

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRY ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Studie přechodu průmyslového závodu Hutchinson v  
Rokycanech na LED osvětlení**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan KROUZA**  
Osobní číslo: **E13N0137P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Studie přechodu průmyslového závodu Hutchinson v Rokycanech na LED osvětlení**  
Zadávací 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 :

1. Uveďte typy osvětlení pro průmyslové haly a trendy v průmyslovém osvětlení
2. Analyzujte současný stav v podniku a proveďte odhad celkové spotřeby osvětlení
3. Zpracujte návrh rekonstrukce osvětlení s přihlédnutím k životnosti, spolehlivosti a údržbě
4. Zhodnoťte navržená opatření z technického, energetického, ekonomického a ekologického hlediska

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


**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**  
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

## **Abstrakt**

Předkládaná diplomová práce se zabývá rekonstrukcí osvětlení průmyslového závodu Hutchinson Rokycany s.r.o. Cílem práce bylo popsat současné trendy v osvětlení, analyzovat současné osvětlení v podniku, zpracovat návrh rekonstrukce osvětlení a tento návrh zhodnotit z technického, ekonomického, energetického a ekologického hlediska.

## **Klíčová slova**

LED, intenzita osvětlení, rovnoměrnost osvětlení, osvětlovací soustava, světelný zdroj, svítidlo, měrný výkon...

## **Abstract**

The diploma thesis deals with the reconstruction of a lighting system in the industrial complex of Hutchinson Rokycany s.r.o. The goal of the thesis is to describe current trends in the lighting market, analyze current lighting systems in the company, propose a reconstruction of the lighting systems and evaluate it from the technical, economic and energetic point of view.

## **Key words**

LED, lighting intensity, the even distribution of lighting, lighting system, a lighting source, a luminaire, light efficiency...

## **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

Jan Krouza

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné konzultace, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Radku Pechmanovi ze společnosti ILC Factory a panu Zbyňku Svobodovi ze společnosti Ekosvětlo za cenné profesionální rady a poskytnuté materiály. V poslední řadě bych chtěl poděkovat zaměstnancům společnosti Hutchinson Rokycany s.r.o. Ing. Jindřichu Němcovi a panu Miroslavu Černému za odborné rady a konzultace.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>TRENDY V PRŮMYSLOVÉM OSVĚTLENÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 SVĚTELNÉ ZDROJE A JEJICH TRŽDĚNÍ .....	12
1.2 TEPLOTNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE .....	13
1.2.1 Obyčejné žárovky .....	13
1.2.2 Halogenové žárovky .....	13
1.3 VÝBOJOVÉ SVĚTELNÉ ZDROJE .....	14
1.3.1 Zářivky .....	14
1.3.2 Startování zářivky .....	15
1.3.3 Nízkotlaké sodíkové výbojky .....	16
1.3.4 Indukční výbojky .....	18
1.3.5 Vysokotlaké výbojové zdroje .....	19
1.3.6 Vysokotlaké sodíkové výbojky .....	20
1.3.7 Vysokotlaké rtuťové výbojky .....	21
1.4 ELEKTRO-LUMINISCENČNÍ SVĚTELNÉ ZDROJE .....	21
1.4.1 LED (Light-Emitting Diode) .....	22
1.4.2 Regulace svítivosti LED .....	25
1.4.3 Základní typy LED čipů .....	28
1.4.4 OLED (organická světelná dioda) .....	28
1.5 REGULACE OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV .....	29
1.6 BUDOUCNOST V OSVĚTLOVÁNÍ .....	30
<b>2 SOUČASNÝ STAV PODNIKU</b> .....	<b>32</b>
2.1 ODHAD CELKOVÉ SPOTŘEBY OSVĚTLENÍ .....	32
2.1.1 Výrobní hala .....	32
2.1.2 Objekt kanceláří .....	36
2.1.3 Skladovací hala .....	37
<b>3 NÁVRH REKONSTRUKCE OSVĚTLENÍ</b> .....	<b>39</b>
3.1 POUŽITÁ SVÍTIDLA .....	39
3.1.1 ILC LINEB .....	39
3.1.2 Perun Anticor .....	40
3.1.3 BELAL 250Q .....	40
3.1.4 ET-PRIM-T5 .....	40
3.1.5 ET-FURT-LED .....	41
3.1.6 GRAFIAS .....	41
3.2 VÝROBNÍ HALA .....	41
3.2.1 Kombinace výbojkového a zářivkového osvětlení .....	42
3.2.2 Zářivková soustava osvětlení .....	44
3.2.3 LED soustava osvětlení .....	45
3.2.4 Regulace osvětlení .....	47
3.2.5 Samostatné osvětlení pracovišť .....	48
3.3 SKLADOVACÍ HALA .....	49
3.4 OBJEKT KANCELÁŘÍ .....	51
<b>4 HODNOCENÍ NAVRŽENÉHO OSVĚTLENÍ</b> .....	<b>52</b>
4.1 VÝROBNÍ HALY .....	52
4.1.1 Zářivková soustava osvětlení .....	53



4.1.2	LED soustava osvětlení.....	54
4.1.3	Osvětlení pracovišť.....	57
4.2	SKLADOVACÍ HALY.....	58
4.3	DOTACE.....	59
4.4	ODHAD ÚSPOR PRO CELÝ PODNIK.....	59
<b>ZÁVĚR.....</b>		<b>62</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>		<b>63</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>		<b>1</b>

## **Seznam symbolů a zkratk**

PMMA ..... Polymethylmetakrylát

PC..... Polykarbonát

ABS..... Akrylonitrilbutadienstyren

## **Úvod**

Předkládaná práce je zaměřena na technologie průmyslového osvětlení a návrh rekonstrukce osvětlení ve společnosti Hutchinson s.r.o. Rokycany.

Text je rozdělen do čtyř částí. První část se věnuje technologiím používaným pro osvětlování. Zbývající tři části se konkrétně zaměřují na vybranou společnost a popisují současný stav osvětlení, předkládají návrhy pro rekonstrukci a jejich zhodnocení.

## Trendy v průmyslovém osvětlení

Zrak je náš nejdůležitější smysl, jelikož až 90 % informací z okolí vnímáme právě díky zraku. Proto, abychom byli schopni zrakem správně vnímat, je důležité, abychom měli světla, co do množství dostatek, aby bylo správně rozložené a mělo vhodnou barevnou jakost. Úkolem průmyslového osvětlení je zajistit co možná nejlepší světelné podmínky, aby bylo možné dosáhnout co nejvyšší efektivity práce a zároveň, co možná nejvyšší efektivitu osvětlení a to jak z hlediska finančního, tak z hlediska naplňování závazků společností v rámci jejich environmentální politiky. Pokud osvětlení nesplňuje tyto předpoklady, ustanovení ČSN EN 12-464-1 nebo je jeho provoz či údržba nepřiměřeně drahé, je nasnadě zabývat se jeho rekonstrukcí. [2]

### 1.1 Světelné zdroje a jejich třídění

Světelné zdroje rozdělujeme do dvou základních kategorií a to přírodní (slunce, blesk aj.) a umělé (plamen, žárovka, světelná dioda - LED aj.). Umělé zdroje jsou zdroje optického záření, jsou za tímto účelem vyráběny a fungují na bázi přeměny určitého druhu energie (zpravidla elektrické) na energii elektromagnetického záření v optickém intervalu jeho spektra od 360 do 830 nm (krajní hodnoty pro velmi citlivé lidské oko). Podrobnější rozdělení umělých zdrojů světla je pak popsáno v tab. 1.1. [1]

teplotní	žárovky	obyčejné	vakuové
		halogenové	plněné plynem
výbojové	nizkotlaké výbojky	s elektrodami	zářivky
			germicidní výbojky
			kompaktní zářivky
			spektrální výbojky
			nizkotlaké sodíkové výbojky
			svítící trubice
	bez elektrod	indukční výbojky	
	využívající katodové světlo	doutnavky	
	vysokotlaké výbojky	s výbojem stabilizovaným elektrodami a velmi vysokým tlakem náplně	xenonové
			rtuťové
			halogenidové
		s výbojem stabilizovaným stěnou výbojové trubice - s elektrodami	xenonové
			rtuťové
			halogenidové
bez elektrod	sodíkové		
elektroluminiscenční		siřné	
		halogenidové	
		světelné diody (LED) a laserové diody	
		elektroluminiscenční panely	

Tab. 1.1 Rozdělení elektrických světelných zdrojů

## 1.2 Teplotní světelné zdroje

Základem teplotních světelných zdrojů je rozžhavená pevná látka. K teplotním zdrojům patří všechny druhy plamene a žárovky (obyčejné a halogenové). U plamenných zdrojů jsou zdrojem záření rozžhavující se drobné částice uhlíku, u žárovek kovové vlákno rozžhavené procházejícím proudem. Charakteristickými vlastnostmi této skupiny světelných zdrojů jsou spojité spektrum vyzařovaného světla a poměrně malá účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. [1]

### 1.2.1 Obyčejné žárovky

V žárovce vzniká světlo žhavením vlákna (většinou wolframové vlákno) v baňce, která je naplněna inertním plynem (argon, krypton, xenon) nebo směsí plynů. Vlákno je uchyceno na molybdenových háčcích, které jsou zakotveny do nosné skleněné tyčinky ve spodní části baňky.

Výhodou žárovek jsou především nízká pořizovací cena, vysoký index podání barev, vysoká automatizace výroby a použití nejedovatých materiálů. Mezi výhody lze také zařadit závislost světelného toku na napájecím napětí (této vlastnosti využívá při stmívání žárovek).

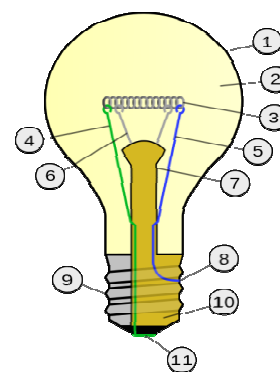
Nevýhodami jsou nízký měrný výkon a krátká životnost (1000 hodin), způsobená odpařováním wolframového vlákna, velký pokles světelného toku v průběhu života a výrazná závislost parametrů žárovek, zejména životnosti, na napájecím napětí. [1, 21]

Žárovky jsou v současné chvíli nejrozšířenější světelné zdroje, ovšem jejich podíl na celkovém množství vyráběných světelných zdrojů se

bude trvale snižovat. Jejich velmi nízká energetická účinnost a krátká životnost jsou hlavními důvody pro jejich postupné vyřazování z trhu s osvětlováním. K jejich postupnému vyřazování, zejména ve vyspělých zemích, také přispívají legislativní opatření a dotace do jiných technologií pro osvětlování.

### 1.2.2 Halogenové žárovky

Halogenová žárovka je principiálně velmi podobná klasické žárovce, avšak na rozdíl od klasické žárovky v halogenové žárovce probíhá tzv. halogenový regenerační cyklus. Baňka je naplněna inertním plynem s příměsí halogenů (jod, brom, chlor) a jejich sloučeninami. Tyto příměsi výrazně omezují odpařování wolframu z vlákna a jeho usazování na stěnách baňky. Atomy wolframu, které se odpaří z vlákna, se v chladnějších místech baňky (u stěn) slučují s halogenovým plynem a vytváří sloučeninu halogenid wolframu. Tato sloučenina se vrací zpět do míst s vyšší teplotou (k vláknu) a zde dochází ke štěpení zpět na halogen a wolfram. Wolfram se usazuje zpět na vlákno (na jeho chladnější části), a tím způsobuje snížení odpařování vlákna. Aby však mohl tento proces probíhat, je



Obr. 1.1 Schéma žárovky:

1 - skleněná baňka, 2 - náplň (inertní plyn), 3 - wolframové vlákno, 4 a 5 - kontaktní vlákno, 6 - podpůrné molybdenové háčky, 7 - nosná tyčinka, 8 - závit pro objímku (el. kontakt), 9 - druhý el. kontakt

nutné zajistit potřebný teplotní režim. Ten se zajistí zmenšením vnitřního objemu žárovky a zvýšením povrchové teploty baňky (nad 250 °C). Baňky halogenových žárovek se proto vyrábějí z křemenného skla. Povrch křemenného skla se však snadno poruší, pokud byl před zahřátím žárovky na provozní teplotu zamaštěn (stačí dotykem ruky). [1]

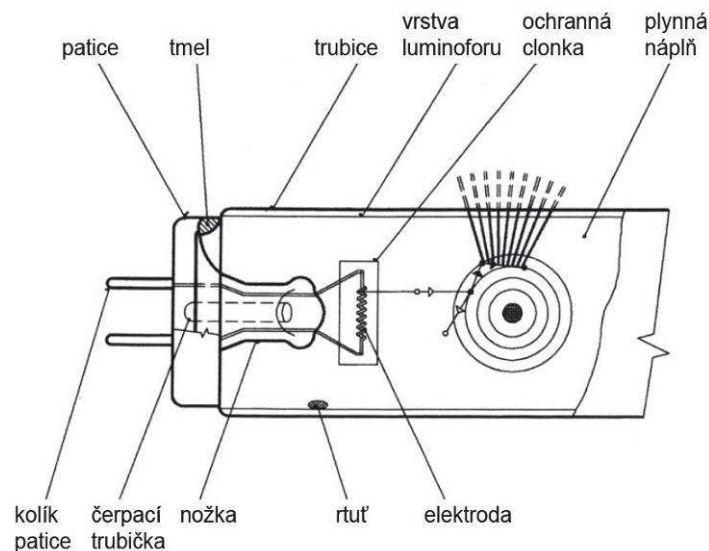
K výhodám halogenových žárovek oproti obyčejným patří jejich - vyšší teplota chromatičnosti (2900-3100 K), jež vytváří příjemné bílé světlo, lepší stabilita světelného toku (úbytek během života z pravidla nepřesahuje 5%), vyšší efektivita a životnost. V neposlední řadě také její menší rozměr, jež umožňuje vytvářet menší a materiálově úspornější svítidla. Mezi hlavní nevýhody patří vyšší cena, dána podstatně náročnější technologií výroby v porovnání s obyčejnými žárovkami. [1]

### 1.3 Výbojové světelné zdroje

Výbojové světelné zdroje fungují na principu průchodu elektrického proudu prostředím, obsahujícím vhodné páry nebo plyny a jejich směsi. Jedná se zejména o páry rtuti, sodíku a halogenidů chemických prvků, zejména skupiny vzácných zemin, používané společně se vzácnými plyny (argon, krypton, xenon, neon, popřípadě jejich směsi). [1]

#### 1.3.1 Zářivky

Zářivka je nízkotlaká rtuťová výbojka, v níž je hlavní část světla vyzařována jednou nebo několika vrstvami luminoforu buzeného UV zářením výboje. V závislosti na typu použitého luminoforu lze dosáhnout různého barevného odstínu světla a indexu podání barev Ra.



Obr. 1.2 Konstrukce lineární zářivky [<http://www.earch.cz/cs/svetelne-zdroje-linearni-zarivky>]

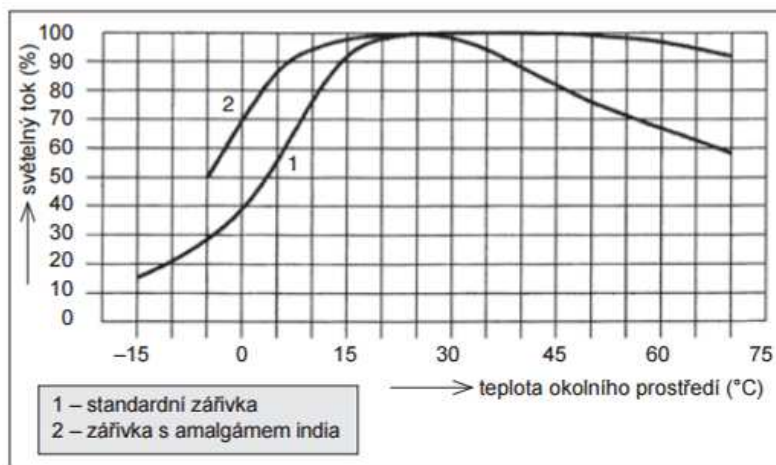
Trubice je zhotovena z měkkého sodno-vápenatého skla, na její vnitřní stěnu je nanášena jedna (u speciálních typů dvě) vrstva luminoforu, transformující UV záření na záření viditelné. Na obou koncích trubice je zatavena wolframová elektroda na níž je nanášena emisní hmota na bázi uhličitánů

barya a vápníku. Elektroda je namontována na nožce, sestávající z talířku a čerpací trubičky, rovněž z měkkého, převážně olovnatého skla. Kolem elektrod je na neutrálním přívodu umístěna ochranná kovová clonka, která zabraňuje usazování vypařující se a rozprašující se emisní hmoty na vrstvě luminoforu. Vlastní výboj probíhá v nasycených parách rtuti při tlaku okolo 0,8 Pa. [1]

Volbou luminoforu a náplně zářivkové trubice je pak možné vyrobit různé druhy zářivek: bílé s různou barevnou teplotou; germicidní – pro ničení mikroorganismů, bakterií, plísní, kvasinek a virů, erytermální - pro použití v soláriích, UV, speciální pro pěstování rostlin nebo chov živočichů, s „černým světlem“ - UV záření, obvykle okolo 395 nm pro buzení fluorescence a luminiscence, např. v testerech bankovek nebo dekoračním osvětlování. [3]

Hlavními přednostmi zářivek jsou: dobrá účinnost přeměny elektrické energie na světlo, dosahující při vysokofrekvenčním napájení až 104 lm/W; velmi dobrý index podání barev (až 98) a teplota chromatičnosti (2 700 - 17 000 K), široký sortiment, relativně dlouhý život (až 20 000 hodin) a také trvale nízká cena (s tou souvisí i velmi vysoká efektivita výrobní linky, která je schopna produkovat až 4 000 ks za hodinu). [1]

K jejich hlavním nedostatkům patří závislost jejich světelného toku na teplotě okolí (obr.1.3); potřeba předřadných a startovacích obvodů, které částečně snižují měrný výkon celé soustavy; vliv počtu zapnutí na život zářivky (toto je méně významné u zářivek s kvalitním elektronickým předřadníkem zajišťujícím dostatečné předžhavení elektrod před zapálením výboje); v neposlední řadě také fakt, že zářivky obsahují rtuť a tudíž musí být jejich likvidace speciálně zajištěna. [1]

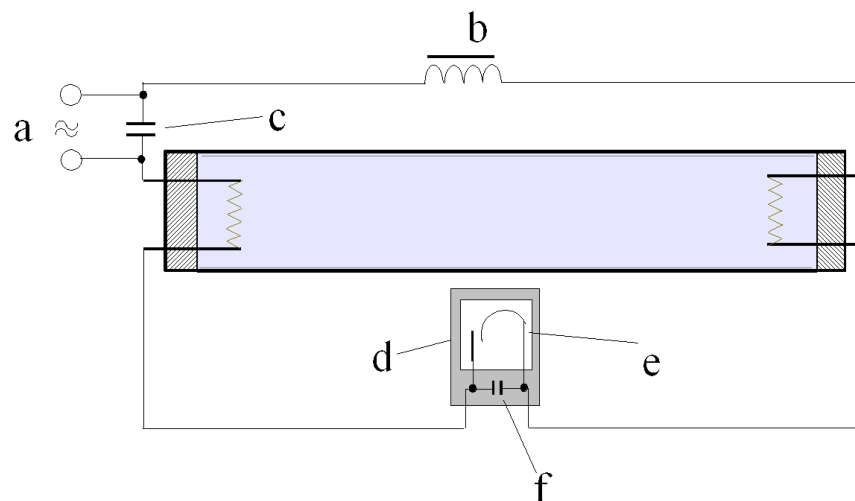


Obr. 1.3 Konstrukce lineární zářivky [<http://www.earch.cz/cs/svetelne-zdroje-linearni-zarivky>]

### 1.3.2 Startování zářivky

Zářivka mimo vlastní trubici obsahuje také tlumivku, kompenzační kondenzátor a startér (tato kombinace může být také nahrazena elektronickým předřadníkem). Startér je tvořen skleněnou baňkou naplněnou plynem, např. neonem, která má v sobě dvě elektrody. Jedna z nich je obyčejná

pevná a druhá je tvořena bimetalovým páskem. Tyto elektrody se nedotýkají, je-li zářivka vypnuta. Po připojení do sítě vznikne ve startéru doutnavý výboj, kterým se začnou ohřívat elektrody. Tím se bimetalový pásek ohýbá směrem k pevné elektrodě. Přes tlumivku a elektrody zářivky teď protéká proud, který způsobí rozžhavení elektrod uvnitř zářivky. Žhavením emitované elektrony začnou ionizovat plyn v okolí elektrod zářivky. Bimetalový pásek ve startéru se ochlazuje a oddaluje od pevné elektrody, čímž se přeruší tok elektrického proudu ve startéru. Na tlumivce vlivem magnetická indukce vznikne napěťový impuls, napětí mezi elektrodami zářivkové trubice se zvýší a v ionizovaném plynu s menší elektrickou pevností dojde k průraznému výboji, následně dojde k ionizaci celého obsahu trubice a doutnavý výboj probíhá již při značně nižším napětí. Jakmile výboj v trubici probíhá, napětí ze sítě se dělí na úbytek na zářivce a na tlumivce. To vede k poklesu napětí na tlumivce a tlumivka slouží již jen místo ochranného jalového rezistoru. Zapalovací napětí startéru je vyšší, než provozní napětí zářivky, a proto startér znovu nezapálí. V zářivce vzniká doutnavý výboj, který vyzařuje ultrafialové záření, které se na stěnách zářivkové trubice přemění díky luminoforu na záření světelné. [3]

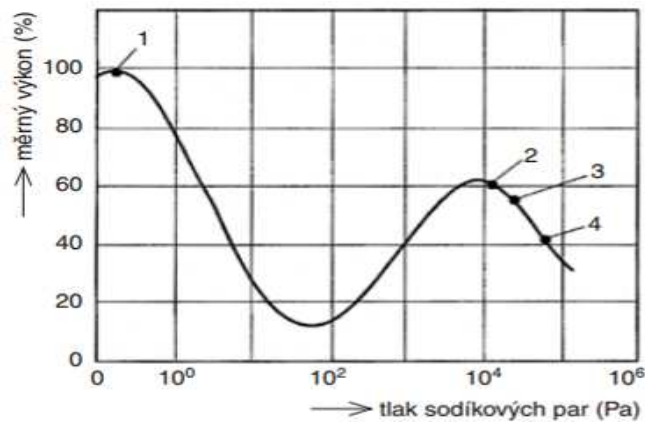


Obr. 1.4 Schéma zářivky - a - vstup, b - tlumivka, c - kompenzační kondenzátor, d - startér, e - bimetalová elektroda, f - odrušovací kondenzátor

### 1.3.3 Nízkotlaké sodíkové výbojky

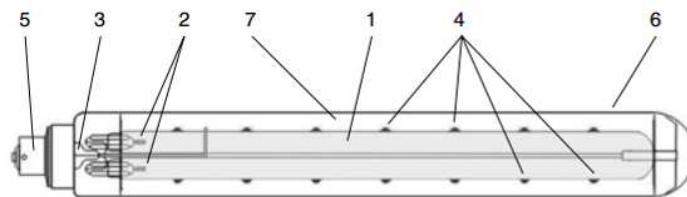
Nízkotlaké sodíkové výbojky jsou světelné zdroje, v nichž je světlo vyzařováno sodíkovými parami s provozním parciálním tlakem v rozmezí 0,1 až 1,5 Pa. Sodík se vyznačuje intenzivním rezonančním zářením ve žluté části viditelného spektra s vlnovou délkou 589 až 589,6 nm, která se blíží maximu spektrální citlivosti lidského oka. U předních výrobců v současné době dosahují měrného výkonu až 200 lm/W a jsou jedním z neúčinnějších sériově vyráběných umělých světelných zdrojů vůbec.





Obr. 1.5 Závislost měrného výkonu na tlaku sodíkových par: 1 - nízkotlaké ( $R_a \approx 0$ ), 2 - vysokotlaké ( $R_a \approx 25$ ), 3 - vysokotlaké se zlepšeným podáním barev ( $R_a \approx 60$ ), vysokotlaké s vynikajícím podáním barev ( $R_a > 85$ )

Výboj probíhá v hořáku zhotoveném ze speciálně upraveného vápenatého skla, jež je zevnitř pokryto tenkou vrstvou boritého skla odolného proti dlouhodobému působení sodíku a jeho par při poměrně vysokých pracovních teplotách. Nízký gradient potenciálu nízkotlakého výboje v parách sodíku omezuje horní hranici příkonu výbojky, takže zvýšení příkonu, a tedy i světelného toku, při zachování měrného výkonu je doprovázeno prodloužením výbojové dráhy a tudíž i celkové délky výbojky. Proto jsou hořáky většiny typů nízkotlakých sodíkových výbojek zhotoveny ve tvaru písmene U. Příkon výbojek vyráběných v současné době nepřesahuje 180 W. Nízkotlaké sodíkové výbojky mají vlivem své náplně a konstrukce hořáku vyšší zápalné napětí, takže pro spolehlivý zápal a stabilní provoz je nutné používat speciální předřadné obvody - obvykle rozptylový transformátor, zapalovací kondenzátor připojený k odbočce tlumivky, anebo hybridní předřadník, jehož součástí je zapalovací zařízení zajišťující dostatečně vysoký napěťový impuls. [1]



Obr. 1.6 Konstrukce nízkotlaké sodíkové výbojky: 1 - výbojová trubice, 2 - elektrody, 3 - nožka, 4 - chladná místa, 5 - patice, 6 - vnější baňka s odraznou vrstvou, 7 - vakuum

Při dodržování provozních podmínek (povolené kolísání napětí  $< 5\%$ , správně dimenzované tlumivky) dosahuje život výbojek předních výrobců 16000 až 20000 hodin. Jsou však zdrojem téměř monochromatického záření, což je příčinou velmi špatného podání barev, kdy všechny barvy osvětlovaných předmětů, kromě oranžové, se jeví jako barvy šedé o různé sytosti.

Hlavními přednostmi nízkotlakých sodíkových výbojek jsou: měrný výkon, dosahující u nejvýkonnějších typů, napájených speciálním předřadníkem, téměř 200 lm/W; životnost až 20 000

hodin při velmi dobré stabilitě světelného toku během života; nízký jas povrchu výbojky v porovnání s vysokotlakými výbojovými zdroji; široký interval, v němž je účinnost výbojky nezávislá na teplotě okolního prostředí; světlo zajišťující dobrou viditelnost i v husté mlze; spolehlivý a velmi rychlý zápal i při teplotách do  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; také neobsahují zdraví škodlivou rtuť, nicméně díky velkému obsahu sodíku s nimi musí být nakládáno jako s ostatními vyhořelými výbojovými světelnými zdroji.

K nevýhodám patří: velmi špatné podání barev ( $R_a = 0$ ); značná pulsace světelného toku vyplývající z velmi malé setrvačnosti nízkotlakého výboje v parách sodíku; vyšší zápalné napětí vyžadující použití speciálních předřadných obvodů; výbojky o vyšších příkonech se vyznačují většími rozměry, je tedy potřeba materiálově náročnější svítidla a často je obtížné optimalizovat rozložení svítivosti z hlediska osvětlení dané plochy; postupný nárůst příkonu v průběhu života (až o 40%); vyšší ztráty v předřadníku oproti jiným výbojovým zdrojům.

Díky svému podání barev je jejich hlavní oblastí použitelnosti osvětlení dálnic, tunelů popř. bezpečnostní, speciální technologické nebo dekorační osvětlení. [1]

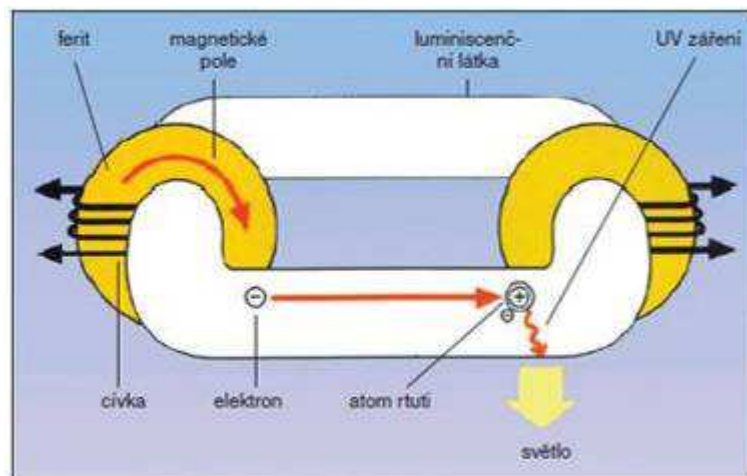
#### 1.3.4 Indukční výbojky

V indukčních výbojkách je výboj buzen vnějším vysokofrekvenčním polem. Díky tomu mají bezelektrodovou konstrukci prostoru, v němž probíhá výboj. Jako svítící prvek se používá rtuť (u nízkotlakých s luminoforem) a síra (vysokotlaké sirmé výbojky bez luminoforu). Zajímavostí je, že každá z vedoucích světových firem přišla s vlastní koncepcí a každá z nich si zatím tuto koncepci zachovává.

Výboj probíhá v parách rtuti a v argonu a je (obdobně jako u zářivek) zdrojem intenzivního UV záření. Toto záření je transformováno do viditelné oblasti spektra luminofory na bázi oxidu ytřího aktivovaného europiem a hlinitanů nebo fosforečnanů aktivovaných dalšími prvky vzácných zemin. Vzájemný poměr jednotlivých složek luminoforu určuje barvu světla charakterizovanou náhradní teplotou chromatičnosti v rozmezí 2700 - 6500 K. Dobrá kvalita luminoforu zajišťuje vysokou účinnost výbojek při současném podání barev charakterizovaném hodnotou  $R_a > 80$ . Pracovní rozsah teplot, v němž mohou výbojky pracovat bez významného ovlivnění účinnosti je možné rozšířit použitím kombinace amalgámů vhodných kovů. Vlivem bezelektrodové konstrukce se dosahuje extrémně dlouhého života při velmi dobré stabilitě světelného toku v průběhu svícení.

Indukční výbojky mají mnoho velmi užitečných vlastností. Jejich použití zajišťuje dobrou zrakovou pohodu, mají dobrý měrný výkon blízký se hodnotě 100 lm/W, při velmi dobrém podání barev  $R_a > 80$ . Dále mají velmi dlouhý život (někteří výrobci uvádějí až 100 000 hodin), dobrou stabilitu světelného toku během života, a díky oddělené konstrukci vlastní výbojky a zdroje (u vyšších příkonů) nabízí široké možnosti pro konstruktéry svítidel při jejich návrhu.

Mezi jejich hlavní nedostatky patří omezení příkonu směrem k vyšším hodnotám, vyplývající z principu nízkotlakého rtuťového výboje s luminoforem, kde je zvýšení světelného toku podmíněno zvětšením plochy pokryté luminoforem a tedy i zvětšením rozměrů výbojky. [1]



Obr. 1.7 Konstrukce indukčních výbojek Endura

### 1.3.5 Vysokotlaké výbojové zdroje

U výše popsaných nízkotlakých výbojových zdrojů dosahoval pracovní tlak rtuťových par hodnot kolem 1 Pa, proudová hustota několika desítek mA/cm<sup>2</sup> a příkon světelného zdroje nepřesahoval až na výjimky 100 W. Největší část energie vyzařují rezonančními čárami v ultrafialové oblasti spektra, zatímco do viditelné části je vyzařeno pouze několik procent přiváděné energie.

U vysokotlakých výbojek vyniká optické záření odlišným způsobem. Pokud postupně zvyšujeme tlak rtuťových par a zvyšujeme proudovou hustotu, dojde k vyzařování energie o vyšších vlnových délkách, začne růst měrný výkon a vzniká spojité spektrum, jehož intenzita s narůstajícím tlakem rtuťových par rovněž roste. Hlavní podíl záření připadá na nerezonanční čáry, z nichž část leží v ultrafialové a čtyři velmi intenzivní ve viditelné modro-zelené oblasti spektra (404 až 407, 436, 546 a 577 nm). Přes středně velký měrný výkon 50 - 60 lm/W však takový zdroj není vhodný pro všeobecné osvětlení, protože ve spektru jeho světla zcela chybí červená složka. Podání barev osvětlovaných předmětů, zejména lidské pokožky, je tím pádem velmi nevěrohodné.

Existují proto způsoby, jak toto odstranit a zlepšit spektrum vyzařovaného světla:

- 1) Transformace UV záření vysokotlakého rtuťového výboje vhodným luminoforem na záření v oblasti červeného světla.
- 2) Kombinace modro-zeleného záření vysokotlakého rtuťového výboje se světlem žárovek. Tím lze dosáhnout na úkor měrného výkonu podstatného zvýšení obsahu červené složky. Tento způsob najdeme u směsových výbojek, u nichž se navíc využívá i záření luminoforu.

- 3) Přidáním dalších vhodných svíticích prvků do rtuťového výboje, jejichž záření vyplňuje mezery mezi viditelnými čarami rtuti.
- 4) Náhrada rtuti jiným prvkem s vhodnějším spektrem ve viditelné oblasti. [1]

### 1.3.6 Vysokotlaké sodíkové výbojky

Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou světelné zdroje, v nichž je světlo vyzařováno převážně sodíkovými parami s provozním parciálním tlakem v rozmezí 3 až 60 kPa. Při zvyšování tlaku par sodíku světelná účinnost klesá, prochází minimem a dále opět roste, takže při tlaku 10 kPa dosahuje lokálního maxima a v závislosti na dalších parametrech (druh a tlak plnicího plynu, geometrické parametry hořáku, příkon výbojky aj.) může dosáhnout až 150 lm/W viz obr.1.3. Při rostoucím tlaku par sodíku se výrazně rozšiřují spektrální čáry a vzniká silné spojitě záření při současném růstu absorpce rezonančního záření. S rostoucím tlakem roste spektrum záření, což má za následek lepší podání barev osvětlovaných předmětů. Využitím výboje v parách sodíku lze tedy získat světelné zdroje, jejichž kvalita světla se pohybuje v širokém rozmezí od nízkotlaké výbojky charakterizované činitelem  $R_a = 0$  až po speciální typy vysokotlakých výbojek s  $R_a > 85$ .

Zvyšování tlaku sodíkových par předpokládá velkou koncentraci výkonu a tedy i zvýšení pracovní teploty výbojové trubice na hodnoty, při nichž se hlinito-boritá skla odolná proti působení sodíku a využívaná při výrobě sodíkových výbojek, stávají nepoužitelnými. Vzhledem k nedostačené odolnosti proti působení sodíku není použitelné ani teplotně odolnější křemenné sklo. Pro využívání vysokotlakého sodíkového výboje v praxi, vyvinula americká firma General Electric průsvitný polykrystalický korund  $Al_2O_3$  s obchodním názvem Lucalox. Díky vynikajícím optickým, mechanickým a fyzikálně-chemickým vlastnostem tohoto materiálu, došlo k významnému rozšíření sortimentu vysokotlakých výbojek.

Vysokotlaké sodíkové výbojky se provozují v obvodu s tlumivkou a vhodným zapalovacím zařízením anebo s elektronickým předřadníkem. K jejich přednostem patří jejich měrný výkon (až 150 lm/W), dobrá životnost dosahující až 30 000 provozních hodin, spolehlivý provoz a snadná údržba. Technologie jejich výroby je velmi dobře zvládnuta, z toho vyplývá jejich přijatelná cena a zároveň díky kompaktním rozměrům výbojky a hořáku, možnost konstruovat materiálově úsporná svítidla. Mají ovšem poměrně špatné podání barev ( $R_a = 20-25$ ), tudíž hlavní oblastí jejich použití je také, jako u nízkotlakých výbojek, především v pouličním osvětlení, osvětlení tunelů, náměstí, průmyslových objektů atd. [1]

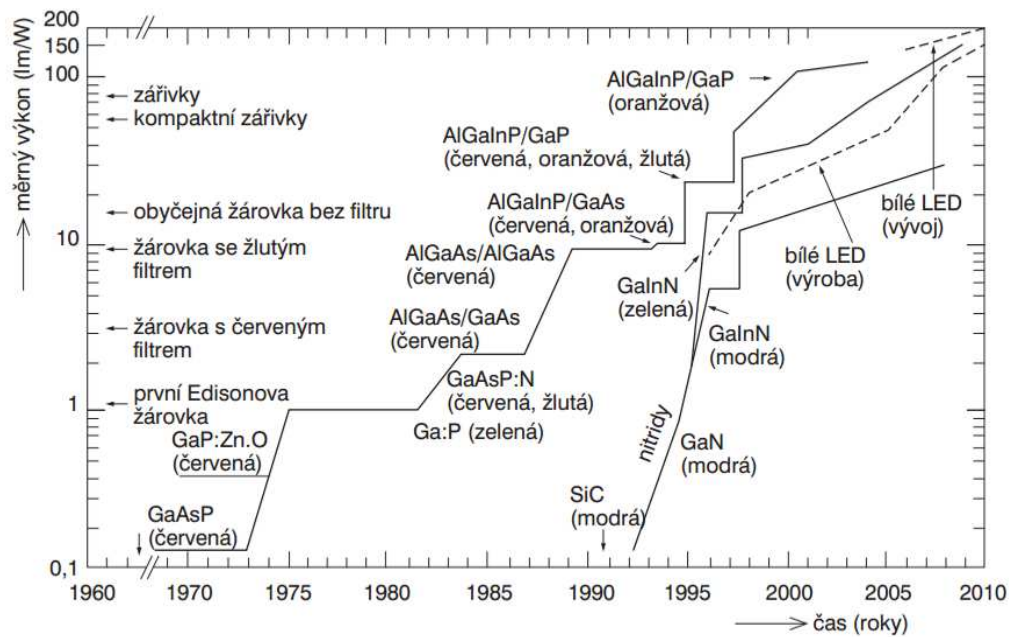
### 1.3.7 Vysokotlaké rtuťové výbojky

Vysokotlaké rtuťové výbojky jsou světelné zdroje, v nichž hlavní část světla vzniká ve rtuťovém výboji při parciálním tlaku převyšujícím 100 kPa. K jejich hlavním výhodám patří dobrá stabilita světelného toku v průběhu života (úbytek kolem 20 % - dle výrobce). Relativně dobrá životnost 12 000 - 16 000 hodin. Mohou mít libovolnou polohu při svícení a okolní teplota má malý vliv na provozní parametry výbojek, vykazují spolehlivý provoz i při nízkých teplotách (až do -25°C). Díky dobré automatizaci jejich výroby mají také nízkou cenu. Na druhou stranu mají také celou řadu nevýhod. Jedním z jejich hlavních nedostatků je poměrně malá účinnost, špatné podání barev a s ohledem na obsah rtuti, také nemožnost jejich uložení do komunálního odpadu. Další obtíže nastávají při provozu, jelikož výbojku po jejím vypnutí, je možné opětovně zapnout až po vychladnutí.

### 1.4 Elektro-luminiscenční světelné zdroje

Základními zástupci elektro-luminiscenčních světelných zdrojů jsou světelné diody LED, laserové diody a elektroluminiscenční panely. Světelné diody zaznamenávají v posledních dvou desetiletích ohromný rozvoj. Od jejich uvedení na trh jsou však soustavně vyvíjeny nové základní materiály a zdokonalovány technologické procesy vedoucí k postupnému rozšíření sortimentu o další barvy vyzářovaného světla, ke zvýšení jejich účinnosti, prodloužení života a stability světelných parametrů během svícení. O významnosti těchto zdrojů osvětlení svědčí také skutečnost, že v Japonsku je vývoj bílých LED diod součástí vládního programu pro snižování CO<sub>2</sub>. Rovněž kongres USA schválil finanční spoluúčast státu na zavádění LED v komplexním osvětlení některých velkoměst. Podobné programy bychom mohli najít i v dalších státech (např. Čína, Korea, Tchaj-wan aj.).

Teoretické možnosti zvyšování účinnosti přeměny elektrické energie na světelnou předurčují světelné diody k jednomu z hlavních světelných zdrojů budoucnosti. Dle teoretických předpokladů je možné dosáhnout nejvyšší účinnosti pro monochromatické záření 683 lm/W. Pro bílou LED již bylo dosaženo, v laboratorních podmínkách, hodnoty 303 lm/W americkou společností Cree, která je světovým lídrem ve výrobě vysoce účinných světelných diod. [1, 4]



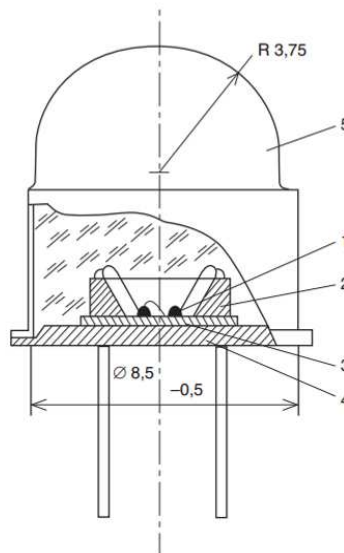
Obr.1.8 Zvyšování měrného výkonu vyráběných světelných diod v průběhu posledních desetiletí

#### 1.4.1 LED (Light-Emitting Diode)

LED je polovodičová součástka, obsahující P-N přechod, která se od standardních diod liší tím, že je schopna vyzařovat na vlnových délkách viditelného, případně IF nebo UV záření - to je závislé na chemickém složení použitého polovodiče.

Konstrukce LED je naznačena na obr. 1.9. Pro vytvoření polovodičových přechodů se používají zejména polovodiče typu  $A^{III}B^V$  vysoké čistoty, legované malým množstvím vhodných příměsí, které buď vytvoří přebytek elektronů (materiály typu N), nebo jejich nedostatek, a tedy přebytek děr (materiály typu P). Přiložením stejnosměrného napětí správné polarizace dojde na styku obou polovodičů (PN přechod) ke vzájemnému přibližování elektronů a děr k místu kontaktu a jejich rekombinaci. Při rekombinaci každého páru elektron-díra se uvolní určité kvantum energie, které se může vyzařit mimo krystal. Elektrická energie se tak mění přímo na světlo určité vlnové délky. U LED jde o nekoherentní světlo, na rozdíl od laserových diod, kde nastává stimulovaná emise optického záření, využívaná k zesilování světla.

První typy diod vyzařovali světlo červené barvy, po nich se objevily diody se zelenou, oranžovou, žlutou a nakonec modrou barvou. Všechny tyto typy se vyznačují velmi úzkou křivkou spektrálního složení o intervalu vlnových délek do několika desítek nm. Doplnění o modrou barvu pomohlo později vyvinout diody barvy bílé, zářící v celém spektru viditelného světla, čímž se výrazně zvýšila jejich použitelnost. [1, 5]

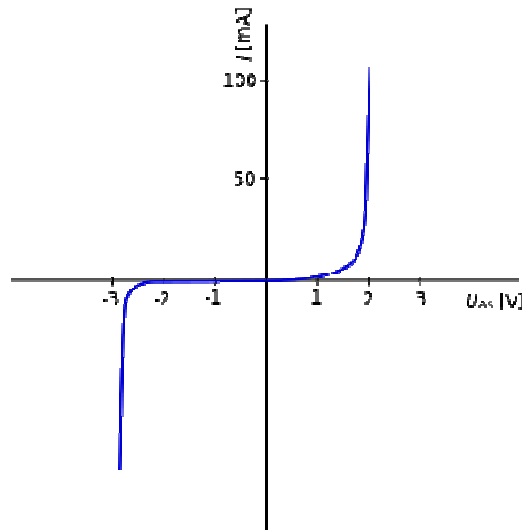


Obr. 1.9 Základní konstrukční uspořádání světelné diody se dvěma krystaly: 1- polovodič s přechodem PN, 2 - reflektor, 3- keramická destička odvádějící teplo, 4- podložka, 5 - polokulová čočka

Bílé světlo LED lze získávat dvěma způsoby. První spočívá v přímém míšení světla červené, zelené a modré LED. Během života LED však dochází k nerovnoměrné degradaci jednotlivých druhů čipů a může docházet k nežádoucím posunům vlnové délky vyzařovaného světla.

Druhý způsob - dnes nejpoužívanější - využívá fosforescenci luminoforů. Příkladem může být například luminoforová vrstva yttrito-hlinitého granátu aktivovaného cerem ( $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ ) buzená světlem modré barvy. Krátkovlnné vysokoenergetické modré záření LED diody stimuluje vrstvu luminoforů, která pak vydává nízkoenergetické žluté světlo. Část modrého světla se tak přeměňuje na bílé světlo. Barevný tón bílého světla se mění podle množství luminoforu, díky čemuž lze vytvářet odlišné barevné tóny, obchodně označované jako např. teplá bílá, neutrální bílá nebo studená bílá.

K získání většího světelného toku lze použít několik krystalů zároveň. Zapojíme-li více kusů LED dohromady, není vhodné je spojit přímo paralelně. Kvůli výrobním odchylkám se totiž mohou voltampérové charakteristiky jednotlivých kusů mírně lišit. Vzhledem ke strmosti pracovní části charakteristiky mohou mít paralelně spojené diody různou svítivost, v horším případě může dojít ke zničení těch kusů, jimiž prochází větší proud. Proto se doporučuje jejich sériové zapojení. To zaručí shodný proud protékající všemi diodami. Musíme-li přesto spojit více LED paralelně (např. není-li k dispozici dostatečně vysoké napájecí napětí), musíme ke každé LED připojit předřadný rezistor. [1, 5]



Obr. 1.10 Graf typické voltampérové charakteristiky elektroluminiscenční diody.

LED mají hned několik významných předností.

### **Geometrické parametry**

Jejich malé rozměry umožňují vytvářet světelné přístroje o vysoce koncentrovaném svazku zářivé energie, nejrůznějších tvarů, výkonů a rozměrů.

### **Elektrické a světelné parametry**

Plná stmívatelnost beze změny barvy přináší na poli regulace ohromnou výhodu LED například před zářivkami, jelikož při stmívání zářivek (např. pomocí elektronického předřadníku) se snižuje jejich účinnost, zatímco u LED se jejich účinnost zvyšuje, jak bude ukázáno v následující kapitole. Mají minimální dobu náběhu a rychlou odezvu. Mohou pracovat v impulsním režimu bez negativního vlivu na život a spolehlivost. Teoretické možnosti dalšího zvyšování měrného výkonu komerčně prodávaných svítidel nabízejí velký potenciál do budoucna. Jak již bylo výše zmíněno, u bílé LED byla překonána hranice 300 lm/W. Vysokou účinností se také mohou pochlubit barevné LED, jelikož k dosažení požadované barvy nepoužívají filtry způsobující u jiných světelných zdrojů ztráty.

### **Kolorimetrické parametry**

Výborné jsou také jejich kolorimetrické parametry a lze s jejich pomocí získat velký počet barev. Případy, kdy není pro dosažení výsledné barvy použito luminoforů, se vyznačují vysokou čistotou, jsou téměř monochromatické, což je důležité z hlediska jejich nezaměnitelnosti, zejména v signálních zařízeních.

### **Provozní parametry**

Jsou vysoce spolehlivé a mají velkou životnost. Údaje jednotlivých výrobců se pohybují mezi 50-100 tisíci hodin, při úbytku světelného toku 30 - 40 %. Tato hodnota však do velké míry závisí na okolních (zejména teplotních) podmínkách. Náklady na údržbu jsou nižší v porovnání s klasickými zdroji.



Nízké povrchové teploty a absence UV a IR záření (kromě těch, které jsou pro tyto oblasti vyvinuty), umožňuje používat plasty pro konstrukci přístrojů s LED. Při konstrukci osvětlovacích přístrojů ze světelných diod, není zapotřebí používat další optické prvky na usměrnění světelného toku v požadovaném směru.

#### ***Vlastnosti z hlediska životního prostředí***

Neobsahují rtuť. Nemají negativní vliv na životní prostředí ani během provozu ani po ukončení jejich života, značná část použitých materiálů je recyklovatelná. [1,5]

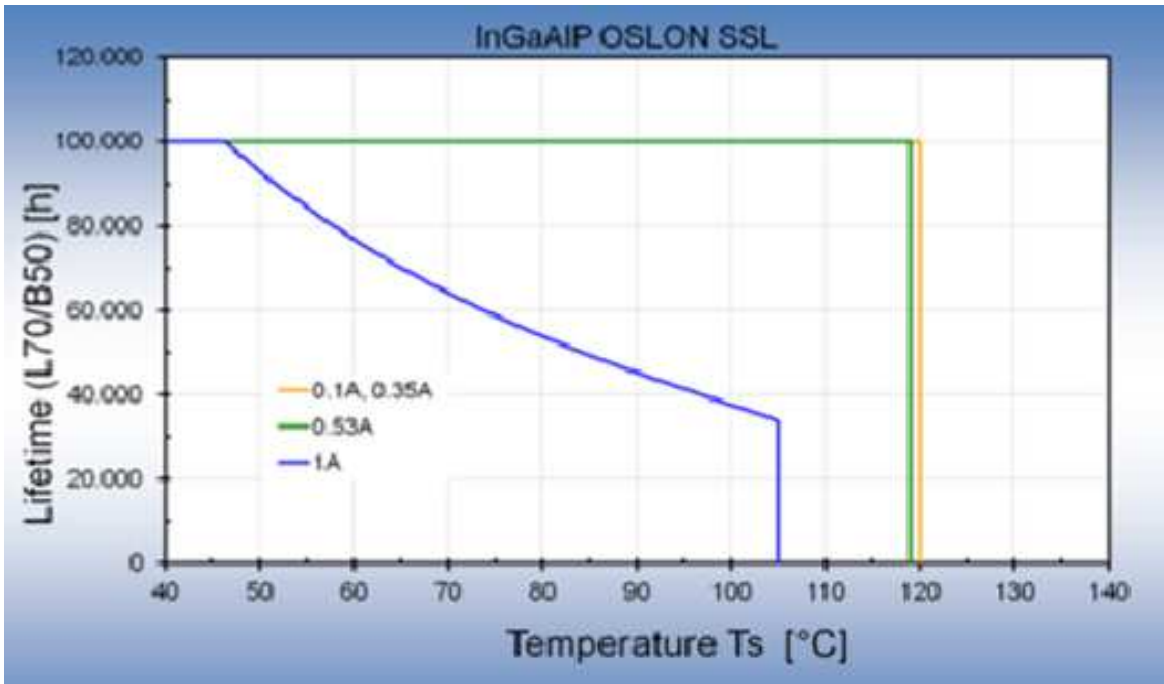
LED jsou stále se rozšiřující oblast světelné techniky a budou stále více nahrazovat současné zdroje osvětlení. K jejich nevýhodám patří vyšší pořizovací cena (v poslední době se však návratnost při náhradě průměrně účinného osvětlení, LED osvětlením, blíží hranici 1-2 let) a významná závislost parametrů na okolní teplotě, jak bude ukázáno v následující kapitole.

#### **1.4.2 Regulace svítivosti LED**

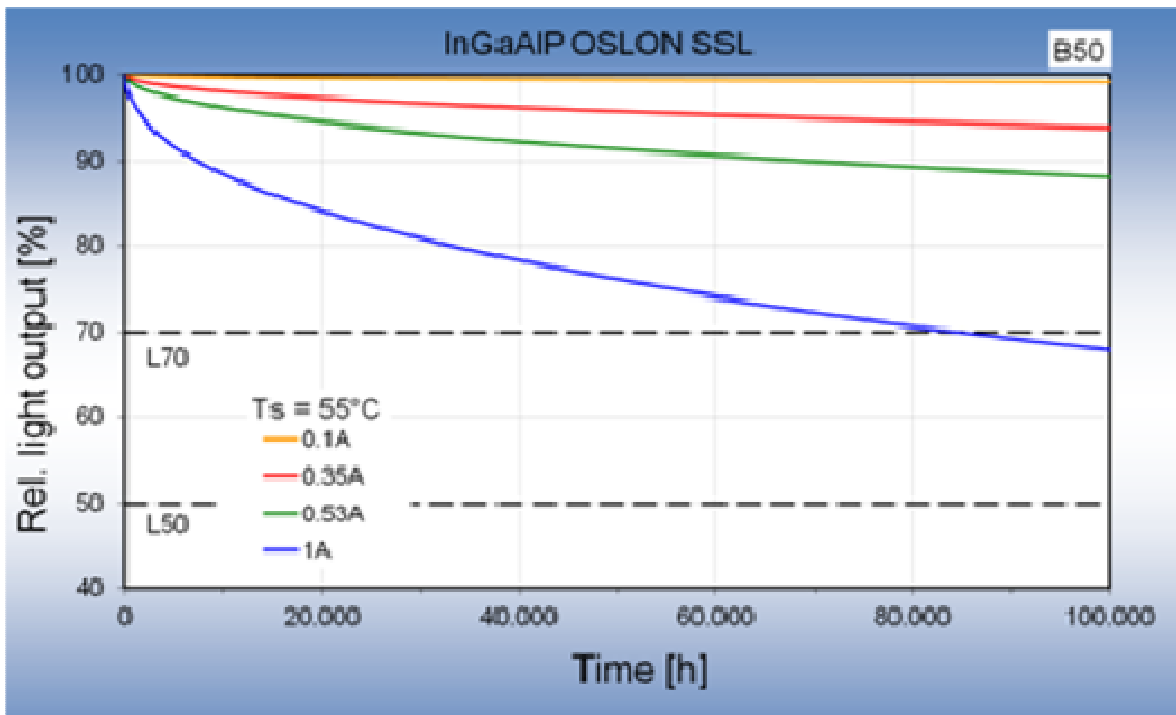
Svítivost LED se dá upravovat velikostí proudu, který jí protéká. Obecně platí, že čím větší proud diodou protéká, tím větší je její svítivost. Nejjednodušším způsobem regulace je sériové zařazení předřadného odporu. Důmyslnější způsob regulace využívá pulzně šířkovou modulaci. Tehdy diodou LED protéká pulzní proud. Pulzy musejí mít vyšší frekvenci, než je lidské oko schopné zachytit, což vyvolá zdání konstantního svitu. Změnou střídý těchto pulzů pak měníme jas. [5]

Vývoj LED je nesmírně rychlý a nové generace čipů jsou trhu představovány přibližně každé tři měsíce. Mnoho společností zabývajících se osvětlením, se proto zabývá právě regulací svítivosti čipů, které prodávají.

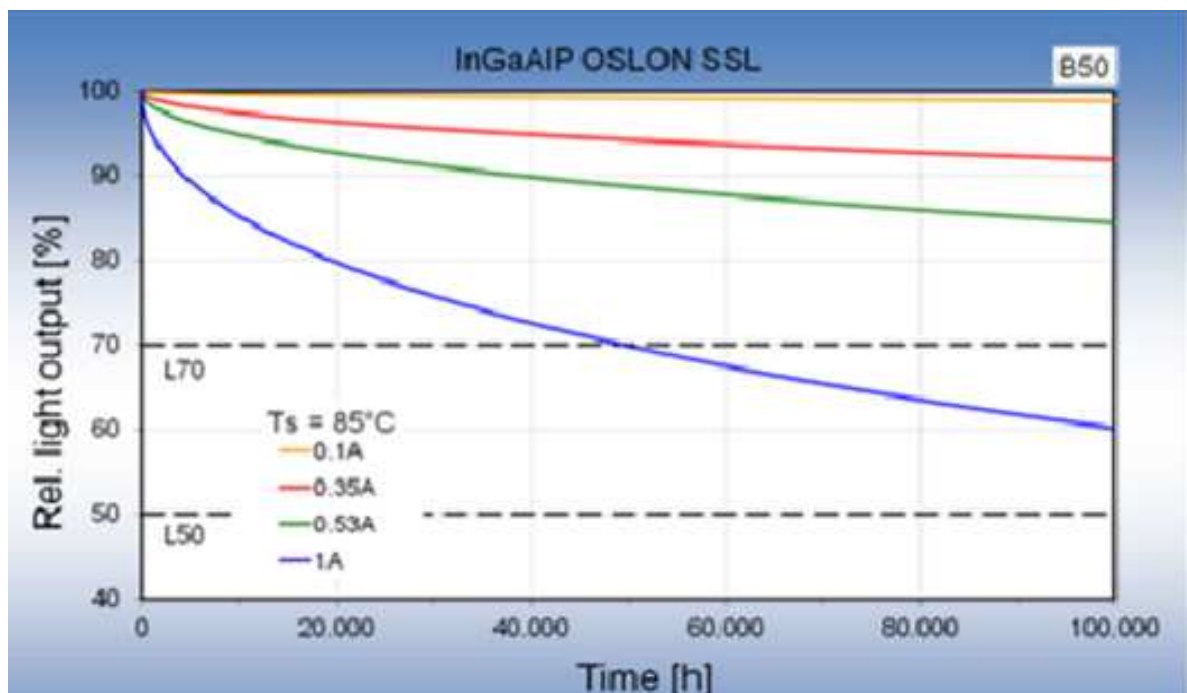
Pro konkrétní ukázkou ovlivnění životnosti LED při různých provozních proudech a také ztrátu svítivosti jsem zvolil řadu čipů od společnosti OSRAM - OSOLON SSL z roku 2012. Na následujících 3 obrázcích lze vidět, že životnost a světelný tok diody v průběhu jejího života, jsou ovlivněny teplotou a velikostí proudu, který diodou protéká. [6]



Obr. 1.11 Vliv provozního proudu na životnost LED při respektování  $T_s$  (teplota na spoji mezi čipem a vodivou destičkou)



Obr. 1.12 Degradanční charakteristika světelného toku v závislosti na proudu při  $T_s = 55^\circ\text{C}$



Obr. 1.13 Degradanční charakteristika světelného toku v závislosti na proudu při  $T_s = 85^\circ\text{C}$

	Duris GW PSLRS1.EC												
$I_f$ (A)	0,010	0,020	0,030	0,050	0,070	0,090	0,100	0,110	0,120	0,140	0,160	0,180	0,220
účinnost (lm/W)	174,6	158,8	151,9	143,6	137,7	132,9	130,7	128,7	126,7	123,2	120,0	117,0	111,8
počet čipů	1974	1071	737	457	333	263	239	218	202	175	155	140	117
teplota $T_s$ (°C)	56	56	57	58	59	61	61	62	63	64	66	67	70

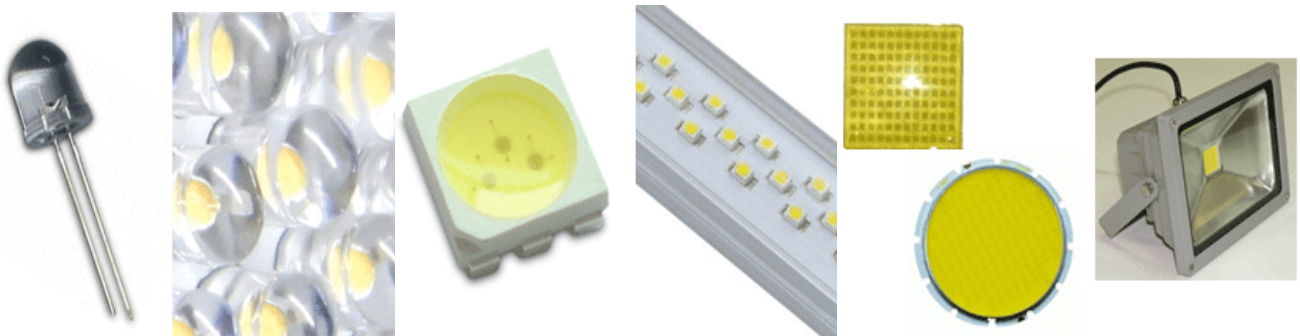
Tab. 1.2 Porovnání několika hodnot při měnících se hodnotách proudu pro konkrétní čip ( $\Phi = 18\text{ klm}$ )

Platí tedy, že čím menší proud bude diodou protékat, tím větší bude její životnost a účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. V tab. 1.2 uvádím konkrétní příklad při použití čipu od společnosti OSRAM Duris GW PSLRS1.EC a požadavku na světelný tok 18 000 lm. Na základě těchto skutečností musíme při konkrétní realizaci osvětlovací soustavy najít vhodný průnik, mezi počtem čipů (cenou instalace) pro dosažení dané svítivosti a jejich provozními parametry (závislými převážně na úrovni budícího proudu  $I_f$ ). Jak je vidět z předchozích grafů, teplota okolí, respektive teplota na spoji mezi čipem a vodivou destičkou, má také velký vliv na celkovou životnost diody, stejně jako zachování jejich parametrů v průběhu života. V praxi se toto například řeší tak, že se využívá sledování teploty okolí a v případě potřeby se snižuje proud, který protéká LED. [6]

Úbytek svítivosti během života LED je také problém, kterým je nutno se zabývat. Vhodným řešením této skutečnosti je regulace, kdy během života LED měníme proud, který diodou prochází, dle vhodného algoritmu, obsahujícího nejen čas, ale také například teplotu.

### 1.4.3 Základní typy LED čipů

Existují tři základní typy LED čipů DIP, SMD a MCOB. DIP (dual in-line package) jsou tradičně vypadající diody s dvěma spojovacími piny (anoda a katoda), pomocí nichž se montují na plošný spoj. DIP byly vyráběny hlavně do 21. století a v porovnání s SMD jejich rychleji degradují a obecně mají nižší Ra. Druhým, dnes velmi rozšířeným, typem LED čipů jsou SMD (surface mount diode). SMD se montují přímo na desky plošného spoje. Díky velmi dobře zvládnuté technologii jejich výroby, roste poptávka po jejich produkci a v posledních letech se používají jako zdroje pro osvětlování nejvíce. SMD se v praxi označují číslem udávajícím jejich rozměr. Např. 3528 SMD je čip o velikosti 3.5 mm \* 2.8 mm. MCOB (multi-chip embedded on board) a MCCOB (multi-chips and cups on board) jsou technologicky nejmladší v této kategorii, mají ovšem velký potenciál do budoucna. Jedná se o technologii, která integruje mnoho malých čipů do jednoho velkého. V současné době se používají jako zdroje v aplikacích, kde jsou vysoké požadavky na světelný tok (světlomety, osvětlení velkých tunelů), ale začínají se objevovat i v menších aplikacích jako jsou LED žárovky, či trubice. [7]



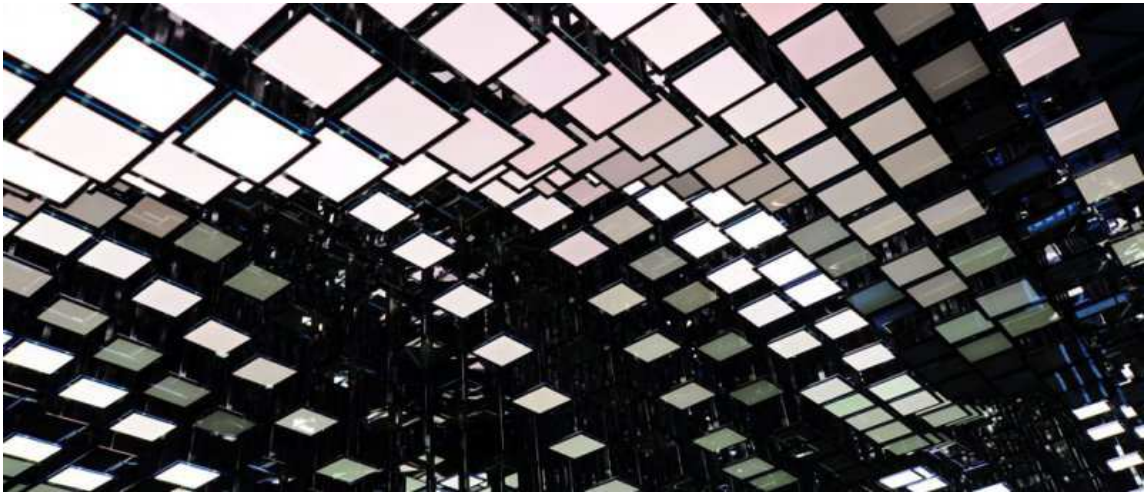
Obr. 1.14 Základní typy LED čipů (zleva: DIP, SMD, MCOB)

### 1.4.4 OLED (organická světelná dioda)

OLED je polovodičová součástka emitující světlo s elektroluminiscenční vrstvou zhotovenou z organických sloučenin. Jsou využívány hlavně v oblasti zobrazovací techniky a s úspěchem nahrazují LCD displeje (televize, telefony aj.). V oblasti osvětlení se jejich významnější prosazení teprve očekává. Tyto zdroje, podobně jako LED, mají obdobný princip využití polovodičových materiálů s vodivostí typu P a N, na jejichž rozhraní dochází k rekombinaci elektronů a děr, při které vzniká světlo. Jsou však rozpracována i komplikovanější řešení, v nichž je mezi anodou a katodou nanášeno více než 10 velmi tenkých vrstev (1-100nm) majících různé funkce vedoucí k zvýšení účinnosti, indexu podání barev a životnosti. OLED umožňují co do plochy podstatně větší a rozměrnější světelné soustavy, při jejichž minimální tloušťce.

OLED mají nízký rovnoměrný jas (1000-2000 cd\*m<sup>-2</sup>), příjemné měkké neoslňující difuzní světlo, široký pozorovací úhel a tudíž nepotřebují odrazných resp. rozptylných dílů, velmi malou spotřebu

energie a vyrábí se v celé škále tvarů i barev. Jejich velkou předností je i velmi malá hmotnost. Neobsahují žádné škodlivé látky. Mají značnou tvarovou flexibilitu výsledného zdroje světla, mohou být průsvitné, s jejich pomocí lze rozsvítit jakoukoliv plochu. Dosahované hodnoty účinnosti OLED jsou zatím nižší než u LED, přesto v laboratorních podmínkách již bylo dosaženo účinnosti 100 lm/W u bílé barvy. [1]



Obr. 1.15 Dekorativní osvětlení technologií OLED od společnosti Philips

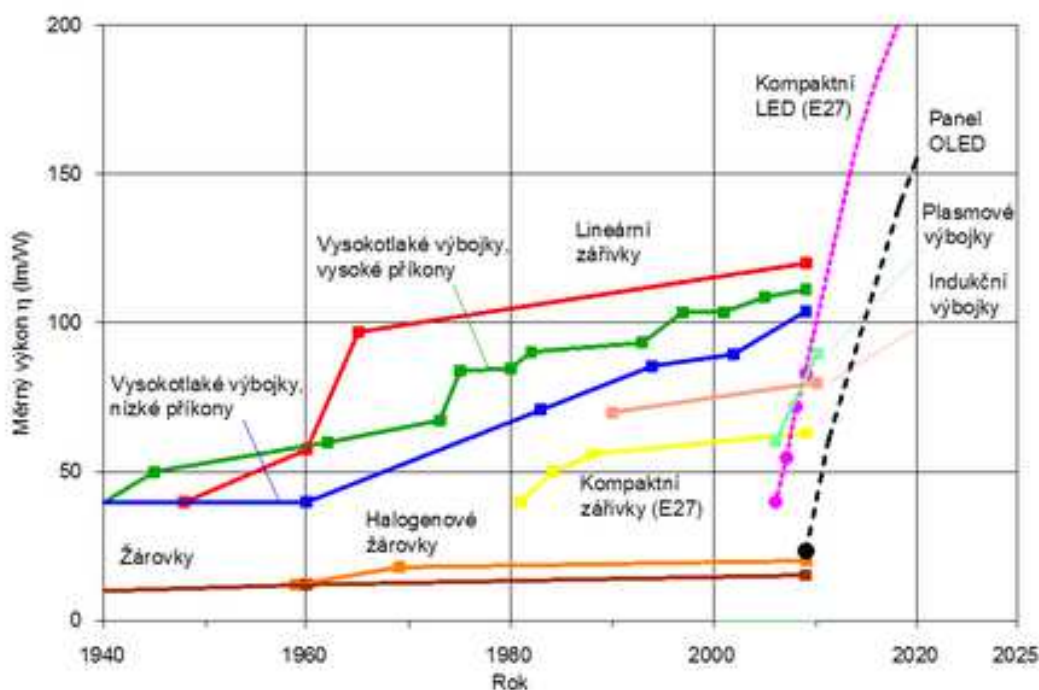
### 1.5 Regulace osvětlovacích soustav

Velmi využívaný způsob pro snižování nákladů za energie při osvětlování je používání systémů regulace osvětlení. Nejen, že tím můžeme zajistit, požadovanou intenzitu světelného toku osvětlovací soustavy po celou dobu jejího provozu, ale také můžeme dosáhnout významného ušetření v oblasti spotřeby energie. Klasickým příkladem regulace osvětlení jsou pohybové senzory, které ovládají osvětlení prostorů, ve kterých se lidé nepohybují soustavně (toalety, odpočinkové místnosti aj.) a tudíž by zde mohlo docházet k tomu, že se zde svítí i v době, kdy zde nikdo není a to hlavně z důvodu pochybení lidského faktoru. Ve výrobních halách, kde je velký potenciál osvětlení slunečním světlem díky oknům a světlíkům, se využívá regulace založené na snímání intenzity slunečního světla a následné úpravě světelného toku osvětlovací soustavy. Nabízí nastavit časová období pro snížení intenzity, například venkovního osvětlení a mnoho dalšího. Systémy regulace osvětlení používají sofistikovaný software, celou řadu měřících a ovládacích prvků a záleží již na konkrétních požadavcích zákazníka, nebo parametrech aplikace, kde bude této regulace využito. V průběhu provozu systému je kromě nákladů na energii dalším významným faktorem údržba celého systému. V určených intervalech je kontrolováno fungování kompletního systému, což pomáhá odhalovat vady na svítidlech a usnadňuje případnou lokalizaci vadných kusů, která může být u velkých osvětlovacích soustav velmi nákladná. Inteligentní řídicí systémy jsou schopny vykonávat tyto kontroly trvale nebo na vyžádání. Společnosti zabývající se regulací osvětlení se na svých stránkách chlubí tím, že jsou

schopny ušetřit až 30 % spotřeby energie, právě díky těmto systémům. Tento údaj jsem dostal potvrzený i od společností, z jejichž nabídek jsem vybíral osvětlovací soustavy v této práci.

## 1.6 Budoucnost v osvětlování

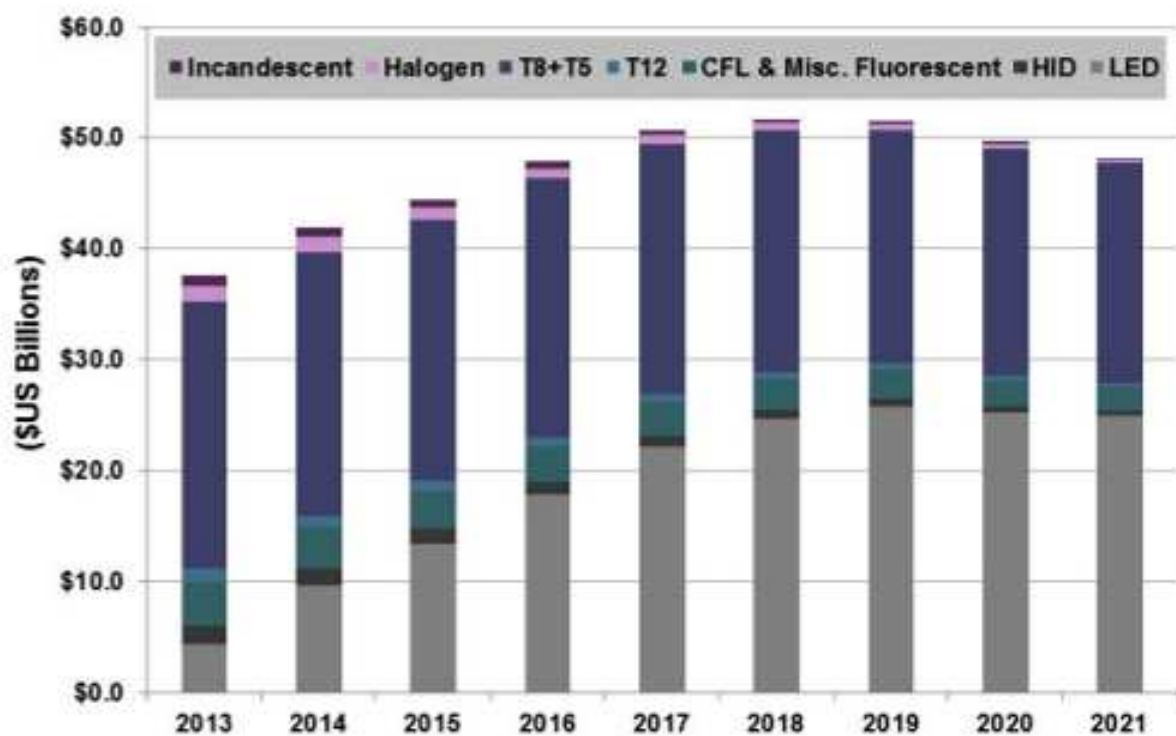
Oblast světelných zdrojů je v poslední době jednou z nejdynamičtějších oblastí světelné techniky a významně ovlivňuje situaci na trhu svítidel. Velmi rychlý vývoj technologií a sériové výroby nových typů světelných zdrojů, nedává trhu se svítidly dostatek času se přizpůsobit. Pro konečného zákazníka to pak znamená velmi obtížnou identifikaci nejvhodnějšího způsobu, kterým realizovat danou aplikaci. Prodejci svítidel jsou nuceni prodávat své zásoby, i když v daný moment již existují o několik generací vyspělejší technologie. Na zákazníčkovi je rozhodnutí, zda se vydat cestou časem ověřených technologií osvětlení nebo cestou nejnovějších technologií, které nabízejí řadu výhod, hlavně v oblasti úspor při dalším provozu, ovšem s několikanásobně vyšší vstupní investicí.



Obr. 1.16 Vývoj měrných výkonů  $\eta$  (lm/W) u běžně používaných světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování

Dle amerického národního environmentálního programu, osvětlení představuje 15 % celkové spotřeby energie v USA. IHS (americká společnost poskytující analýzy a informace, pro hlavní politická, průmyslová a obchodní rozhodnutí) odhaduje, že trh s osvětlením ročně generuje 100 miliard dolarů. Zvyšování cen elektřiny, obavy z globálních klimatických změn a snaha o energetickou nezávislost transformují trh s osvětlovací technikou směrem k energeticky efektivním zdrojům. Největší společnost na trhu s osvětlením, Philips, vykázala ve 3. čtvrtletí roku 2013 nárůst příjmů o 48 % z osvětlovacích technologií založených na LED a tyto technologie nyní reprezentují 34 % jejího celkového prodeje osvětlovací techniky. Tento světově vzrůstající trend v osvětlování je také podpořen zprávou

připravenou americkou konzultantskou společností Navigant, která odhaduje podíl LED technologií na trhu s osvětlováním v roce 2020 na přibližně 50 %. LED technologie se, dle mého názoru, stanou velmi vyhledávanou technologií pro osvětlování v budoucnu a to hlavně ve chvíli, kdy začne klesat jejich pořizovací cena. Také společnosti působící v Evropě budou, díky celosvětovému tlaku na snižování nároků na elektrickou energii, čím dál tím více tlačeni legislativou, či pomocí různých dotací, k tomu, aby přecházeli na efektivnější způsoby osvětlování. Model americké organizace CLASP (Center for Law and Social Policy) předpovídá, že v roce 2030 budou LED technologie zajišťovat osvětlení až 2/3 nebytových prostor. Dle této předpovědi, i přes rostoucí nároky na osvětlování, bude energetická úspora až 24 %, což se odhaduje na 53 TWh. [8]

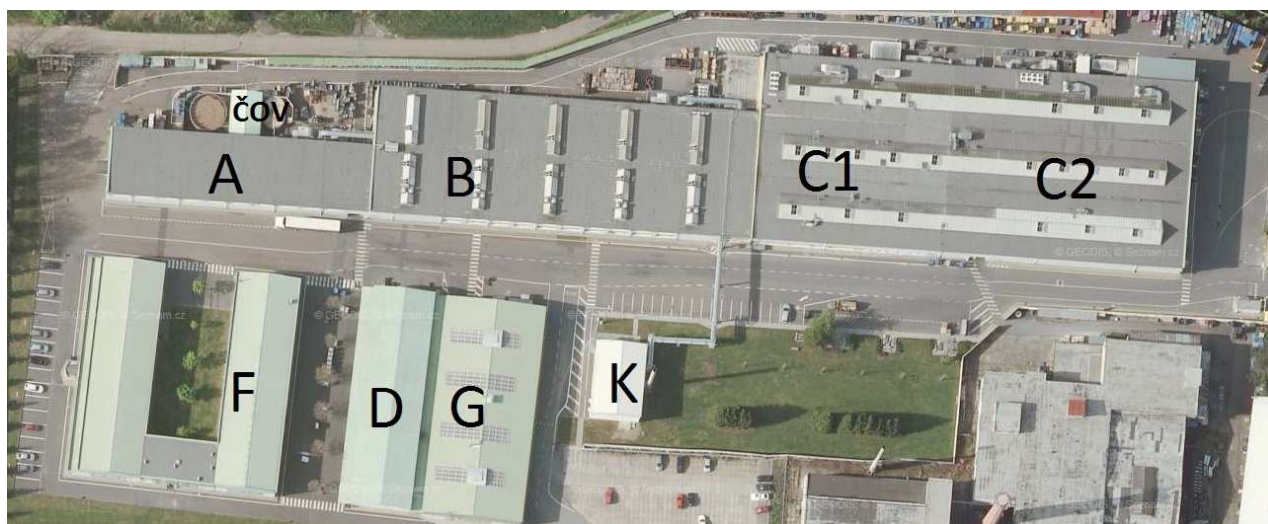


Obr. 1.17 Předpověď výnosů komerčního osvětlení v letech 2013-2020 (miliardy dolarů)

## 2 Současný stav podniku

Francouzská společnost Hutchinson je vedoucím dodavatelem gumových dílů do automobilového průmyslu a je součástí koncernu TOTAL. Zaměstnává přes 30.000 lidí v 95 továrnách po celém světě, z toho v Rokycanech přes 600 zaměstnanců. Společnost Hutchinson s.r.o. byla založena v Rokycanech v roce 1994. Za více než patnáct let existence prodělala společnost vývoj od levného dodavatele nejlevnějších typů hadic vodních hadic s nízkou přidanou hodnotou až do dnešního stavu, kdy vyrábí nejsložitější typy hadic. [9]

V areálu Hutchinsonu se nachází 4 výrobní haly (B, C1, C2, G), dvě skladovací haly (A, D), objekt kanceláří spojený s dílnou údržby a jídelnou (F), kotelna (K) a ČOV.



Obr 2.1 Areál společnosti Hutchinson v Rokycanech

### 2.1 Odhad celkové spotřeby osvětlení

Pro návrh rekonstrukce osvětlení jsem si zvolil 3 hlavní části: výrobní halu B, skladovací halu D a objekt kanceláří F. Haly C1 a C2 prošly v nedávné době rekonstrukcí osvětlení a proto jsem se zaměřil na halu B, kterou rekonstrukce teprve čeká. V výše zmíněných halách je proveden odhad spotřeby na základě konzultací s kompetentními pracovníky podniku.

#### 2.1.1 Výrobní hala

Výrobní část haly B má tvar písmene L a je 8,5 metru vysoká. Osvětlení haly se skládá z kombinace vysokotlakých metal-halogenidových výbojek značky Venture (250 a 400 W) umístěných ve hliníkových svítidlech značky Proli a nízkotlakých rtuťových výbojek (zářivek) značky Philips, které jsou umístěny v plastových svítidlech Vipet s předradným systémem s kombinací tlumivka, kondenzátor. Koeficient vlastní spotřeby svítidla (KSS) jsem stanovil na konstantní hodnotu 1,2, tzn. že odběr kompletu svítidla se dvěma zářivkami je o 20 % vyšší než odběr samotných zářivek. Při měření celkového odběru jednotlivých svítidel jsem docházel k různým hodnotám tohoto koeficientu,



který také převážně závisí na tepelném opotřebení tlumivky a kondenzátoru. Po konzultaci s odbornou osobou zabývající se osvětlením, mi bylo doporučeno používat právě tuto hodnotu, pro stanovení průměrné velikosti vlastního odběru svítidel.



Obr. 2.2 Vnitřní prostor výrobní haly B

Na hale B probíhá několik druhů výroby. Je zde protlačovací linka, kde je vytlačován polotovár samotných hadic, jsou zde montážní, testovací a značící pracoviště obsluhované operátory a - z hlediska osvětlení nejdůležitější - autoklávy, kde jsou hadice zapékány. V okolí autokláv dochází k exhalaci vulkanizačních dýmů a ve výšce hlavního osvětlení (6 m) dosahují teploty vzduchu výjimečně krátkodobě až 50 °C.

V okolí autokláv jsou zářivky umístěny v ocelových svítidlech značky Perun s elektrickým předřadníkem a to z toho důvodu, že agresivní vulkanizační výpary z autokláv degradují plastová svítidla, která následně žloutnou a ztrácí svou světelnou propustnost. Výbojky jsou zavěšeny v několika nepravidelných řadách ve výšce 6 metrů. Zářivky jsou připevněny na nosných konstrukcích v nepravidelných řadách ve výšce 4 metrů, na odsávání autoklávů a na konstrukci montážních strojích. Celková kalkulace odběru soustavy je vypočtena v tab. 2.1.

<b>Odběr osvětlovací soustavy haly B</b>				
<b>zdroj světla</b>	<b>odběr(W)</b>	<b>počet kusů</b>	<b>KSS</b>	<b>odběr soustavy (kW)</b>
výbojka	400	11	1,2	5,28
výbojka	250	27	1,2	8,1
řady zářivek	116	101	1,2	14,0592
řada zářivek u autokláv	58	51	1,2	3,5496
zářivky na odsávání autokláv	72	36	1,2	3,1104
zářivky na montážních strojích	72	123	1,2	10,6272
<b>Počet svítidel celkem:</b>	349	<b>Celkový odběr:</b>		44,7264

Tab. 2.1 Odběr osvětlovací soustavy haly B

Celková roční spotřeba se poté odvíjí od doby po kterou se svítí. Pracuje se ve 3 směnném provozu 5 dní v týdnu. Během vánočních svátků probíhá týdenní odstávka. V roce 2014 bylo dle záznamů Hutchinsonu 250 pracovních dní. Ve třisměnném provozu to je 6000 hodin. Na halách se ovšem nesvítí neustále. Vedoucí pracovních zón mají, dle potřeby, rozsvěcet a zhasínat. Toto však není striktně dodržováno. Pro stanovení koeficientu ročního svícení jsem použil následující úvahu. První předpoklad ze kterého vycházím je ten, že v zimě se svítí neustále. Na jaře a podzim se během noci svítí naplno, a během dne na 90 %. V létě se svítí naplno pouze v noci a přes den na 50 %. Z této úvahy jsem volil hodnotu koeficientu svícení 0,9125. Tab 2.2 ukazuje celkovou spotřebu soustavy za rok, vytvořenou na základě těchto úvah.

<b>Roční spotřeba osvětlovací soustavy</b>	
odběr soustavy	44,7264
počet pracovních hodin	6000
koeficient svícení	0,9125
cena za 1 kWh	2,1
<b>kWh celkem</b>	<b>244877,04</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>514 241,78 Kč</b>

Tab. 2.2 Roční spotřeba osvětlovací soustavy haly B

Další položky, se kterými je nutné počítat při odhadu ročních výdajů na svícení, jsou výdaje na údržbu osvětlovací soustavy. Tyto náklady jsem rozdělil do několika skupin, jelikož dle umístění a typu svítidla se náklady výrazně liší. První skupina jsou zářivky ve výšce 4 m. Vycházím z následujících předpokladů: Cena jedné trubice TL-D 58W 830 Philips pro Hutchinson je 42,77 Kč. Jejich průměrná životnost je 15 000 hodin. Výměnu předřadníku (převážně sestava tlumivka - kondenzátor) i s prací jsem po odborné konzultaci stanovil na 330 Kč a průměrnou životnost 6 let. Zářivková svítidla se nachází na ne vždy snadno dostupných místech a k jejich výměně je mnohdy potřeba odklidit celé pracoviště. Dále je k jejich výměně také potřeba řidiče vysokozdvížného vozíku, který vyzvedne údržbáře provádějícího výměnu. Po konzultaci s údržbou jsem došel k závěru, že výměna trubice trvá průměrně 1 hodinu. Průměrný plat údržbáře uvažuji 150 Kč za hodinu. (Pro zjednodušení není

započítána práce řidiče vysokozdvizného. Na druhou stranu není ani započítán fakt, že se trubice standardně mění hromadně a pokud možno v době, kdy se nevyrabí, což sníží celkový čas na výměnu.) Z těchto předpokladů jsem dostal následující kalkulaci ročních nákladů na údržbu.

<b>Náklady na údržbu zářivek ve 4 m - hala B</b>		
počet svítidel	137	ks
cena zdroje	42,77	Kč/ks
výměna trubic	150	Kč/1 svítidlo
servisní interval	15000	hodin
roční provoz	5475	hodin
výměna předřadníků po 6 letech provozu	7535	Kč/rok
<b>celkem</b>	<b>19313</b>	<b>Kč/rok</b>

Tab. 2.3 Náklady na údržbu zářivek umístěných na konstrukcích ve 4 m

Druhou skupinou jsou výbojky. Ceny výbojek VENTURE HIE 250W/C/V/LU/737 a HIE 400W/C/V/LU/737 jsou shodně 583,22 Kč. Jejich životnost je dle výrobce 15 000 hodin. Výměnu předřadníku jsem volil shodně 330 Kč každých 6 let. Výbojky se nachází ve výšce 6 metrů nad pracovišti a jsou obtížněji dostupné. Po konzultaci jsem tedy odhadl práci údržbáře na 1,5 hodiny. Opět je potřeba spolupráce řidiče vysokozdvizného vozíku, jehož práci pro zjednodušení nezapočítávám.

<b>Náklady na údržbu výbojek - hala B</b>		
počet svítidel	38	ks
cena zdroje	583,22	Kč/ks
výměna trubic	150	Kč/1 svítidlo
servisní interval	15000	hodin
roční provoz	5475	hodin
výměna předřadníků po 6 letech provozu	2090	Kč/rok
<b>celkem</b>	<b>20349</b>	<b>Kč/rok</b>

Tab. 2.4 Náklady na údržbu výbojek

Poslední skupinou jsou snadno dostupné zářivky na montážních strojích a v okolí autoklávů. Zde jsem stanovil čas výměny na 10 minut. Jelikož je zde kombinace 36 a 52 W zářivkových trubic, určil jsem průměrnou cenu za kus na 35,12 Kč. Ostatní údaje jsou shodné s první skupinou zářivek ve 4 metrech.

<b>Náklady na údržbu ostatních zářivek - hala B</b>		
počet svítidel	210	ks
cena zdroje	35,12	Kč/ks
výměna trubic	25	Kč/1 svítidlo
servisní interval	15000	hodin
roční provoz	6000	hodin
výměna předřadníků po 6 letech provozu	11550	Kč/rok
<b>celkem</b>	<b>18834</b>	<b>Kč/rok</b>

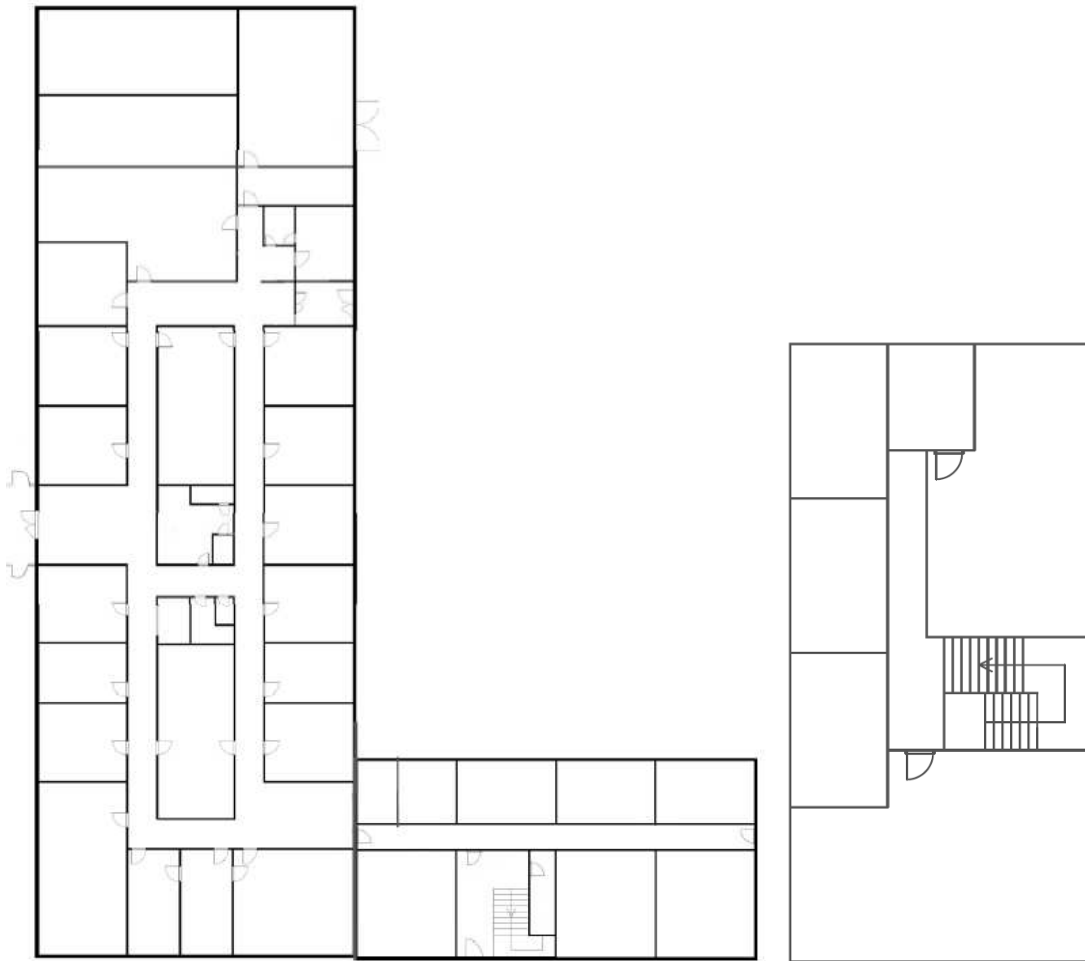
Tab. 2.5 Náklady na údržbu ostatních zářivek na hale B

### 2.1.2 Objekt kanceláří

V objektu kanceláří se nachází 30 oddělených kancelářských buněk s průměrně 3 svítidly osazenými 2 zářivkovými trubicemi značky Philips 36 W. V mezikancelářských komunikacích (chodbách) se nachází 20 svítidel osazených 4 trubicemi značky Philips 36 W. Na záchodech se pak nachází celkem 7 svítidel osazených 2 trubicemi značky Philips 18 W. Jak již bylo zmíněno počet pracovních dní je stanoven na 250. Dobu svícení jsem po konzultaci ve společnosti odhadoval dle následující úvahy: Po dobu 5 měsíců, kdy je nejméně slunečního světla svítí 30 % zaměstnanců v kancelářích od 7. do 10. hodiny a následně pak od 15. do 16. hodiny. 70 % zaměstnanců pracuje od 8 hodin a svítí mezi 8. a 10. hodinou a poté mezi 15. a 17. hodinou. Jelikož se zaměstnanci v rámci ekologické politiky firmy snaží svítit, co nejméně, průměrnou dobu svícení v 7 měsících s vyšší dodávkou slunečního světla jsem stanovil na 2 hodiny denně. Na záchodech se nachází senzory pohybu a tudíž se světla rozsvěcí pouze v přítomnosti návštěvníků. Přesto jsem stanovil dobu svícení na záchodech na 7 hodin denně. Na chodbách je doba svícení stejná jako v kancelářích. Celková roční spotřeba objektu kanceláří je vyčíslena v tab 2.6.

<b>Spotřeba objektu kanceláří</b>	
počet kanceláří	30
odběr 1 kanceláře (W)	432
doba svícení po 7 měsíců (h)	291,67
doba svícení po 3 měsíce (h)	416,67
odběr záchodů (W)	252
doba svícení za rok (h)	1750
odběr chodeb (W)	1440
doba svícení za rok (h)	708,33
<b>roční spotřeba (kWh)</b>	<b>10587</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>22 232,70 Kč</b>

Tab. 2.6 Náklady na údržbu ostatních zářivek na hale B



Obr. 2.3 Přízemí a 1 nadzemní podlaží objektu kancelář

### 2.1.3 Skladovací hala

Skladovací hala má rozměry 37,3 \* 10 \* 6,5 m, její součástí je také vestavek o rozměrech 37,3 \* 2,5 \* 3,8 m. Ve skladovací hale je soustava zářivkových svítidel V3 2 \* 58 W od společnosti MODUS ovládaná po řadách. Osvětlovací soustava je navržena na průměrnou osvětlenost 150 luxů. Svítidla jsou umístěna ve výšce 6 metrů. Celková spotřeba svítidel a roční výdaje na údržbu jsou vyjádřeny v tab. 2.7 a 2.8. Oproti výrobní hale je zde menší předpokládaný čas výměny vadné trubice či některé elektronické části, proto jsem stanovil cenu za 1 svítidlo 75 Kč. Koeficient vlastní spotřeby svítidla je 1,2.

Roční spotřeba osvětlovací soustavy skladu	
počet svítidel	33
celkový odběr soustavy (W)	3828
doba svícení za rok (h)	6000
roční spotřeba (kWh)	22968
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>48232,8</b>

Tab. 2.7 Roční spotřeba osvětlovací soustavy skladu

Náklady na údržbu - sklad		
počet svítidel	33	ks
cena zdroje	42,77	Kč/ks
výměna trubic	75	Kč/1 svítidlo
servisní interval	15000	hodin
roční provoz	5475	hodin
výměna předřadníků po 6 letech provozu	1815	Kč/rok
<b>celkem</b>	<b>3749</b>	<b>Kč/rok</b>

Tab. 2.8 Náklady na údržbu osvětlovací soustavy skladu



Obr. 2.4 Vnitřek skladovací haly D

## 3 Návrh rekonstrukce osvětlení

### 3.1 Použitá svítidla

Nejprve se stručně zmíním o charakteristice a technických vlastnostech použitých svítidel.

#### 3.1.1 ILC LINEB

Svítidlo, které jsem volil jako vhodné pro všechny typy prostor je svítidlo společnosti ILC FACTORY. Toto svítidlo jsem volil hlavně z toho důvodu, že nabízí poměrně vysoký měrný výkon 112 - 151 lm/W (lišící se dle typu a výkonu svítidla), což je celkem dobrá hodnota v porovnání s průměrnými LED svítidly, které nabízí další čeští výrobci, či dodavatelé na svých stránkách. Těleso a víko svítidla je ze slitiny AlSi, povrchově upraveného práškovou barvou nebo anodizací. Modul LED je ke korpusu svítidla přišroubován spolu se sekundární optikou. Mezi korpusem svítidla a modulem LED je vložena podložka s vysokou tepelnou vodivostí zajišťující kvalitní odvod tepla. Svítidlo je také vybaveno monitorováním provozní teploty LED čipů a je napájeno řízeným zdrojem s aktivní kompenzací účinníku. Díky použitým komponentům a dobrému odvodu tepla má svítidlo velmi dobrou životnost - 100 000 provozních hodin. Svítidlo je již v základu osazeno funkcí SteadyLight - zajištěním konstantního světelného toku po celou dobu životnosti svítidla a je vybaveno monitorováním provozních hodnot celého svítidla s důrazem na teplotu zdrojové a LED části pro optimalizaci provozu. Pro bezpečné a rovnoměrné rozložení světla jsou použity sekundární čočky z vysoce kvalitního PMMA materiálu, který je odolný vůči UV záření a nežloutne po celou dobu životnosti. Pro různé situace jsou používány 3 typy sekundární optiky s odlišnými fotometrickými vlastnostmi. Pro potřeby zvýšené ochrany a mechanické odolnosti je možné svítidlo osadit krytem z tvrzeného skla s vysokou číroostí a mechanickou odolností, které zabraňuje vzniku odrazů a chrání optickou část svítidla před vlivy okolního prostředí. Svítidlo je osazeno čipy společnosti OSRAM a zároveň je společností OSRAM certifikováno. Standardní teplota chromatičnosti je 4000 K (denní světlo), index podání barev  $R_a > 80$  a krytí IP66. [10]



Obr. 3.1 Svítidlo ILC LINEB

### 3.1.2 Perun Anticor

Svítilno Perun od společnosti TREVOS je zářivkové svítidlo, jehož základna je vyrobena z nerezového plechu. Reflektor svítidla je vyroben z ocelového plechu, povrchově upraven bílou práškovou barvou, sloužící jako nosná deska k upevnění elektrokomponent. Reflektor je vyroben z leštěného plechu a vhodně upravuje světelný tok. Světelně činný kryt je vyroben z kaleného bezpečnostního skla a je na základně upnut pomocí nerezových spon. Díky těsnící gumě má svítidlo krytí IP 66. [11]



Obr. 3.2 Svítidlo Perun Anticor

### 3.1.3 BELAL 250Q

BELAL 250Q je metalhalogenidové výbojkové svítidlo společnosti Modus ze skupiny svítidel Bellio. Svítidlo je sestava hliníkové předřadňkové skříně, reflektoru a krytu s celkovým krytím IP65. Ve svítidle budou výbojky značky Venture. [12]



Obr. 3.3 Svítidlo BELAL 250Q

### 3.1.4 ET-PRIM-T5

Jedná se o zářivkové svítidlo společnosti Ekosvětlo. Základna svítidla je z odolného polykarbonátu spojeného s optickým krytem pomocí spon z polyamidu se skelným vláknem, nebo pomocí kovových spon z nerezové oceli. Reflektor je vyroben z ocelového plechu, povrchově upraveného bílou práškovou barvou, přídatný parabolický reflektor je z leštěného hliníkového plechu. Difuzor je vyroben z čirého akrylátu nebo polykarbonátu a má výborné optické parametry a odolnost proti UV záření. Krytí svítidla je IP 66. [13]





Obr. 3.4 Svítidlo ET-PRIM-T5

### 3.1.5 ET-FURT-LED

Toto LED svítidlo je levnější variantou LED svítidel společnosti Ekosvětlo. Celý systém nabízí měrný výkon 112-128 lm/W. Svítidlo má krytí IP 66,  $R_a > 80$  a je navrženo pro použití do teploty okolí 45 °C. Na základě konzultace s technikem společnosti mi bylo objasněno, že se jedná o dlouhodobou tepelnou odolnost a také že je tento údaj značně poddimenzovaný, tudíž se dá svítidlo vhodně použít pro celou výrobní halu. Svítidlo je osazeno čipy Fortimo LED LINES 1100lm/840 8W společnosti Philips a jeho životnost je 50 000 hodin. Vizuálně je svítidlo velmi podobné ET-PRIM-T5. [13]

### 3.1.6 GRAFIAS

Poslední typ LED svítidla, který jsem volil pro realizaci osvětlení je GRAFIAS od společnosti Ekosvětlo. Jedná se o kvalitní závěsné svítidlo s životností až 100 000 hodin při provozní teplotě  $T_s = 35$  °C. Jeho krytí je IP 65 a  $R_a > 80$ . Těleso je odlito z hliníku, reflektor z PC - vakuově pokovovaným, kryt je z průhledného tvrzeného skla. Optický systém je tvořen leštěným reflektorem PRE. Svítidlo se dodává v několika variantách chromatické teploty a vyzařovacího úhlu, já jsem volil 4000 K a 80 °. [13]

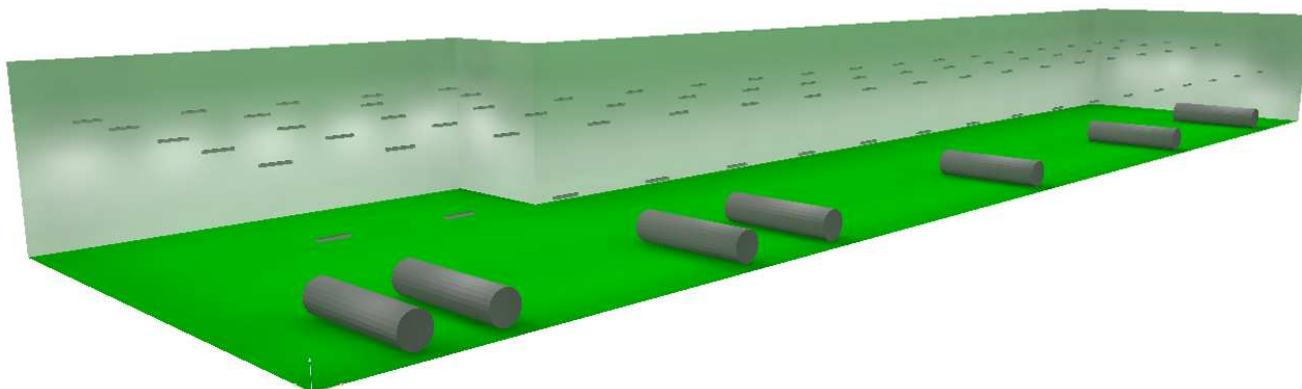


Obr. 3.5 Svítidlo GRAFIAS

## 3.2 Výrobní hala

Pro srovnání nejvýznamnějších moderních trendů v osvětlení jsem zvolil 3 způsoby, kterými by se vhodně osvětlil celkový prostor haly. První způsob spočívá v kombinaci výbojkového a zářivkového osvětlení zpracovaný plzeňskou společností Imont, který je v současné době zvažovaný společností Hutchinson. Druhý návrh osvětlení jsem vybral z nabídky společnosti Ekosvětlo a jedná se o zářivkové osvětlení. Třetím způsobem je osvětlení pomocí LED svítidel, kde jsem zpracoval tři

návrhy a to návrh z nabídky společnosti Ekosvětlo a ILC FACTORY. Všechny návrhy jsou zpracovány tak, aby vyhovovali normě a zároveň požadavkům bezpečnostního technika společnosti Hutchinson, který požaduje minimální průměrnou hodnotu intenzity osvětlení ve výrobních částech výrobních hal 500 lx a ve spojovacích komunikacích výrobních hal 150 lx. Norma dále udává, že rovnoměrnost osvětlení v bezprostředním okolí úkonu musí být  $\geq 0,5$ . Okrajovou zónu volím 1 m. Aby bylo možné provést snadnou montáž s využitím původních konstrukcí, svítidla budou umístěna v 6 řadách ve výšce 6 metrů, jako je tomu nyní, až na jednu řadu u autoklávů, která bude ve výšce 4 m. Koeficienty odrazivosti, se kterými bylo počítáno, jsou 35 pro podlahu, 60 pro stěny a 70 pro strop. Liší se oproti doporučeným normovým hodnotám a to hlavně ze dvou důvodů. Prvním je ten, že například podlaha, pro niž je doporučen koeficient 20 je nově natřena speciálním zeleným nátěrem poskytujícím větší odrazivost, než obyčejná podlaha. Druhý důvod je dobrá porovnatelnost, jelikož návrh společnosti Imont, který jsem dostal k porovnání, má tyto koeficienty takto stanoveny. Pro návrhy osvětlení a kalkulace používám freeware software Dialux 4.12 a ReluxPro. Navrhované osvětlovací soustavy budou porovnávány s hlavním osvětlením haly (výbojky a řady zářivek ve 4 m).

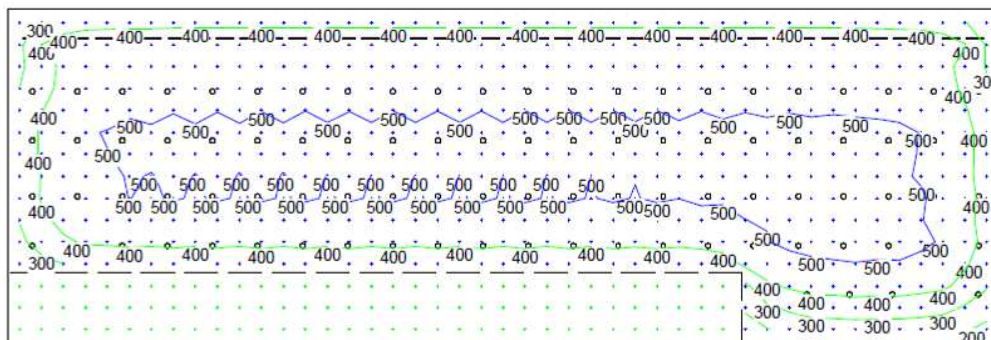


Obr. 3.6 Ukázka 3D modelu v programu Dialux 4.12

Každé pracoviště je dále osvětleno vlastním světelným zdrojem. Zde budu hodnotit pouze výměnu těchto zdrojů za zdroje LED.

### 3.2.1 Kombinace výbojkového a zářivkového osvětlení

Výbojková svítidla BELAL 250 Q jsou zavěšena ze stropu ve výšce 6 m. Jsou zavěšena v 5 řadách a jejich celkový součet je 94. Zářivková svítidla jsou umístěna nad autoklávů ve výšce 4 m. Díky velkému množství vulkanizačních dýmů v této oblasti a jsou volena odolná svítidla z nerezových plechů Perun Anticor osazená zářivkovými trubicemi 2 \* 54 W. Zářivky jsou umístěny na původní nosné konstrukci nad autoklávů v jedné řadě. Jejich celkový součet je 40. Na obr. 3.7 je světelná mapa haly s navrhovaným osvětlením.



Obr. 3.7 Světelná mapa haly B

V následujících tabulkách je pak vyjádřen celkový odběr soustavy, roční spotřeba soustavy a náklady na údržbu.

Odběr osvětlovací soustavy - hala B				
zdroj světla	odběr(W)	počet kusů	KSS	odběr soustavy (kW)
vysokotlaká sodíková výbojka	250	94	1,2	28,2
řada zářivek u autokláv	108	40	1,2	5,184
<b>Počet svítidel celkem:</b>	<b>134</b>	<b>Celkový odběr:</b>		<b>33,384</b>

Tab. 3.1 Odběr osvětlovací soustavy Imont pro halu B

Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
odběr soustavy	33,384
počet pracovních hodin	6000
koeficient svícení	0,9125
cena za 1 kWh	2,1
<b>kWh celkem</b>	<b>182777,4</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>383 832,54 Kč</b>

Tab. 3.2 Roční spotřeba osvětlovací soustavy Imont

Náklady na údržbu		
počet výbojkových svítidel	94	ks
počet zářivkových svítidel	40	ks
cena výbojky	583,22	ks
cena zářivky	42,77	ks
výměna trubíc	150	Kč/1 svítidlo
servisní interval	15000	hodin
roční provoz	5475	hodin
výměna předradníků po 6 letech provozu	7370	Kč/rok
<b>celkem</b>	<b>35966</b>	<b>Kč/rok</b>

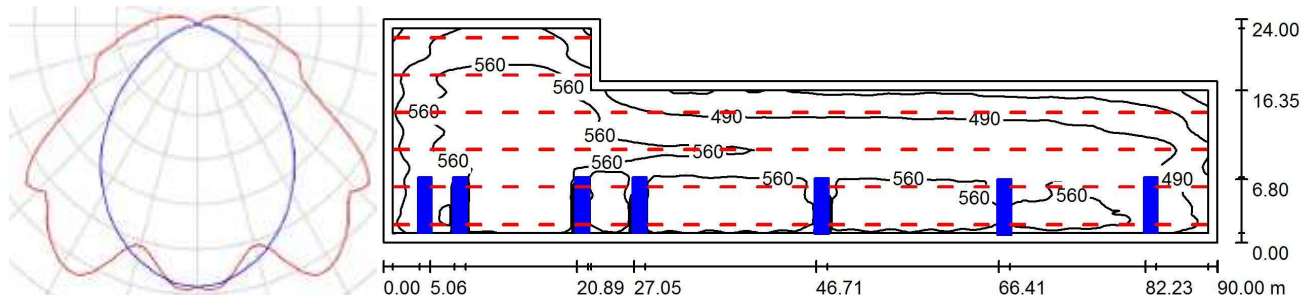
Tab. 3.3 Náklady na údržbu osvětlovací soustavy Imont

Z tab. 3.2, která ukazuje celkovou spotřebu tedy vyplývá, že se ročně zvýší spotřeba o 23,53 MWh. To znamená, že společnost zaplatí ročně za elektřinu o 49 412,16 Kč více. Dále musíme přičíst výdaje

na údržbu. Náklady původního osvětlení na údržbu jsou 39 662 Kč. Ročně se náklady na údržbu sníží o 3 696 Kč. Důležité je ovšem zmínit, že tato varianta osvětlení byla zpracována na základě vyhovění požadavkům zadavatele pro splnění normy, ne jako energeticky výhodnější.

### 3.2.2 Zářivková soustava osvětlení

Osvětlení sestavou zářivkových svítidel ET-PRIM-T5 je umístěno v 5 řadách ve výšce 6 m. U autoklávů je řada svítidel umístěna ve výšce 4 m. Svítidlo je osazeno dvěma zářivkovými trubnicemi T5 80 W. Celkový světelný tok jednoho svítidla je 12 070 lm. Pokud budu, jako v předešlém případě, uvažovat koeficient vlastní spotřeby svítidla 1,2, vyjde měrný výkon systému 62,86 lm/W. Celkový počet svítidel je 104. Svítidla umístěná u autoklávu jsou z kombinace materiálů akryl a ABS, které jsou dostatečně nesavé. Spona je z ABS obohaceného skelným vláknem. Tento typ spony má vyšší chemickou odolnost než kovové spony. Kovové spony také díky rozdílné tepelné roztažnosti než plasty, plasty namáhají a může dojít k odtržení spony. Volený činitel údržby je 0,76.



Obr. 3.7 Vyzařovací diagram ET-PRIM-T5 a světelná mapa haly B (modře jsou vyznačeny autoklávy)

V následujících tabulkách jsou vyjádřeny roční spotřeba a náklady na údržbu soustavy. U ceny zdroje pro údržbu jsem musel vycházet z internetové nabídky, jelikož společnost Hutchinson v současné chvíli neodebírání tyto trubice a tudíž není možné stanovit, jaká by byla jejich přesná cena pro společnost.

Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
odběr soustavy (kW)	21,9648
počet pracovních hodin	6000
koeficient svícení	0,9125
cena za 1 kWh	2,1
<b>kWh celkem</b>	<b>120257,28</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>252 540,29 Kč</b>

Tab. 3.4 Roční spotřeba osvětlovací soustavy zářivek

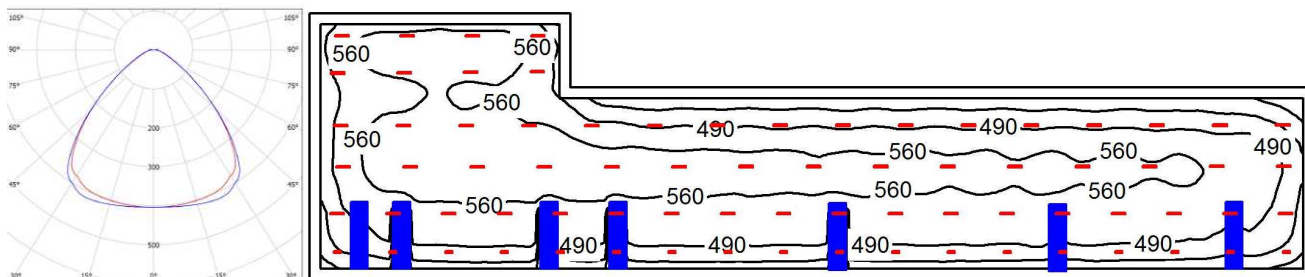
Náklady na údržbu		
počet svítidel	104	ks
cena zdroje	74	Kč/ks
výměna trubic	150	Kč/1 svítidlo
servisní interval	15000	hodin
roční provoz	5475	hodin
výměna předřadníků po 6 letech provozu	5720	Kč/rok
<b>celkem</b>	<b>17032</b>	<b>Kč/rok</b>

Tab. 3.5 Náklady na údržbu osvětlovací soustavy

Z tabulky 3.4, která ukazuje celkovou spotřebu tedy vyplývá, že se ročně sníží spotřeba o 29,97 MWh. To znamená, že společnost zaplatí ročně za elektřinu o 62 941,91 Kč méně. Náklady na údržbu sníží o 22 630 Kč.

### 3.2.3 LED soustava osvětlení

Jak již bylo zmíněno pro LED svítidla jsem zvolil tři možné varianty pro tři různá svítidla. První varianta je sestavena ze svítidel ILC LINEB o délce 120 cm a vyzařovacím úhlu 95°. U autoklávů jsou svítidla 60 cm dlouhá a mají navíc ochranný kryt zabraňující poškození čipů, při prudkém zvýšení teploty. Při teplotách nad 60 °C by mohlo docházet k tepelnému poškození čipů, což jsou teploty které by mohli nastat při otevření víka autoklávu. Tento ochranný kryt snižuje celkový světelný tok svítidla o 7%. Celkový světelný tok svítidla 120 cm bez ochranného krytu je 13 267 lm a jeho měrný výkon je 118,45 lm/W. Počet svítidel 120 cm dlouhých je bez krytu je 57 a 60 cm s krytem 18. Volený činitel údržby je 0,92.



Obr. 3.8 Vyzařovací diagram LINEB120G95 a světelná mapa skladovací haly

Z roční spotřeby osvětlovací soustavy, vyjádřené v tab. 3.6 vyplývá, že roční úspora na energiích je 106,87 MWh, což znamená roční finanční úsporu 224 422,00 Kč. Volený koeficient údržby je 0,92.

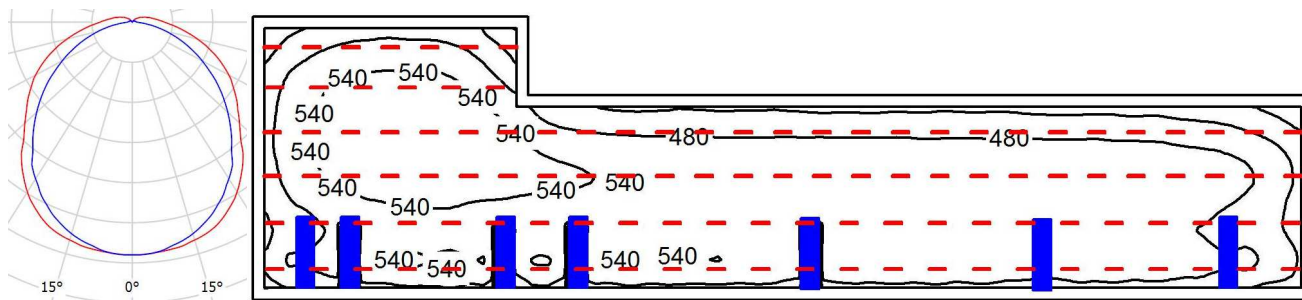
U ostatních světelných zdrojů sem při kalkulaci nákladů na údržbu vycházel z katalogových hodnot životností jednotlivých světelných zdrojů. Tyto údaje se sice mohou lišit s realitou, je ovšem velmi obtížné získat údaje o reálné poruchovosti osvětlovacích systémů v praxi. U tohoto svítidla by tudíž přicházela výměna v úvahu jednou za 16,6 let. Při aplikování regulace osvětlení, by životnost vycházela ještě přibližně o 30 % větší, tudíž by potřeba výměna odpovídala 21,58 letům. Tato doba je

natolik dlouhá, že tento náklad naprosto zanedbám, jelikož za 20 let by mohli být technologie osvětlení mnohem účinnější a levnější, tudíž by přicházela v úvahu spíše nová rekonstrukce osvětlení, než výměna těchto svítidel. Prozatím použiji tuto úvahu pro všechny varianty LED osvětlení, náklady na údržbu poté ještě upřesním v kapitole 4.1.2.

Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
odběr soustavy (kW)	7,92
počet pracovních hodin	6000
koeficient svícení	0,9125
cena za 1 kWh	2,1
<b>kWh celkem</b>	<b>43362</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>91 060,20 Kč</b>

Tab. 3.6 Roční spotřeba osvětlovací soustavy ILC LINEB

Druhá varianta je postavena na svítidlech ET-FURT-LED. Odolnost svítidel u autoklávu je zajištěna použitím stejných materiálů jako u varianty zářivkového osvětlení od společnosti Ekosvětlo. Světelný tok jednoho svítidla je 9 882 lm a měrný výkon 114,9 lm/W. Celkově je zde 115 ks svítidel.



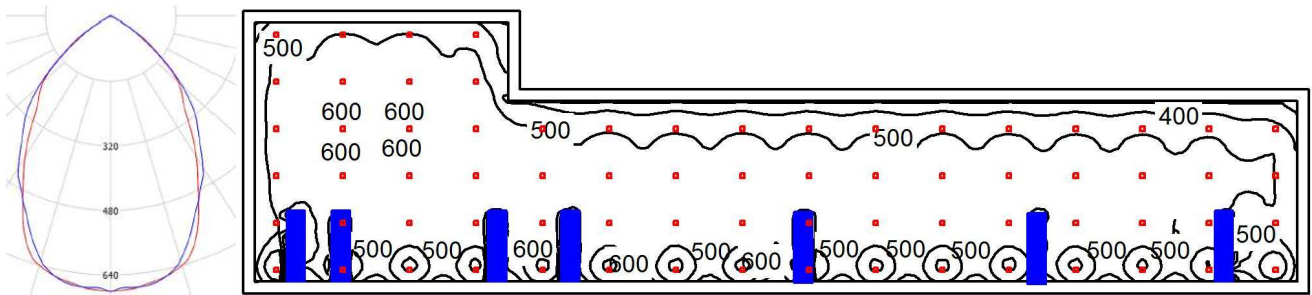
Obr. 3.9 Vyzařovací diagram ET-FURT-LED a světelná mapa skladovací haly

Z roční spotřeby osvětlovací soustavy v tab. 3.7 vyplývá, že roční úspora na energiích je 96,08 MWh, což znamená roční finanční úsporu 201 771,93 Kč.

Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
odběr soustavy (kW)	9,89
počet pracovních hodin	6000
koeficient svícení	0,9125
cena za 1 kWh	2,1
<b>kWh celkem</b>	<b>54147,75</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>113 710,28 Kč</b>

Tab. 3.7 Roční spotřeba osvětlovací soustavy ET-FURT-LED

Poslední zvažovanou variantou je soustava LED svítidel GRAFIAS. Tato svítidla jsou dostatečně odolná i proti vulkanizačním dýmům. Světelný tok svítidla je 13 592 lm a měrný výkon 97,09 lm/W. Volený činitel údržby je 0,8. Celkový počet svítidel je 72.



Obr. 3.10 Vyzařovací diagram GRAFIAS a světelná mapa skladovací haly

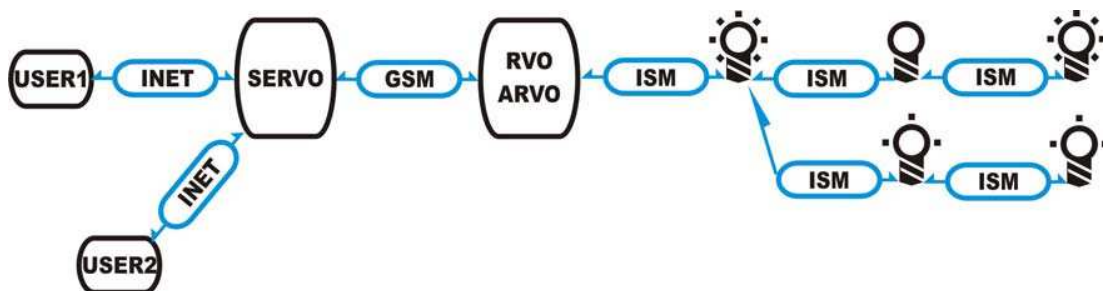
Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
odběr soustavy (kW)	10,08
počet pracovních hodin	6000
koeficient svícení	0,9125
cena za 1 kWh	2,1
<b>kWh celkem</b>	<b>55188</b>
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>115 894,80 Kč</b>

Tab. 3.8 Roční spotřeba osvětlovací soustavy GRAFIAS

Z roční spotřeby osvětlovací soustavy v tab. 3.8 vyplývá, že roční úspora na energiích je 95,04 MWh, což znamená roční finanční úsporu 199 587,40 Kč.

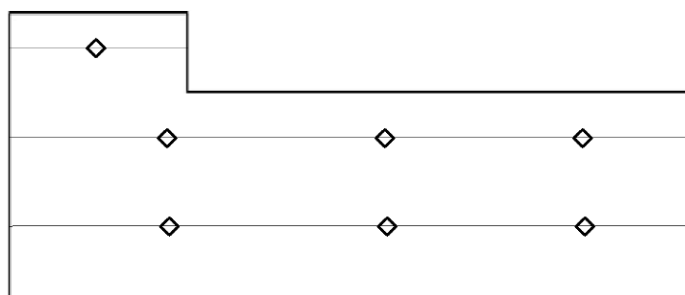
### 3.2.4 Regulace osvětlení

Navrhovanou regulaci osvětlení jsem volil z nabídky společnosti ILC FACTORY a jedná se o regulaci ARVO. Součástí tohoto regulačního systému je logický automat s komunikačním rozhraním GSM/GPRS, ISM, RS232, RS485, USB, statickým elektroměrem pro komunikaci s RS485, stmívatelným elektronickým předřadníkem IRV a jeho vlastním komunikačním modulem, IRC komunikačním a ILC SAO/NESO ovládacím modulem pro svítidla zajišťujícím stmívání s volitelnou intenzitou na základě pevného časového plánu, samoučícího režimu a nebo vnějšího povelu. Systém nabízí ovládat samostatně jednotlivé vývodové větve pomocí dálkového přístupu, či časového harmonogramu a zajišťuje zpětnou vazbu a kontrolu na všech částech systému včetně hlídaných proměnných (stykače, elektroměr, napájecí napětí, hlavní jistič, svítidla aj.). [14]



Obr. 3.11 Základní diagram regulace ARVO

Pro výrobní halu je regulace velmi výhodná a to hned ze dvou důvodů. Prvním důvodem, jak již bylo zmíněno, je lidský faktor. Použitá regulace se dá dle potřeby nastavovat tak, aby se řady či jednotlivá svítidla rozsvěcela, dle předem daného diagramu a tudíž se zamezilo tomu, že bude osvětlována část haly, ve které se například nepracuje a podobně. Druhým a mnohem významnějším použitím regulace je napojení na senzory svítivosti. Ve střeše haly je zabudováno celkem 8 světlíků, které tvoří přibližně 5 % celkové stropní plochy haly. Na hale se také nachází množství oken, které také zvyšují celkovou osvětlenost objektu v úrovni pracovní plochy. Senzory svítivosti by tedy byly zabudovány v bezpečné výšce nad montážními pracovišti (cca 2 m). Dle mých odhadů (založených na konzultaci ve společnosti ILC FACTORY) by bylo za potřebí 7 senzorů umístěných ve 2 řadách po 3 kusech a jednom senzoru umístěném v prostoru výkusu. Tyto senzory by snímaly světelnou intenzitu, byli by odstíněny ze spodní části, aby nedocházelo k ovlivňování hodnot naměřených senzorem emisním osvětlením jednotlivých pracovišť a podle daného vzorce by měnily hodnotu proudu přicházejícího do LED čipů. Tímto způsobem se zvýší měrná účinnost LED čipů, jejich životnost a úspora za energie by mohla dosáhnout navýšení až o 30 %.

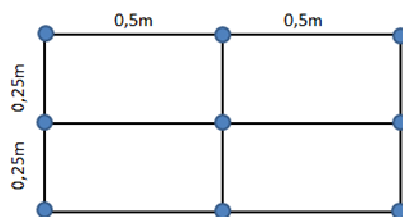


Obr. 3.12 Pravděpodobné umístění senzorů

### 3.2.5 Samostatné osvětlení pracovišť

Každé pracoviště je osvětleno samostatně zářivkovým svítidlem, převážně 2 \* 58 W. Nejlevnějším způsobem jejich náhrady technologií LED, je použití LED trubice, které by nahrazovali zářivkové a zachování současných svítidel. Aby mohla být svítidla použita, je potřeba z nich odstranit celý předřadný systém (pro VVG předřadník - výměna startéru za LED pojistku, pro EVG předřadník - demontáž předřadníku a přivedení napětí na jednu stranu patice). Elektrický předřadník, který upravuje napětí pro LED čipy, je součástí trubice. Při zapojování samotných trubic je pak důležité respektovat jejich polaritu, s čímž se u zářivek nesetkáme. Na orb. 3.13 je schéma osvětlované plochy (pracovního stolu) a body, kde byla měřena intenzita osvětlení při použití různých trubic.





Obr. 3.13 Schéma měřeného pracoviště a měřené body

Celkem proběhla více než desítka měření různých vybraných trubíc s krytem i bez krytu svítidla od společností Tesla, Greenlux a MB-systém (viz. příloha). Požadavek na intenzitu osvětlení pracoviště je 500 lx a rovnoměrnost  $\geq 0,7$ . Barevné podání Ra musí být  $\geq 75$ . V následujících tabulkách jsou zobrazeny výsledky pro tři nevhodnější trubice od jednotlivých společností při použití ochranného krytu svítidla.

<b>Tesla (1840 lm)</b>		Rovnoměrnost = 0,866		
2x16W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo	
Vzadu	560 lx	690 lx	560 lx	
Střed	600 lx	740 lx	580 lx	
Vpředu	570 lx	680 lx	530 lx	

Tab. 3.9 Naměřené hodnoty intenzity osvětlení pro LED trubici Tesla

<b>MB - Systems (1550 lm)</b>		Rovnoměrnost = 0,898		
2x18W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo	
Vzadu	520 lx	630 lx	530 lx	
Střed	550 lx	680 lx	550 lx	
Vpředu	510 lx	630 lx	520 lx	

Tab. 3.10 Naměřené hodnoty intenzity osvětlení pro LED trubici MB - Systems

<b>Greenlux (2400 lm)</b>		Rovnoměrnost = 0,872		
2x22W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo	
Vzadu	740 lx	920 lx	760 lx	
Střed	790 lx	980 lx	780 lx	
Vpředu	740 lx	910 lx	710 lx	

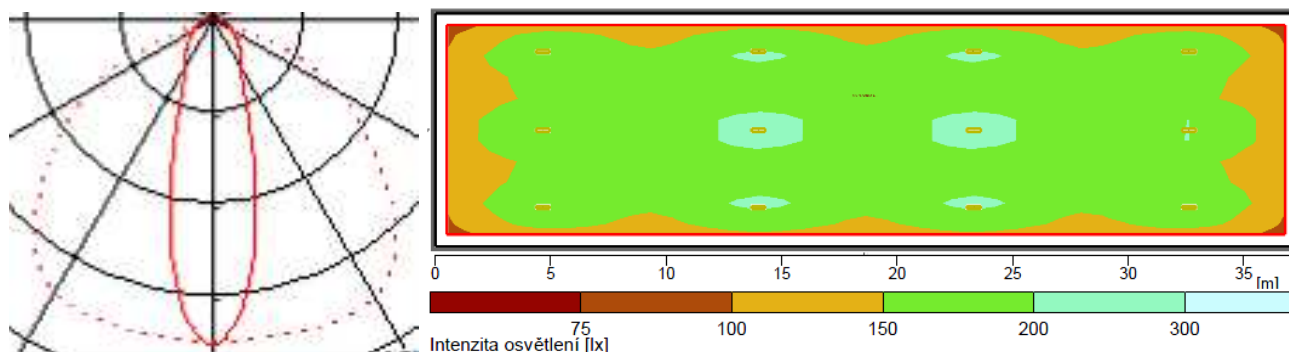
Tab. 3.11 Naměřené hodnoty intenzity osvětlení pro LED trubici Greenlux

Veškeré kalkulace a hodnocení pro tyto trubice budou provedeny v části 4.1.3.

### 3.3 Skladovací hala

Pro skladovací halu jsem modeloval návrh osvětlení za použití technologie LED, konkrétně svítidel společnosti ILC FACTORY - ILC LINEB. Svítidla jsou 60 cm dlouhá, umístěná ve 3 řadách po 4 kusech ve výšce 6 m, jejich vyzařovací úhel je  $32^\circ$  a celkový světelný tok je 6 234 lm. Tato svítidla jsou speciálně navržena pro skladovací prostory, které jsou povětšinou tvořeny dlouhými táhlými chodbami ohraničenými regály pro skladování, což je také patrné z jejich vyzařovacího diagramu na

obr. 3.13. Požadavek na intenzitu osvětlení ve skladovacích prostorech společnosti je 150 lx. Tato hodnota je určena bezpečnostním technikem společnosti. Rovnoměrnost jsem volil dle normy  $\geq 0,5$ .



Obr. 3.14 Vyzařovací diagram LINEB060G32 a světelná mapa skladovací haly

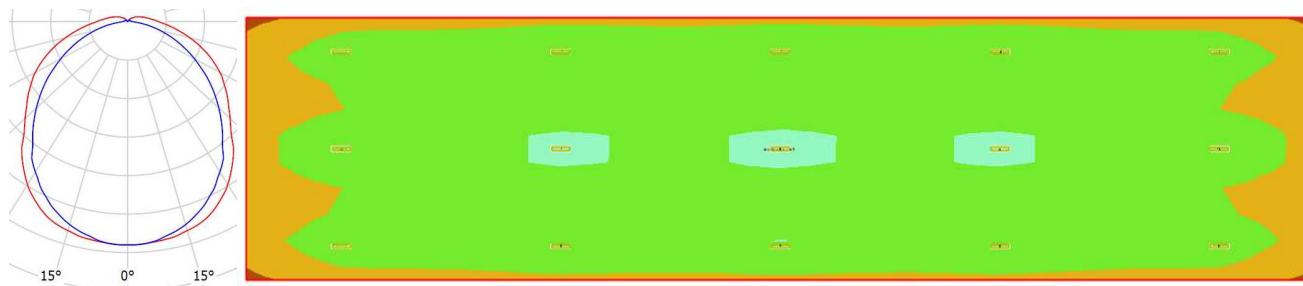
Pro přístavek je nevhodné použití LED svítidel a to kvůli jejich vyřazovacímu úhlu. V normě je uveden požadavek na rovnoměrnost  $\geq 0,5$ . Při simulaci osvětlení za použití dostupných LED svítidel, bylo tomuto požadavku vyhověno až při nepřiměřeně velkém počtu svítidel v porovnání se zářivkovými svídky a průměrná hodnota osvětlenosti dosahovala 500 lx, což je s přihlédnutím k požadavku 150 lx nevhodně mnoho.

Z roční spotřeby tab 3.13 vyplývá, že celkově soustava za rok odebere o 23,53 MWh méně, než současné osvětlení, což znamená úsporu 49 412,16 Kč.

Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
počet svítidel	12
celkový odběr soustavy (W)	672
doba svícení za rok (h)	6000
roční spotřeba (kWh)	4032
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>8 467,20 Kč</b>

Tab. 3.12 Roční spotřeba osvětlovací soustavy ILC LINEB

Druhá varianta je postavena na osvětlení složeném ze svítidel ET-FURT-LED s celkovým světelným tokem 6500 lm. Svítidla jsou ve výšce 6 m po 5 kusech ve 3 řadách. Osvětlení splňuje stejná kritéria, která byla stanovena pro první variantu a ze stejných důvodů nejsou vhodné pro osvětlování přístavku. V přístavku jsou tedy nejvhodnější pro použití zářivkové trubice, které jsou zde v současné chvíli.



Obr. 3.15 Vyzařovací diagram ET-FURT-LED a světelná mapa skladovací haly

Roční spotřeba osvětlovací soustavy	
počet svítidel	15
celkový odběr soustavy (W)	870
doba svícení za rok (h)	6000
roční spotřeba (kWh)	5220
<b>cena za svícení celkem</b>	<b>10 962,00 Kč</b>

Tab. 3.13 Roční spotřeba osvětlovací soustavy ET-FURT-LED

Z roční spotřeby v tab. 3.13 vyplývá, že celkově soustava za rok odebere o 23,34 MWh méně, než současné osvětlení, což znamená úsporu 46 917,36 Kč.

### 3.4 Objekt kanceláří

Kanceláře jsou velice rozdílným typem prostoru pro osvětlování v porovnání s výrobní halou, či skladovacími prostory a to hlavně z důvodu nižších stropů (2,65 m). Při provádění rozvahy přechodu osvětlovací soustavy na soustavu LED jsem bral v úvahu několik hledisek. Prvním hlediskem je poměr cen zářivkové a LED trubice. Kvalitní LED trubice, které jsem bral v úvahu pro montážní stroje - (kvalita se projeví převážně na měrném výkonu a životnosti elektronických prvků), jsou přibližně 15 - 20 krát dražší než LED trubice (při přibližně stejné svítivosti). Měrný výkon zářivek, které jsou v současné chvíli instalovány v Hutchinsonu je 90,27 lm/W, výkon celého kompletu svítidla se světelným zdrojem je poté (dle stejných úvah pro koeficient vlastní spotřeby svítidla 1,2) 72,22 lm/W. Měrný výkon LED trubic, které jsem bral v úvahu se pohybuje v rozmezí 105 - 120 lm/W. (Horší trubice, z pohledu měrného výkonu, jsem nebral v úvahu, jelikož už by nepřinášeli velkou energetickou úsporu a jejich špatné světelné parametry jsou často doprovázeny špatnou životností elektrických součástek, přičemž životnost by měla být silnou stránkou LED osvětlení.) Nabízená úspora při porovnání měrných výkonů je tedy oproti zářivkám přibližně 48 %. Bez přihlídnutí k nákladům na údržbu by tedy roční úspora 1 trubice v tomto podniku byla 73,5 Kč a její návratnost 7,75 roku. Už samotný tento parametr nezní velmi příznivě a to je třeba si uvědomit, že reálná návratnost, při započítání úpravy současných svítidel, případně nákupu nových svítidel by ještě narostla.

Toto ovšem není jediný argument, který je třeba zvažovat při úvaze nad změnou kancelářského osvětlení. Druhým faktorem je vlastní rozložení intenzity osvětlení v kanceláři. Zářivky mají vyzařovací úhel 360°, zatímco LED trubice, které jsem uvažoval, mají vyzařovací úhel 120°. Pokud tedy budeme sedět přímo mezi zdrojem osvětlení a naší pracovní plochou (což je běžné v mnoha kancelářích), budeme si stínit daleko více při osvětlení LED trubicemi, než by tomu bylo u zářivek. Ačkoliv budeme mít vyšší intenzitu osvětlení v prostoru vyzařovacího úhlu LED trubic, rovnoměrnost osvětlení v celé kanceláři bude daleko vyšší při osvětlení zářivkami, což je žádaný efekt. Ze

zmíněných důvodů tedy usuzuji, že zářivkové osvětlení je do kanceláří vhodnější než osvětlení LED trubicemi.

Existuje ovšem technologie zvaná SetaLED, která tento problém řeší. SetaLED je deska zajišťující velký rozptyl vyzařovaného světla, což zajišťuje rovnoměrnost jeho distribuce srovnatelnou se zářivkami a zároveň má velkou krycí kapacitu pro "hot spoty" typické pro LED osvětlení. Dodává se také v různých barvách z dekorativních účelů. V nabídkách společností, které jsem uvažoval pro náhradu osvětlení, jsem ovšem nenašel svítidlo osazené touto technologií, které by sloužilo jako vhodná náhrada zářivkových svítidel do kanceláří. [15]



Obr. 3.16 Destička s technologií SetaLED od společnosti Omniplast

## 4 Hodnocení navrženého osvětlení

### 4.1 Výrobní haly

Jak již bylo zmíněno, všechny navržené světelné soustavy byly navrženy v souladu s platnou českou státní normou ČSN EN 12-464-1 a požadavky bezpečnostního technika společnosti Hutchinson, které vychází ze směrnic koncernu TOTAL. Pro konkrétní realizaci jsem analyzoval situaci na hale B, kde se nachází osvětlovací soustava, která neprošla nedávnou rekonstrukcí osvětlení na rozdíl od ostatních prostor pro výrobu. Navrhovaná realizace je tudíž porovnávána se soustavou, u které nebyly kladeny požadavky na to, aby zmíněné normě vyhovovala.

Nejdříve je důležité se zmínit, jak nákladná by byla demontáž současného osvětlení, jelikož tento údaj se promítne do celkového hodnocení návratnosti navrhovaných soustav. Po konzultacích v rámci společnosti založených na zkušenostech jejích zaměstnanců, jsem došel k následujícím zjištěním. Demontáž by kvůli výrobě mohla probíhat pouze o víkendech a její doba byla odhadnuta na jeden víkend. Dále by musela být vykonána externí společností, což stanovuje odhadovanou minimální

hodinovou sazbu na 500 Kč/h. Demontáž by zajišťoval tým 3 pracovníků. Její celková kalkulace je vyjádřena v tab. 4.1.

<b>Demontáž osvětlovací soustavy</b>	
Počet pracovních hodin	24
Počet pracovníků	3
Vypůjčení vysokozdvíhací plošiny (Kč)	12000
Hodinová sazba pracovníka (Kč/h)	500
<b>Celková částka</b>	<b>48 000,00 Kč</b>

Tab. 4.1 Kalkulace demontáže současné osvětlovací soustavy

Pro první navrhovanou osvětlovací soustavu, navrženou společností Imont, nebudu uvažovat návratnost, ani další hlediska, jelikož je soustava energeticky náročnější než ta současná a z pohledu této práce je nevyhovující.

#### 4.1.1 Zářivková soustava osvětlení

Osvětlovací soustava sestavená ze zářivkového osvětlení už ovšem přináší značné úspory. Její celková cena i s demontáží původní soustavy je 384 000 Kč. V tab. 4.2 je vyjádřena finanční návratnost této soustavy. Montáž soustavy je počítána i s nosnou soustavou a potřebnou kabeláží. Dodavatel dává záruku na tyto svítidla 2 roky.

<b>Návratnost zářivkové soustavy</b>		
Počet svítidel	104	ks
Cena svítidel	1900	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	48000	Kč
Roční úspora na energiích	62941,91	Kč
Roční úspora na údržbu	22630	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>4,207</b>	<b>let</b>

Tab. 4.2 Celková kalkulace návratnosti zářivkové soustavy

U zářivkových svítidel je také nutné přihlédnout k tomu, že regulace osvětlení mírně snižuje jejich životnost a měrný výkon. Celkově kratší životnost jednotlivých komponent v porovnání s osvětlením LED je tvoří také náročnější na údržbu. Pro kalkulace údržby jsem vycházel z údajů v technických listech těchto svítidel, ale v praxi dochází k větší poruchovosti těchto typů svítidel, než by vyplývalo z teoretických předpokladů. Nespokojenost s náročností údržby zářivkových systémů, donutila již v minulosti společnost Hutchinson přejít na výbojkové osvětlení v jednom z jejich externích skladů a to přesto, že odhadovaná životnost zářivek a výbojek je dle technického listu stejná. Zářivky také obsahují množství rtuti (dle technických listů maximálně 5 mg), což znamená vyšší náročnost jejich likvidace, jelikož jsou kategorizovány jako nebezpečný odpad. Tato náročnost se sice neprojevuje v

nákladech společnosti a to díky státem provozovanému zpětnému odběru, ale to znamená pouze to, že za tuto likvidaci musí zaplatit stát.

Při výrobě elektřiny vzniká mnoho škodlivých emisí (dle způsobu její výroby). Tím, že snížíme celkový roční odběr elektrické energie, snížíme i množství škodlivých emisí, který musí být vyprodukovaný. V ČR pokrývají uhelné elektrárny přibližně 51 % výroby elektrické energie. Pro zjednodušený odhad snížení emisí uvažuji odebranou elektřinu z mixu: 50 % z uhelných elektráren a 50 % z ostatních elektráren (u kterých předpokládám bezemisní provoz). V tab. 4.3 uvádím množství emisí, o které se ulehčí životnímu prostředí v ČR. [19, 20]

Emise	tuhé látky	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
<b>Snížení produkce [kg]</b>	44,96	79,43	115,39	9,74	18178,22

Tab. 4.3 Množství snížení emisí při přechodu na navrhované zářivkové osvětlení

Technická hlediska nákladnosti montáže, vlastní technický popis svítidel a úspory na energiích jsem popsal již v předchozích kapitolách.

#### 4.1.2 LED soustava osvětlení

Nyní již přejdu k hodnocení soustav LED svítidel, jelikož samotným cílem této práce je prozkoumat a zhodnotit konkurenceschopnost dnešních osvětlovacích systémů založených na této technologii na osvětlovacím trhu - a výsledky jsou velice slibné.

Celková cena osvětlovací soustavy vytvořená z nabídky ILC FACTORY je 600 600 Kč. Cena je opět počítána s montáží, kabeláží a demontáží původní soustavy. V tab. 4.4 je vypočtena její návratnost.

Životnost těchto svítidel je dle údajů z technického listu 100 000 hodin, tato doba by se ještě navýšila použitou regulací, jelikož regulace snižuje úroveň velikosti proudu. Na druhou stranu životnost LED zdrojů (driverů) se z praxe odhaduje na 5 let (po konzultacích pro tato svítidla uvažuji právě tuto životnost driverů). Sám výrobce těchto svítidel pro odebíraný počet svítidel uvažovaný pro halu B, dává záruku 10 let na optické a mechanické části a 3 roky na elektroniku. Náklady na údržbu jsem tedy stanovil ze vzorce: (cena výměny zdroje = 500 Kč) \* (počet svítidel = 75 kusů) / (očekávaná životnost = 5 let), což vychází na 7500 Kč ročně. Cena výměny zdroje 500 Kč je dána dodavatelem a ten ji sám zajišťuje.

<b>Návratnost soustavy ILC LINEB</b>		
Počet svítidel 120	57	ks
Cena svítidel	6700	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Počet svítidel 60 s krytem	18	ks
Cena svítidel	4900	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	48000	Kč
Roční úspora na energiích	224422,00	Kč
Roční úspora na údržbu	32162	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>2,341</b>	<b>let</b>

Tab. 4.4 Celková kalkulace návratnosti LED soustavy od ILC FACTORY

Další navrhované osvětlovací soustavy založené na technologii LED jsou soustavy od společnosti Ekosvětlo. První z nich se skládá ze svítidel ET-FURT-LED a druhá ze svítidel GRAFIAS. V tab. 4.5 a tab. 4.6 jsou spočteny jejich návratnosti.

<b>Návratnost soustavy ET-FURT-LED</b>		
Počet svítidel	115	ks
Cena svítidel	4860	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	48000	Kč
Roční úspora na energiích	201771,93	Kč
Roční úspora na údržbu	18953,72	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>3,323</b>	<b>let</b>

Tab. 4.5 Celková kalkulace návratnosti ET-FURT-LED soustavy od spol. Ekosvětlo

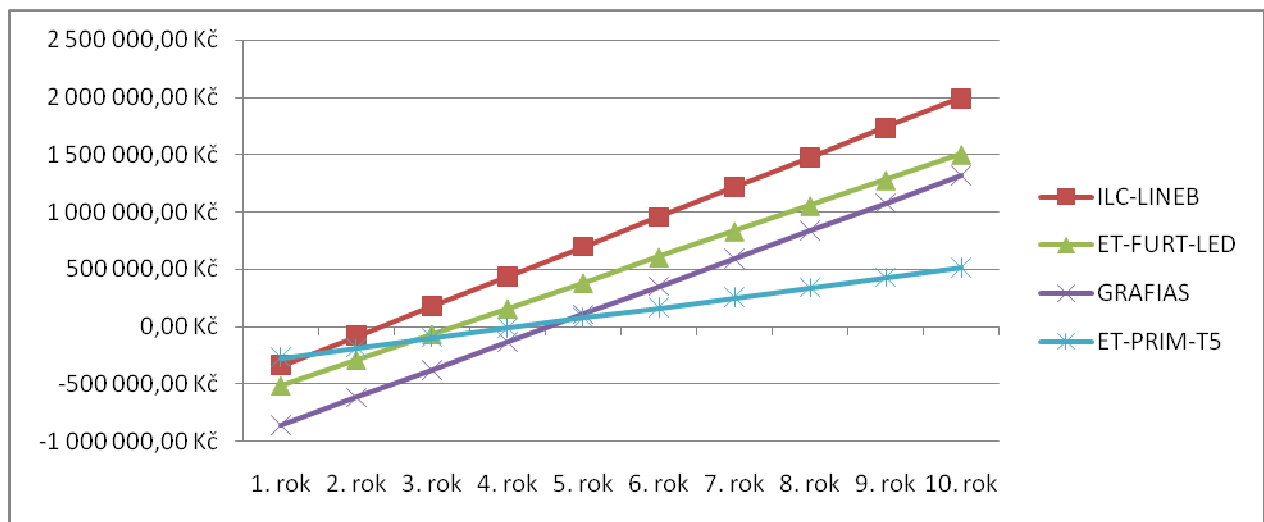
Katalogová životnost svítidel ET-FURT-LED je 50 000 hodin. Tato životnost je specifikována jako L70B50 (70 % pokles světelného toku, 50% funkčních čipů) pro teploty 45 °C. Životnost předřadníků se odhaduje společností také na 50 000 hodin. Dle uvedených provozních hodin by životnost odpovídala 8,33 letům, při použití regulace by to bylo 10,83 let pro LED čipy a tudíž, na základě úvah, které jsem rozepsal v kapitole 3.2.3, náklady na údržbu čipů zanedbám. Budu zde ovšem uvažovat náklady na výměnu předřadníků, které jsou 1 500 Kč, jedenkrát za 8,33 let. Záruka na tato svítidla je 3 roky.

<b>Návratnost soustavy GRAFIAS</b>		
Počet svítidel	72	ks
Cena svítidel	13800	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	800	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	48000	Kč
Roční úspora na energiích	199587,40	Kč
Roční úspora na údržbu	39662,00	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>4,594</b>	<b>let</b>

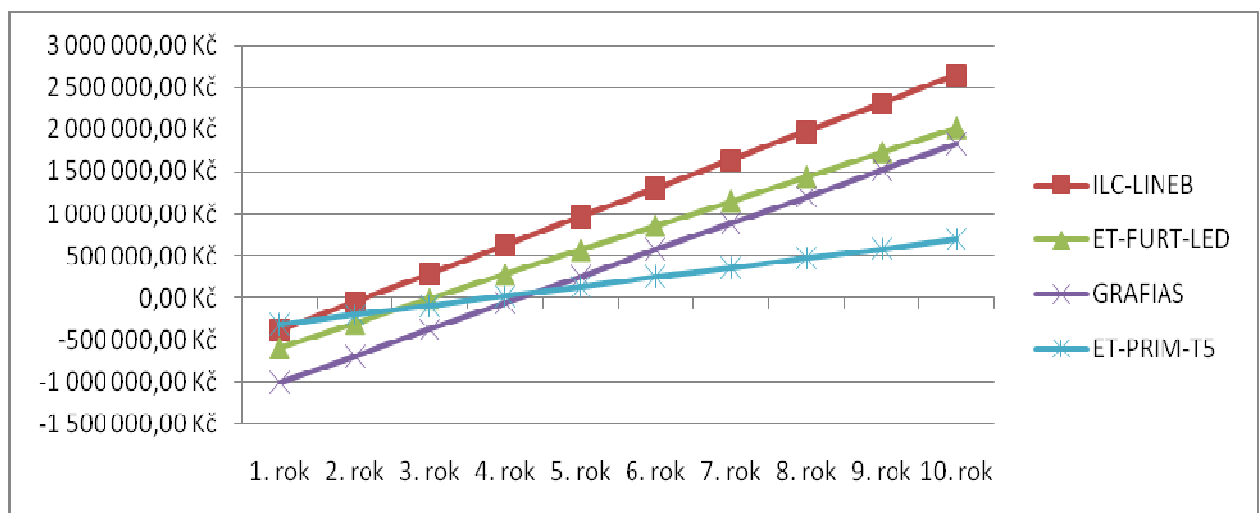
Tab. 4.6 Celková kalkulace návratnosti GRAFIAS soustavy od spol. Ekosvětlo

Katalogová životnost svítidel GRAFIAS je 100 000 hodin. Při dosažení této provozní doby by měl světlený tok poklesnout na 70 %. Tato svítidla jsou osazena velice kvalitními předřadníky, které neobsahují elektrolyt a jejich životnost odhaduje společnost na 90 000 hodin. Z těchto důvodů uvažují pro tato svítidla nulové náklady na údržbu. Záruka od společnosti Ekosvětlo na tato svítidla je při daném odběru 5 let.

Při použití navrhované regulace by se měli snížit náklady na energie až o 30 % a cena by měla stoupnout přibližně o 20 %. Tyto údaje jsou pouze orientační, jelikož nebyla dána žádná konkrétní finanční nabídka pro systém regulace osvětlení zhotovena. Pro představu návratnost zářivkové soustavy s regulací by byla 3,974 let a soustavy ILC LINEB 2,176 let.



Obr. 4.1 Grafické srovnání úspor navrhovaných variant v horizontu 10 let bez regulace



Obr. 4.2 Grafické srovnání přibližných úspor navrhovaných variant v horizontu 10 let s regulací

Z ekologického a legislativního hlediska jsou LED svítidla velice přátelská. Neobsahují žádné nebezpečné látky a vyhovují tak požadavkům kladeným evropskou směrnicí ROHS o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních, čímž tato svítidla



přispívají k ochraně lidského zdraví a životního prostředí. V tab. 4.7 je uvedeno snížení emisí při zprůměrování úspor jednotlivých navrhovaných LED soustav. [16]

Emise	tuhé látky	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
<b>Snížení produkce [kg]</b>	149,00	263,23	382,42	32,28	60243,87

Tab. 4.7 Průměrné množství snížení emisí při přechodu na navrhovaná LED osvětlení

Technická hlediska nákladnosti montáže a vlastní technický popis svítidel jsem popsal již v předchozích kapitolách. Úspory na energiích jednotlivých variant osvětlení byly popsány u jednotlivých kapitol.

#### 4.1.3 Osvětlení pracovišť

Oproti současnému osvětlení pracovišť přináší LED trubice jednu zásadní výhodu, která vyplývá z provedených měření. Při požadavcích na 100 % kontrolu, bylo rozhodnuto, že pracoviště musí mít v úrovni práce operátora intenzitu osvětlení > 500 lx. Při měření provedených za současného stavu bylo zjištěno, že současné osvětlení těchto hodnot nedosahuje. V tom případě, při vzniku požadavku pro 100 % kontrolu, musí být na pracoviště dodáno ještě jedno zářivkové svítidlo.

Celkově se jedná o náhradu 246 kusů zářivkových trubic. Úpravu svítidla jsem stanovil i s výměnou trubic na 50 Kč za kus. Ceny jednotlivých trubic a jejich záruky jsou v tab. 4.8. Tyto ceny jsou stanoveny při jednotlivém odběru. Tento odběr uvažován hlavně proto, že nejvhodnější způsob náhrady by byl postupný a nejčastěji by probíhala výměna na pracovištích, kde by vznikl požadavek pro vyšší osvětlenost.

trubice	cena	záruka	životnost
16W/4000K/mat Tesla	642,00 Kč	2 roky	40 000 h
18W/4000K/mat MB-Systems	819,00 Kč	5 let	neuveдено
22W/4200K/mat Greenlux	689,00 Kč	2 roky	50 000 h

Tab. 4.8 Ceny a záruka vybraných LED trubic

Při hledání rozdílů v cenách údržby jsem vycházel z následujících předpokladů. Práci údržbáře v tomto případě zanedbám, jelikož svítidla jsou velmi snadno dostupná. Katalogové údaje společností sice udávají rozdílnou životnost, ovšem na tuto životnost nedávají záruku. Z důvodu lepší porovnatelnosti tedy budu brát životnost jednotnou 40 000 h. Pokud tedy vycházím z toho, že je trubice třeba vyměnit každých 40 000 h a výdaje na údržbu zářivek jsou stejné, jako v předchozích úvahách, jsou celkové výdaje na údržbu po období 8 let přibližně stejné a tudíž je také zanedbám. Návratnost na jednom svítidle tedy uvažuji z jednoduchého vzorce:

$$(2 * \text{cena trubice} + \text{úprava svítidla}) / (\text{rozdíl v odběru} * \text{doba svícení} * \text{cena za 1 W})$$

Návratnosti pro jednotlivé trubice a roční úspora energie jsou v tab. 4.9. Průměrné hodnoty snížení emisí při použití LED trubic jsou v tab. 4.10. Hodnoty jsou zprůměrovány.

Návratnost LED trubic		
Počet svítidel kusů	246	ks
Úprava svítidla	50	Kč/ks
Doba svícení	5475	h
<b>Návratnost trubic Tesla</b>	<b>1,082</b>	<b>let</b>
<b>Návratnost trubic MB-Systems</b>	<b>1,423</b>	<b>let</b>
<b>Návratnost trubic Greenlux</b>	<b>1,299</b>	<b>let</b>
<b>Roční úspora energie trubic Tesla</b>	<b>586,92</b>	<b>kWh</b>
<b>Roční úspora energie trubic MB-Systems</b>	<b>565,02</b>	<b>kWh</b>
<b>Roční úspora energie trubic Greenlux</b>	<b>521,22</b>	<b>kWh</b>

Tab. 4.9 Návratnost a úspora energie jednotlivých trubic

Emise	tuhé látky	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
<b>Snížení produkce [kg]</b>	0,84	1,48	2,15	0,18	338,02

Tab. 4.10 Průměrné množství snížení emisí při přechodu na navrhovaná LED osvětlení

## 4.2 Skladovací haly

Pro výpočet návratnosti navržených osvětlovacích soustav skladovací haly vycházím ze stejných úvah, jako jsem vycházel u výrobních hal. Doba demontáže se sníží na polovinu, tudíž uvažuji i poloviční cenu. Demontáž této haly je sice mnohem jednodušší, jelikož svítidla jsou snadno dostupná, ale je k ní potřeba vysokozdvizné plošiny, jejíž náklady zůstávají jako fixní. Z těchto předpokladů usuzuji, že jsou náklady a montáž adekvátní. V tab. 4.11 a 4.12 jsou kalkulace návratností pro jednotlivé návrhy. Další ekologická a technická hlediska zůstávají pro tato svítidla shodná s těmi, které jsem uvažoval pro jejich použití ve výrobní hale. V tab. 4.13 je vyjádřeno, jak se sníží emise při použití těchto svítidel. Jelikož jsou rozdíly v úsporách jednotlivých navržených soustav minimální, tyto hodnoty jsou opět zprůměrovány.

Návratnost soustavy ILC LINEB		
Počet svítidel	12	ks
Cena svítidel	4300	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	24000	Kč
Roční úspora na energiích	49412,61	Kč
Roční úspora na údržbu	2734	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>1,703</b>	<b>let</b>

Tab. 4.11 Celková kalkulace návratnosti ILC LINEB soustavy od spol. ILC FACTORY

Návratnost soustavy ET-FURT-LED		
Počet svítidel	15	ks
Cena svítidel	4860	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	24000	Kč
Roční úspora na energiích	46917,36	Kč
Roční úspora na údržbu	1232,92	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>2,355</b>	<b>let</b>

Tab. 4.12 Celková kalkulace návratnosti ET-FURT-LED soustavy od spol. Ekosvětlo

Emise	tuhé látky	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
<b>Snížení produkce [kg]</b>	35,15	62,10	90,22	7,62	14213,33

Tab. 4.13 Průměrné množství snížení emisí při přechodu na navrhovaná LED osvětlení

### 4.3 Dotace

Ministerstvo průmyslu a obchodu vypsalo pro období od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2020 program na podporu úspory energie, s ohledem na snížení emisí CO<sub>2</sub>, který se týká také modernizace soustav osvětlení budov a průmyslových areálů (ovšem pouze v případě náhrady zastaralých technologií za nové vysoce efektivní osvětlovací systémy, např. LED). Společnost Hutchinson, jako velký podnik (dle definice evropského fondu pro regionální rozvoj), má šanci získat od ministerstva podporu na projekt úspory energií až 50 % ze způsobilých výdajů. Tento projekt se ovšem nesmí týkat pouze rekonstrukce osvětlení, ale musí být součástí většího projektu na úsporu energií. Absolutní hodnota dotace pro jeden projekt se musí pohybovat mezi 0,5 - 25 mil. Kč. Součástí projektu může být také ekologické studie (včetně energetických auditů). Maximální absolutní výše podpory na studie činí 350 000,- Kč.

Pokud by se tedy v rámci podniku vypracoval větší projekt úspor, je možné ho spojit s projektem na rekonstrukci osvětlení a to klidně pro celý podnik. Návratnosti všech navrhovaných projektů, založených na technologii LED, by poté byli poloviční. [17, 18]

### 4.4 Odhad úspor pro celý podnik

Nyní provedu odhad úspor pro celý podnik. Vycházím z toho, že by pro rekonstrukci hlavního osvětlení by byla vybrána soustava LED osvětlení s nejkratší návratností, tj. soustava svítidel ILC LINEB. Pro výrobní stroje volím trubice od společnosti Tesla. Pro výrobní halu B tedy úspora energií za osvětlení může činit až 107,46 MWh.

Výrobní haly C1 a C2 prošly rekonstrukcí osvětlení a v současnosti jsou osvětlovány výbojkovými svítidly se zdrojem 250 W, umístěnými v přibližně stejné výšce jako na hale B, tj. 6 m. Celá soustava haly C1 je složena z 73 výbojkových svítidel. Vycházím z výsledků od společnosti Imont pro výbojková svítidla. Aby osvětlení vyhovovalo požadavkům, je soustava složena z 94 výbojkových

svítidel. Ty pokrývají přibližně stejnou plochu, jako soustava 57 svítidel ILC LINEB120G95. Svítidla jsou tedy v poměru 1 : 0,606. Pokud uvažuji tento poměr, je potřeba přibližně 44 vybraných LED svítidel pro hlavní osvětlení haly. V hale C2 je hlavní osvětlovací soustava složena z celkem 72 výbojkových svítidel 250 W, což by odpovídalo 43 ILC LINEB120G95. Ve výrobní hale G jsou také výbojková svítidla a při rekonstrukci by se změnil počet svítidel v poměru 38 : 23. V halách C1 je přibližně 50 montážních strojů samostatně osvětlených a v hale C2 70. (Stroje se často stěhují a tak se přesný počet strojů bude velmi často měnit.) V hale G se nachází koextruzní linka, a pracoviště zde nejsou samostatně osvětlena. Při výměně trubíc se sníží odběr pro osvětlení pracoviště 3,625 krát. V tab. 4.14 jsou přibližné úspory pro výrobní haly společnosti (Pro určení celkové úspory přičítám úspory pro halu B.).

<b>Možnost celkových úspor - výrobní haly</b>	
Počet výbojkových svítidel (C1, C2, G)	183
Počet LED svítidel (C1, C2, G)	110
Náklady na údržbu výbojkových svítidel	59 040,00 Kč
Náklady na údržbu LED svítidel	11 000,00 Kč
Rozdíl v odběru hlavního osvětlení (kW)	33,43
Rozdíl v odběru pracovišť (kW)	12,86
Roční doba svícení (h)	5475
<b>Energetická roční úspora - celá výroba (MWh)</b>	<b>360,32965</b>
<b>Finanční roční úspora - celá výroba</b>	<b>823 685,99 Kč</b>

Tab. 4.14 Odhad celkových možností úspor ve výrobních halách

Pro druhou skladovací halu - A, jsem stanovil možnosti úspor na základě výsledků z haly D. V hale D je poměr původní soustavy zářivkových svítidel vůči navržené soustavě LED svítidel od spol. ILC FACTORY 33:12. Hala A je osvětlena soustavou zářivkových svítidel 2 \* 58 W o celkovém počtu 84 svítidel. Očekávaný počet LED svítidel pro tuto halu je tedy 30 kusů. V tab. 4.15 jsou odhadnuty celkové možnosti úspor pro skladovací haly.

<b>Možnost celkových úspor - skladovací haly</b>	
Rozdíl v odběru osvětlení haly A (W)	10012,8
Roční doba svícení (h)	6000
Rozdíl v nákladech na údržbu hala A	6 542,00 Kč
<b>Energetická roční úspora - oba sklady (MWh)</b>	<b>83,61</b>
<b>Finanční roční úspora - oba sklady</b>	<b>175 574,28 Kč</b>

Tab. 4.15 Odhad celkových možností úspor ve skladovacích halách

Zbývající objekty areálu podniku - ČOV a kotelnu - zanedbám, přestože jsou osvětleny zářivkovými trubícemi u kterých by bylo vhodné provést náhradu za trubice LED, ovšem svítí se zde velice minimálně - přibližně 1 hod denně a doba návratnosti by tak byla příliš dlouhá.

V tab. 4.16 je vyjádřeno celkové snížení emisí pro celou společnost Hutchinson Rokycany s.r.o. při využití všech navrhovaných opatření.

Emise	tuhé látky	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
<b>Snížení produkce [kg]</b>	665,91	1176,44	1709,17	144,28	269249,61

Tab. 4.16 Průměrné množství snížení emisí při přechodu na navrhovaná LED osvětlení

Posledním odhadem, který jsem provedl, je odhad celkové návratnosti při plném využití státní dotace, tj. 50 % krytí výdajů. Cenu demontáže jsem zvětšil 3,5 krát, přičemž jsem uvažoval, že hala C1 a C2 by byly stejně náročné jako hala B a hala G polovičně náročná (cena demontáže i montáže by však při kompletní rekonstrukci měla být nižší). V tab. 4.17 jsou konkrétní uvažované částky a množství.

<b>Odhad návratnosti přechodu na LED osvětlení pro celý závod</b>		
Počet svítidel ILC LINEB 120 cm	167	ks
Cena svítidel	6700	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Počet svítidel ILC LINEB 60 cm s krytem	18	ks
Cena svítidel	4900	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Počet svítidel ILC LINEB 60 cm bez krytu	42	ks
Cena svítidel	4300	Kč/ks
Montáž 1 svítidla	1100	Kč/ks
Demontáž současné soustavy	168000	Kč
<b>Roční úspora na energiích</b>	<b>932266,55</b>	Kč
Roční úspora na údržbu	73535,72	Kč
<b>Návratnost soustavy</b>	<b>0,897</b>	<b>let</b>

Tab. 4.17 Odhad návratnosti při využití všech navrhovaných opatření

## **Závěr**

Žijeme v době, kdy si lidé stále více uvědomují důležitost ochrany životního prostředí. Neustálý tlak na jeho ochranu mění i politiku firem, které se více a více zavazují k jeho ochraně. Mnoho společností může nejvíce snižovat své působení proti životnímu prostředí snižováním nároků na energie. Snížení nároků na energie s sebou přináší také finanční úspory, pomocí nichž se zvyšuje celková efektivita společností a tím i jejich konkurenceschopnost. Cílem této práce bylo provést studii průmyslového osvětlení, které v řadě průmyslových závodů s velkými výrobními prostory, stále skýtá možnosti značných úspor.

V první části jsem se zabýval jednotlivými technologiemi umělého osvětlení, mezi nimiž jsem největší důraz kladl na technologii LED. Osvětlování průmyslových prostor pomocí této technologie je - jak vyplývá z výsledků, ke kterým jsem došel - dlouhodobě energeticky a ekonomicky nejvýhodnějším způsobem, který osvětlovací trh nabízí, a stále má velký potenciál do budoucna (hlavně v oblastech zvyšování měrného výkonu a snižování pořizovací ceny).

Tato práce je zaměřena na konkrétní podnik - Hutchinson Rokycany s.r.o. a detailně zde zpracovávám a analyzuji jeho přechod na LED osvětlení. Pro výrobní halu B a skladovací halu D jsem navrhl několik variant osvětlení a provedl jejich hodnocení, ze kterého jsem vyvodil, že navrhované osvětlovací soustavy mohou přinést roční úspory v řádu stovek tisíc. Do kancelářských prostor jsem nenašel vhodnou náhradu LED osvětlení za současnou technologii a tudíž vyvozují, že v současné chvíli je nejvýhodnější ponechat zde zářivková svítidla.

Výsledky práce hodnotím jako velice pozitivní, jelikož dokazují, že přechod na soustavu LED osvětlení je nejen velmi výhodný a to z celé řady hledisek, ale také, že návratnosti přechodů na osvětlovací soustavy LED, mohou být při plném využití státních dotací v průmyslových závodech v horizontu jednoho roku, což je velmi výhodné z investičního pohledu. Z ekologického hlediska je tento přechod také velmi příznivý a společnost tím podporuje snahy o zvyšování ochrany životního prostředí, ve kterém žijeme.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HABEL, Jiří: Světlo a osvětlování 1.vyd. Praha: FCC public s.r.o. 2013 622 s.
- [2] <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-pacientske-listy/oko-a-zrak-450328>
- [3] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1%C5%99ivka>
- [4] <http://www.cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier>
- [5] <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [6] [http://www.osram-os.com/osram\\_os/en/products/product-catalog/led-light-emitting-diodes/oslon/index.jsp](http://www.osram-os.com/osram_os/en/products/product-catalog/led-light-emitting-diodes/oslon/index.jsp)
- [7] <http://www.candleray.com/resources/led-lighting/led-chip-types-basics>
- [8] [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl\\_mypp2014\\_web.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/ssl_mypp2014_web.pdf)
- [9] <http://www.hutchinson.cz>
- [10] Technické listy společnosti ILC FACTORY
- [11] Technické listy společnosti TREVOS
- [12] Technické listy společnosti MODUS
- [13] Technické listy společnosti EKOSVĚTLO
- [14] <http://www.industrylight.cz/>
- [15] <http://www.omniplast.cz/>
- [16] <http://cs.wikipedia.org/wiki/RoHS>
- [17] <http://www.mpo.cz/>
- [18] <http://www.czechinvest.org/data/files/definice-maleho-a-stredniho-podniku-2-1112.pdf>
- [19] SRDEČNÝ, Karel: Obnovitelné zdroje energie 1. vyd. Praha: nakladatelství ARSCI 2000 77s.
- [20] [http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba\\_elektricke\\_energie&site=energie](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba_elektricke_energie&site=energie)
- [21] <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BD%C3%A1rovka>

## **Přílohy**

**Projekty světelných map pro halu B z programu Dialux**

**Projekty světelných map pro halu D z programu Relux**

**Technické listy svítidel**

**Výsledky měření intenzity osvětlení trubicemi na pracovištích**



Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

---

**Obsah****Projekt 1**

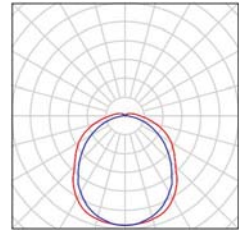
Titulní strana projektu	1
Obsah	2
Kusovník svítidel	3
<b>Ekosvětlo s.r.o FURT LED PC AL 11000/840-(10x1100lm) 86W,LED,průmys...</b>	
Datový list svítidla	4
<b>Místnost 1</b>	
Shrnutí	5
Zadávací protokol	6
<b>Plochy místnosti</b>	
<b>Uživatelská úroveň</b>	
Isolinie (E)	7

Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Projekt 1 / Kusovník svítidel

115 ks Ekosvětlo s.r.o FURT LED PC AL 11000/840-  
(10x1100lm) 86W,LED,průmyslové,základna z  
PC s AL chladiči,difuzor transluscební PC  
C. výrobku: FURT LED PC AL 11000/840-  
(10x1100lm)  
Světelný tok (Svítidlo): 9882 lm  
Světelný tok (Zdroje:): 11000 lm  
Výkon svítidla: 80.0 W  
Klasifikace svítidel dle CIE: 94  
Kód CIE Flux Code: 46 75 92 94 90  
Osazení: 10 x Fortimo LED LINES 1100lm/840  
8W (Opravný faktor 1.000).

Obrázek svítidla najdete  
v našem katalogu  
svítidel.

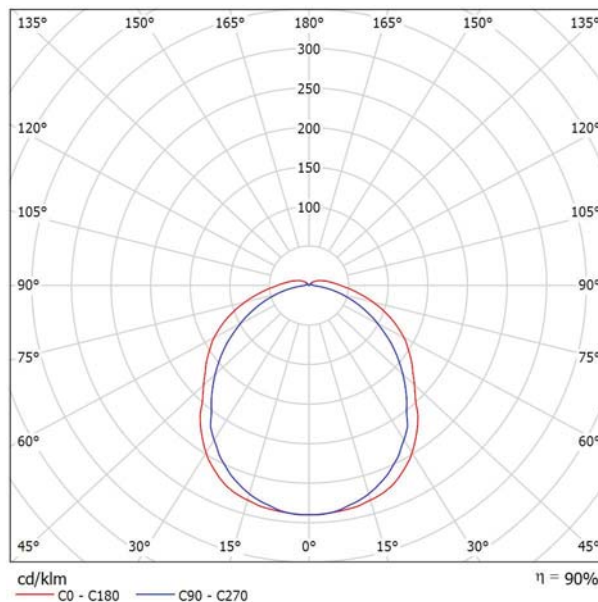


Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

**Ekosvětlo s.r.o FURT LED PC AL 11000/840-(10x1100lm)  
86W,LED,průmyslové,základna z PC s AL chladiči,difuzor transluscební PC / Datový  
list svítidla**

Výstup světla 1:

Obrázek svítidla najdete v našem katalogu svítidel.



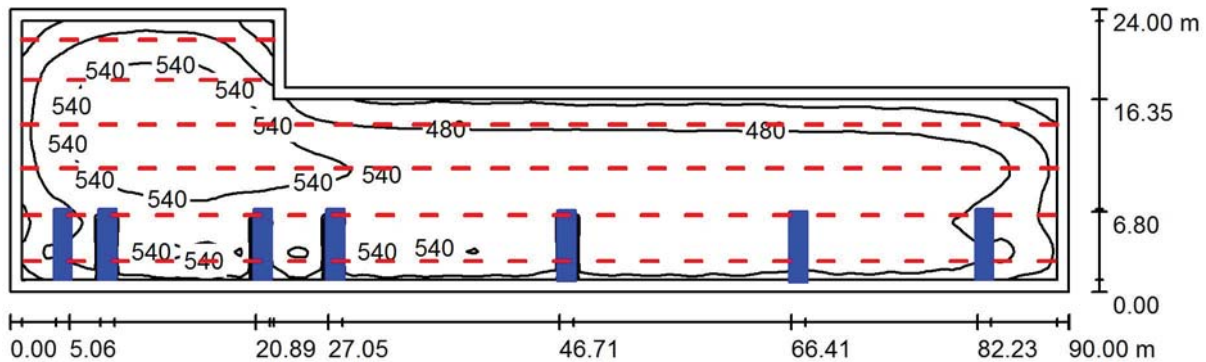
Klasifikace svítidel dle CIE: 94  
Kód CIE Flux Code: 46 75 92 94 90

Výstup světla 1:

Vyhodnocení oslnění dle UGR													
ρ Strop	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30	30	
ρ Stěny	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	30	30	
ρ Podlaha	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Velikost místnosti		Směr pohledu napříč k ose lampy					Podélný směr pohledu k ose lampy						
X	Y												
2H	2H	20.7	22.0	21.1	22.3	22.7	20.3	21.5	20.7	21.9	22.2		
	3H	22.4	23.6	22.9	24.0	24.4	21.6	22.8	22.0	23.1	23.5		
	4H	23.2	24.3	23.7	24.7	25.1	22.1	23.2	22.6	23.6	24.0		
	6H	23.9	24.9	24.4	25.3	25.8	22.5	23.5	23.0	23.9	24.4		
	8H	24.2	25.2	24.7	25.6	26.1	22.6	23.6	23.1	24.0	24.5		
	12H	24.5	25.4	25.0	25.9	26.3	22.7	23.7	23.2	24.1	24.5		
4H	2H	21.3	22.3	21.7	22.7	23.1	20.9	22.0	21.3	22.4	22.8		
	3H	23.2	24.2	23.7	24.6	25.1	22.4	23.4	22.9	23.8	24.3		
	4H	24.2	25.0	24.7	25.5	26.0	23.1	23.9	23.6	24.4	24.9		
	6H	25.0	25.8	25.5	26.2	26.8	23.6	24.3	24.1	24.8	25.3		
	8H	25.4	26.1	25.9	26.6	27.1	23.8	24.5	24.3	25.0	25.5		
	12H	25.8	26.4	26.3	26.9	27.5	23.9	24.5	24.4	25.0	25.6		
8H	4H	24.4	25.1	25.0	25.6	26.2	23.5	24.2	24.0	24.7	25.2		
	6H	25.5	26.0	26.0	26.6	27.2	24.2	24.7	24.7	25.3	25.8		
	8H	26.0	26.5	26.6	27.0	27.6	24.4	24.9	25.0	25.5	26.1		
	12H	26.5	26.9	27.1	27.5	28.1	24.7	25.1	25.2	25.7	26.3		
	12H	4H	24.4	25.1	25.0	25.6	26.1	23.5	24.2	24.1	24.7	25.2	
		6H	25.5	26.0	26.1	26.6	27.2	24.3	24.8	24.9	25.4	26.0	
8H		26.1	26.6	26.7	27.1	27.7	24.6	25.1	25.2	25.6	26.3		
Variance polohy pozorovatele pro vzdálenosti svítidel S													
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1							
S = 1.5H	+0.2 / -0.3					+0.2 / -0.4							
S = 2.0H	+0.3 / -0.5					+0.4 / -0.7							
Standardní tabulka	BK07					BK06							
Korekturní sčítanec	8.9					7.2							
Korigované oslňovací indexy, vztaheny na 11000lm Celkový světelný tok													

Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Shrnutí



Výška místnosti: 8.500 m, Činitel údržby: 0.76

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:644

Plocha	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	504	314	591	0.624
Podlaha	35	443	100	562	0.226
Strop	70	184	119	238	0.647
Stěny (6)	60	299	147	484	/

## Uživatelská úroveň:

Výška: 1.200 m  
Rastr: 128 x 64 Body  
Okrajová zóna: 1.000 m

## Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	115	Ekosvětlo s.r.o FURT LED PC AL 11000/840- (10x1100lm) 86W,LED,průmyslové,základna z PC s AL chladiči,difuzor transluscební PC (1.000)	9882	11000	80.0
Celkem:			1136471	Celkem: 1265000	9200.0

Specifický příkon:  $5.36 \text{ W/m}^2 = 1.06 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha:  $1717.11 \text{ m}^2$ )

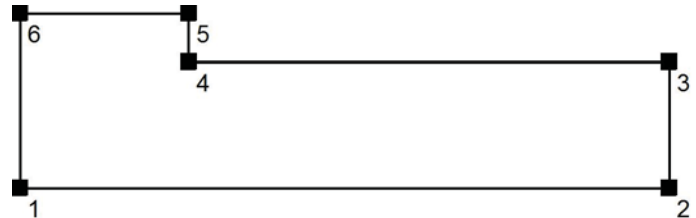
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Zadávací protokol

Výška pracovní roviny: 1.200 m  
Okrajová zóna: 1.000 m

Činitel údržby: 0.76

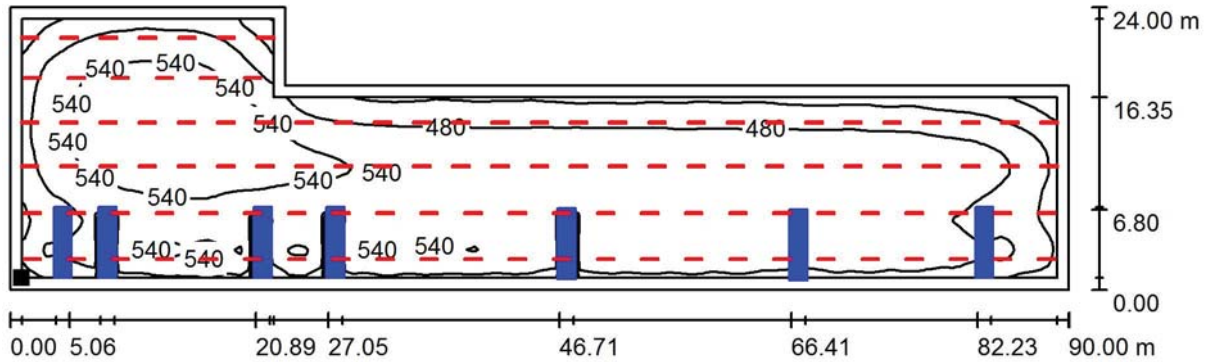
Výška místnosti: 8.500 m  
Základní plocha: 1717.11 m<sup>2</sup>



Plocha	Rho [%]	z ( [m]   [m] )	do ( [m]   [m] )	Délka [m]
Podlaha	35	/	/	/
Strop	70	/	/	/
Stěna 1	60	( 0.000   0.000 )	( 90.000   0.000 )	90.000
Stěna 2	60	( 90.000   0.000 )	( 90.000   17.350 )	17.350
Stěna 3	60	( 90.000   17.350 )	( 23.400   17.350 )	66.600
Stěna 4	60	( 23.400   17.350 )	( 23.400   24.000 )	6.650
Stěna 5	60	( 23.400   24.000 )	( 0.000   24.000 )	23.400
Stěna 6	60	( 0.000   24.000 )	( 0.000   0.000 )	24.000

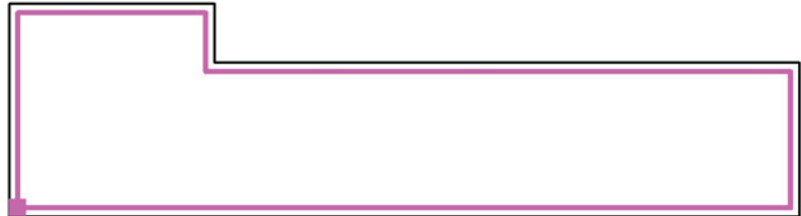
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

Místnost 1 / Uživatelská úroveň / Isolinie (E)



Hodnoty v Lux, Měřítko 1 : 644

Poloha plochy v místnosti:  
Pracovní rovina s 1.000 m Okrajová zóna  
Označený bod:  
(1.000 m, 1.000 m, 1.200 m)



Rastr: 128 x 64 Body

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
504	314	591	0.624	0.532

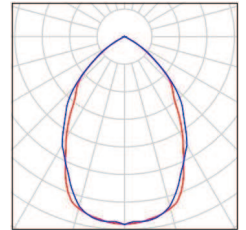
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Projekt 1 / Kusovník svítidel

72 ks

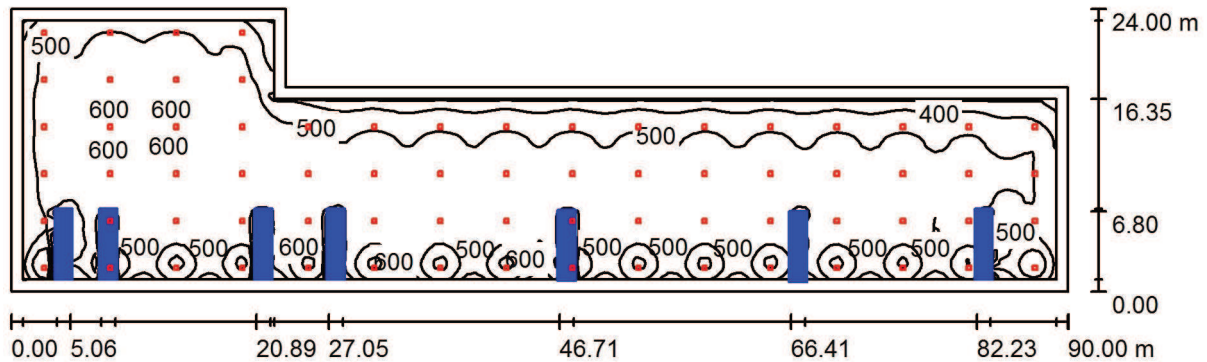
OMS s.r.o. AD-GRAFIAS SUSPENDED LED 80°  
140W 13600lm 4000K 80Ra  
C. výrobku:  
Světelný tok (Svítilno): 13592 lm  
Světelný tok (Zdroje): 13588 lm  
Výkon svítidla: 140.0 W  
Klasifikace svítidel dle CIE: 100  
Kód CIE Flux Code: 73 98 100 100 100  
Osazení: 1 x LED (Opravný faktor 1.000).

Obrázek svítidla najdete  
v našem katalogu  
svítidel.



Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Shrnutí



Výška místnosti: 8.500 m, Činitel údržby: 0.80

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:644

Plocha	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	526	266	728	0.506
Podlaha	35	469	60	598	0.127
Strop	70	144	92	168	0.640
Stěny (6)	60	187	87	374	/

## Uživatelská úroveň:

Výška: 1.200 m  
Rastr: 128 x 64 Body  
Okrajová zóna: 1.000 m

## Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	72	OMS s.r.o. AD-GRAFIAS SUSPENDED LED 80° 140W 13600lm 4000K 80Ra (1.000)	13592	13588	140.0

Celkem: 978600 Celkem: 978336 10080.0

Specifický příkon:  $5.87 \text{ W/m}^2 = 1.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha:  $1717.11 \text{ m}^2$ )



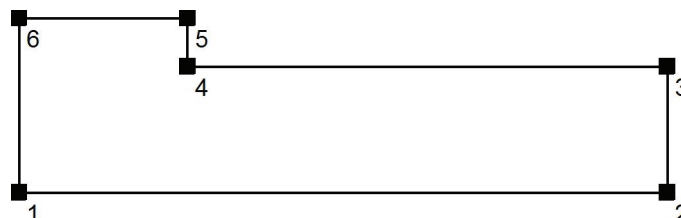
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Zadávací protokol

Výška pracovní roviny: 1.200 m  
Okrajová zóna: 1.000 m

Činitel údržby: 0.80

Výška místnosti: 8.500 m  
Základní plocha: 1717.11 m<sup>2</sup>

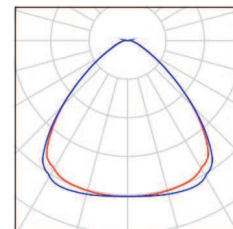


Plocha	Rho [%]	z ( [m]   [m] )	do ( [m]   [m] )	Délka [m]
Podlaha	35	/	/	/
Strop	70	/	/	/
Stěna 1	60	( 0.000   0.000 )	( 90.000   0.000 )	90.000
Stěna 2	60	( 90.000   0.000 )	( 90.000   17.350 )	17.350
Stěna 3	60	( 90.000   17.350 )	( 23.400   17.350 )	66.600
Stěna 4	60	( 23.400   17.350 )	( 23.400   24.000 )	6.650
Stěna 5	60	( 23.400   24.000 )	( 0.000   24.000 )	23.400
Stěna 6	60	( 0.000   24.000 )	( 0.000   0.000 )	24.000

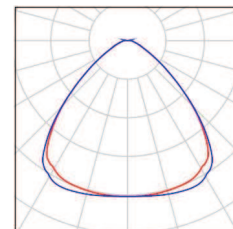
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

**Projekt 1 / Kusovník svítidel**

18 ks ILC FACTORY a.s. LINEB060G95 LINEB060G95 Obrázek svítidla najdete  
(Typ 1) v našem katalogu  
C. výrobku: LINEB060G95 svítidel.  
Světelný tok (Svítidlo): 5797 lm  
Světelný tok (Zdroje:): 5797 lm  
Výkon svítidla: 56.0 W  
Klasifikace svítidel dle CIE: 99  
Kód CIE Flux Code: 60 90 97 99 100  
Osazení: 1 x Definováno uživatelem (Opravný faktor 1.000).

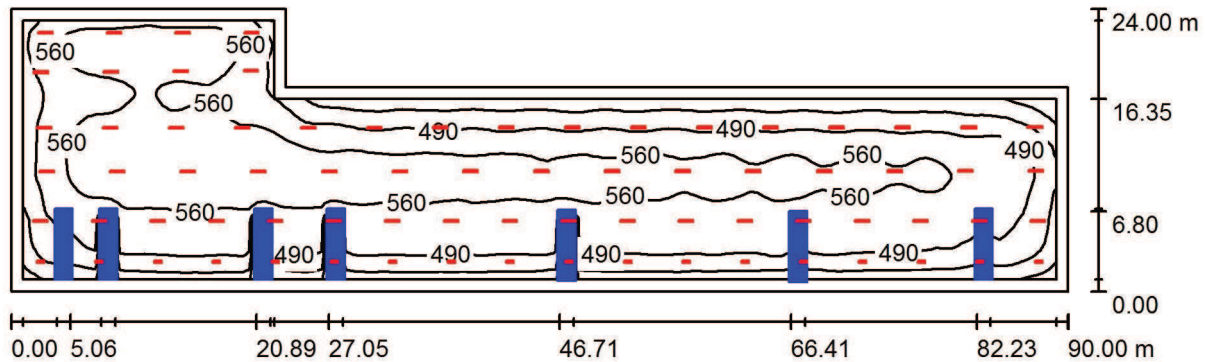


57 ks ILC FACTORY a.s. LINEB120G95 LINEB120G95 Obrázek svítidla najdete  
C. výrobku: LINEB120G95 v našem katalogu  
Světelný tok (Svítidlo): 13267 lm svítidel.  
Světelný tok (Zdroje:): 13267 lm  
Výkon svítidla: 112.0 W  
Klasifikace svítidel dle CIE: 99  
Kód CIE Flux Code: 60 90 97 99 100  
Osazení: 1 x OSRAM OSOLON (Opravný faktor 1.000).



Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Shrnutí



Výška místnosti: 8.500 m, Činitel údržby: 0.92

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:644

Plocha	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	516	285	615	0.552
Podlaha	35	454	69	582	0.151
Strop	70	151	93	180	0.620
Stěny (6)	60	219	107	463	/

## Uživatelská úroveň:

Výška: 1.200 m  
Rastr: 128 x 64 Body  
Okrajová zóna: 1.000 m

## Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítilo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	18	ILC FACTORY a.s. LINEB060G95 LINEB060G95 (Typ 1)* (1.000)	5797	5797	56.0
2	57	ILC FACTORY a.s. LINEB120G95 LINEB120G95 (1.000)	13267	13267	112.0

\*Pozměněné technické údaje

Celkem: 860565 Celkem: 860565 7392.0

Specifický příkon:  $4.30 \text{ W/m}^2 = 0.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha:  $1717.11 \text{ m}^2$ )

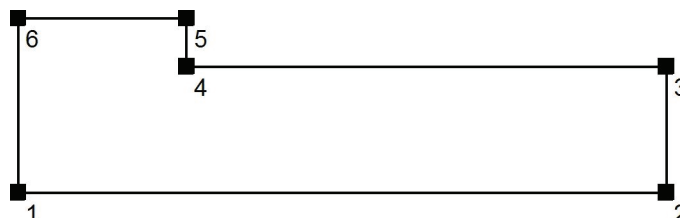
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Zadávací protokol

Výška pracovní roviny: 1.200 m  
Okrajová zóna: 1.000 m

Činitel údržby: 0.92

Výška místnosti: 8.500 m  
Základní plocha: 1717.11 m<sup>2</sup>



Plocha	Rho [%]	z ( [m]   [m] )	do ( [m]   [m] )	Délka [m]
Podlaha	35	/	/	/
Strop	70	/	/	/
Stěna 1	60	( 0.000   0.000 )	( 90.000   0.000 )	90.000
Stěna 2	60	( 90.000   0.000 )	( 90.000   17.350 )	17.350
Stěna 3	60	( 90.000   17.350 )	( 23.400   17.350 )	66.600
Stěna 4	60	( 23.400   17.350 )	( 23.400   24.000 )	6.650
Stěna 5	60	( 23.400   24.000 )	( 0.000   24.000 )	23.400
Stěna 6	60	( 0.000   24.000 )	( 0.000   0.000 )	24.000

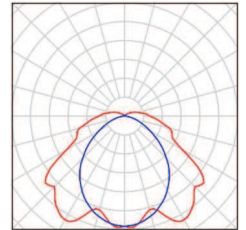
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

---

**Projekt 1 / Kusovník svítidel**

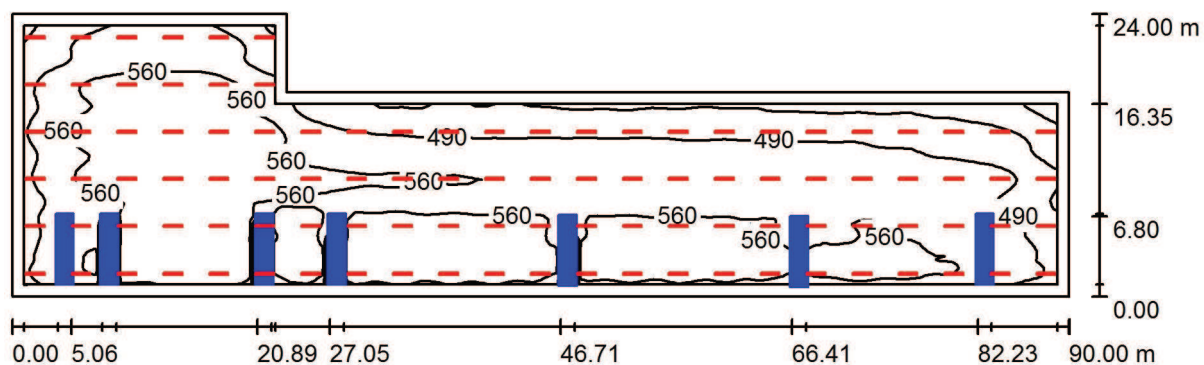
104 ks Ekosvětlo s.r.o ET-PRIM-GE-T 280 PC PAR 6.2 2x80W,T5,EVG,průmyslové,parabolický reflektor  
C. výrobku: ET-PRIM-GE-T 280 PC PAR 6.2  
Světelný tok (Svítilo): 12070 lm  
Světelný tok (Zdroje:): 14000 lm  
Výkon svítidla: 160.0 W  
Klasifikace svítidel dle CIE: 93  
Kód CIE Flux Code: 41 74 92 93 86  
Osazení: 2 x FQ 80 W/840 G5 80W (Opravný faktor 1.000).

Obrázek svítidla najdete  
v našem katalogu  
svítidel.



Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Shrnutí



Výška místnosti: 8.500 m, Činitel údržby: 0.76

Hodnoty v Lux, Měřítko 1:644

Plocha	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Uživatelská úroveň	/	533	319	625	0.599
Podlaha	35	470	113	596	0.239
Strop	70	207	144	267	0.697
Stěny (6)	60	353	171	614	/

## Uživatelská úroveň:

Výška: 1.200 m  
Rastr: 128 x 64 Body  
Okrajová zóna: 1.000 m

## Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	104	Ekosvětlo s.r.o ET-PRIM-GE-T 280 PC PAR 6.2 2x80W,T5,EVG,průmyslové,parabolický reflektor (1.000)	12070	14000	160.0
			Celkem: 1255325	Celkem: 1456000	16640.0

Specifický příkon:  $9.69 \text{ W/m}^2 = 1.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Základní plocha:  $1717.11 \text{ m}^2$ )

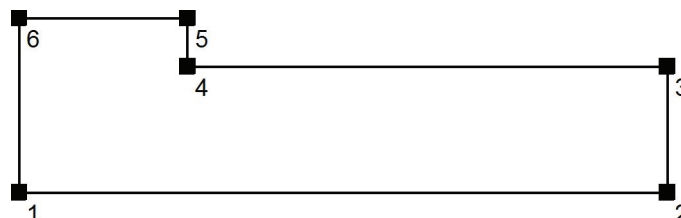
Zpracovatel  
Telefon  
Fax  
e-mail

## Místnost 1 / Zadávací protokol

Výška pracovní roviny: 1.200 m  
Okrajová zóna: 1.000 m

Činitel údržby: 0.76

Výška místnosti: 8.500 m  
Základní plocha: 1717.11 m<sup>2</sup>



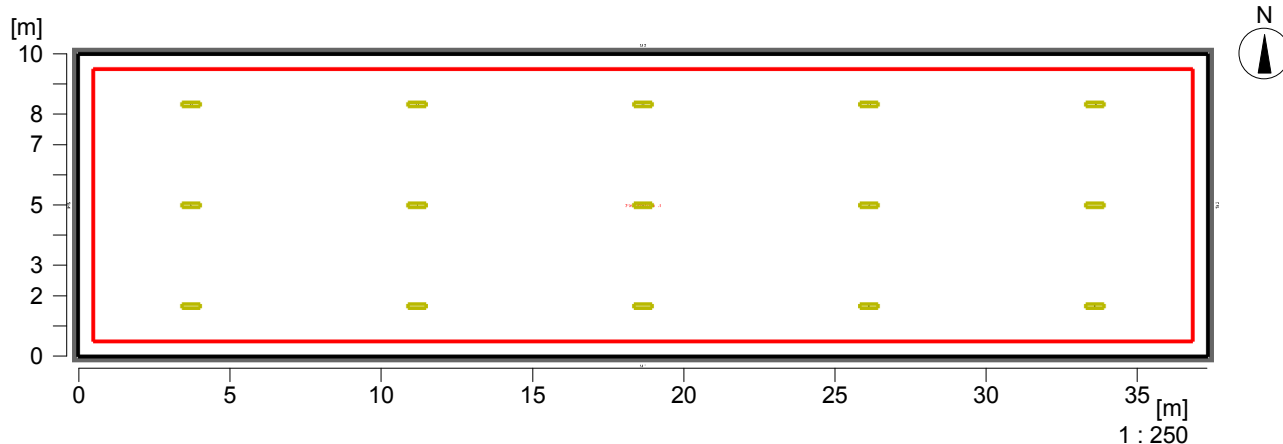
Plocha	Rho [%]	z ( [m]   [m] )	do ( [m]   [m] )	Délka [m]
Podlaha	35	/	/	/
Strop	70	/	/	/
Stěna 1	60	( 0.000   0.000 )	( 90.000   0.000 )	90.000
Stěna 2	60	( 90.000   0.000 )	( 90.000   17.350 )	17.350
Stěna 3	60	( 90.000   17.350 )	( 23.400   17.350 )	66.600
Stěna 4	60	( 23.400   17.350 )	( 23.400   24.000 )	6.650
Stěna 5	60	( 23.400   24.000 )	( 0.000   24.000 )	23.400
Stěna 6	60	( 0.000   24.000 )	( 0.000   0.000 )	24.000

Objekt : Skladovací hala  
Popis :  
Číslo projektu :  
Datum : 19.04.2015

## Prostor 1

### Popis, Prostor 1

#### Půdorys



#### Údaje o prostoru:

W1	: 37.30
W2	: 10.00
W3	: 37.30
W4	: 10.00
W5	: ----
W6	: ----
Podlaha:	----
Strop:	----
Výška místnosti [m]:	6.50
Výška srovnávací roviny [m]:	0.50
Výška roviny svítidel [m]:	6.00

#### Činitelé odrazu:

	50.0 %
	50.0 %
	50.0 %
	50.0 %
	----
	----
	30.0 %
	70.0 %

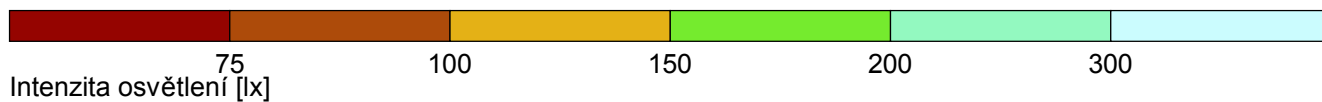
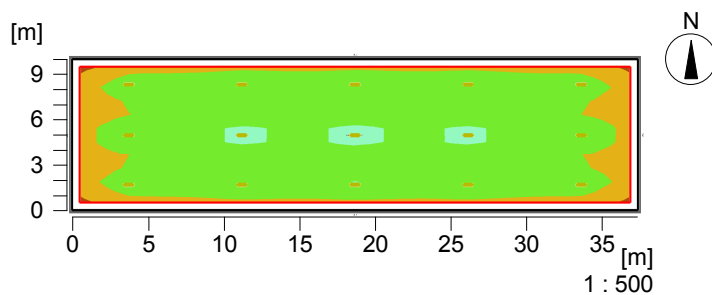


Objekt : Skladovací hala  
Popis :  
Číslo projektu :  
Datum : 19.04.2015

## Prostor 1

### Výsledky výpočtu, Prostor 1

#### Pseudobarvy, Srovnávací rovina 1.1 (E)



---

Výška srovnávací roviny		: 0.50 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 171 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 110 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 208 lx
Rovnoměrnost Uo	Emin/Em	: 1 : 1.55 (0.64)
Rovnoměrnost Ud	Emin/Emax	: 1 : 1.89 (0.53)

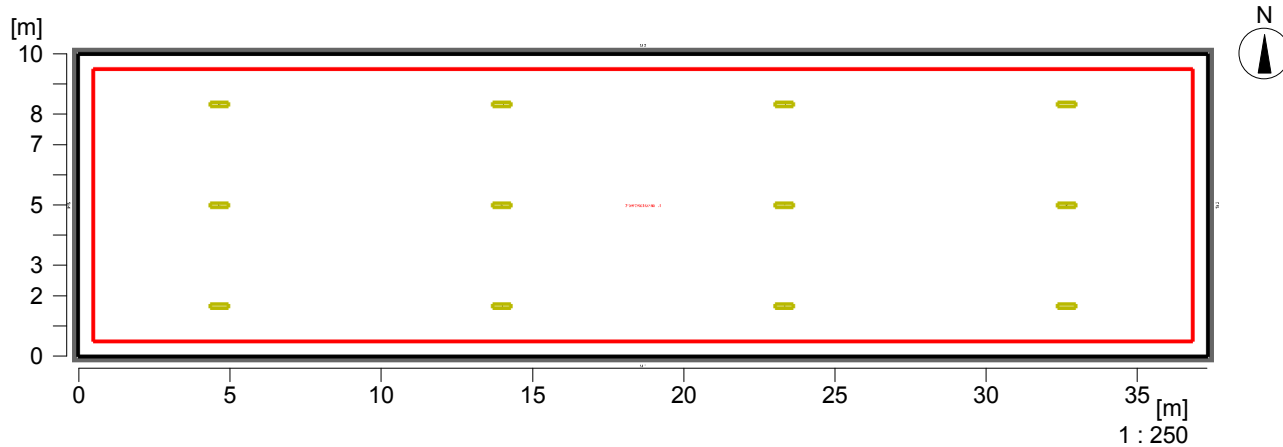
---

Objekt : Skladovací hala  
Popis :  
Číslo projektu :  
Datum : 19.04.2015

## Prostor 1

### Popis, Prostor 1

#### Půdorys



#### Údaje o prostoru:

W1 : 37.30  
W2 : 10.00  
W3 : 37.30  
W4 : 10.00  
W5 : ----  
W6 : ----  
Podlaha: ----  
Strop: ----  
Výška místnosti [m]: 6.50  
Výška srovnávací roviny [m]: 0.50  
Výška roviny svítidel [m]: 6.00

#### Činitelé odrazu:

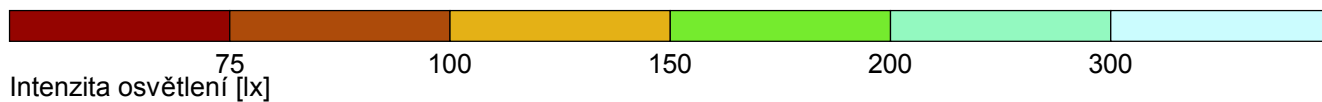
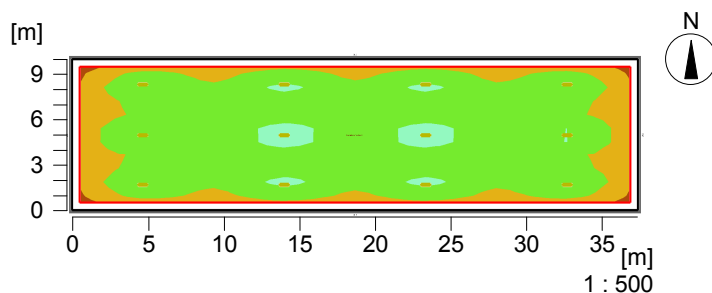
50.0 %  
50.0 %  
50.0 %  
50.0 %  
----  
----  
30.0 %  
70.0 %  
6.50  
0.50  
6.00

Objekt : Skladovací hala  
Popis :  
Číslo projektu :  
Datum : 19.04.2015

## Prostor 1

### Výsledky výpočtu, Prostor 1

#### Pseudobarvy, Srovnávací rovina 1.1 (E)



---

Výška srovnávací roviny		: 0.50 m
Udržovaná osvětlenost	Em	: 166 lx
Minimální osvětlenost	Emin	: 102 lx
Maximální osvětlenost	Emax	: 216 lx
Rovnoměrnost Uo	Emin/Em	: 1 : 1.63 (0.61)
Rovnoměrnost Ud	Emin/Emax	: 1 : 2.11 (0.47)

---

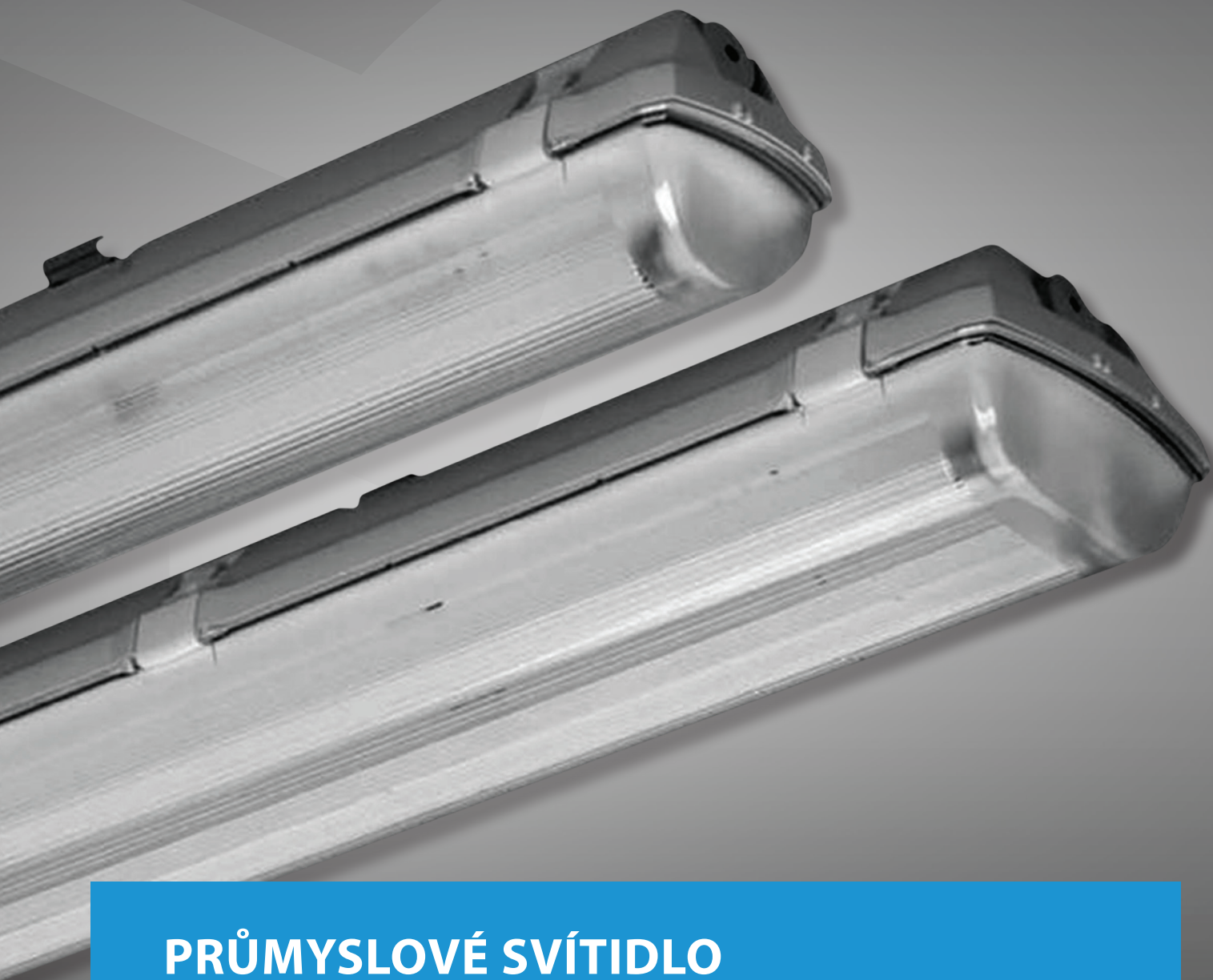
PRŮMYSLOVÉ OSVĚTLENÍ

# ET-PRIM-T5

S LINEÁRNÍ ZÁŘIVKOU T5



eko světlo



## PRŮMYSLOVÉ SVÍTIDLO

OSAZENÉ LINEÁRNÍ T5 ZÁŘIVKOU O RŮZNÝCH VÝKONECH

---

NEJÚČINNĚJŠÍ ZÁŘIVKOVÉ SVÍTIDLO S VYŠŠÍM KRYTÍM

[www.ekosvetlo.cz](http://www.ekosvetlo.cz)

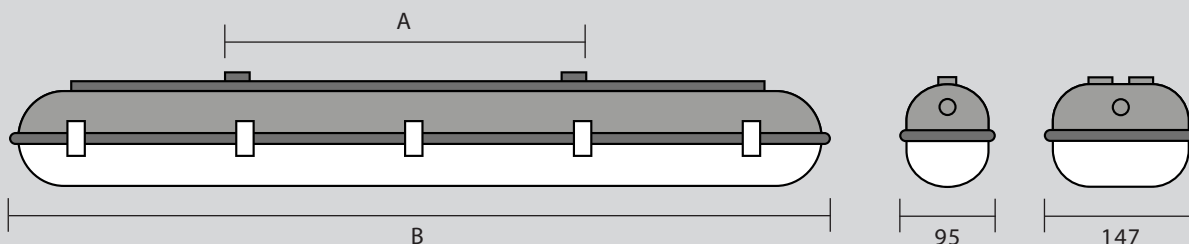
## Svíte chytře!

Svítlidla ET-PRIM-T5 jsou svítlidla s vyšším krytím a patří do kategorie svítlidel, která jsou někdy také lidově označována za „prachotěsy“. Pokud tento vysoce kvalitně zpracovaný korpus svítlidla spojíme s moderní technologií lineárních zářivek T5 a vhodným elektronickým předřadníkem, dostaneme systém, který spolu s těmi správnými čidly dokáže ušetřit i více než 60 % nákladů na elektrickou energii a snížit servisní náklady až na polovinu.

## Jednoduchost a efektivita

Základna svítlidla je z odolného polykarbonátu (PC) (nebo volitelně pro některá protředí ABS) spojeného s optickým krytem pomocí spon z polyamidu se skelným vláknem nebo pomocí kovových spon z nerezové oceli. Krytí (IP66) zabezpečuje těsnění z vypěněného polyuretanu v drážce základny. Reflektor je vyroben z ocelového plechu povrchově upraveného bílou práškovou barvou, přídatný parabolický reflektor pak z leštěného hliníkového plechu. Difuzor z čirého akrylátu (AC) nebo čirého polykarbonátu (PC) má výborné optické parametry a je stabilní proti UV záření. Díky těmto vlastnostem jsou tato svítlidla odolná proti prachu, vlhku nebo tryskající vodě. Jsou proto vhodná pro použití v průmyslových vnitřních prostorech, výrobních a skladovacích halách nebo dílnách a garážích.

## TECHNICKÝ POPIS



T5 HE	1x14 W	1x28 W	1x35 W	2x14 W	2x28 W	2x35 W
T5 HO	1x24 W	1x54 W	1x80;49 W	2x24 W	2x54 W	2x80;49 W
A	350 mm	700 mm	940 mm	350 mm	700 mm	940 mm
B	662 mm	1 272 mm	1 572 mm	662 mm	1 272 mm	1 572 mm

## REFLEKTORY



Reflektor bílý

Výška zavěšení do 6 m

Reflektor LA (leštěný Al)

Výška zavěšení do 7 m



Reflektor parabolický PAR 5 - T8

Reflektor parabolický PAR 6 - T5

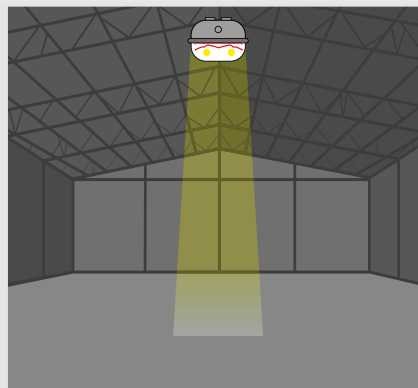
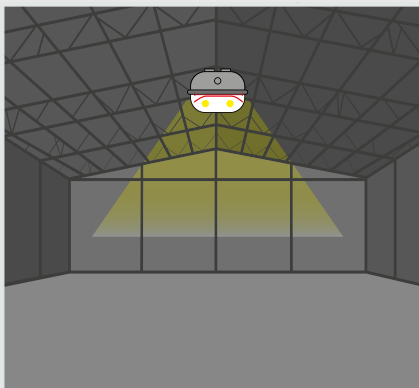
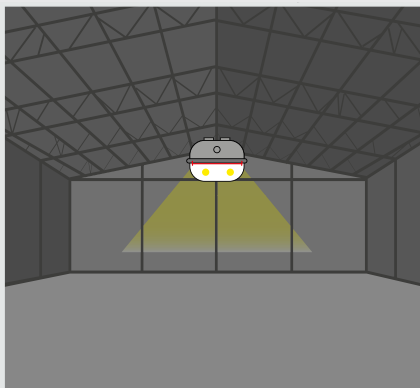
Výška zavěšení do 6-9 m



Reflektor parabolický PAR-H7-T5

Výška zavěšení do 7-11 m

## VYZAŘOVACÍ CHARAKTERISTIKA



# INDUSTRYLIGHT

## ILC LINE&B



### POUŽITÍ A POPIS

Svítidlo je vhodné k osvětlování vnitřních i venkovních prostorů, čerpacích stanic, parkovišť, průmyslových areálů, pěších zón a parků, skladů, výrobních a průmyslových prostor.

Těleso a víko svítidla je ze slitiny AlSi povrchově upraveného práškovou barvou nebo anodizací. Svítidlo je možné dodávat i v provedení přírodní hliník.

Elektrovýzbroj je umístěna v tělese svítidla. Svítidlo používá světelné zdroje LED se sekundární optikou, které jsou napájeny vysoce účinným řízeným zdrojem s aktivní kompenzací účinníku.

## LED

Modul LED je ke korpusu svítidla přišroubován spolu se sekundární optikou. Mezi korpusem svítidla a modulem LED je vložena podložka s vysokou tepelnou vodivostí zajišťující kvalitní odvod tepla.

Jako komponenty jsou užity kvalitní čipy OSRAM (svítidlo je OSRAM certifikováno) s vysokým měrným výkonem 112÷151 lm/W pro použití ve vnitřních prostorech a 131÷172 lm/W pro použití ve venkovních prostorech. Měrný výkon se dále může lišit dle typu a výkonu svítidla.

Kombinace kvalitních komponentů a odvodu tepla zajišťuje extrémně dlouhou životnost světelných zdrojů 100.000 provozních hodin (L80F10), svítidlo je vybaveno monitorováním provozní teploty LED čipů.

Standardní teplota chromatičnosti světelných zdrojů je 4000K (denní světlo) s typickým indexem podání barev CRI>80 pro vnitřní užití a CRI>72 pro venkovní užití. V případě jiných požadavků na teplotu chromatičnosti či věrnost barevného podání je toto možné řešit individuální řešení.

## OPTIKA

Pro bezpečné a rovnoměrné rozložení světla jsou použity sekundární čočky z vysoce kvalitního PMMA materiálu, který je odolný UV záření a nežloutne po celou dobu životnosti. Pro různé situace jsou používány 3 typy sekundární optiky s odlišnými fotometrickými vlastnostmi. Tyto vlastnosti jsou spolu s dalšími světelně-technickými vlastnosti definovány ve fotometrických souborech sloužících pro výpočty osvětlení.

Pro potřeby zvýšené ochrany a mechanické odolnosti je možné svítidlo osadit krytem z tvrzeného skla s vysokou číroostí a mechanickou odolností, které zabraňuje vzniku odrazů a chrání optickou část svítidla před vlivy okolního prostředí.

Svítidlo je navrženo tak, aby nezpůsobovalo světelné znečištění. Správná instalace svítidla, vodorovně s povrchem, brání oslnění.

## ELEKTRONIKA

Napájecí a řídicí elektronika byla konstruována s důrazem na účinnost, vysokou hodnotu účinníku v celém rozsahu provozních režimů, kompaktnost, efektivní odvod tepla a dlouhou životnost.

Svítidlo je již v základu osazeno funkcí SteadyLight - zajištěním konstantního světelného toku po celou dobu životnosti svítidla a je vybaveno monitorováním provozních hodnot celého svítidla s důrazem na teplotu zdrojové a LED části pro optimalizaci provozu.

Svítidlo lze doplnit komunikačním a řídicím, a nebo pouze řídicím modulem (volitelná

výbava), který doplňuje funkce svítidla o funkci FlexiDimm - možnost jak autonomního (na základu uživatelsky programovatelné stmívací/spínací křivky) ovládání světelného toku a chodu svítidla, tak, po doplnění komunikačním modulem, plné dálkové řízení a monitorování stavu svítidla a spínaného výstupu a plnou integraci do pokročilých systémů řízení.

## PŘIPOJENÍ

Svítidlo je uživatelsky nerozebíratelné. Připojuje se pomocí konektoru s vysokým krytím s pružinovými svorkami (bez nutnosti použití nástroje).

Svítidla lze vybavit průběžnými konektory či přímo řadit za sebe.

Připojení svítidla je kabelem s plnými vodiči do průřezu 2,5mm<sup>2</sup>, doporučený je průřez 1mm<sup>2</sup>, v případě slaněných vodičů je doporučeno použití dutinek.

## MONTÁŽ

Montáž svítidla je možná na závěs, přisazením na strop či stěnu. Jednotlivé tubusy svítidel lze v případě potřeby skládat co sestav. Montážní příslušenství není součástí svítidel a lze jej objednat samostatně.

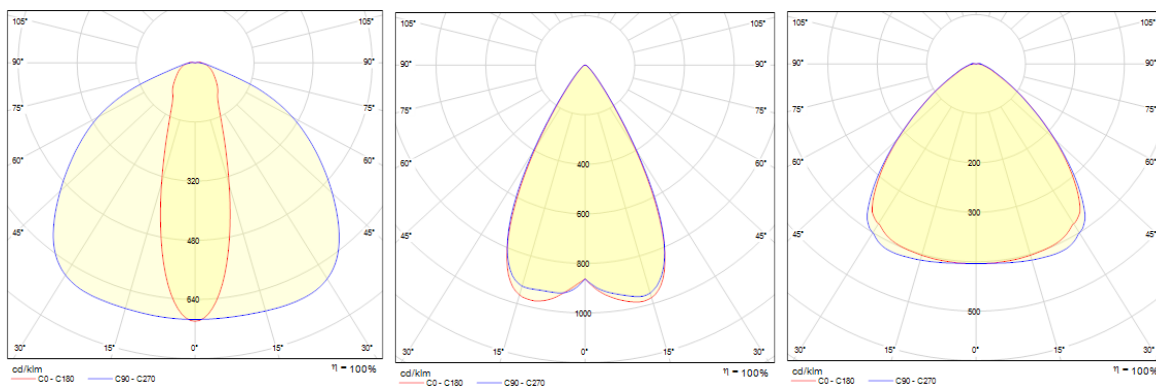
Provedení montáže upravuje „NÁVOD K MONTÁŽI“, který je dodáván zároveň se svítidlem.

## TECHNICKÉ INFORMACE

rozměry	300x105x132mm (do 40W), 300x105x272mm a 600x105x132mm (do 80W), 600x105x272mm a 1200x105x132mm (do 165W)
hmotnost	1,2 ÷ 4,2 kg
jmenovitý příkon	15÷165W
účinnost	$\phi \geq 97$
počet LED	12, 24 a 48 LED
typ LED	OSRAM OSOLON
teplota světla	4000° K (na přání v rozsahu 3500°÷5700°K)
barevná věrnost	CRI>80 pro vnitřní užití a CRI>72 pro venkovní užití
měrný výkon svítidla	102÷137lm/W dle provedení a výkonu
životnost	50.000 hodin elektronika, 100.000 hodin LED
teplota prostředí	-40°C ÷ +55°C
jmenovité napětí	85÷250VAC, 50÷60Hz
krytí	IP66
ochrana proti přepětí	4kV (třída II), 10kV (třída I)
upevnění	na závěs, přisazením na strop či stěnu
nastavení sklonu	v rozsahu 180°
záruka	5 roků na mechanické části, 3 roky na elektrické
barevné provedení	RAL9006/9007 (jiné provedení na přání), přírodní hliník



## VARIANTY OPTIKY



**Svítlidlo ILC LINEB je ve shodě s následujícími normami a nařízenými vlády:**

NV 17 / 2003 Sb.  
NV 616 / 2006 Sb.  
ČSN EN 60598-1  
ČSN EN 55015  
ČSN EN 61000-3-2  
ČSN EN 61000-3-3

a normami navazujícími

PRŮMYSLOVÉ OSVĚTLENÍ

# ET-FURT-LED

UNIVERZÁLNÍ LED SVÍTIDLO



eko světlo



## PRŮMYSLOVÉ LED SVÍTIDLO

O VÝKONECH 21-86 W

---

VELMI ODOLNÉ LED SVÍTIDLO S VYSOKOU UČINNOSTÍ

[www.ekosvetlo.cz](http://www.ekosvetlo.cz)

## Prachotěsné, vodotěsné a nárazuvzdorné

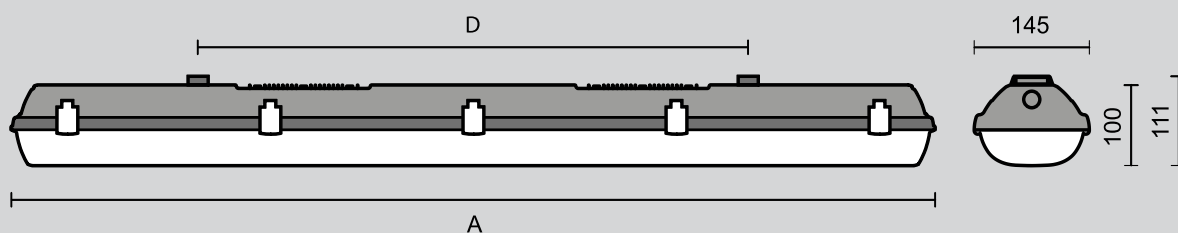
Svítlidla ET-FURT-LED jsou vhodná pro průmyslové vnitřní i venkovní prostory, skladovací haly, sportovní areály, dílny, garáže, hospodářské objekty a mnoho dalších aplikací. Svítidlo odolává prachu, vlhku a tryskající vodě. Základna a difuzor s polykarbonátu mají zvýšenou odolnost proti deformaci a nárazu. Ve speciálním provedení jsou vhodná také pro prostředí s výskytem par čpavku, louhu, zásaditých sloučenin a horké vody.

## Vhodná alternativa zářivkových trubic T5

Svítlidlo má krytí IP66 a může být použito v maximální teplotě okolí až 45 °C díky zastříkovaným AL chladičům se zvýšeným odvodem tepla. Ve srovnání s trubicemi T5 může být spotřeba elektrické energie až o 40 % nižší díky systémové účinnosti až 128 lm/W. Životnost svítidla je 50 000 hodin při plném provozu, svítidla ale mohou být doplněna o řídicí čidla nebo řídicí systém což umožňuje dlouholetý, bezproblémový a úsporný provoz bez dalších servisních nákladů.

SPECIFIKACE		VYZAŘOVACÍ CHARAKTERISTIKA
Hmotnost svítidla	1,5-3,8 kg	
Provozní teplota	-35 až 45 °C	
Typ světelného zdroje	LED	
Střední doba života světelného zdroje	50 000 h	
Index barevného podání (CRI, Ra)	>80	
Krytí	IP66	
Účinnost	89 %	
Systémový příkon	21-86 W	
Systémová účinnost	112 - 128 lm/W	
Vstupní napětí	210-240 V	
Barevná teplota	4 000 K	

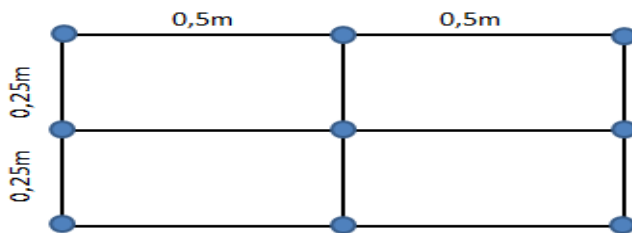
## TECHNICKÝ POPIS



TYP	SVĚTELNÝ TOK [lm]	SYSTÉMOVÝ PŘÍKON [W]	SYSTÉMOVÁ ÚČINNOST [lm/W]	ÚČINNOST SVÍTIDLA [%]	HMOTNOST NETTO [kg]	A [mm]	D [mm]
Do teploty okolí $T_a = 45\text{ °C}$   základna: šedý polykarbonát s Al chladiči   difuzor: translucenční polykarbonát							
TL-FURT-LED 2600/840	2 600	21	124	89	1,5	612	475
TL-FURT-LED 4400/840	4 400	35	126	89	1,7	612	475
TL-FURT-LED 5200/840	5 200	46	113	89	2,9	1 172	700
TL-FURT-LED 8800/840	8 800	69	128	89	3,0	1 172	700
TL-FURT-LED 6500/840	6 500	58	112	89	3,8	1 452	940
TL-FURT-LED 11000/840	11 000	86	128	89	3,9	1 452	940
Do teploty okolí $t_a = 35\text{ °C}$   základna: šedý polykarbonát bez Al chladičů   difuzor: translucenční polykarbonát							
TL-FURT-LED 2600/840	2 600	21	124	89	1,4	612	475
TL-FURT-LED 3200/840	3 200	28	114	89	1,4	612	475
TL-FURT-LED 5200/840	5 200	46	113	89	2,8	1 172	700
TL-FURT-LED 6400/840	6 400	56	114	89	2,8	1 172	700
TL-FURT-LED 6500/840	6 500	58	112	89	3,7	1 452	940
TL-FURT-LED 8000/840	8 000	70	114	89	3,8	1 452	940

Výška 120cm

Okolí 50lux



**BEZ KRYTU**

Průměr = 897 lx 20 lx/Watt Greenlux

Rozptyl : 300lux

2x22W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	820lux	1 000lux	820lux
Střed	880lux	1 090lux	860lux
Vpředu	830lux	990lux	790lux

**S KRYTEM**

Průměr = 814 lx 18 lx/Watt Greenlux

Rozptyl : 270lux

2x22W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	740lux	920lux	760lux
Střed	790lux	980lux	780lux
Vpředu	740lux	910lux	710lux

**Úbytek na krytu :**

-80lux	-80lux	-60lux
-90lux	-110lux	-80lux
-90lux	-80lux	-80lux

**BEZ KRYTU**

Průměr = 668 lx 20 lx/Watt Tesla

Rozptyl : 220lux

2x16W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	620lux	760lux	610lux
Střed	660lux	800lux	630lux
Vpředu	620lux	740lux	580lux

**S KRYTEM**

Průměr = 612 lx 19 lx/Watt Tesla

Rozptyl : 210lux

2x16W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	560lux	690lux	560lux
Střed	600lux	740lux	580lux
Vpředu	570lux	680lux	530lux

**Úbytek na krytu :**

-60lux	-70lux	-50lux
-60lux	-60lux	-50lux
-50lux	-60lux	-50lux

**BEZ KRYTU**

Průměr = 791 lx 24 lx/Watt Tesla

Rozptyl : 250lux

2x16W/5500K/čirý	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	740lux	890lux	740lux
Střed	780lux	940lux	760lux
Vpředu	720lux	860lux	690lux

**S KRYTEM**

Průměr = 675 lx 21 lx/Watt Tesla

Rozptyl : 200lux

2x16W/5500K/čirý	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	660lux	730lux	590lux
Střed	680lux	790lux	620lux
Vpředu	620lux	750lux	640lux

**Úbytek na krytu :**

-80lux	-160lux	-150lux
-100lux	-150lux	-140lux
-100lux	-110lux	-50lux

**BEZ KRYTU**

Průměr = 783 lx 24 lx/Watt Tesla

Rozptyl : 240lux

2x16W/5500K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	700lux	880lux	730lux
Střed	740lux	910lux	750lux

**S KRYTEM** Průměr = 716 lx 22 lx/Watt Tesla

2x16W/5500K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	650lux	810lux	670lux
Střed	680lux	860lux	680lux
Vpředu	660lux	810lux	630lux

Rozptyl : 230lux

**Úbytek na krytu :**

-50lux	-70lux	-60lux
-60lux	-80lux	-70lux
-60lux	-70lux	-80lux

**BEZ KRYTU** Průměr = 484 lx 30 lx/Watt Tesla

2x8W/5500K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	460lux	500lux	470lux
Střed	490lux	530lux	490lux
Vpředu	460lux	500lux	460lux

Rozptyl : 70lux

**S KRYTEM** Průměr = 436 lx 27 lx/Watt Tesla

2x8W/5500K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	410lux	450lux	420lux
Střed	440lux	480lux	440lux
Vpředu	410lux	460lux	420lux

Rozptyl : 70lux

**Úbytek na krytu :**

-50lux	-50lux	-50lux
-50lux	-50lux	-50lux
-50lux	-40lux	-40lux

**S KRYTEM** Průměr = 401 lx 25 lx/Watt Tesla

zářivky 2x8W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	340lux	380lux	280lux
Střed	380lux	430lux	460lux
Vpředu	410lux	470lux	460lux

Rozptyl : 190lux

**S KRYTEM** Průměr = 687 lx 15 lx/Watt MB-Systems

zářivka 45W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	630lux	760lux	650lux
Střed	670lux	810lux	670lux
Vpředu	610lux	770lux	620lux

Rozptyl : 200lux

**S KRYTEM** Průměr = 568 lx 12 lx/Watt MB-Systems

zářivka 2x18W/4000K/mat	Vlevo	Střed	Vpravo
Vzadu	520lux	630lux	530lux
Střed	550lux	680lux	550lux
Vpředu	510lux	630lux	520lux

Rozptyl : 170lux