace pro cyklisty a jako druhá relevantní oblast se volí jízdní pás pro vozidla. Schéma pro rozdělení prostoru na relevantní oblasti je vidět na obrázku 4.2.6. Místo výpočtu, tedy výřez části náměstí, je znázorněno na Obr. 4.2.7. [11]



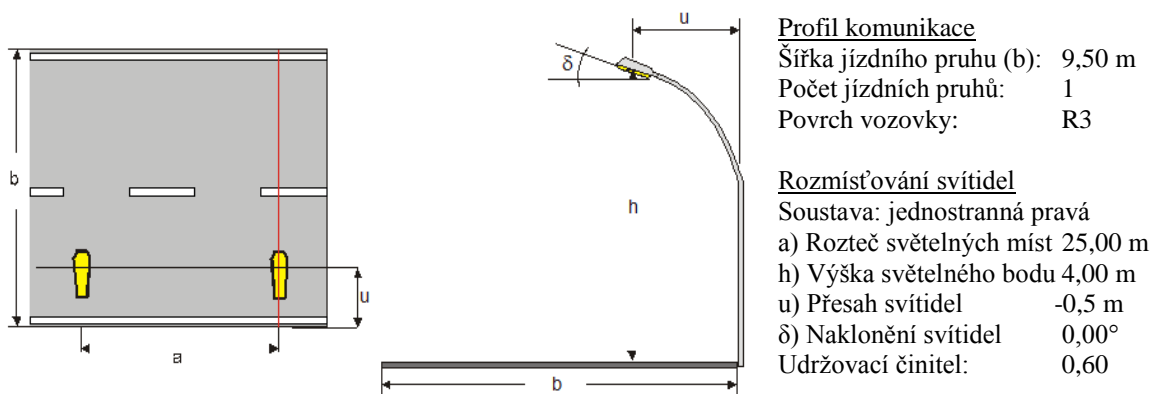
Obr. 4.2.7 Výřez náměstí se současným osvětlením [21]

Požadované relevantní oblasti jsem vytvořil v programu Relux a jejich parametry a výpočty jsou vidět na obrázcích 4.2.8 až 4.2.13. Pro výpočet jsem uvažoval komunikaci pro vozidla o celkové šířce 9,5 m. Komunikace není směrově rozdělena, rozteč mezi svítidly je 25 m. Svítidla jsou umístěna v reálné výšce a to ve 4 m nad zemí. Redukční činitel neboli udržovací činitel jsem již z výše uvedených důvodů zvolil roven hodnotě 0,6.

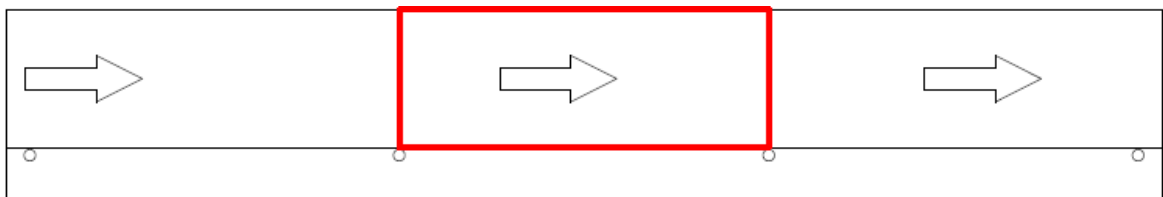


Obr. 4.2.6 Rozdělení prostoru na dvě relevantní oblasti [9]

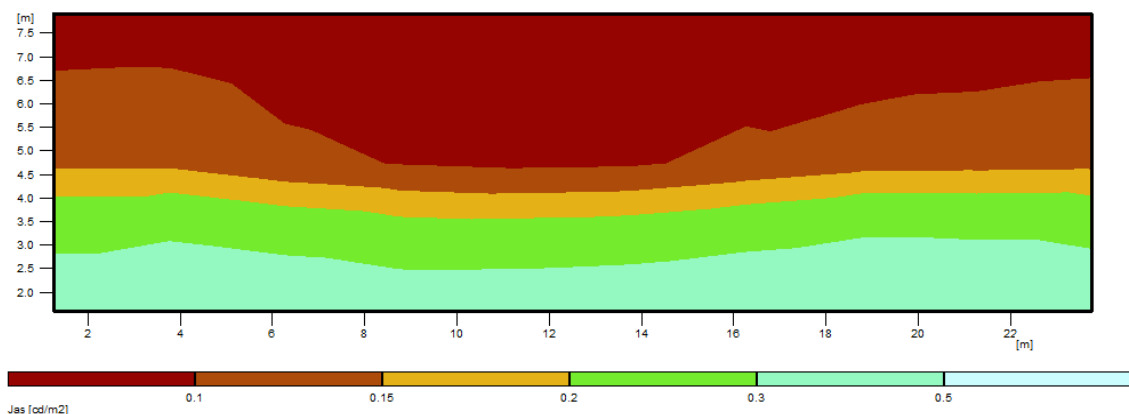
4.2.1 Výpočet relevantní oblasti: dopravní komunikace pro vozidla



Obr. 4.2.7 Přehled nastavených parametrů pro výpočet jasu na komunikaci pro vozidla (ME5) [18]



Obr. 4.2.8 Vybraná oblast komunikace pro výpočet jasu [18]



Obr. 4.2.9 Výpočet jasu na pozemní komunikaci, zobrazený pomocí pseudobarev [18]

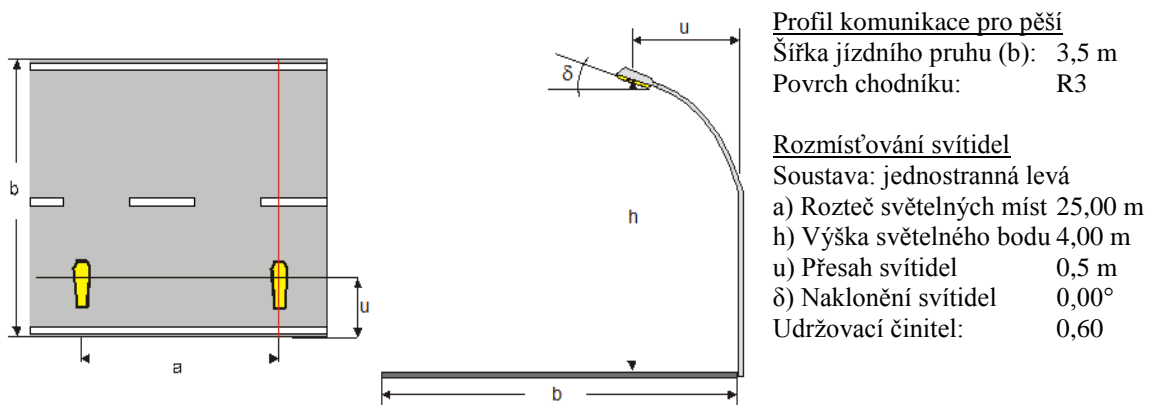
Díky namodelování stávajícího pouličního osvětlení jsem zjistil, že soustava neodpovídá současným legislativním požadavkům a mé rozhodnutí nahradit stávající soustavu soustavou novou, se tak ukázalo jako oprávněné. Současná soustava veřejného osvětlení nevyhovuje hned v několika parametrech, což je patrné z tabulky 4.1.1. Soustava nevyhověla z hlediska průměrné hladiny jasu na komunikaci, celkové rovnoměrnosti jasu a z hlediska omezujícího oslnění.

Tab. 4.1.1 Srovnání vypočtené soustavy s legislativními požadavky, pro komunikace pro vozidla

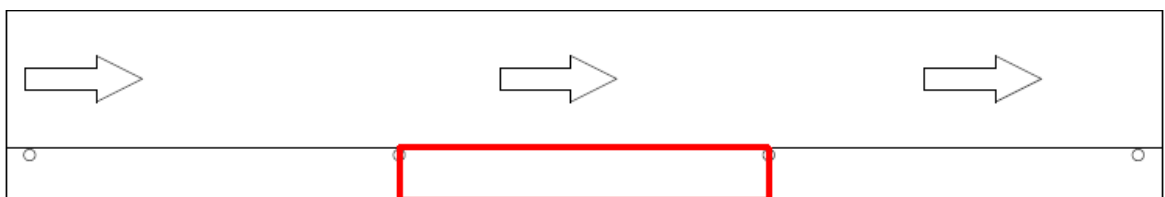
Porovnání výsledků	Parametry soustavy				
	Udržovaná hodnota jasu \bar{L} [cd/m ²]	Celková rovnoměrnost jasu U_0	Podélná rovnoměrnost jasu U_1	Omezující oslnění TI[%]	Osvětlení okolí SR
Vypočteno	0,2	0,26	0,64	69	0,92
Požadováno	$\geq 0,5$	$\geq 0,35$	$\geq 0,4$	≤ 15	$\geq 0,5$
Vyhověl/nevyhověl					

4.2.2 Výpočet relevantní oblasti: komunikace pro pěší

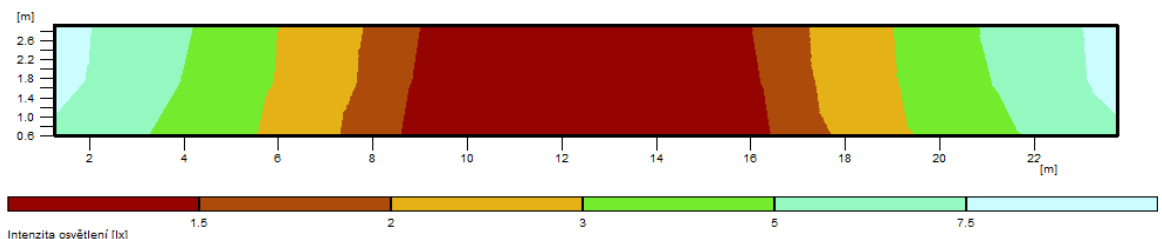
Druhá relevantní oblast byla definována okrajem vozovky a hranicí budov. Celková šíře chodníku je 3,5 m. Z vypočtených hodnot programem Relux je patrné, že ani tato relevantní oblast zařazená do třídy osvětlení S3 neodpovídá legislativním požadavkům, a to ani v jednom ze svých parametrů. Celková osvětlenost i minimální osvětlení jsou nižší, než připouští norma.



Obr. 4.2.10 Přehled nastavených parametrů pro výpočet osvětlenosti na komunikaci pro pěší (S3)



Obr. 4.2.11 Vybraná oblast komunikace pro výpočet osvětlenosti



Obr. 4.2.12 Výpočet jasu na pozemní komunikaci, zobrazený pomocí pseudobarev

Výsledné porovnání parametrů soustavy vypočtené a normativně přípustné je opět zaneseno do tabulky, viz tabulka 4.2.1. Dle tohoto porovnání mohu opět konstatovat, že zkoušená soustava nevyhověla.

Tab. 4.2.1 Srovnání vypočtené soustavy s legislativními požadavky normy, pro komunikaci pro pěší

Porovnání výsledků	Parametry soustavy	
	Udržovaná hodnota osvětlenosti \bar{E} [lx]	Udržovaná hodnota minimální osvětlenosti E_{\min} [lx]
Vypočteno	3,63	1,07
Požadováno	$\geq 7,5$	$\geq 1,5$
Vyhověl/nevyhověl		

5 Návrh nového pouličního osvětlení v dané lokalitě

Jak již bylo zmíněno v předcházejících kapitolách, současné osvětlení použité na náměstí Krále Jiřího z Poděbrad je v již nevyhovujícím technickém stavu. Důležitým rozhodovacím faktorem pro nově navrhované osvětlení je to, aby soustava vyhovovala současným legislativním požadavkům. Toto kritérium platí obecně pro jakoukoliv soustavu osvětlení. Oproti soustavám veřejného osvětlení, sloužícím pro osvětlení pouze komunikací pro motorová vozidla, je u soustavy veřejného osvětlení instalované v historické části města důležitý i jejich celkový design a vhodnost použití s ohledem na architektonické části prostoru.

K nasimulování nového řešení osvětlovací soustavy jsem dle zadání použil výpočtový program Relux, který byl již popsán výše spolu s postupem tvorby nového projektu. Do nového projektu jsem stejně jako v minulém případě naimportoval CADovou matici, ve které jsem upravil rozmístění nových světelných míst. Kvůli zvýšení udržované hodnoty jasu \bar{L} a celkové rovnoměrnosti jasu U_0 jsem se rozhodl nahradit jednostrannou soustavu soustavou vystřídanou. Výsledkem tohoto nahrazení je zlepšení celkové úrovně a rovnoměrnosti jasu a zároveň snížení omezujícího oslnění TI.

Co se týká typu svítidel, je nejvhodnější použít pro historickou část města odpovídající historické osvětlení. Používat v historických částech měst moderní osvětlení sice lze, ale je nesmírně složité získat pro novou instalaci kladná stanoviska od orgánů činných v rozhodování o veřejném prostoru. V Chebu se však tato věc již v minulosti podařila a historická pěší zóna byla osazena novými, moderními svítidly neotřelých tvarů a zajímavého designu. Pro instalaci takovýchto nových typů svítidel je avšak nutné zároveň upravit i okolní prostor tak, aby výsledná podoba dané oblasti nepůsobila rušivě. Na obrázku 5.1.1 je znázorněna výše zmíněná zmodernizovaná tř. Svobody v Chebu.



Obr. 5.1.1 Třída Svobody s pohledem na nová svítidla v pozadí s náměstím Krále Jiřího z Poděbrad [21]

5.1 Výběr nových svítidel pro uvažovanou lokalitu

I přes takto vydařený počín projekční kanceláře Ateliér 69 jsem se rozhodl, že dám přednost historickému osvětlení. Při nahlížení do katalogů nejrůznějších výrobců jsem objevil spoustu historických svítidel, ale chtěl jsem najít něco speciálního. Něco, co by podtrhovalo historii tohoto města. Rozhodl jsem se jít tedy opačným směrem a začal jsem hledat materiály, na kterých by bylo zachyceno historické osvětlení v době své existence. Po nalezení vhodných obrazových podkladů jsem důkladně prohledal katalogy výrobců a našel jsem, dle mého názoru, to nejzajímavější osvětlení založené na skutečné historii města.

5.1.1 Svítidlo OSLO

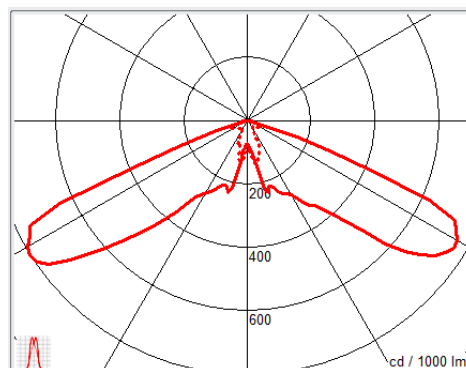
Zvolil jsem historizující osvětlení ze začátku 20. století. Zvolené svítidlo v porovnání se svítidlem viditelným na historickém snímku je znázorněno na obrázku 5.1.2. Jedná se o svítidlo od společnosti Noral sídlící ve Švédsku. Jde o klasické svítidlo s čistými, esteticky příjemnými linkami. Svítidlo OSLO se vyrábí v nejrůznějších velikostech, je možno si zvolit mezi symetrickým a asymetrickým reflektorem. Svítidlo se velmi vhodně hodí do uvažovaného prostoru náměstí, má příjemný design, dobré rozložení světla a díky svým konstrukčním vlastnostem je i vysoce odolné proti vandalismu. Materiály použité při výrobě jsou vysoce kvalitní. Pouzdro svítidla je vyrobeno z gravitovaného hliníku, který je opatřen

polyesterovým práškovým lakem, reflektor je z eloxovaného hliníku, difuzor je vyroben z čirého akrylátového skla odolného proti UV záření a nosná část svítidla je z nerezové oceli. Svítidlo se může upevňovat na dřívky stožárů veřejného osvětlení o průměrech 60,75 a 90 mm. Krytí svítidla je IP 54. Svítidlo se uvažuje pro síť se jmenovitým napětím 230 V a frekvencí 50 Hz. [22]



Obr.5.1.2 Osvětlení ze začátku 20.stol. v porovnání s osvětlením historizujícím OSLO společnosti NORAL

Jelikož může být toto svítidlo osazeno více světelnými zdroji, musel jsem se rozhodnout, který z nich bude nejvhodnější. LED technologii jsem zamítl díky vysokým investičním nákladům. Detailní porovnání světelných zdrojů bylo již provedeno v kapitole 2.1 této diplomové práce. Nejlevnější variantou a zároveň technicky ještě přijatelnou by bylo použití vysokotlakých sodíkových výbojek, avšak já jsem se rozhodl pro zlatou střední cestu. Rozhodl jsem se pro světelný zdroj, který má výborné podání barev, velmi vysoký jmenovitý světelný tok a s ním spojený dobrý měrný výkon. Z výše popsaných vlastností zdroje vyplývá, že se jedná o



Obr. 5.1.3 Vyzařovací charakteristika svítidla Oslo [18]

halogenidovou výbojku, která má oproti ostatním zdrojům pouze jedinou nevýhodu a tou je poměrně nízká životnost, udávaná jako 12 000 hodin. Jelikož se však jedná o instalaci osvětlení na náměstí, kde jsou všechna svítidla lehce dostupná obsluze, a zároveň je svítidlo velmi dobře konstrukčně řešeno s ohledem na jednoduchou montáž a servis světelných zdrojů, neviděl bych menší dobu života jako zásadní problém. Další možnou nevýhodou, která by se mohla projevit, by bylo potlačení významu slavnostního osvětlení, které je stejně jako světlo z halogenidových výbojek bílé. Vyzařovací charakteristika svítidla OSLO je zobrazena na obrázku 5.1.3. [22]

5.1.2 Historizující lucerna 9000

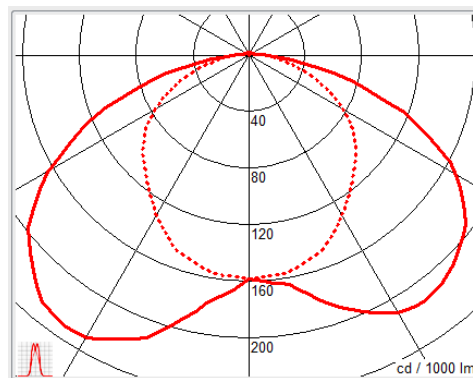


Obr. 5.1.4 Osvětlení z konce 19. stol v porovnání s osvětlením historizujícími 9 000 společnosti Hellux

Dalším vhodným svítidlem jsem shledal historizující lucernu typu 9 000 od společnosti HELLUX ELEKTRA, s.r.o. Tato historizující lucerna je velmi podobná lucerně, která byla na náměstí instalovaná koncem 19. století. Zvolené svítidlo je znázorněno na obrázku 5.1.4, v porovnání se svítidlem na historickém snímku. Tělo svítidla je vyrobeno z tlakově litého hliníku. Veškeré panty a nosné části jsou vyrobeny z nerezové oceli. Difuzor je vyroben z čirého, hladkého polykarbonátu nebo akrylátového skla. Barevných variací se vyrábí mnoho, buď může mít svítidlo barvu antracitu nebo jakoukoli jinou barvu podle RAL. Stejně jako v případě svítidla OSLO i zde se dá navolit reflektor buď symetrický či asymetrický. Svítidlo 9 000 se může montovat na dřívky stožárů o průměrech 60 a 75 mm. Krytí svítidla je

stejně jako v případě svítidla OSLO, a to IP54. Svítidlo je uvažováno pro síť se jmenovitým napětím 230 V a frekvencí 50 Hz. [23]

Historizující lucerna je rovněž vhodná pro nejrůznější světelné zdroje. Mohou se zde používat LED moduly, vysokotlaké sodíkové výbojky či opět halogenidové výbojky. Montáž a servis světelných zdrojů je i v tomto svítidle řešen velmi prakticky a to odklopením stříšky, která je přikotvena k tělu svítidla nerezovým pantem. Rovněž tak není nižší

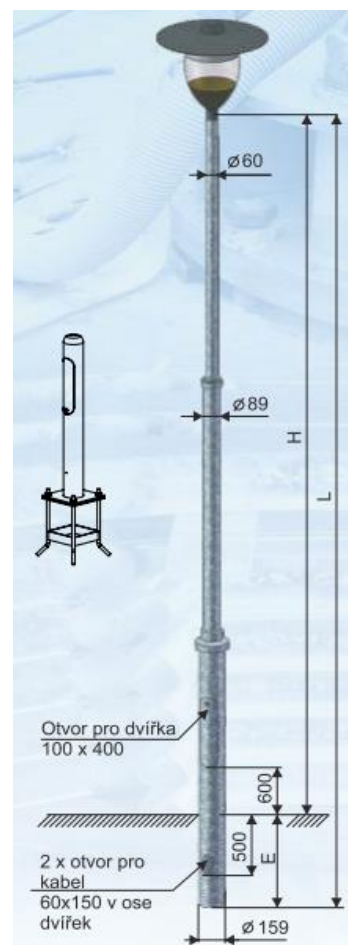


Obr. 5.1.5 Vyzařovací charakteristika Hellux 9 000 [18]

životnost halogenidových výbojek opodstatněnou překážkou, bránící jejich použití. Vyzařovací charakteristika svítidla 9 000 je zobrazena na obrázku 5.1.5. [23]

5.2 Volba stožárů pro navrhovaná svítidla

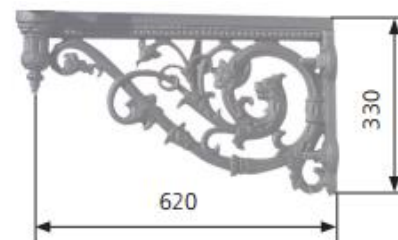
V případě svítidla OSLO, které má kulatý půdorys, jsem se rozhodl zvolit stožár, který je konstrukčně jednoduchý, čistých tvarů a který bude podtrhovat jednoduchost a stylovost navrhovaného svítidla. Zvolil jsem stožár společnosti Kooperativa, v.o.d. s typovým označením KA 5,5–159/89/60. Vybraný stožár je zobrazen na obrázku 5.2.1. Jedná se o ocelový stožár vhodný pro osvětlování v historické zástavbě. Vybraná varianta stožáru má celkovou výšku 6,1 m, kde 0,6 m délky je vetknuto do terénu. Celková hmotnost stožáru je 67 kg. Vnější povrchová úprava je provedena žárovým zinkováním dle normy DIN EN ISO 1461, popřípadě je možnost vrchního nátěru v jakémkoliv odstínu dle tabulek RAL. Pro navrhovanou osvětlovací soustavu na náměstí Krále Jiřího z Poděbrad jsem zvolil odstín grafitově černé barvy. Dle vzorníku RAL je tato barva pod kódovým označením RAL 9011. Ve spodní části dřívku nad zemí jsou umístěna montážní dvířka pro instalaci elektro



Obr. 5.2.1 Stožár KA 5,5-159/89/60 [24]

výzbroje stožáru. Ve spodní části vetknutého dřívku jsou umístěny dva otvory pro kabely. Místo vetknutí jsem se rozhodl chránit plastovou manžetou, která bude zvyšovat odolnost proti korozi. [24]

V případě historické lucerny 9 000 od společnosti Hellux jsem se rozhodl toto svítidlo neumísťovat na sloup, ale zvolil jsem variantu uchycení na výložníku vystupujícího z fasády budovy. Jedná se o historické litinové rameno s přízdobami, viz obrázek 5.2.2. Rameno je vyrobeno z šedé litiny o celkové hmotnosti 17kg. [25]



Obr. 5.2.2 Litinové rameno typ 84 [23]

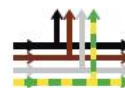
5.3 Elektroinstalační materiál

5.3.1 Stožárová svorkovnice

. Světelné místo je připojeno do sítě soustavou TN-C-S. Místem rozdělení je elektrická výzbroj, která se sestává ze svorkovnice, vodičů a pojistky. Zvolil jsem stožárovou svorkovnici řady SV 6.10.4. Parametry svorkovnice jsou znázorněny v tabulce 5.3.1.

Tab. 5.3.1 Zvolená svorkovnice SV 6.10.4 [26]

Jmenovitý průřez [mm ²]	10
Jmenovitý proud [A]	57
Izolační napětí [V]	1000
Max. průřez [mm ²] (Al, Cu, rigid)	16
(Cu flexible)	10
Utahovací moment šroubů [Nm]	1,2
Složení svorkovnice	6 x RSA 10 1 x RSA PE 10
Počet držáků na pojistky (RSP 4)	1



Obr. 5.3.1 Zvolená svorkovnice SV 6.10.4 [26]

Z navržené svorkovnice vyplývá, že každé svítidlo bude nyní jištěno zvlášť, přímo v těle sloupu. Tímto bude zajištěna spolehlivost celé soustavy. Jelikož budou použity 70 Wattové halogenidové výbojky a to vždy pouze jedna na jednom světelném místě, bude pro jištění daného svítidla použita keramická pojistka 5x20 mm na 6 A. [26]

5.3.2 Předřadný systém

Pro jakoukoli výbojku je nutné použít vysokonapěťový předřadný systém. Ten musí být použit proto, aby mohlo dojít k zažehnutí výbojky vysokonapěťovým impulzem. Můžeme volit mezi induktivními předřadníky, anebo modernějšími elektronickými. Já jsem při navrhování zvolil elektronický předřadník typu SH, protože se jedná o energeticky úspornější řešení, než v případě induktivních předřadníků. Technický popis vybraného předřadníku je uveden v tabulce 5.3.2. [27]

Tab. 5.3.2 Technický popis předřadníku typu SH [27]

Napájení	230 V/ 50Hz
Způsob připojení svítidla	Přívodní kabel se zapojí do svorkovnice
Krytí	IP20
Rozměry	173 x77 x 39
Třída zařízení	: II, Ochrana je zajištěna dvojitou izolací
Vypínač součástí výrobku	NE
Regulace – stmívání součástí výrobku	NE
Možnost přídavné regulace - stmívání	NE

5.3.3 Rozváděč

Pro řízení celé soustavy budou použity astronomické hodiny Hoffmeister se dvěma kanály. Celková soustava bude tedy spínána pomocí astronomického času. Díky dvěma kanálům bude možné soustavu rozdělovat na dvě skupiny a bude tak možné řídit celkový

Tab. 5.3.2 Technické parametry rozváděče RVO0/PVP1P/HHC12M [28]

Jmenovité napětí	230/240 V	
Jmenovitý proud	do 40 A	
Jmenovitý kmitočet	50 Hz	
Stupeň krytí	IP44/20C	
Stupeň ochrany	IK10	
Zkratová odolnost	10 kA	
Přístrojová výzbroj	jistice vstupů do 25B/1, stykače 25A/3P 230V, můstek PE+N, ovládací	
Max. průřez přívodních vodičů	16 mm ²	
Max. průřez vývodních vodičů	16 mm ²	
Způsob připojení vodičů	přívod vývod PEN uzemnění	řadové svorky do 16 mm ² řadové svorky do 16 mm ² svorkovnice PE a N -
Uzavírání dveří	energetický závěr dle ČSN 359754	
Rozměry	374 x 570 x 242 mm	
Hmotnost	11 kg	
Typ pilířového podstavce	-	
Odolnost hoření	kategorie B (nesnadno hořlavé)	
Ochrana neživých částí před nebez. Dotykovým napětím	samočinným odpojením od zdroje	

počet současně svítících svítidel. Je definována tzv. doba klidu. Při níž je dlouhodobým pozorováním zjištěno, že pohyb na komunikacích, popř. pěších zónách apod., se sníží tak výrazně, že z hlediska bezpečnosti provozu se nezvýší (ani při nižší hladině osvětlení) riziko dopravních nehod, či možnosti páchat trestnou činnost. Zvolil jsem rozváděč od firmy DCK Holoubkov, určený do výklenku, kde se nachází i rozváděč současné osvětlovací soustavy. Jedná se o rozváděč pro veřejné osvětlení RVO0/PVP1P/HHC12M, kde jeho specifikace jsou uvedeny v tabulce 5.3.2. [28]

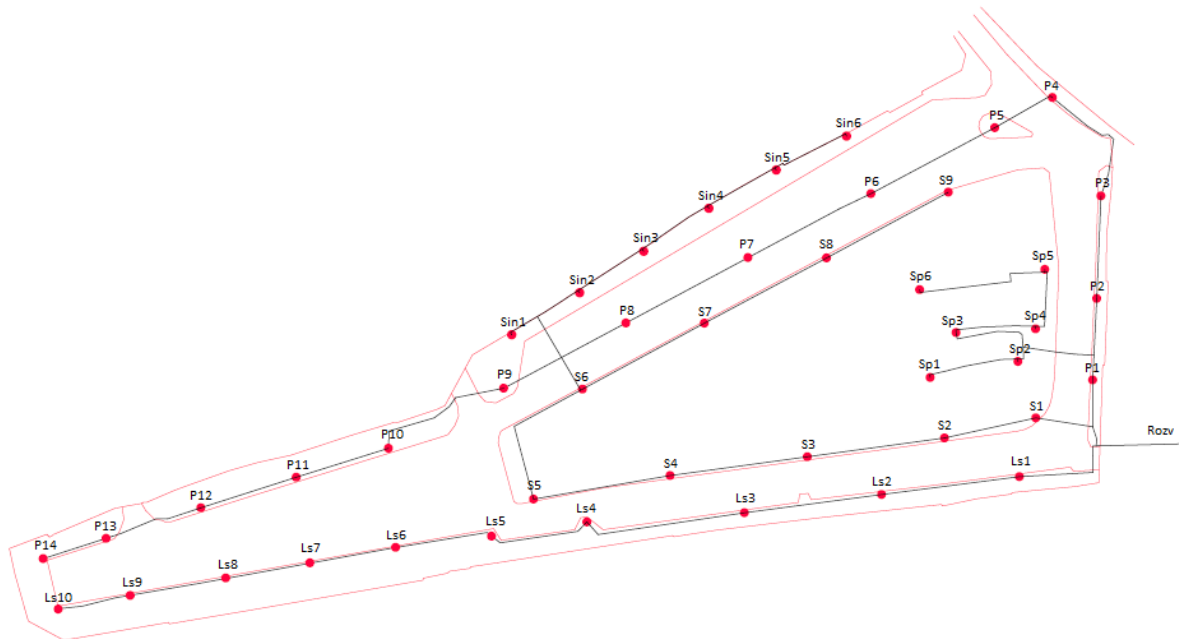
5.3.4 Použité vodiče

Díky tomu, že celá nově instalovaná soustava má zhruba třetinový příkon, oproti soustavě nyníjší, která je složená z 27 světelných míst o celkovém počtu 99 svítidel, by bylo možné snížit průřez žil kabelu z původních 10 mm² na 2,5 mm². Toto snížení se ale nedá provést s ohledem na impedanci vedení a s ním spojený úbytek napětí na vedení. Kabel CYKY 4x2,5 má totiž velký odpor působící proti směru proudu, a proto by úbytky napětí překročily možnou mez, která je u VO pouze 5%. Díky dodržení požadované impedance, kterou ještě dokáží jistící prvky odpínat, bude tedy použit kabel CYKY 4x10 a v části soustavy dokonce CYKY 4x16 pro snížení impedance větve. Nová soustava je rozdělena na čtyři větve. Svítidla jsou do dané větve vždy připojována paralelně, aby byl zajištěn chod ostatních svítidel, pokud by nastala porucha některého ze svítidel. [29]

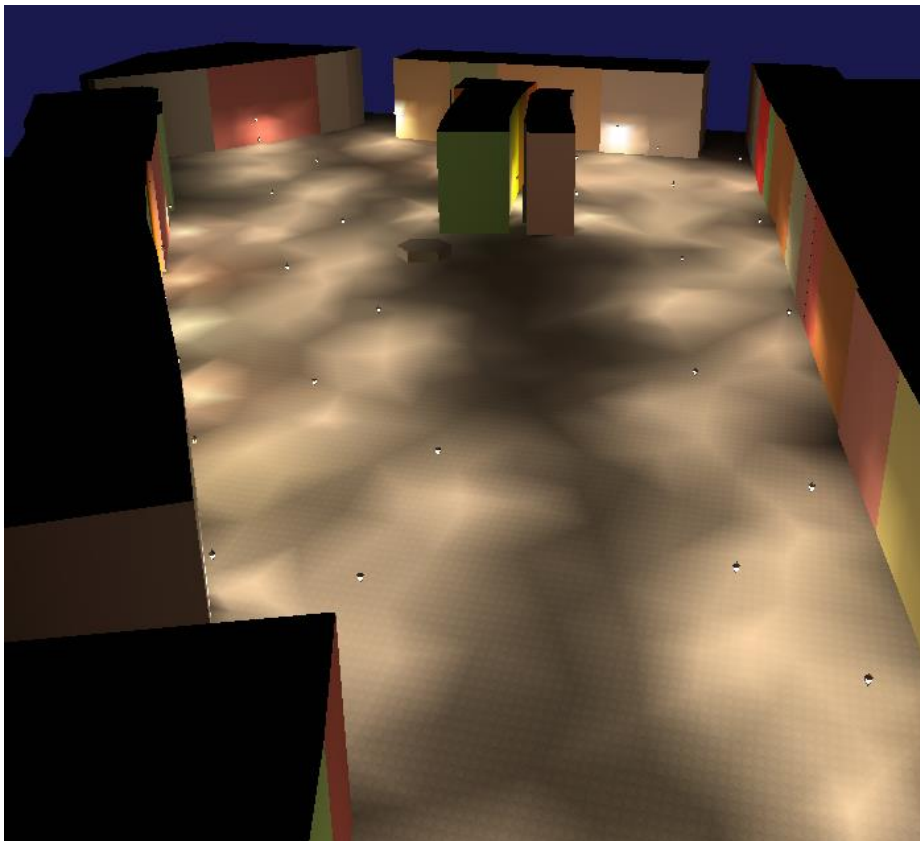
5.4 Model nového pouličního osvětlení v dané lokalitě

Samotný nový model náměstí vychází opět z matrice pro model původního osvětlení. V daném prostoru jsem neuvažoval žádné revitalizační změny, jakými by mohla být například výměna dlažebních kostek za jiný povrch, čímž by se samozřejmě změnil odraz a rozptyl světla na komunikacích. Rovněž jsem neuvažoval změnu barev fasád budov, která by měla obdobný vliv jako změna povrchu komunikace. Rozhodl jsem se snížit celkovou energetickou náročnost uvažované soustavy, neboť si myslím, že lepšího výsledku osvětlení se dá dosáhnout i menším počtem světelných zdrojů, při efektivnějším umístění jednotlivých světelných míst. V novém modelu se nachází celkem 45 světelných míst, z toho je 33 svítidel OSLO na 5,5 m vysokém sloupu KA 5,5–159/89/60. Na fasádách budov je na historizujících litinových ramenech umístěno 6 luceren typu 9 000 od společnosti Hellux. Zbývajících 6 luceren umístěných na budově Špalíčku je původních. Rozmístění světelných míst je dopravu

znázorněno na obrázku 5.4.1. Výsledný 3D model nové osvětlovací soustavy je vidět na obrázku 5.4.2. Z uvedených obrázků je patrné, že v oblasti komunikace pro automobilovou jsem zvolil místo soustavy jednostranné soustavu vystřídanou. Dosáhl jsem tak zvýšení rovnoměrnosti jasu, i jeho udržované hodnoty, zvýšení osvětlení okolí a také snížení oslnění způsobovaným svítidly.

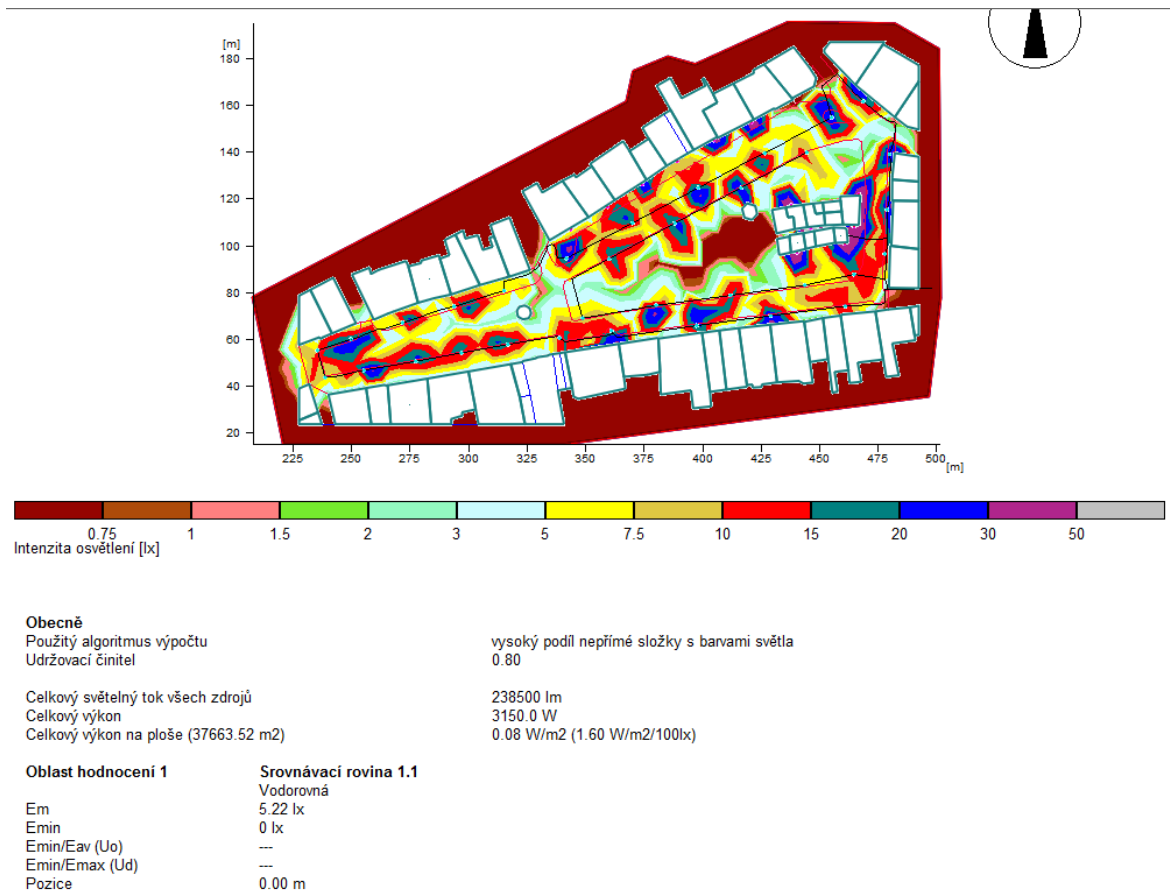


Obr. 5.4.1 Rozmístění nových světelných míst



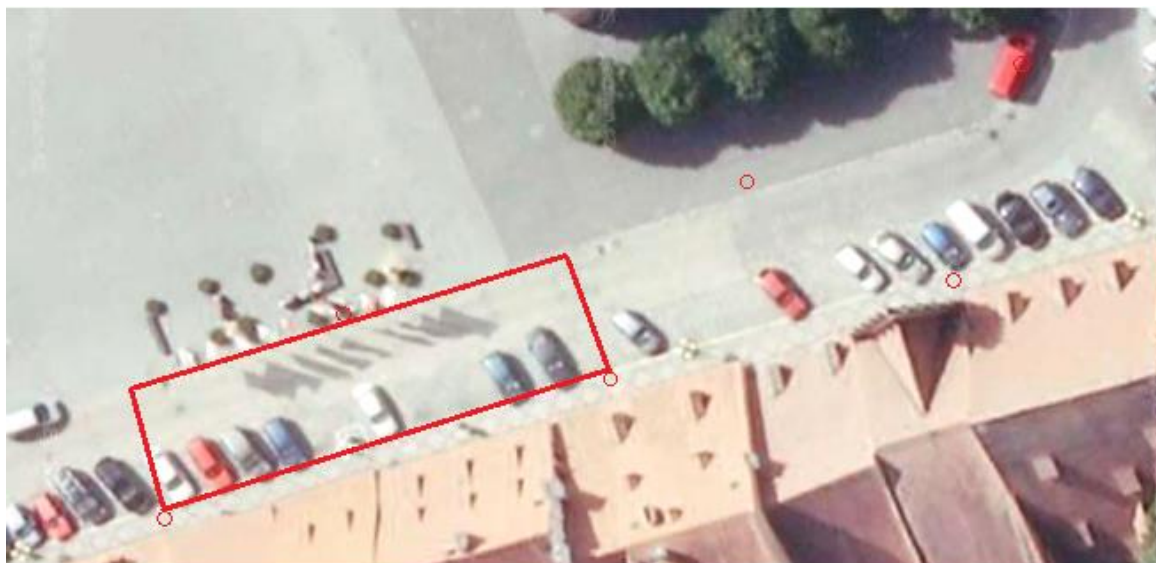
Obr. 5.4.2 Model osvětlovací soustavy za provozu při běžné noční hladině osvětlenosti [18]

Stejně jako v případě stávajícího veřejného osvětlení i zde pro názornost ukazují na obrázku 5.4.3 hodnoty rozložení osvětlenosti. Jak již bylo dříve řečeno, zobrazené hodnoty osvětlení jsou relevantní pouze pro vnitřní části náměstí, ale nikoli pro ulice, které k náměstí přiléhají, neboť výsledný model nezahrnuje ve výpočtu svítidla, která jsou umístěna v okolních ulicích.



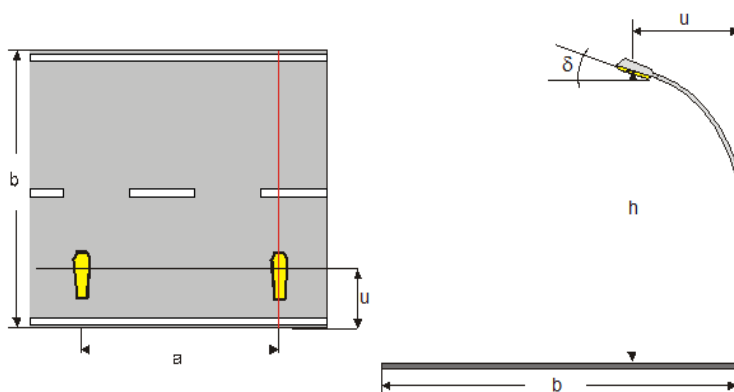
Obr. 5.4.3 Přehled projektu nového osvětlení včetně výsledku výpočtu [18]

Celková oblast náměstí je kvůli zpřesnění výpočtu opět rozdělena na dvě relevantní oblasti a to na oblast komunikace pro pěší a na oblast komunikace pro vozidla. Toto dělení odpovídá normě 13201-1. Rozdělení oblastí je stejné jako u výpočtu stávajícího osvětlení a je znázorněno na obrázku 4.2.7. Výpočet je opět situován do stejného místa dle obrázku 4.2.8, tentokrát je však rozdíl v použití vystřídané soustavy. Náhled na náměstí s novou světelnou soustavou je znázorněn obrázkem 5.4.4.



Obr. 5.4.4 Výřez náměstí s novým osvětlením použitý jako předloha pro výpočet programem Relux [21]

5.4.1 Výpočet relevantní oblasti: dopravní komunikace pro vozidla



Jas

Poloha pozorovatele 1	: $x=-60.00\text{m}$, $y=4.75\text{m}$, $z=1.50\text{m}$
Průměr	: 1.09 cd/m^2 (ME5 min. 0.5)
U_o (min/průměrný)	: 0.43 (ME5 min. 0.35)

Podélná rovnoměrnost

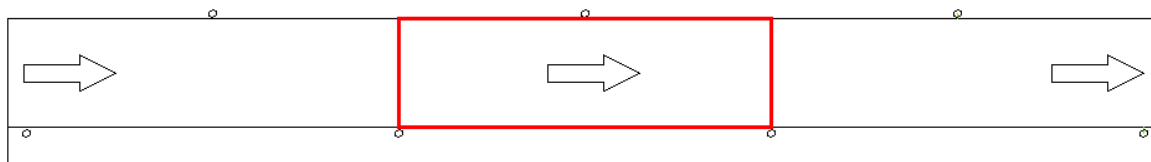
UI (B1: $x = -60.00$, $y = 4.75$, $z = 1.50$)	: 0.83	(ME5 min. 0.4)
--	--------	----------------

Oslnění / jasnost okolí

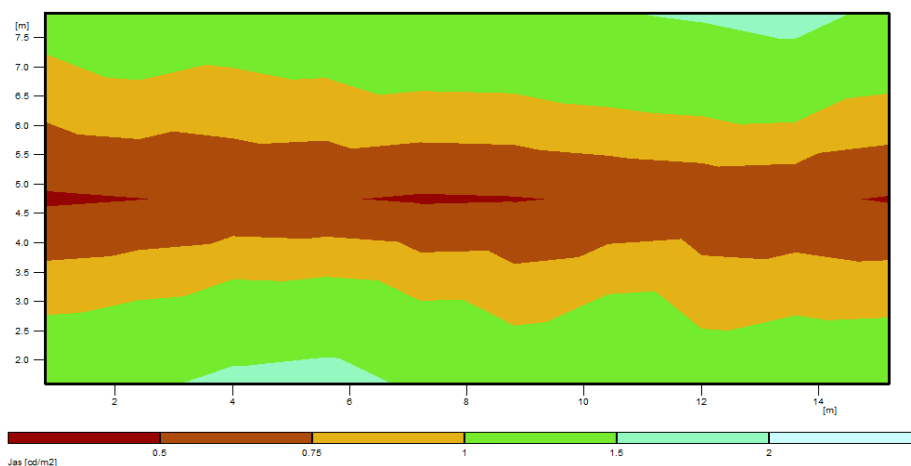
TI (B1: $y=4.75\text{m}$)	: 6 %	(ME5 max. 15)
SR	: 1.16	(ME5 min. 0.5)

Obr. 5.4.5 Přehled parametrů pro výpočet jasu na komunikaci pro vozidla u nového osvětlení [18]

Na obrázku 5.4.7 je vidět, že rozložení jasů je mnohem rovnoměrnější oproti namodelované soustavě stávajícího osvětlení.



Obr. 5.4.6 Vybraná oblast komunikace pro výpočet jasu [18]



Obr. 5.4.7 Výpočet jasu na pozemní komunikaci, zobrazený pomocí pseudobarev [18]

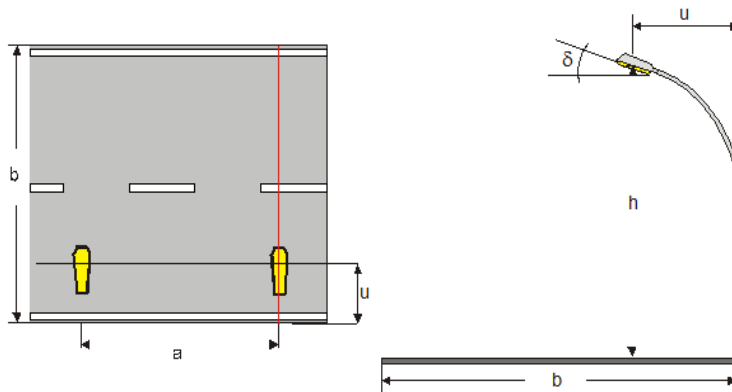
Výsledky modelových výpočtů jsou porovnány s normativními hodnotami v tabulce 5.4.1. Z této tabulky je patrné, že mnou navržené osvětlení vyhovuje všem požadavkům normy a ze světelně-technického hlediska nic nebrání jeho nasazení do praxe.

Tab. 5.4.1 Srovnání vypočtené nové soustavy s legislativními požadavky, pro komunikace pro vozidla

Porovnání výsledků	Parametry soustavy				
	Udržovaná hodnota jasu \bar{L} [cd/m ²]	Celková rovnoměrnost jasu U_0	Podélná rovnoměrnost jasu U_1	Omezující oslnění TI[%]	Osvětlení okolí SR
Vypočteno	1,09	0,43	0,83	6	1,16
Požadováno	$\geq 0,5$	$\geq 0,35$	$\geq 0,4$	≤ 15	$\geq 0,5$
Vyhověl/nevyhověl					

5.4.2 Výpočet relevantní oblasti: komunikace pro pěší

Druhá relevantní oblast byla definována okrajem vozovky a hranicemi budov. Celková šíře chodníku je 3,5 m. Z vypočtených hodnot programem Relux je patrné, že hladiny osvětlenosti v této relevantní oblasti zařazené do třídy osvětlení S3, zcela odpovídají normativním požadavkům. V tabulce 5.4.2 jsou pak porovnány vypočítané hodnoty s hodnotami požadovanými normou 13201-2.

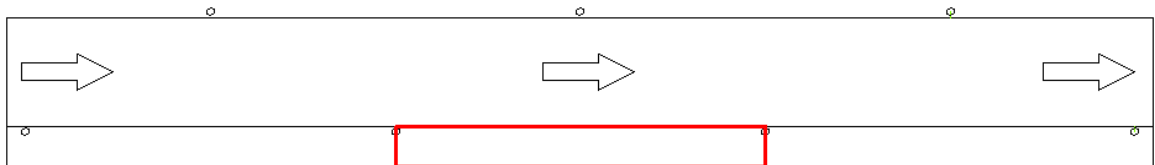
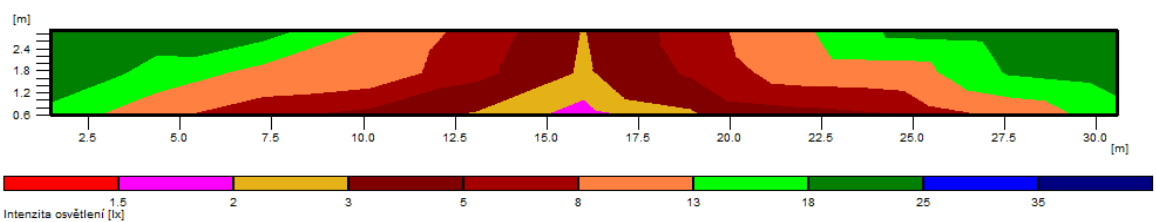
**Údaje o svítidle**

Výrobce :
 Objednací č. : OsloAsymRef70wMT
 Název svítidla : OSLO
 Osazení : 1 x MT / 5300 lm

Profil komunikace : obecná plocha Svítidla viz přehled uličního osvětlení
 Šířka jízdního pruhu (b) : 3.50 m
 Šířka jízdního pruhu (b) : 3.50 m
 Povrch vozovky : R3
 q0 : 0.08
 Pravostranný provoz Udržovací činitel : 0.80

Vodorovná osvětlenost E

Průměr : 12.7 lx (S3 min. 7.5)
 Minimum : 1.6 lx (S3 min. 1.5)

Obr. 5.4.8 Přehled nastavených parametrů pro výpočet osvětlenosti na komunikaci pro pěší (S3) [18]**Obr. 5.4.9** Vybraná oblast komunikace pro výpočet osvětlenosti [18]**Obr. 5.4.10** Výpočet jasu na pozemní komunikaci, zobrazený pomocí pseudobarev [18]**Tab. 5.4.2** Srovnání vypočtené soustavy s legislativními požadavky normy, pro komunikaci pro pěší

Porovnání výsledků	Parametry soustavy	
	Udržovaná hodnota osvětlenosti \bar{E} [lx]	Udržovaná hodnota minimální osvětlenosti E_{\min} [lx]
Vypočteno	12,7	1,6
Požadováno	$\geq 7,5$	$\geq 1,5$
Vyhověl/nevyhověl		

6 Výpočet impedance vedení pomocí programu SICHR

Výpočet impedance jsem dle zadání provedl ve výpočtovém programu SICHR společnosti OEZ (Orlické elektrotechnické závody). Jedná se o program sloužící ke kontrole a návrhu paprskových sítí IT, TN-C-S a TN-C bez vyvedeného středního vodiče a to ve všech běžných napěťových hladinách. Program obsahuje databázi spínacích a jisticích prvků, proudových chráničů a svodičů přepětí, které vyrábí firma OEZ. Dále tento program obsahuje otevřenou databázi pro transformátory a silové kabely. [30]

6.1 Impedanční smyčky

Program SICHR počítá impedanční smyčky pro sítě IT a TN podle legislativních požadavků uvedených v normě ČSN 33 2000-4-41, část 4-41: Ochrana opatření pro zajištění bezpečnosti – ochrana před úrazem elektrickým proudem. Ve výpočtovém programu počítám impedanci pro síť TN, kde musí impedance smyčky a charakteristiky použitých ochranných přístrojů odpovídat vzorci 6.1, ve kterém je U_0 jmenovité střídavé napětí vtažené proti zemi, I_a je proud, který vyvolává automatické vybavení přístroje, které způsobí odpojení ve stanovené době a konečně Z_s je impedance proudové smyčky, ve které je zahrnut napájecí zdroj, pracovní vodič k místu poruchy a ochranný vodič mezi zdrojem a místem poruchy. [30]

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a} \quad (\Omega; V, A) \quad (6.1)$$

Výpočtový program SICHR při výpočtech zohledňuje vliv konkrétních předpokládaných podmínek na instalované vedení. Impedance smyčky se zvyšuje se vzrůstající teplotou, která odpovídá procházejícímu proudu, kterému je jisticími přístroji umožněno obvodem protékat. Impedance smyčky se rovněž zvyšuje ohřátím vodiče proudem I_a . Je uvažována impedance celé poruchové smyčky, která zahrnuje nejen samotnou impedanci vedení, ale i transformátoru a vysokonapěťové napájecí sítě. Hodnota proudu I_a pro stanovenou dobu odpojení odpovídá horní hranici proudového pásma, daného tolerancí vypínací charakteristiky jisticího přístroje. [30]

6.1.1 Výpočet impedance navrhovaného vedení

Spočítal jsem si pomocí programu impedanci vedení, které bude podle výše uvedeného, mnou vytvořeného modelu, na náměstí instalováno. Zadával jsem do projektu přesně ty

elektrotechnické součásti, které tam hodlám reálně použít. Osvětlení je napájeno ze sítě TN se jmenovitým napětím AC 230/400 V, maximální zatížitelnost vedení $I_n=250$ A. Zkratový proud I_k'' je roven 2,76 kA a vypočítá se ze vzorce 6.2, kde U je jmenovité napětí, R je odpor vedení a X je jeho reaktance. [30]

$$I_k'' = \frac{U}{\sqrt{3 \cdot \sqrt{R^2 + X^2}}} \quad (A; V, \Omega, \Omega) \quad (6.2)$$

Soupis všech použitých elektrotechnických součástek je uveden na obrázku 6.1.1. Tento soupis zahrnuje všechny součástky použité od rozváděče až po svorkovnici stožáru VO. Celkem je tedy na náměstí KJzP nataženo 1183,5 m kabelu CYKY4x10 a 95 m kabelu CYKY4x16. Je použito dvanáct kusů pojistek na 20 A, tři kusy pojistek na 50 A, dále jeden kus třífázového jističe na 32 A a tři kusy spínacího relé. Před každým svítidlem jsem pro lepší zabezpečení provozu navrhl ještě šesti ampérovou pojistku. Celkem se tedy jedná o 45 kusů pojistek na 6 A.

Soupiska strojů, přístrojů a vodičů

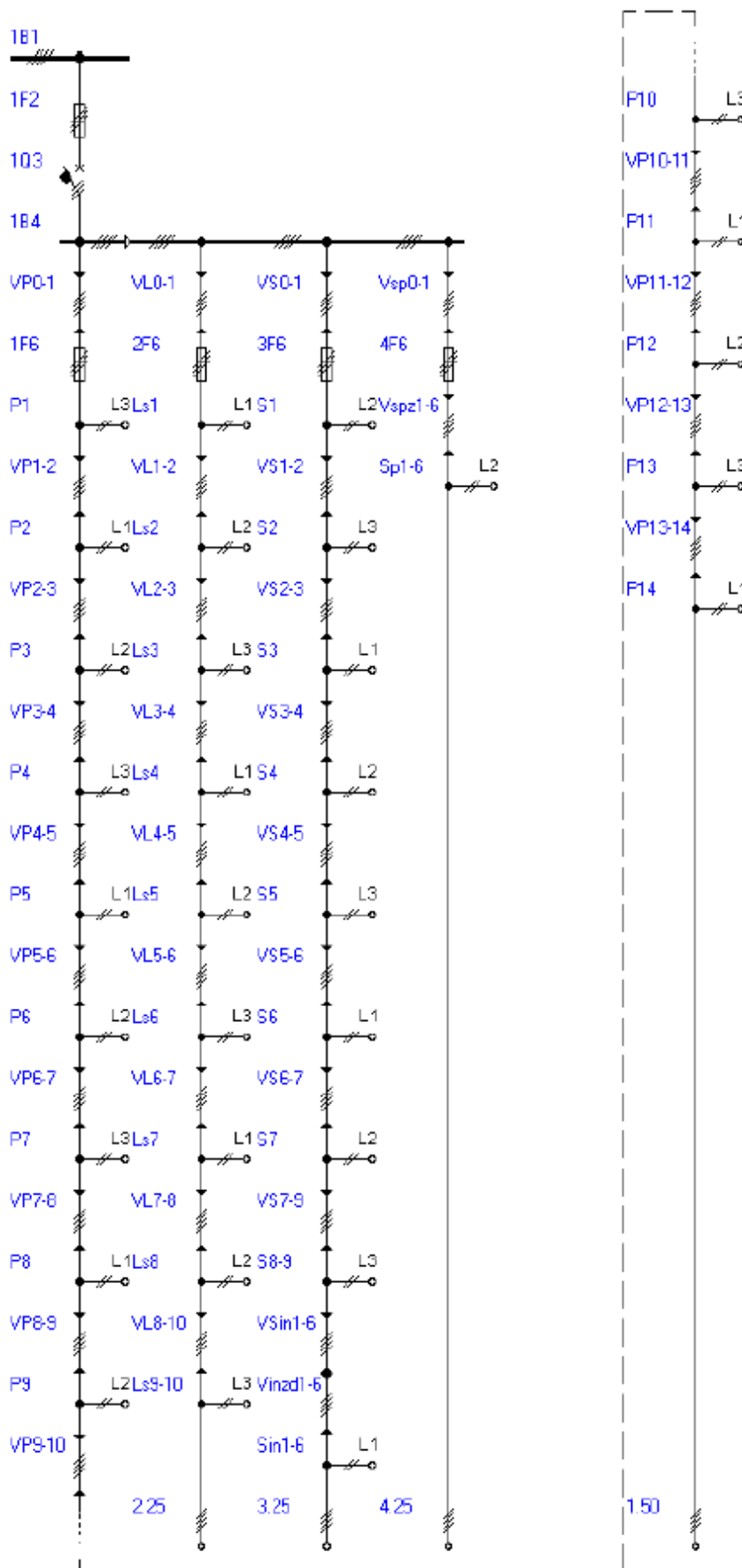
Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení.

Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu.

Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu.

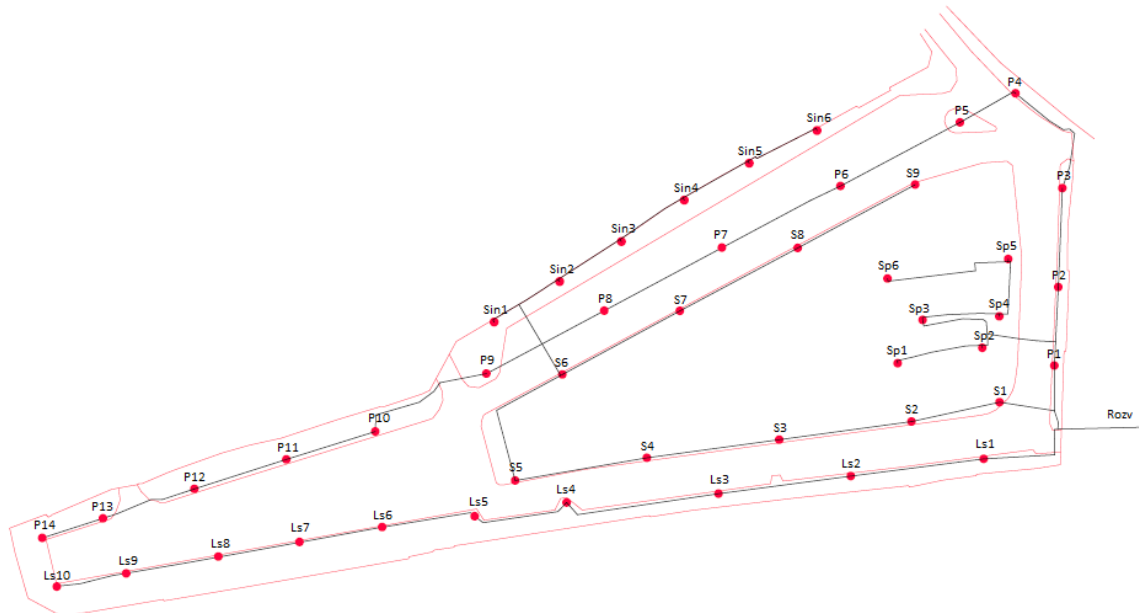
1B1	[450]	1 ks
1F2	* S3PB1...	1 ks
1F2	PHNA1 50A gG	3 ks
1Q3	LPN-32B-3	1 ks
VP0-1	CYKY4x10	32 m
1F6	* S3PB00...	1 ks
1F6	PHNA000 20A gG	3 ks
VP1-2	CYKY4x10	20 m
VP2-3	CYKY4x10	24.7 m
VP3-4	CYKY4x10	32 m
VP4-5	CYKY4x10	16.5 m
VP5-6	CYKY4x10	33.5 m
VP6-7	CYKY4x10	33 m
VP7-8	CYKY4x10	24.7 m
VP8-9	CYKY4x10	33 m
VP9-10	CYKY4x10	34 m
VL0-1	CYKY4x10	40.5 m
2F6	* S3PB00...	1 ks
2F6	PHNA000 20A gG	3 ks
VL1-2	CYKY4x10	33 m
VL2-3	CYKY4x10	33 m
VL3-4	CYKY4x10	39 m
VL4-5	CYKY4x10	24.7 m
VL5-6	CYKY4x10	23.8 m
VL6-7	CYKY4x10	21 m
VL7-8	CYKY4x10	21 m
VL8-10	CYKY4x10	41.5 m
VS0-1	CYKY4x10	31.5 m
3F6	* S3PB00...	1 ks
3F6	PHNA000 20A gG	3 ks
VS1-2	CYKY4x10	22.5 m
VS2-3	CYKY4x10	33 m
VS3-4	CYKY4x10	33 m
VS4-5	CYKY4x10	33 m
VS5-6	CYKY4x10	36.5 m
VS6-7	CYKY4x10	33 m
VS7-9	CYKY4x10	66 m
VSin1-6	CYKY4x16	22 m
Vinzd1-6	CYKY4x10	95 m
Vsp0-1	CYKY4x10	54 m
4F6	* S3PB00...	1 ks
4F6	PHNA000 20A gG	3 ks
Vspz1-6	CYKY4x10	170 m
VP10-11	CYKY4x10	23.5 m
VP11-12	CYKY4x10	24 m
VP12-13	CYKY4x10	24 m
VP13-14	CYKY4x10	16.5 m

Obr. 6.1.1 Soupis strojů, přístrojů a vodičů použitý v nově navrženém veřejném osvětlení [30]



Obr.6.1.2 Celkové schéma paprskové sítě nového veřejného osvětlení [30]

Pro správnou představu a pochopení obrázku 6.1.2 zde uvádím i názorný přehled na obrázku 6.1.3, na kterém jsou zakreslena nová světelná místa, která jsou popsána stejně jako v programu SICHR. Opět je jako podklad pro tvorbu sítě použita stejná CADová matrice.



Obr. 6.1.3 Situační schéma nově instalovaných světelných míst

Výpočty z programu SICHR jsou velice obsáhlé a obsahují velké množství informací. V zadání diplomové práce mám pouze stanovit impedanci nově navrženého vedení, avšak protože v elektrotechnice vše souvisí se vším, tak zde uvedu i další důležitý parametr nově navrhovaného vedení a to selektivitu jistění. Každý jistící prvek je schopen jistit pouze určitou impedanci, v případě jistění daných větví, použitím dvacetiamperových pojistek je tato impedance rovna $1,84 \Omega$. Impedance jednotlivých paprsků jsou uvedeny na obrázcích 6.1.4 až 6.1.7.

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1B1	Sít TN U ₂ = 242/420 V I _n = 250 A	Ik'' = 2,76 kA ip = 3,99 kA
1F2	PHNA1qG I _n = 50 A Z _s (0,4s) = 596 mΩhm (I _a = 389 A)	I ₁ = 120 kA io = 2,75 kA Připojeno pomocí SPB1
1Q3	LPN-32B I _n = 32 A Z _s (0,4s) = 1,44 Ωhm (I _a = 161 A)	I _{cm} = 17 kA li = 144 A io = 2,75 kA
1B4	Sběrnice B = 1	U = 419 V (U _n + 4,6%) io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 367 mΩhm < 1,44 Ωhm
VPC-1	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 2,34 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 484 mΩhm < 1,44 Ωhm
1F6	PHNA000qG I _n = 20 A Z _s (0,4s) = 1,84 Ωhm (I _a = 125 A)	I ₁ = 120 kA io = 1,08 kA Připojeno pomocí SPB00
P1	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 1,06 kA	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 484 mΩhm < 1,84 Ωhm
VP1-2	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 1,03 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 557 mΩhm < 1,84 Ωhm
P2	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,7%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 1,01 kA	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 557 mΩhm < 1,84 Ωhm
VP2-3	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 990 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 646 mΩhm < 1,84 Ωhm
P3	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,7%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 967 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 646 mΩhm < 1,84 Ωhm
VP3-4	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 946 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 763 mΩhm < 1,84 Ωhm
P4	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,7%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 922 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 763 mΩhm < 1,84 Ωhm
VP4-5	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 922 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 823 mΩhm < 1,84 Ωhm
P5	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 903 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 823 mΩhm < 1,84 Ωhm
VP5-6	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 895 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 944 mΩhm < 1,84 Ωhm
P6	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 798 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 944 mΩhm < 1,84 Ωhm
VP6-7	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 798 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,06 Ωhm < 1,84 Ωhm
P7	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 663 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,06 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP7-8	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 663 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,15 Ωhm < 1,84 Ωhm
P8	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 241 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 617 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,15 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP8-9	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 617 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,27 Ωhm < 1,84 Ωhm
P9	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 241 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 546 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,27 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP9-10	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 546 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,40 Ωhm < 1,84 Ωhm
P10	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 489 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,40 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP10-11	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 489 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,20 Ωhm < 1,84 Ωhm
P11	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 455 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,20 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP11-12	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 455 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,29 Ωhm < 1,84 Ωhm
P12	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 426 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,29 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP12-13	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 426 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,38 Ωhm < 1,84 Ωhm
P13	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 400 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,38 Ωhm < 1,84 Ωhm
VP13-14	CYKY4x10 I _z = 80,2 A t _m = 15 °C dU = 0,0 % I ² t < k ² S ²	io = 400 A O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,44 Ωhm < 1,84 Ωhm
P14	Vývod P = 70 W xB = 70 W I = 319 mA U = 242 V (U _n + 4,6%) B = 1 cos φ = 0,95 io1 = 384 A	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,44 Ωhm < 1,84 Ωhm
1.50	Vývod S = 0 VA U = 418 V (U _n + 4,6%)	io = 2,75 kA O.K. Z _s v < Z _s (0,4s) | 1,44 Ωhm < 1,84 Ωhm

Obr. 6.1.4 Výpočet impedance prvního paprsku (pravá strana náměstí) [30]

Zepojení	Přístroj		Poznámka
1B1	Sít TN	$I_n = 250 \text{ A}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$	$I_k' = 2.76 \text{ kA}$ $i_p = 3.99 \text{ kA}$
1F2	PHNA1nG	$I_n = 50 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 596 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 388 \text{ A}$)	$I_1 = 120 \text{ kA}$ $i_o = 2.75 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB1
1Q3	LPN-32B	$I_n = 32 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.44 \text{ }\Omega$ ($I_a = 161 \text{ A}$)	$I_{cm} = 17 \text{ kA}$ $i_o = 2.75 \text{ kA}$ $I_i = 144 \text{ A}$
1B4	Sběrnice	$B = 1$ $U = 419 \text{ V}$ ($U_n + 4.8\%$)	$i_o = 2.75 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 367 \text{ m}\Omega < 1.44 \text{ }\Omega$
VL0-1	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k' = 1.51 \text{ kA}$ $i_p = 2.17 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 516 \text{ m}\Omega < 1.44 \text{ }\Omega$
2F6	PHNA000nG	$I_n = 20 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.84 \text{ }\Omega$ ($I_a = 125 \text{ A}$)	$I_1 = 120 \text{ kA}$ $i_o = 1.06 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB00
Ls1	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.7\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 1.04 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 516 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL1-2	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 995 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 635 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls2	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.7\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 973 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 635 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL2-3	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 948 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 755 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls3	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.7\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 925 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 755 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL3-4	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 907 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 697 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls4	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 593 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 955 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 697 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL4-5	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k' = 602 \text{ A}$ $i_p = 868 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 987 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls5	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 523 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 754 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 987 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL5-6	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k' = 542 \text{ A}$ $i_p = 782 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.07 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls6	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 469 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 677 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.07 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL6-7	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k' = 498 \text{ A}$ $i_p = 718 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.15 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls7	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 430 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.5\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 621 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.15 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL7-8	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k' = 461 \text{ A}$ $i_p = 665 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.23 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls8	Vývod	$P = 70 \text{ W}$ $x_B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 397 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.5\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 573 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.23 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VL8-10	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.0\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k' = 401 \text{ A}$ $i_p = 579 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.38 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Ls9-10	Vývod	$P = 140 \text{ W}$ $x_B = 140 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 345 \text{ A}$ $I = 638 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.5\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 498 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.38 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
2.25	Vývod	$S = 0 \text{ VA}$ $U = 418 \text{ V}$ ($U_n + 4.5\%$)	$I_k' = 401 \text{ A}$ $i_p = 579 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.38 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$

Obr. 6.1.5 Výpočet impedance druhého paprsku (levá strana náměstí) [30]

Zapojení	Přístroj	Poznámka
1B1	Sít TN $I_n = 250 \text{ A}$ $U_2 = 242/420 \text{ V}$	$I_k'' = 2.76 \text{ kA}$ $i_p = 3.99 \text{ kA}$
1F2	PHNA1qG $I_n = 50 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 596 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 389 \text{ A}$)	$I_1 = 120 \text{ kA}$ $i_o = 2.75 \text{ kA}$
1Q3	LPN-32B $I_n = 32 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.44 \text{ }\Omega$ ($I_a = 161 \text{ A}$)	$I_{cm} = 17 \text{ kA}$ $i_o = 2.75 \text{ kA}$
1B4	Sběrnice $B = 1$ $U = 419 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$)	$i_o = 2.75 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 367 \text{ m}\Omega < 1.44 \text{ }\Omega$
VS0-1	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 2.34 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 482 \text{ m}\Omega < 1.44 \text{ }\Omega$
3F6	PHNA000qG $I_n = 20 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.84 \text{ }\Omega$ ($I_a = 125 \text{ A}$)	$I_1 = 120 \text{ kA}$ $i_o = 1.08 \text{ kA}$
S1	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.7\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 1.07 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 482 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS1-2	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 1.03 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 564 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S2	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 1.01 \text{ kA}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 564 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS2-3	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 974 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 684 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S3	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.5\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 951 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 684 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS3-4	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 933 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 804 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S4	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.4\%$) $B = 1$	$i_{o1} = 909 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 804 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS4-5	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$i_o = 900 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 924 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S5	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k1'' = 570 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.3\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 822 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 924 \text{ m}\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS5-6	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k'' = 552 \text{ A}$ $i_p = 737 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.06 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S6	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k1'' = 478 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 241 \text{ V}$ ($U_n + 4.2\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 630 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.06 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS6-7	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k'' = 484 \text{ A}$ $i_p = 638 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.18 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S7	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k1'' = 418 \text{ A}$ $I = 319 \text{ mA}$ $U = 240 \text{ V}$ ($U_n + 4.1\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 503 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.18 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VS7-9	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.2\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k'' = 388 \text{ A}$ $i_p = 560 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.42 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
S8-9	Vývod $P = 140 \text{ W} \times B = 140 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k1'' = 334 \text{ A}$ $I = 638 \text{ mA}$ $U = 240 \text{ V}$ ($U_n + 3.9\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 481 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.42 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
VSin1-6	CYKY4x10 $I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$ $dU = 0.1\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k'' = 364 \text{ A}$ $i_p = 525 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.50 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Vind1-6	CYKY4x16 $I_z = 92.7 \text{ A}$ $t_m = 14^\circ \text{ C}$ $dU = 0.2\%$ $I^2 t < k^2 S^2$	$I_k'' = 312 \text{ A}$ $i_p = 449 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.71 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
Sin1-6	Vývod $P = 420 \text{ W} \times B = 420 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k1'' = 266 \text{ A}$ $I = 1.91 \text{ A}$ $U = 239 \text{ V}$ ($U_n + 3.7\%$) $B = 1$	$i_{p1} = 384 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.71 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$
3.25	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 312 \text{ A}$ $I = 106 \text{ mA}$ $U = 415 \text{ V}$ ($U_n + 3.7\%$) $B = 1$	$i_p = 449 \text{ A}$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1.71 \text{ }\Omega < 1.84 \text{ }\Omega$

Obr. 6.1.6 Výpočet impedance třetího paprsku (středová část náměstí + budovy na straně infocentra) [30]

Zapojení	Přístroj		Poznámka	
1B1	Sít TN	$I_n = 250 \text{ A}$	$I_k' = 2,76 \text{ kA}$	
		$U_2 = 242/420 \text{ V}$	$i_p = 3,99 \text{ kA}$	
1F2	PHNA1aG	$I_n = 50 \text{ A}$	$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB1
		$Z_s(0,4s) = 596 \text{ m}\Omega$ ($I_a = 389 \text{ A}$)	$i_o = 2,75 \text{ kA}$	
1Q3	LPN-32B	$I_n = 32 \text{ A}$	$I_{cm} = 17 \text{ kA}$	$I_i = 144 \text{ A}$
		$Z_s(0,4s) = 1,44 \text{ }\Omega$ ($I_a = 161 \text{ A}$)	$i_o = 2,75 \text{ kA}$	
1B4	Sběrnice	$B = 1$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 367 \text{ m}\Omega < 1,44 \text{ }\Omega$
		$U = 419 \text{ V}$ ($U_n + 4,8\%$)	$i_o = 2,75 \text{ kA}$	
Vsp0-1	CYKY4x10	$I_z = 80,2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$	$I_k' = 1,31 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 565 \text{ m}\Omega < 1,44 \text{ }\Omega$
		$dU = 0,2\%$ $I^2 t < k^2 s^2$	$i_p = 1,88 \text{ kA}$	
4F6	PHNA000gG	$I_n = 20 \text{ A}$	$I_1 = 120 \text{ kA}$	Připojeno pomocí SPB00
		$Z_s(0,4s) = 1,84 \text{ }\Omega$ ($I_a = 125 \text{ A}$)	$i_o = 1,03 \text{ kA}$	
Vspz1-6	CYKY4x10	$I_z = 69,5 \text{ A}$ $t_m = 19^\circ \text{ C}$	$I_k' = 482 \text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1,18 \text{ }\Omega < 1,84 \text{ }\Omega$
		$dU = 0,5\%$ $I^2 t < k^2 s^2$	$i_p = 696 \text{ A}$	
Sp1-6	Vývod	$P = 420 \text{ W}$ $\times B = 420 \text{ W}$ $\cos \phi_i = 0,95$ $I_{k1} = 416 \text{ A}$		O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1,18 \text{ }\Omega < 1,84 \text{ }\Omega$
		$I = 1,91 \text{ A}$ $U = 240 \text{ V}$ ($U_n + 4,1\%$) $B = 1$	$i_p1 = 600 \text{ A}$	
4.25	Vývod		$I_k' = 482 \text{ A}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s) \mid 1,18 \text{ }\Omega < 1,84 \text{ }\Omega$
		$S = 0 \text{ VA}$ $U = 417 \text{ V}$ ($U_n + 4,1\%$)	$i_p = 696 \text{ A}$	

Obr. 6.1.7 Výpočet impedance čtvrtého paprsku (budovy Špalíčku) [30]

Impedance prvního paprsku je tedy 1,44 Ω , druhého 1,38 a čtvrtého 1,18 Ω . Třetí paprsek napájí osvětlení na budovách na pravé straně náměstí a jeho středovou část. Pro pokrytí všech těchto světelných míst je zapotřebí 428 m kabelu, proto jsem se rozhodl v části tohoto paprsku použít místo kabelu CYKY4x10, pro snížení impedance větve, kabel CYKY4x16. Vyšší impedance by se dala rovněž kompenzovat nahrazením pojistky, jističí tuto větev o hodnotě 20 A, za pojistku 16 A. Rozhodl jsem se pro zvětšení průřezu z důvodu vykompenzování úbytku napětí na vedení, neboť čím má vodič menší průřez, tím větší je pak jeho odpor a úbytek napětí na něm. Impedance třetího paprsku je tedy 1,71 Ω . Impedance celého náměstí je tedy rovna součtu impedancí všech čtyř větví a rovná se hodnotě 5,71 Ω .

Z hlediska návrhu vedení je rovněž důležité dodržet selektivitu jednotlivých jisticích prvků. Program Sichr toto dokáže spočítat a proto mohu konstatovat, že mnou navržené jisticí prvky jsou navzájem selektivní. Výstup ze SICHRU je vidět na obrázku 6.1.8. Pro názornost uvádím pouze jištění demonstrované na jedné větvi, neboť ve zbylých je použit stejný jisticí prvek. Pojistka PHNA000gG $I_n = 20 \text{ A}$ je selektivní minimálně do 108 A, jistič LPN-32B je pak selektivní minimálně do 738 A. [30]

Zapojení	Přístroj		Poznámka
1B1	Sít TN	$I_n = 250 \text{ A}$	$I_k'' = 2.76 \text{ kA}$
	$U_2 = 242/420 \text{ V}$	$dU = 0.2 \%$	$i_p = 3.99 \text{ kA}$
1F2	PHNA1qG	$I_n = 50 \text{ A}$	$I_1 = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB1
			$i_o = 2.75 \text{ kA}$
1Q3	LPN-32B	$I_n = 32 \text{ A}$	$I_{cm} = 17 \text{ kA}$ $i_i = 144 \text{ A}$
	1F2-1Q3 selektivní minimálně do 738 A		
1B4	Sběrnice	$B = 1$	
	$U = 419 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$)		$i_o = 2.75 \text{ kA}$
VPO-1	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$	32 m v zemi (D)
	$dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 s^2$		$i_o = 2.34 \text{ kA}$
1F6	PHNA000qG	$I_n = 20 \text{ A}$	$I_1 = 120 \text{ kA}$ Připojeno pomocí SPB00
	1Q3-1F6 selektivní minimálně do 108 A		
P1	Vývod $P = 70 \text{ W} \times B = 70 \text{ W}$	$\cos \phi_i = 0.95$	
	$I = 319 \text{ mA}$ $U = 242 \text{ V}$ ($U_n + 4.6\%$) $B = 1$		$i_{o1} = 1.06 \text{ kA}$
VP1-2	CYKY4x10	$I_z = 80.2 \text{ A}$ $t_m = 16^\circ \text{ C}$	20 m v zemi (D)
	$dU = 0.0 \%$ $I^2 t < k^2 s^2$		$i_o = 1.03 \text{ kA}$

Obr. 6.1.8 Selektivita jištění prvního paprsku (pravá strana náměstí) [30]

7 Porovnání nově navrženého osvětlení s osvětlením původním

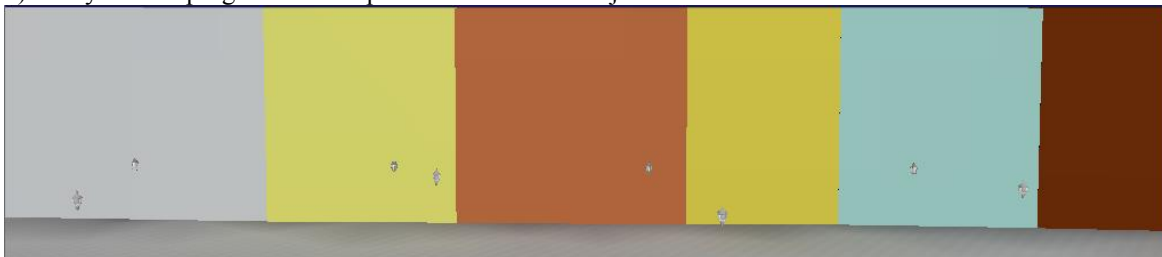
Nejdůležitějším porovnávacím faktorem jsou světelně technické parametry použitých svítidel a světelných zdrojů. Porovnání světelných zdrojů, použitých u původního osvětlení a u osvětlení mnou navrženého, je již částečně provedeno v kapitole světelné zdroje této diplomové práce. Pro připomenutí uvedu hlavní rozdíly mezi vysokotlakou sodíkovou výbojkou a metal-halogenidovou výbojkou. Oba typy světelných zdrojů mají velmi podobný měrný výkon, který se u obou udává v rozmezí 50-150 lm/W. Tento parametr je vysoce závislý na daném výrobcí a na kvalitě zpracování výrobku. Stejně tak i životnost světelného zdroje je závislá na kvalitě zpracování a kvalitě materiálů. Delšího života dosahují sodíkové vysokotlakové výbojky, jejichž životnost je průměrně dvojnásobná oproti halogenidovým výbojkám. V kapitole světelné zdroje byl udělán rozbor vybraných světelných zdrojů, z něhož je patrné, že doba života světelného zdroje není pro výběr onoho světelného zdroje zdaleka rozhodující.

V historické části města, tedy na náměstí Krále Jiřího z Poděbrad, musí být brán zřetel i na celkovou kvalitu vyzářeného světla. Lepšího podání barev dosahují halogenidové výbojky. Pro porovnání věrohodnosti barev Reluxu je použit obrázek obrázku 7.1.1, kde je zobrazen pohled na reálně stojící domy a na domy nasimulované programem Relux. Na obrázku 7.1.2 je pak vidět porovnání mezi vysokotlakovými sodíkovými výbojkami a halogenidovými výbojkami.

a) Reálné barvy fasád náměstí při denním osvětlení a jasné obloze



b) Barvy fasád z programu Relux při denním osvětlení a jasné obloze

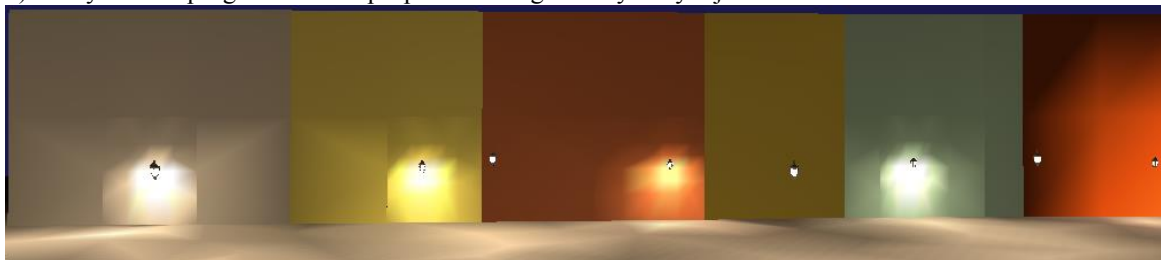


Obr. 7.1.1 Ověření věrohodnosti barev fasád, použitých v programu Relux

a) Barvy fasád z programu Relux při použití vysokotlakých sodíkových výbojek



b) Barvy fasád z programu Relux při použití halogenidových výbojek



Obr. 7.1.2 Barevné porovnání podání barev jednotlivými světelnými zdroji

Nejen díky použití odlišných světelných zdrojů jsem dosáhl zlepšení celkové světelné situace v dané lokalitě. Svůj význam má především výhodnější uspořádání celé soustavy, kdy jednostranná soustava byla nahrazena soustavou vystřídanou. V následujících tabulkách 7.1.1 a 7.1.2 je vidět, že se použitím nově navržené soustavy zlepší všechny normou předepsané parametry. Díky dosažení normativních požadavků tak bude zaručena bezpečnost provozu silniční dopravy, kdy budou chodci i překážky na komunikaci lépe viditelní a to zejména díky lepšímu podání barev, zvýšení udržované hodnoty jasu a snížení oslnění řidičů vlivem špatného umístění současných svítidel, které jsou nyní umístěny ve výšce pouhých 4 m nad zemí a dochází tak u řidičů k přímému pohledu do svítidel.

Tab. 7.1.1 Srovnání vypočtených soustav s legislativními požadavky na komunikaci pro vozidla

Porovnání výsledků	Parametry soustavy				
	Udržovaná hodnota jasu \bar{L} [cd/m ²]	Celková rovnoměrnost jasu U_0	Podélná rovnoměrnost jasu U_1	Omezující oslnění TI[%]	Osvětlení okolí SR
Požadováno normou	≥0,5	≥0,35	≥0,4	≤15	≥0,5
Současné osvětlení	0,2	0,26	0,64	69	0,92
Navrhované osvětlení	1,09	0,43	0,83	6	1,16

Tab. 7.1.2 Srovnání vypočtených soustav s legislativními požadavky na komunikaci pro pěší

Porovnání výsledků	Parametry soustavy	
	Udržovaná hodnota osvětlenosti \bar{E} [lx]	Udržovaná hodnota minimální osvětlenosti E_{\min} [lx]
Požadováno normou	≥7,5	≥1,5
Současné osvětlení	3,63	1,07
Navrhované osvětlení	12,7	1,6

Co se týká designu navrhovaných svítidel, tak si dovoluji říci, že jsou do centra města mnohem vhodnější než nažloutlé koule, které jsou umístěny na ocelových stožárech bez jakýchkoliv přízdob. Díky použitým 2-4 ramenným výložníkům by se hodil pro dané svítidlo spíše sloup mohutnější. Výložníky použité na současných sloupech nepůsobí esteticky, ani příliš pohledným dojmem. Veřejné osvětlení musí plnit funkci zabezpečující provoz na komunikacích, ale zároveň musí plnit i funkci dekorační, dokreslující atmosféru určitého místa. Je důležité, aby se všichni uživatelé, kteří se v daném prostoru pohybují, cítili nejen bezpečně, ale zároveň i příjemně.



Obr. 7.1.3 Porovnání svítidla OSLO se současným osvětlením typu koule

Pro mnou navrhované osvětlení jsem zjišťoval i ceny jednotlivých komponent. Náklady na nové osvětlení jsou přehledně zobrazeny v tabulce 7.1.3. Náklady vyčíslené v této tabulce nejsou konečné, je do nich nutno ještě započítat cenu světelných zdrojů, cenu všech pojistek použitých v rozvodech a cenu práce na montáži nově vytvářené světelné soustavy.

Tab. 7.1.3 Pořizovací náklady jednotlivých komponent nové osvětlovací soustavy

Produkt	Cena za kus	Počet kusů	Cena celkem
Svítidlo OSLO	692,741 € = 19 019 Kč	33	32 657,79 € = 627 627 Kč
Svítidlo 9000	14 900 Kč	6	89 400 Kč
Sloup KA 5,5–159/89/60	9 493 Kč	33	313 269 Kč
Litínové rameno Pechlát	2 600 Kč	6	15 600 Kč
Svorkovnice SV 6.10.4	285 Kč	39	11 115 Kč
Elektronický předřadník	1 115 Kč	39	43 485 Kč
Kabel CYKY 4x10	80 Kč/m	1184	94 720 Kč
Kabel CYKY 4x16	127,70 Kč/m	95	12 132 Kč
Hodiny Hoffmeister	1 850	1	1 850 Kč
SOUČET			1 209 198 Kč

*Pozn. všechny ceny jsou uvedeny bez DPH

Celkový rozpočet města Chebu pro rok 2014 činil 690,65 miliónu korun, z čehož na investice a údržbu veřejného osvětlení bylo vyčleněno 12,48 miliónu. Proto si myslím, že jednorázová investice 1,2 mil. Kč je v celku nízká a uskutečnění projektu je tak snad reálné.

Porovná-li obě soustavy podle jejich energetické náročnosti, pak mohu konstatovat, že nově navržená soustava veřejného osvětlení je značně úspornější. Instalovaný příkon náměstí klesl z původních 8,132 kW na pouhých 3,15 kW. Veřejné osvětlení je v provozu 4 100 h/rok. Cena elektřiny je vypočítána podle tarifu C62d skupiny ČEZ na 2 066,85 Kč/1MWh. Celková finanční roční úspora je tak při použití nové osvětlovací soustavy 42 218 Kč. Nedá se tak říci, že by se nově instalované osvětlení časem zaplatilo z ušetřených peněz za energie. Veřejné osvětlení je nutno chápat jako veřejnou službu a nikoliv jako tržní objekt, takže cenová návratnost nových technologií se zde nedá brát jako berná mince. Výhodou nového osvětlení je však to, že se u něj řadu let budou zcela eliminovat náklady na údržbu a opravu svítidel.

7.1 Posouzení navrhovaného osvětlení odborem památkové péče města Cheb

Požádal jsem odbor památkové péče města Chebu, jmenovitě paní Slávku Snížkovou, o vyjádření k navrhované renovaci veřejného osvětlení v dané lokalitě. Zaslal jsem jí všechny potřebné údaje o nově zamýšlené osvětlovací soustavě, které pro výsledné rozhodnutí potřebovala. Rovněž jsem jí zaslal namodelovanou variantu osvětlení, která je uvedena výše v kapitole 5.4. Na obrázku 7.1.4 přikládám vyjádření, které jsem od paní Snížkové obdržel.

Z vyjádření je patrné, že mnou navržené osvětlení je z pohledu památkové péče průchozí. Jediný bod, který mi nebyl zcela schválen, je instalace šesti luceren na domy na pravé straně náměstí. Zde jsem volil toto umístění proto, abych dosáhl požadavků normy v oblasti komunikace pro pěší. Volil jsem pouze ty budovy, které jsou majetkem města a tak jsem nepředpokládal problémy týkající se jejich umístění. Pokud by se tyto lucerny nakonec nerealizovaly, stinná místa by šlo kompenzovat mírným snížením rozteče sloupů, na kterých jsou umístěna svítidla OSLO.

Snížková Slávka

Od: Snížková Slávka
Odesláno: 4. května 2015 11:05
Komu: 'Bc. Vojtech SEDLACEK'
Předmět: RE: Diplomová práce - žádost o nezávazné vyjádření

Dobrý den, po prostudování Vašich podkladů si dovoluji z hlediska státní památkové péče a zároveň i z pohledu města Cheb Vám sdělit svůj názor:

- velmi vhodné je snížení energetické náročnosti svítidel
- zvolený typu osvětlení by byl z hlediska památkové péče vhodný, v současné době se na náměstí nachází novodobý typ svítidel, který byl zvolen v minulosti, ale v současné době již město uvažuje o změně spíše k návratu k historizujícím typům svítidel
- v rámci realizace Programu regenerace městských památkových rezervací a zón, který bude letos zpracováván realizován na léta 2016 -2020 bude také řešen mobiliář města včetně osvětlení
- trochu problematické vidím osazení svítidel na domy na náměstí, spíše bychom drželi variantu osazení osvětlení mimo objekty, vyjma Špalíčku a uliček mimo náměstí nebo dvorní trakty, ale zásadně proti obecným pravidlům to není

Tak to je ve stručnost vše.

Slávka Snížková
referentka památkové péče
odbor stavební a životního prostředí, oddělení územního plánování a památkové péče

Městský úřad Cheb
nám. Krále Jiřího z Poděbrad 14
350 00 Cheb
Tel.: +420 354 440 175
Fax: +420 354 440 550
E-mail: snizkova@cheb.cz
Internet: www.cheb.cz

Obr. 7.1.4 Vyjádření odboru památkové péče města Chebu

Závěr

Na náměstí Krále Jiřího z Poděbrad jsem provedl dne 3. dubna 2015 kontrolní měření, ze kterého je patrné, že v současnosti instalovaná soustava VO již nevyhovuje legislativním požadavkům. Soustava nevyhověla ani v relevantní oblasti pro vozidla, ani v oblasti pro pěší. Nedostatky této soustavy jsou zejména v přílišném oslnění řidičů vlivem přímého pohledu do svítidel, dále pak nízké hladiny udržovaného jasu i osvětlenosti a v neposlední řadě nebyla dodržena rovnoměrnost jasů a minimální udržovaná osvětlenost. Z naměřených hodnot jsem vytvořil graf, kde je zanesena osvětlenost v závislosti na vzdálenosti a směru měřícího bodu od světelného místa.

Takto naměřené hodnoty jsem porovnal s modelem VO, který jsem vytvořil v programu Relux. Naměřené hodnoty osvětlenosti byli přibližně o 20% nižší, než u soustavy vytvořené výpočtovým programem. Důvodem, proč jsou naměřené hodnoty nižší, je jistě fakt, že původní veřejné osvětlení je již v provozu 23 let a dostalo se tak za hranici své životnosti. Udržovací činitel osvětlovací soustavy se pro nově vytvářené soustavy nastavuje jako hodnota 0,8, což zohledňuje stárnutí svítidel, kdy světelný tok emitovaný zdroji světla poklesne na 80% původní hodnoty. Zadal jsem ve výpočtovém programu udržovací činitel roven 0,6, tedy pokles světelného toku na 60%, díky tomu se mi hodnoty naměřené a výsledky výpočtového programu podařilo sjednotit. Pokles světelného toku oproti jeho původní hodnotě je tedy 40%.

Vytvořil jsem model nového veřejného osvětlení, kde jsem respektoval jak technické požadavky, které jsou na soustavu kladeny, tak i požadavky specifické pro daný prostor. Nově navrhované osvětlení muselo vyhovět kritériím, které požadovalo oddělení památkové péče města Chebu. Toto vše se mi podařilo, což dokládá kladné stanovisko památkářky paní Slávky Snížkové. Snažil jsem se navrhnout takovou soustavu VO, která by byla reálně proveditelná a která by udělala město Cheb zajímavější. Vytvořil jsem variantu osvětlení, kde jsem nahradil jednostrannou soustavu soustavou vystřídanou. Vytvořil jsem si více variant na typy svítidel, kdy mi nejlépe vyšla varianta s šesti svítidly typu 9000 od společnosti Hellux a 33 svítidly OSLO od společnosti Noral. Tato varianta vyjde po započtení části elektroinstalačního materiálu dle tabulky 7.1.3 na 1,2 mil. Kč. Tato cena se mi zdá vzhledem k velikosti osvětlovaného prostoru velmi umírněná a před začátkem práce jsem ji čekal mnohem vyšší.

Domnívám se, že současnou instalovanou soustavu VO je již nutno vyměnit a renovovat. Při renovaci bych jednoznačně doporučil výměnu i stávajícího vedení a jisticích prvků, neboť i tyto výrazně překročily svou životnost. Co se týče dimenzování vedení s ohledem na přípustné oteplení vlivem procházejícího proudu, tak byl tento požadavek dodržen, neboť jsou použity kabely CYKY 4x10 a to při jmenovité zátěži maximálně 1 050 kW. Takto vysoký průřez, byť se může zdát vůči připojené zátěži nevhodný má své opodstatnění, protože pouze takto vysoký průřez a vyšší umožňuje splnit požadavek na povolené úbytky napětí. . Povoleno úbytky napětí na vedení u veřejného osvětlení je 5%. Díky výpočtovému programu Sichr jsem navrhl takové vedení, které nejen že nepřekračuje předepsaný úbytek napětí na vedení, ale zároveň jsou na něm nastaveny takové jisticí prvky, které jsou mezi sebou selektivní a instalovaná soustava tak bude bezpečná a bezproblémově provozuschopná.

Celkově shledávám tuto diplomovou práci jako velice přínosnou, neboť jsem se nesetkal při hledání zdrojů s podobnou prací, která by byla zaměřena na instalaci veřejného pouličního osvětlení v historických částech měst. Proto bych byl rád, kdyby mnou vytvořená práce sloužila jako podkladový materiál pro nově navrhovaná osvětlení v podobných lokalitách. Největším úspěchem by pro mne bylo, kdyby město Cheb, při plánované renovaci veřejného osvětlení v historickém centru, přihlédlo ve svém projektu i k mnou navrhovanému řešení.

Seznam literatury a dalších informačních zdrojů

- [1] LINDA, Josef. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. *Elektrické Světlo: Elektrické Světlo I-III*. Plzeň: Západočeská univerzita - ediční středisko, 1993. ISBN 60-7082-094-2.
- [2] HABEL, Jiří, Karel DVOŘÁČEK, Vladimír DVOŘÁČEK a Petr ŽÁK. *Světlo a osvětlování*. Praha: nakladatelství technické literatury, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [3] LOSOS, Zdeněk a Václav VÁVRA. Multimediální studijní texty z mineralogie pro bakalářské studium: Optické vlastnosti. [online]. 2013, 11.1.2013 [cit. 2014-08-01]. Dostupné z: http://mineralogie.sci.muni.cz/kap_4_3_optika/indikatrix.htm
- [4] SOKANSKÝ, Karel. *Inteligentní řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení* [online]. Ostrava, 2003 [cit. 2014-09-12]. Dostupné z: http://www.csorsostrava.cz/publikace/inteligentni_ridici_systemy%20-%202003.pdf
- [5] PHILIPS ČESKÁ REPUBLIKA, s.r.o. *Philips Česká republika, s.r.o.* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.lighting.philips.cz/>
- [6] FEDATEX PLUS S.R.O. *Fedatex plus s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.ekosvetla.cz/lvd-indukcni-osvetleni/indukcni-vybojky-lvd-saturn/>
- [7] NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR. *Světelné zdroje a svítidla veřejného osvětlení* [online]. 2009 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.vybojky-zarovky.cz/>
- [8] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *SVĚTELNÉ ZDROJE A SVÍTIDLA PRO VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ V ROCE 2012* [online]. 2012 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2230-seven-svetelne-zdroje-a-svitidla.pdf>
- [9] ELKAM lighting. ELKAM LIGHTING S.R.O. *ELKAM lighting* [online]. 2015 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://svetelne-zdroje-philips.elkam.cz/32354/hpl4-80w-642-e27-philips.html>
- [10] Ledvyrobky. SIKOV ROŽNOV S.R.O. *Ledvyrobky* [online]. 2015 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.ledvyrobky.cz/>
- [11] ČSN EN 13201-1. *Osvětlení pozemních komunikací: Část 1: Výběr tříd osvětlení*. Český normalizační institut, 2006.
- [12] ČSN EN 13201-2. *Osvětlení pozemních komunikací: Část 2: Požadavky*. Český normalizační institut, 2004.
- [13] ČSN EN 13201-3. *Osvětlení pozemních komunikací: Část 3: Výpočet*. Český normalizační institut, 2005.
- [14] BUREŠ, Milan. Tabulka krytí IP: popis stupňů. [online]. 2003 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/krip030918>
- [15] SPOLEČNOST PRO ROZVOJ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ. *Doporučené standardy pro zařízení veřejného osvětlení* [online]. 2009 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: Doporučené standardy pro zařízení veřejného osvětlení
- [16] TOP OSVĚTLENÍ S.R.O. *Udržovací činitel světelné soustavy* [online]. 2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.top-osvetleni.cz/navrhy-osvetleni/profesionalni-navrhy-osvetleni/446-udrzovaci-cinitel-svetelne-soustavy>
- [17] GONNELLA, Giorgio. Vlastní dílo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Cheb#/media/File:Cheb-main_square.JPG
- [18] RELUX. *ReluxPro* [online]. 2010 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://www.relux.com/>
- [19] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘIČSKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2004, 2015 [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/>
- [20] ELEKTROSVIT SVATOBORICE, a. s. *Katalog* [online]. 2014 [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.elektrosvit.cz/files/www/0/986-katalog-2014-cz.pdf>
- [21] GOOGLE. *Mapa* [online]. 2015 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Cheb/@50.079206,12.3715306,344m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x47a0f65f5f94cbfb:0xc0d3b534b3db8f66>
- [22] ZOBRA AURA LIGHT GROUP. *Katalog* [online]. 2014 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://noral.se/en/products/oslo>
- [23] HELLUX GMBH. *Katalog* [online]. 2014 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://hellux.de/de/produkte/historische-leuchten/9000/>

- [24] KOOPERATIVA V.O.D. *Katalog* [online]. 2013 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.kooperativa-vod.cz/static/soubory/stranka-80/katalog-stozary-201331-40-575.pdf>
- [25] PECHLÁT, Josef. PECHLÁT S.R.O. *Katalog* [online]. 2013 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.kooperativa-vod.cz/static/soubory/stranka-80/katalog-stozary-201331-40-575.pdf>
- [26] ELEKTRO, výrobní družstvo v Bečově nad Teplou. *Katalog* [online]. 2015 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.elektrobecov.cz/clanky/198-pruchozi,-ctyrvodicova,-s-nosicem-pojistky-rsp-4.html>
- [27] E-LIGHT.CZ. *Katalog* [online]. 2015 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.e-light.cz/svitidla/17870/>
- [28] DCK HOLOUBKOV BOHEMIA A.S. *Katalog* [online]. 2015 [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.dck.cz/>
- [29] ARTMETAL ČECHY S.R.O. *Rozvody veřejného osvětlení* [online]. 2012 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.artmetal-cz.com/p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky/za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20vo/Rozvody%20ve%C5%99ejn%C3%A9ho%20osv%C4%9Btlen%C3%AD.pdf>
- [30] OEZ S.R.O. *Výpočtový program SICH*R [online]. 2014 [cit. 2015-01-029]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/search.php?action=results&query=sichr>

Přílohy

Příloha A: formulář pro výběr třídy osvětlení

formulář pro výběr třídy osvětlení													
Viz tabulka 1 – Skupiny světelných situací													
Uživatel	Hlavní	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla				Cyklisté			Chodci			
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
	Další povolený uživatel	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla				Cyklisté			Chodci			
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			
Nepovolený uživatel	Motorová doprava	Velmi pomalá vozidla				Cyklisté			Chodci				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				
Typická rychlost hlavního uživatele [km/h]		> 60	> 30 a ≤ 60				> 5 a ≤ 30			Rychlost chůze			
		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Skupina světelné situace		A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	D2	D3	D4	E1	E2
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Viz tabulka 2 - Charakteristické parametry													
Konfliktní oblast		Ano					Ne						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Složitost zorného pole		Běžná					Velká						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Náročnost navigace		Běžná					Větší než běžná						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Parkující vozidla		Ano					Ne						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Riziko kriminality		Běžné					Větší než běžné						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Rozpoznání obličejů		Není potřebné					Potřebné						
		<input type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>						
Jas okolí		Malý					Velký						
		<input type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>						
Převládající počasí		Suché					Vlhké						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Stavební opatření ke zklidnění dopravy		Ano					Ne						
		<input type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>						
Směrově rozdělená komunikace		Ano					Ne						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						
Druh křižovatky		Mimoúrovňové					Úrovňové						
		Vzdálenost křižovatek mezi mosty [km]					Hustota [počet křižovatek na km]						
		> 3		≤ 3			> 3		≤ 3				
		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				
Intenzita silničního provozu za den		< 7 000			≥ 7 000 a < 15 000			≥ 15 000 a < 25 000		> 25 000			
		<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Intenzita cyklistického provozu		Běžná					Velká						
		<input checked="" type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						

Intenzita pěšího provozu		Běžná										Velká		
		<input type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>		
Třída osvětlení	ME1	<input type="checkbox"/>	MEW1	<input type="checkbox"/>	CE0	<input type="checkbox"/>	S1	<input type="checkbox"/>	A1	<input type="checkbox"/>	ES1	<input type="checkbox"/>	EV1	<input type="checkbox"/>
	ME2	<input type="checkbox"/>	MEW2	<input type="checkbox"/>	CE1	<input type="checkbox"/>	S2	<input type="checkbox"/>	A2	<input type="checkbox"/>	ES2	<input type="checkbox"/>	EV2	<input type="checkbox"/>
	ME3a	<input type="checkbox"/>	MEW3	<input type="checkbox"/>	CE2	<input type="checkbox"/>	S3	<input type="checkbox"/>	A3	<input type="checkbox"/>	ES3	<input type="checkbox"/>	EV3	<input type="checkbox"/>
	ME3b	<input type="checkbox"/>	MEW4	<input type="checkbox"/>	CE3	<input type="checkbox"/>	S4	<input type="checkbox"/>	A4	<input type="checkbox"/>	ES4	<input type="checkbox"/>	EV4	<input type="checkbox"/>
	ME3c	<input type="checkbox"/>	MEW5	<input type="checkbox"/>	CE4	<input type="checkbox"/>	S5	<input type="checkbox"/>	A5	<input type="checkbox"/>	ES5	<input type="checkbox"/>	EV5	<input type="checkbox"/>
	ME4b	<input type="checkbox"/>			CE5	<input type="checkbox"/>	S6	<input type="checkbox"/>	A6	<input type="checkbox"/>	ES6	<input type="checkbox"/>	EV6	<input type="checkbox"/>
	ME5b	<input type="checkbox"/>					S7	<input type="checkbox"/>	A7	<input type="checkbox"/>	ES7	<input type="checkbox"/>		
	ME5	<input checked="" type="checkbox"/>												
	ME6	<input type="checkbox"/>												

Příloha B: Vyjádření o konfliktu ČEZ Distribuce, a.s.

ŽADATEL

Vojtěch Sedláček

NAŠE ZNAČKA
0100264014

VYŘIZUJE / LINKA
840 840 840

VYŘÍZENO DNE
01.04.2014

Sdělení o existenci energetického zařízení v majetku společnosti ČEZ Distribuce, a. s., pro akci:
Studie veřejného osvětlení NKJzP, Cheb

Vážený zákazníku,

dovolujeme si reagovat na Vaši žádost číslo 0100264014 ze dne 01.04.2014 o sdělení o existenci energetického zařízení. V majetku společnosti ČEZ Distribuce, a. s., se na Vámi uvedeném zájmovém území nachází nebo zasahuje ochranným pásmem energetické zařízení typu:

PODZEMNÍ SÍŤ**STANICE**

Energetické zařízení je chráněno ochranným pásmem podle § 46 zákona č. 458/2000 Sb. (energetický zákon) v platném znění. Přibližný průběh tras zasiláme v příloze, přičemž v trase kabelového vedení může být uloženo několik kabelů.

V případě, že uvažovaná akce nebo činnost zasáhne do ochranného pásma nadzemních vedení nebo trafostanic, popř. bude po vytyčení zjištěno, že zasahuje do ochranného pásma podzemních vedení, je nutné písemně požádat o souhlas s činností v ochranném pásmu (formulář je k dispozici na www.cezdistribuce.cz v části Formuláře / Činnosti v ochranných pásmech, kontaktní údaje pro podání Vaší žádosti naleznete v zápatí). Jestliže uvažovaná akce vyvolá potřebu dílčí změny trasy vedení nebo přemístění některých prvků energetického zařízení, je nutné včas požádat o přeložku zařízení podle § 47 zákona č. 458/2000 Sb. v platném znění.

Upozorňujeme Vás rovněž, že v zájmovém území se může nacházet energetické zařízení, které není v majetku společnosti ČEZ Distribuce, a. s.

V případě existence podzemních energetických zařízení je povinností stavebníka před započítím zemních prací čtrnáct dní předem požádat o vytyčení prostřednictvím Zákaznické linky 840 840 840.

Pokud dojde k obnažení kabelového vedení nebo k poškození energetického zařízení, kontaktujte, prosím, naši Poruchovou linku 840 850 860, která je Vám k dispozici 24 hodin denně, 7 dní v týdnu.

Toto sdělení je platné 6 měsíců od 01.04.2014 a je jedním z podkladů pro zpracování projektové dokumentace, pokud je taková dokumentace zpracovávána. Nenahrazuje však vyjádření Provozovatele distribuční soustavy k projektové dokumentaci pro územní nebo stavební řízení, k připojení nového odběru, zdroje elektrické energie nebo k navýšení rezervovaného příkonu a výkonu a mimo havárií ani souhlas s činností v ochranném pásmu.

S pozdravem

z pověření ŘDA/94/0023/2012
ing. Zbyněk Businský,
vedoucí odboru Správa dat o síti,
ČEZ Distribuce, a. s.

Přílohy

1. Situační výkres zájmového území
2. Podmínky pro provádění činností v ochranných pásmech energetických zařízení



SKUPINA ČEZ – GENERÁLNÍ PARTNER ČESKÉHO OLYMPIJSKÉHO TÝMU 2001–2016

ČEZ Distribuce, a. s.

Dečín, Dečín IV-Podmokly, Teplická 874/8, PSČ 405 02 | IČ: 24729035, DIČ: CZ24729035 |
tel. zákaznické služby: 840 840 840, fax: +420 371 102 008, tel. poruchové služby: 840 850 860
e-mail: Info@cezdistribuce.cz, www.cezdistribuce.cz | bank. spoj.: KB Praha 35-4544580267/0100
zapsaná v obchodním rejstříku vedeném u Krajského soudu v Ústí nad Labem, oddíl B, vložka 2145
Zasílací adresa pro zákazníky: Guidenerova 2577/19, PSČ 303 03, Píseň

Příloha C: ČEZ ICT Services, a.s.

ŽADATEL
Vojtěch Sedláček

NAŠE ZNAČKA
0200191610

VYŘIZUJE / LINKA
ČEZ ICT Services, a. s.

VYŘÍZENO DNE
02.04.2014

Pro: **Zemní práce, terénní úpravy**

Sdělení o existenci komunikačního vedení společnosti ČEZ ICT Services, a. s., pro akci:

Studie veřejného osvětlení NKJzP, Cheb

Vážený zákazníku,

dovolujeme si reagovat na Vaši žádost, která se týkala sdělení o existenci komunikačního vedení. Na Vámi uvedeném zájmovém území se nenachází komunikační vedení v majetku ČEZ ICT Services, a. s.

Tímto sdělením dáváme souhlas s územním řízením, stavebním řízením a se zjednodušeným územním řízením pro výše uvedenou stavbu.

Toto sdělení je platné 1 rok od 02.04.2014.

S pozdravem

Martin Šklíba
ČEZ ICT Services, a. s.

Přílohy

Situační výkres zájmového území



SKUPINA ČEZ – GENERÁLNÍ PARTNER ČESKÉHO OLYMPIJSKÉHO TÝMU 2001–2016

ČEZ ICT Services, a. s.

Praha 4, Duhová 1531/3, PSČ 140 53 | tel.: 841 842 843, fax: 211 046 250, e-mail: service@cez.cz,
www.cez.cz | IČ: 26470411, DIČ: CZ26470411 | zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl B, vložka 7309 | zaslací adresa pro zákazníky: Praha 4, Duhová 1444/2,
PSČ 140 53

Příloha D: Vyjádření o konfliktu CHEVAK Cheb, a.s.

CHEVAK Cheb, a.s.
Tršnická 4/11
350 02 Cheb

Vyřizuje: odd. vodorozvoje
Bc. Jiří Puffer
Tel: 354 414 311

Stanovisko k existenci sítě

Číslo žádosti	20140470		
Žadatel			
Název organizace		IČ	
Příjmení, jméno, titul	Sedláček Vojtěch Bc.		
Obec	cheb	PSC	35002
Ulice / č.p. / č.o./	Hrnčířská 1		
E-mail	vojtech.sedlacek@centrum.cz	Telefon	777576567
		Fax	
Stavebník			
Název organizace		IČ	
Příjmení, jméno, titul	Sedláček Vojtěch Bc.		
Obec	cheb	PSC	35002
Ulice / č.p. / č.o./	Hrnčířská 1		
E-mail	vojtech.sedlacek@centrum.cz	Telefon	777576567
		Fax	
Název stavby	Studie veřejného osvětlení NKJzP, Cheb		
<p>V zájmovém území se nachází zařízení (vodovod, kanalizace, ochranná pásma a jiné sítě) provozovaná společností CHEVAK Cheb, a. s. Tato zařízení jsou v situaci (příloha č. 1) zakreslena orientačně.</p> <p>Stavbu, která se dotýká stávajících zařízení, je možno provádět dle § 23 zák. č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu pouze s písemným souhlasem provozovatele vodovodu a kanalizace.</p> <p>Projektovou dokumentaci výše uvedené stavby požadujeme předložit k odsouhlasení. V případě požadavku připojení na vodovod nebo kanalizaci je nutno možnost připojení projednat s odd. vodorozvoje.</p> <p>Podmínky pro zpracování PD:</p> <p>Při zpracování PD musí být dodržena ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Při zpracování PD je nutno respektovat ochranná pásma, která jsou vymezena dle § 23 zák. č. 274/2001 Sb. vodorovnou vzdáleností od vnějšího líce stěny potrubí na každou stranu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - u vodovodních řadů a kanalizačních stok do průměru 500 včetně, 1,5 m, - u vodovodních řadů a kanalizačních stok nad průměr 500, 2,5 m, - u vodovodních řadů, nebo kanalizačních stok nad průměr 200 mm včetně, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2,5 m pod upraveným povrchem, se výše uvedené vzdálenosti zvyšují o 1,0 m. <p>Toto stanovisko slouží pouze k ověření existence inženýrských sítí nebo jiných zájmů společnosti CHEVAK Cheb, a. s., jako podklad pro informaci o území a ke zpracování projektové dokumentace, nikoli jako stanovisko k územnímu a stavebnímu řízení, změně užívání stavby nebo změně využití území.</p> <p>Vytyčení provádí na základě objednávky pracovníci CHEVAK Cheb, a. s.</p> <p>Územní působnost provozu Cheb: vodovod Jiří Smka 739 543 352, kanalizace Zdeněk Marek 739 543 353</p> <p>Územní působnost provozu Aš: vodovod Miroslav Brilla 739 543 426, kanalizace Petr Majchrák 739 543 444</p> <p>Územní působnost provozu Mariánské Lázně: vodovod Martin Našinec 739 543 403, kanalizace Marek Hampejs 739 543 416</p> <p>Provoz Nebanice: přiváděcí řady Petr Dick 739 543 451</p> <p>Stanovisko má platnost 6 měsíců.</p> <p>V Chebu, 1.4.2014</p>			
Zájmové území	(viz příloha)		

CHEVAK Cheb, a.s.¹³

odd. vodorozvoje

IČ: 49787977, DIČ: CZ49787977

Tršnická 4/11, 350 02 Cheb

hájilova

Příloha E: Telefónica Czech Republic, a.s.



**VYJÁDŘENÍ O EXISTENCI SÍTĚ ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKACÍ
A VŠEOBECNÉ PODMÍNKY OCHRANY SÍTĚ ELEKTRONICKÝCH KOMUNIKACÍ
SPOLEČNOSTI TELEFÓNICA CZECH REPUBLIC, A.S.**

vydané podle § 101 zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů a § 161 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) či dle dalších příslušných právních předpisů

Číslo jednací: 563226/14

Číslo žádosti: 0114 112 229

Důvod vydání *Vyjádření*: Zemní práce, terénní úpravyPlatnost tohoto *Vyjádření* končí dne: 28. 3. 2016.

Žadatel	Sedláček Vojtěch	
Stavebník	Sedláček Vojtěch	
Název akce	Studie veřejného osvětlení NKJzP, Cheb	
Zájmové území	Okres	Cheb
	Obec	Cheb
	Kat. území / č. parcely	Cheb

Žadatel shora označenou žádostí určil a vyznačil zájmové území, jakož i stanovil důvod pro vydání *Vyjádření* o existenci sítě elektronických komunikací a Všeobecných podmínek ochrany sítě elektronických komunikací společnosti Telefónica Czech Republic, a.s. (dále jen *Vyjádření*).

Na základě určení a vyznačení zájmového území žadatelem a na základě stanovení důvodu pro vydání *Vyjádření* vydává společnost Telefónica Czech Republic, a.s. (dále jen *Telefónica*) následující *Vyjádření*:

dojde ke střetu

se sítě elektronických komunikací (dále jen *SEK*) společnosti *Telefónica*, jejíž existence a poloha je zakreslena v příloženém výřezu/výřezech z účelové mapy *SEK* společnosti *Telefónica*. Ochranné pásmo *SEK* je v souladu s ustanovením § 102 zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů stanoveno rozsahem 1,5 m po stranách krajního vedení *SEK* a není v příloženém výřezu/výřezech z účelové mapy *SEK* společností *Telefónica* vyznačeno (dále jen *Ochranné pásmo*).

(1) *Vyjádření* je platné pouze pro zájmové území určené a vyznačené žadatelem, jakož i pro důvod vydání *Vyjádření* stanovený žadatelem v žádosti.

Vyjádření pozbývá platnosti uplynutím doby platnosti v tomto *Vyjádření* uvedené, změnou rozsahu zájmového území či změnou důvodu vydání *Vyjádření* uvedeného v žádosti, nesplněním povinností stavebníka dle bodu (2) tohoto *Vyjádření*, a nebo pokud se žadatel či stavebník bezprostředně před zahájením realizace stavby ve vyznačeném zájmovém území prokazatelně neujistí u společnosti *Telefónica* o tom, zda toto *Vyjádření* v době bezprostředně předcházející zahájení realizace stavby ve vyznačeném zájmovém území stále odpovídá skutečnosti, to vše v závislosti na tom, která ze skutečností rozhodná pro pozbýtí platnosti tohoto *Vyjádření* nastane nejdříve.

(2) Stavebník, nebo jím pověřená třetí osoba, je povinen bez zbytečného odkladu poté, kdy zjistil, že jeho záměr, pro který podal shora označenou žádost, je v kolizi se *SEK* a nebo zasahuje do *Ochranného pásma SEK*, nejpozději však před počátkem zpracování projektové dokumentace stavby, která koliduje se *SEK* a nebo zasahuje do *Ochranného pásma SEK*, vyzvat společnost *Telefónica* ke stanovení konkrétních podmínek ochrany *SEK*, případně k přeložení *SEK*, a to v pracovní dny od 8:00 do 15:00, prostřednictvím zaměstnance společnosti *Telefónica* pověřeného ochranou sítě - Rudolf Basler, tel.: 607 866 142, 377 143 049, e-mail: rudolf.basler@telefonica.com (dále jen *POS*).



Číslo jednací: 563226/14

Číslo žádosti: 0114 112 229

(3) **Přeložení SEK zajistí její vlastník, společnost Telefónica.** Stavebník, který vyvolal překládku SEK je dle ustanovení § 104 odst. 17 zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů povinen uhradit společnosti Telefónica veškeré náklady na nezbytné úpravy dotčeného úseku SEK, a to na úrovni stávajícího technického řešení.

(4) **Pro účely přeložení SEK dle bodu (3) tohoto Vyjádření je stavebník povinen uzavřít se společností Telefónica Smlouvu o realizaci překládky SEK.**

(5) Bez ohledu na všechny shora v tomto Vyjádření uvedené skutečnosti je stavebník, nebo jím pověřená třetí osoba povinen řídit se Všeobecnými podmínkami ochrany SEK společnosti Telefónica, které jsou nedílnou součástí tohoto Vyjádření.

(6) Společnost Telefónica prohlašuje, že žadateli byly pro jím určené a vyznačené zájmové území poskytnuty veškeré, ke dni podání shora označené žádosti, dostupné informace o SEK.

(7) Žadateli převzetím tohoto Vyjádření vzniká povinnost poskytnuté informace a data užít pouze k účelu, pro který mu byla tato poskytnuta. Žadatel není oprávněn poskytnuté informace a data rozmnožovat, rozšiřovat, pronajímat, půjčovat či jinak užívat bez souhlasu společnosti Telefónica. V případě porušení těchto povinností vznikne žadateli odpovědnost vyplývající z platných právních předpisů, zejména předpisů práva autorského.

V případě dotazů k Vyjádření lze kontaktovat společnost Telefónica na asistenční lince 14 111.

Přílohami Vyjádření jsou:

- Všeobecné podmínky ochrany SEK společnosti Telefónica
- Situační výkres (obsahuje zájmové území určené a vyznačené žadatelem a výřezy účelové mapy SEK)
- Informace k vytyčení SEK

Vyjádření vydala společnost Telefónica dne: 28. 3. 2014.



Telefónica Czech Republic, a.s.
Za Brumlovkou 266/2
140 22 Praha 4
DIČ: CZ 60193336

188

Příloha F: Vyjádření o konfliktu RWE Distribuční služby, s.r.o.

Vojtěch Sedláček
Hrnčířská 2132/1
35002 Cheb

naše značka
5000924565

vyřizuje
Pavel Kús

datum
03.04.2014

Věc:
Studie renovace veřejného osvětlení NKJzP

K.ú. - p.č.: Cheb

Stavebník: Vojtěch Sedláček, Hrnčířská 2132/1, 35002 Cheb

Účel stanoviska: Existence sítě

RWE GasNet, s.r.o., jako provozovatel distribuční soustavy (PDS) a technické infrastruktury, zastoupený RWE Distribuční služby, s.r.o., vydává toto stanovisko:

V zájmovém území vyznačeném v příloze tohoto stanoviska, nebo jeho blízkosti se nachází provozovaná plynárenská zařízení (dále jen PZ) ve vlastnictví nebo správě RWE GasNet, s.r.o. - viz příloha s informativní polohou tohoto PZ a informací v legendě.

Upozorňujeme, že se v zájmovém území vyznačeném v příloze tohoto stanoviska mohou nacházet PZ, která jsou ve fázi výstavby a doposud nebyla předána RWE GasNet, s.r.o. k provozování. Taktéž se v zájmovém území mohou nacházet PZ jiných vlastníků či správců, případně i dlouhodobě nefunkční/neprovozovaná PZ bez dostupných informací o jejich poloze.

Toto stanovisko slouží POUZE JAKO INFORMACE o existenci PZ v zájmovém území vyznačeném v příloze.

Stanovisko NELZE POUŽÍT pro jednání s orgány státní správy ve věcech územního plánování a stavebního řádu dle zákona č. 183/2006 Sb. v platném znění a NELZE ho použít např. pro územní řízení, řízení o územním souhlasu, veřejnoprávní smlouvy pro umístění stavby, zjednodušené územní řízení, ohlášení, stavební řízení, společné územní a stavební řízení, veřejnoprávní smlouvy o provedení stavby nebo oznámení stavebního záměru s certifikátem autorizovaného inspektora.

Stanovisko NELZE POUŽÍT pro realizaci stavby a rovněž nenahrazuje stanovisko k dokumentaci stavby.

Pro případné upřesnění polohy PZ je nutné provést jeho vytyčení. Vytyčení provede příslušná provozní oblast. Při žádosti uvede žadatel naši značku (číslo jednací) uvedenou v úvodu tohoto stanoviska.

Platí pouze pro území vyznačené v příloze tohoto stanoviska a to 24 měsíců ode dne jeho vydání.

Stanovisko bylo vygenerováno na základě Vaší žádosti automaticky.

RWE Distribuční služby, s.r.o.

Plynárenská 499/1
657 02 Bmo
T +420532221111
F +420545578571
E info_ds@rwe.cz
I www.rwe.cz
IČ: 27935311
DIČ: CZ27935311

Zapsán do obchodního rejstříku
Krajský soud v Brně
oddíl C, vložka 57165
26.07.2007

Bankovní spojení:
ČSOB a.s.
Číslo účtu: 17837923
Kód banky: 0300



Za správnost a úplnost dokumentace předložené s žádostí včetně jejího souladu s platnými předpisy plně zodpovídá její zpracovatel. Stanovisko nenahrazuje případná další stanoviska k jiným částem stavby.

V případě další korespondence nebo jednání (např. změna stavby) uvádějte naši značku - 5000924565 a datum tohoto stanoviska. Kontakty jsou k dispozici na www.rwe-ds.cz nebo Zákaznická linka 840 11 33 55.

Pavel Kůs
vedoucí regionální OSS-Plzeň
odděl. reg. oper. správy sítí Plzeň
RWE Distribuční služby, s.r.o.
+420377097131
pavel.kus@rwe.cz

Přílohy: Detailní zakres plynárenského zařízení

Příloha G: Vyjádření o konfliktu UPC Česká republika, s.r.o.

UPC Česká republika, s.r.o.

Závišova 5, 140 00 Praha 4, Česká republika

IČ: 00562262

T +420 261 107 111 F +420 261 107 100

Zčů
Vojtěch Sedláček
Hrnčířská 1
35002 Cheb



Datum: 1.4.2014

Věc: Nekolizní vyjádření na podzemní vedení veřejné komunikační sítě (dále PVVKS)
k žádosti č.: E003152/14

Název stavby /akce: Studie veřejného osvětlení NKJzP, Cheb

Katastrální území: Cheb

Číslo parcely:

Důvod žádosti: Územní a stavební řízení

Popis jiného důvodu žádosti:

Žádost o souhlas se zjednodušeným územním řízením: **Ano**

Žádost o souhlas s veřejnoprávní smlouvou: **Ano**

Vážený pane / Vážená paní,

dle Vámi předložené dokumentace se v prostoru stavby nenacházejí žádná PVVKS, která by byla v našem vlastnictví.

Se stavbou souhlasíme.

Toto vyjádření se vztahuje k aktuálnímu stavu neexistence PVVKS ve staveništi předmětné stavby a ke dni zahájení stavby je nutno existenci PVVKS znovu ověřit.

Toto vyjádření platí 1 rok od data vystavení.

S pozdravem

Oddělení dokumentace

