

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

## **Hodnocení efektivity úsporných světelných zdrojů**

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Autor práce: Barbora Tamelová

PRAHA 2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Barbora Tamelová

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Hodnocení efektivity úsporných světelných zdrojů.**

Název anglicky

**Evaluation of effectiveness of high-economy light sources.**

### Cíle práce

Zhodnotit efektivitu náhrady klasických světelných zdrojů za úsporné (se zaměřením na LED světelné zdroje) posouzením nákladů životního cyklu při variabilitě životnosti světelných zdrojů a cen elektrické energie.

### Metodika

#### 1. Úvod

Rešerše: 2 stránky jakosti (vlastnosti a LCC), spirála jakosti, dvoustavový prvek.

Náklady životního cyklu a jejich využití pro variantní výběr. Vývoj světelných zdrojů v posledních letech, typy a vlastnosti (úsp. zářivky, LED, světelný tok, teplota světla, udávaná životnost apod.) Energetická politika EU a ČR, kvalifikované odhady vývoje cen el. energie. Ceny elektrické energie dle dodavatelů, odběrných míst, tarifů. Zkoušky životnosti.

#### 2. Cíle a metodika práce

#### 3. Zkoušky životnosti

Zaměřené na LED světelné zdroje (popis, způsoby sledování doby provozu, výsledky, úvahy o statistické průkaznosti). Popis vlastního experimentu.

#### 4. Kalkulace nákladů životního cyklu klasického a úsporného světelného zdroje.

Náklady na provoz a náklady obnovy. Celkové kumulativní náklady na obnovu a provoz v době provozu, průměrné jednotkové náklady  $u(t)$ . Kritika „kalkulátorů úspor“ na webech prodejců svítidel. Stanovení doby provozu, kdy je náhrada za LED efektivní. Úvahy o bezplatné výměně během 2 leté záruky či neuznání záruky, propočty s uvažováním životnosti po dobu záruky 24 měsíců. Srovnání při výrobcem udávané a experimentálně zjištěné životnosti LED svítidel. Úvahy o různých cenách el. energie při různých odběrech.

## 5. Závěr

Ekonomické zhodnocení přechodu z klasických na úsporné světelné zdroje.



## Doporučený rozsah práce

50-60

## Klíčová slova

úsporné světelné zdroje, náklady životního cyklu

---

## Doporučené zdroje informací

Časopis Světlo (www.svetlo.info)

Ekodesign a štitkování světelných zdrojů a svítidel se zaměřením na směrové světelné zdroje. Dostupné na: <http://www.svn.cz/assets/files/informacni-materialy/2014/ekodesign-a-stitkovani-svetelnych-zdroju-a-svitidel.pdf>

Energeticky úsporné osvětlování domácnosti.

Dostupné <http://www.podblickeekocentrum.cz/userfiles/files/osvetleni-domacnosti-final.pdf>

firemní materiály Philips, Osram apod.

Havlíček, J. a kol. Provozní spolehlivost strojů. 2. přepracované vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. 616 s. ISBN 80-203-0029-2

LEGÁT, V., JURČA, V., HORÁKOVÁ, A.: Jakost, spolehlivost a obnova strojů. TF CZU, Praha, 2006, ISBN 80-213-1514-8.

NENADÁL, J.: Měření v systémech managementu jakosti, 2. vydání. Praha: Management Press, 2004, 336 s. (ISBN 80-7261-110-0)

---

## Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

## Vedoucí práce

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

## Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 7. 2015

**doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 10. 2015

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2016

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce s použitím odborné literatury a dalších odborných zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne 10.března 2016

.....

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala prof. Ing. Vladimíru Jurčovi, CSc. za cenné připomínky a odborné rady, které mi byly poskytnuty v průběhu diplomové práce.

**Abstrakt:** Tato práce je zaměřena na posouzení efektivity náhrady klasických světelných zdrojů za úsporné. Především se práce zaměřuje na úsporné světelné zdroje LED. Zároveň je cílem posouzení nákladů životního cyklu světelných zdrojů a cen elektrické energie. V úvodní části jsou uvedeny základní poznatky, které přiblíží čtenáři danou problematiku. V následující kapitole „Zkoušky životnosti LED světelných zdrojů“ je popsán průběh testu životnosti těchto úsporných zdrojů a následné vyhodnocení. Dále následuje kapitola „Kalkulace nákladů životního cyklu klasického a úsporného světelného zdroje“, která se zaměřuje na náklady spojené s životním cyklem svítidel. Tato část popisuje především náklady na provoz, stanovení doby provozu, kdy se LED svítidla vyplatí a úvahami o různých cenách elektrické energie při různých odběrech. Závěrem této práce je uvedeno, kdy je přechod na LED úsporné zdroje efektivní a doporučení pro zákazníka vyplývající ze zjištěných poznatků.

**Klíčová slova:** úsporné světelné zdroje, náklady životního cyklu

### **Evaluation of effectiveness of high-economy light sources.**

**Summary:** This project is aimed at assessing the effectiveness of substitution of light sources for energy saving. Above all, the work focuses on energy-saving light source LED. It is the aim of assessing the life cycle cost of light sources and electricity prices. In the introductory section provides the basic knowledge that readers approach the issue. In the next chapter, „Durability testing of LED light sources,“ describes the process of life test these saving resources and evaluation. The following chapter „Calculation of life cycle costs and classic-saving light source“, which focuses on the costs associated with the life cycle of lamps. This section describes mainly the cost of operation, determining operating time when LED lamps worth and reflections on various electricity prices at different consumption. The conclusion of this work is given when the transition to the LED power-saving is effective and recommendations for the customer resulting from the findings.

**Key words:** economy light sources, life cycle costs

## Obsah

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Úvod.....  | 1  |
| 1.1   | Jakost.....  | 2  |
| 1.1.1 | Znaky jakosti.....   | 2  |
| 1.1.2 | Řetěz jakosti.....   | 3  |
| 1.1.3 | Stavy objektů.....   | 4  |
| 1.1.4 | Porovnání jakosti klasického a úsporného světelného zdroje ..... | 5  |
| 1.2   | Náklady životního cyklu.....                                     | 6  |
| 1.3   | Vývoj světelných zdrojů.....                                     | 6  |
| 1.3.1 | Kompaktní zářivky .....  | 7  |
| 1.3.2 | LED svítidla.....  | 9  |
| 1.4   | Energetická politika Evropské unie a České republiky .....       | 10 |
| 1.4.1 | Energetická politika Evropské unie.....                          | 10 |
| 1.4.2 | Energetická politika České republiky .....                       | 11 |
| 1.4.3 | Energeticky úsporné zářivky.....                                 | 12 |
| 1.5   | Cena elektrické energie.....                                     | 13 |
| 1.5.1 | Neregulovaná část elektrické energie.....                        | 13 |
| 1.5.2 | Regulovaná část elektrické energie.....                          | 14 |
| 1.5.3 | Tarifvy elektřiny.....   | 15 |
| 1.5.4 | Cena elektrické energie z pohledu zákazníka .....                | 16 |
| 1.5.5 | Pronájem LED svítidel.....                                       | 19 |
| 1.6   | Zkoušky životnosti .....   | 20 |
| 2     | Cíl a metodika práce.....  | 21 |
| 2.1   | Cíl práce.....   | 21 |
| 2.2   | Metodika práce.....  | 22 |
| 3     | Zkoušky životnosti LED světelných zdrojů.....                    | 23 |
| 3.1   | Příprava zkoušky životnosti .....                                | 23 |



|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.2   | Zahájení zkoušky životnosti.....  | 26 |
| 3.2.1 | Zkouška životnosti – řada A .....   | 26 |
| 3.2.2 | Zkouška životnosti – řada B.....  | 32 |
| 3.3   | Reklamace LED svítidel .....  | 38 |
| 3.3.1 | Zkouška životnosti – řada C.....  | 39 |
| 3.4   | Souhrnný přehled výsledků zkoušky životnosti.....   | 43 |
| 3.5   | Měření svítivosti LED během provozu .....   | 45 |
| 4     | Kalkulace nákladů životního cyklu klasického a úsporného světelného zdroje .....  | 49 |
| 4.1   | Náklady na provoz .....   | 49 |
| 4.2   | Náklady obnovy .....  | 53 |
| 4.3   | Celkové kumulativní náklady na obnovu a provoz v době provozu, průměrné jednotkové náklady, kalkulátor úspory energie.....        | 55 |
| 4.3.1 | Celkové kumulativní náklady na obnovu a provoz v době provozu.....  | 55 |
| 4.3.2 | Průměrné jednotkové náklady.....  | 56 |
| 4.3.3 | Kalkulátor úspory elektrické energie .....  | 58 |
| 4.4   | Stanovení doby provozu, kdy se LED vyplatí .....  | 60 |
| 4.5   | Úvahy o bezplatné výměně během dvouleté záruky či neuznání záruky, propočty s uvažováním životnosti po dobu záruky 24 měsíců..... | 62 |
| 4.6   | Srovnání výrobcem udávané a experimentálně zjištěné životnosti LED svítidel .....   | 64 |
| 4.7   | Úvahy o různých cenách elektrické energie při různých odběrech, pronájem LED svítidel.....  | 65 |
| 4.7.1 | Pronájem LED svítidel – finanční výhodnost .....  | 66 |
| 5     | Závěr .....   | 68 |
| 6     | Použitá literatura .....  | 72 |
|       | Seznam obrázků.....   | 74 |
|       | Seznam tabulek.....   | 75 |
|       | Seznam grafů.....   | 77 |

# 1 Úvod

Již přes sto let je možné svítit elektrickou žárovkou. Velká část zásluhy patří především T. A. Edisonovi, který vyřešil technologický problém žárovky a zároveň zajistil užité rozšíření tohoto světelného zdroje. Postupem vývoje se začalo používat wolframové vlákno, které bylo uzavřeno do vakuované skleněné baňky, aby neoxidovalo a neshořelo. Podoba klasické žárovky tak, jak je známá dnes, si zachovala původní tvar i funkci. Klasická žárovka má skleněnou baňku vně dvakrát vinuté wolframové vlákno a patiči vyráběnou z mosazi nebo hliníku. Technologický a výrobní postup se i u tak zdánlivě jednoduchého zařízení zdokonaloval dalších přibližně 50 let, než klasická žárovka dosáhla dnešního standardu životnosti přibližně 1 000 hodin. K primárním přednostem tohoto světelného zdroje patří především jednoduchá přeměna elektrické energie na světlo, ekologická nezávadnost a nízká pořizovací cena. Postupem času vývoj světelných zdrojů pokročil dále, v současné době je důraz kladen především na úsporu energií. Na základě této skutečnosti jsou v současnosti poptávány na trhu úsporné světelné zdroje, kterými jsou hlavně halogenová, úsporná a LED svítidla. Nynější rozvoj těchto úsporných světelných zdrojů také ovlivnilo rozhodnutí Evropského parlamentu, který zakázal výrobu a dovoz klasických žárovek na území Evropské unie.

Jednou z možností náhrady klasické žárovky jsou světelné zdroje LED. Hlavní předností těchto svítidel je úspora elektrické energie a oproti klasické žárovce mnohem vyšší životnost. Zda je tento světelný zdroj LED skutečně efektivní tak, jak uvádějí výrobci, bude posouzeno v této práci. Rešeršní část seznamuje čtenáře s touto problematikou. Následuje kapitola „Zkoušky životnosti“. Cílem této kapitoly je posoudit, zda deklarovaná životnost LED svítidla výrobcem, odpovídá skutečnosti. Kapitola „Kalkulace nákladů životního cyklu klasické žárovky a úsporného světelného zdroje“ zhodnocuje náklady životního cyklu těchto svítidel z výsledných poznatků testů životnosti. Závěrem této práce jsou stanoveny podmínky, za kterých se přechod na LED svítidla vyplatí, zároveň další doporučení pro zákazníka.

## 1.1 Jakost

Pojem jakost, neboli také často používané synonymum kvalita, má původ v latinském jazyce. Vychází z latinského slova „qualis?“ v překladu „jaký?“, které vyjadřovalo odpověď na otázku ohledně vlastnosti nějakého výrobku. První definice tohoto pojmu je přiřazována Aristotelovi, lze se s ní setkat i v soudobných filozofických slovnících, pro využití v ekonomice je však nevhodná. Jakost představuje komplexní vlastnost výrobků, služeb, informací, lidí i systémů, projevující se určitou mírou schopnosti plnit požadavky, které jsou na ně kladeny. A zároveň je vlastností, která umožňuje různé produkty podobného charakteru rozlišovat a přiřazovat jim rozdílnou hodnotu [17]. Definice jakosti je uvedena v normě ČSN EN ISO 9000:2006, kde je jakost definována jako stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků [2]. Požadavkem je myšleno očekávání či potřeby, které jsou předem stanoveny a předpokládá se jejich splnění. Výstupem splnění požadavků je produkt. Každý produkt je popsán řadou vlastností, parametrů, veličin či ukazatelů, které jsou označovány jako znaky jakosti.

### 1.1.1 Znaky jakosti

Zákazník má určité potřeby, které jsou hodnoceny právě pomocí znaků jakosti. Znaky jakosti lze rozdělit svým charakterem na kvantitativní a kvalitativní. Kvantitativní znaky jsou takové, které lze měřit, například hmotnost, rozměry, výkon a podobně. Kvalitativní znaky se hodnotí pomocí výroků, například menší, větší. Dále mohou být znaky jakosti děleny na:

- Kardinální (dají se měřit, hmotnost, čas, rozměry a jiné).
- Ordinální (požadavky na tolerance, třídy kvality zeleniny a jiné).
- Nominální (mají kvalitativní charakter např. barva, materiál a jiné) [12].

#### 1.1.1.1 Spolehlivost

Velmi podstatným znakem jakosti je spolehlivost. Dle normy ČSN IEC 50(191):1993 je spolehlivost definována jako souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které je ovlivňují: bezporuchovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby [1]. Jinými slovy je spolehlivost obecná vlastnost výrobku, spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních parametrů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek; jde vlastně o vyjádření míry schopnosti výrobku udržet inherentní znaky kvality v průběhu užitečného života výrobku; v užším slova smyslu spolehlivost představuje souhrnný termín, používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují: bezporuchovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby.

Velmi zjednodušeně lze také říci, že spolehlivost je vyjádřením kvality v čase [13].  
Návaznost obecných znaků jakosti je znázorněna na obrázku č. 1.

Obr. 1: Schéma znaků jakosti výrobku



Zdroj: (LEGÁT et al., 2013)

### 1.1.2 Řetěz jakosti

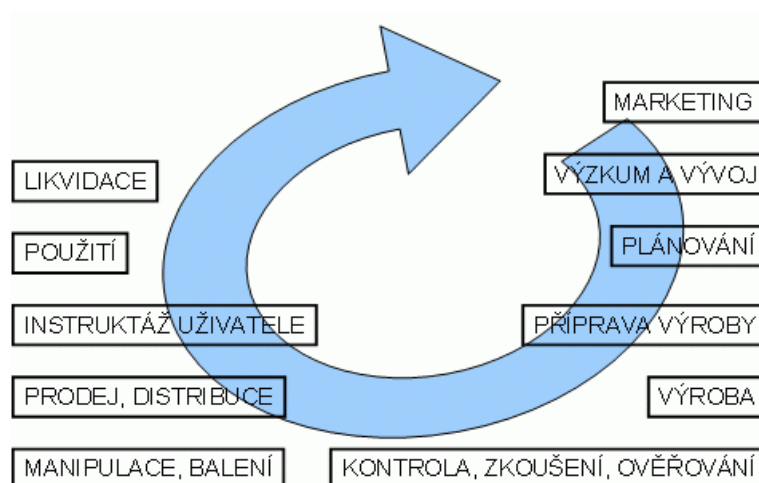
Jakost každého výrobku je řešena v rámci celého životního cyklu. Tento model představuje činnosti, které v podniku probíhají od návrhu až do likvidace, navazují na sebe a v různých stádiích životního cyklu na jakost výrobku působí. Veškeré fáze životního cyklu tvoří smyčku jakosti výrobku. Řetěz jakosti je utvořen těmito fázemi:

- Marketing.
- Konstrukce, vývoj (kontrola výkresů, modelů).
- Příprava výroby (jakost projekčních prací).
- Výroba (jakost procesů a výrobků).
- Distribuce (termíny, množství, místo).
- Provoz (využití, údržba, servis, informace).
- Ekologická likvidace [14].

Stane-li se, že v nějaké fázi není věnována jakosti výrobku dostatečná pozornost, stupeň jakosti se zhoršuje v následujících fázích.

Každý podnik je charakterizován řadou činností, které na jakost výrobku mají vliv. Tyto činnosti lze znázornit v takzvané spirále jakosti (obr. 2). Perioda se neustále opakuje a její začátek je vždy o úroveň jakosti výše.

Obr. 2: Spirála jakosti



Zdroj: <http://www.ikvalita.cz>

### 1.1.3 Stavy objektů

Stavy objektů lze rozdělit na bezvadný, provozuschopný a poruchový. Bezvadný objekt je takový, kdy odpovídá všem požadavkům stanoveným výrobně – technickou dokumentací. Provozechopný objekt je schopen plnit stanovené funkce a dodržuje hodnoty sledovaných parametrů ve stanovených mezích. Objekt poruchový není schopen plnit požadované funkce, respektive dodržovat hodnoty sledovaných parametrů ve stanovených mezích [14].

Objekty lze také rozlišovat na objekt dvoustavový a vícestavový. U dvoustavového objektu se náklady během jeho života nezvyšují, vnitřní zněny technického stavu nemají průběžný významný vnější technicko – ekonomický projev. Vhodným příkladem je žárovka.

Vicestavový objekt – každá změna technického stavu má průběžný, měřitelný a zpravidla významný vnější technicko – ekonomický projev [14].

Dvoustavovým objektem je právě například klasická žárovka, buď svítí, nebo nesvítí. Svítivost a spotřeba žárovky je během životnosti stále stejná. U LED (The light emitting diode) svítidel toto nelze říci. Svítivost LED během životnosti klesá, ukončení životnosti LED svítidla nemusí být okamžitá, jednotlivé diody v LED světelném zdroji mohou zhasínat nebo pohasínat postupně nezávisle na sobě. Podrobněji o průběhu životnosti LED svítidel bude popsáno v kapitole č. 3.

Fyzický život objektu je celková (kumulovaná) doba provozu objektu od prvního uvedení do činnosti do dosažení jeho mezního stavu pro obnovu [13]. Dosáhne-li svítidlo mezního fyzického stavu, je třeba jej vyměnit. Klasická žárovka dosažením mezního fyzického stavu přestane svítit. V případě LED svítidla lze vymezit mezní fyzický stav již v případě, kdy přestanou svítit jednotlivé segmenty diod nebo tehdy, poklesne-li viditelně svítivost LED svítidla.

#### **1.1.4 Porovnání jakosti klasického a úsporného světelného zdroje**

Při konečném porovnání obou typů svítidel je nutno brát v úvahu řadu faktorů, které nelze jednoduchým způsobem změřit. Výroba klasické žárovky za dlouhé roky neměla žádné problémy s deklarovanou životností a svítivostí. Výroba úsporných světelných zdrojů je relativně mladá, většina výrobců pochází z Číny. Tlak na výslednou cenu je vysoký a nutí tak výrobce k hledání úspor při výrobě, což se projevuje ve výsledné kvalitě produktu. Konečný zákazník pak bez dokonalé znalosti výrobce a typu svítidla může obdržet produkt, který nedosahuje deklarovaných hodnot, a to jak životnosti, tak svítivosti.

Klasická žárovka po dobu své životnosti neměla problém s poklesem svítivosti, což je dáno konstrukcí a použitým materiálem při výrobě. U úsporných světelných zdrojů to neplatí. V průběhu životnosti řada svítidel ztrácí svítivost. Výsledkem pak je, že odběr elektrické energie je v porovnání s klasickou žárovkou stále velmi nízký, na druhou stranu zákazník nedostane to, za co si zaplatil a to je množství světla, které tento úsporný zdroj má vydávat.

## 1.2 Náklady životního cyklu

Počáteční náklady nutné k pořízení úsporného zdroje jsou pouze jedna z částí nákladů životního cyklu (LCC - life cycle cost). Podstatné je zdokumentovat všechny související náklady po celou dobu životnosti úsporného zdroje. Tyto veškeré náklady jsou označovány jako náklady životního cyklu. Jsou to tedy náklady po celou dobu života produktu od pořízení až po likvidaci.

Náklady na životní cyklus úsporných zdrojů lze uvést:

- Náklady na energii.
- Náklady na obnovu.
- Náklady na údržbu.

Náklady na energii zahrnují především příkon, provozní náklady a cenu za kilowatthodinu (kWh). Do nákladů na obnovu lze uvést cenu svítidla, náklady na instalaci svítidla a konečnou likvidaci. Náklady na údržbu obsahují vizuální kontrolu svítidla případně náklady spojené s vyřízením reklamace ze strany zákazníka, pokud by LED svítidlo přestalo svítit.

## 1.3 Vývoj světelných zdrojů

Původní nápad, který vedl k vývoji klasické žárovky (obr. 3), byl velmi jednoduchý. První vlákno bylo z bambusu, problém však byl v tom, že velmi rychle shořelo a tudíž životnost byla minimální. Dobrých výsledků se dosáhlo až tehdy, kdy vlákno bylo umístěno do vzduchoprázdna tak, aby neshořelo. Po mnoha letech zkoušek a neúspěchů se vývoj ustálil na materiálu ze slitiny wolframu. Klasické žárovky fungují na principu tepelné emise světla. Elektrický proud prochází tenkým wolframovým vláknem, které zahřívá, dokud nezačne vydávat světlo. Skleněná baňka brání tomu, aby se k vláknu dostal kyslík, v důsledku čehož by došlo ke zničení vlákna oxidací [9]. Baňka žárovky je vyrobena z měkkého sodno-vápenatého skla. Patice se vyrábějí z mosazi nebo hliníku. Náplň žárovek plněných plynem je argon nebo krypton s příměsí dusíku [7]. Pozitivními vlastnostmi klasické žárovky je především to, že materiál je ekologicky nezávadný a světlo žárovky je lidskému oku příznivé.

V roce 2012 Evropská komise nařízením č. 244/2009 zakázala výrobu klasických žárovek na území Evropské unie, odůvodněním byla jejich malá energetická účinnost a vysoká spotřeba. Klasické žárovky jsou tak postupně doprodávány z trhu a nahrazovány jinými úspornějšími především kompaktními zářivkami a LED svítidly.

Obr. 3: Klasická žárovka



Zdroj: <http://m.modernipanelak.cz>

### 1.3.1 Kompaktní zářivky

Kompaktní zářivky (obr. 4), často také označovány jako úsporné žárovky, byly navrženy především za účelem nahradit žárovky klasické. Obvykle se skládají z trubice plněné rtuťovými párami a elektronického předřadníku. Vlastní výbojová trubice, na obou koncích opatřená wolframovými elektrodami pokrytými emisní hmotou, je zhotovena z měkkého olovnatého skla. Někteří výrobci však již používají sklo speciálního složení, které neobsahuje ekologicky nežádoucí olovo [5]. Pro technologii zářivek je nutné používat předřadník z důvodu omezení proudu v zářivce a stabilizaci. Elektrický proud teče z předřadníku a prochází trubicí, která je naplněna rtuťovými párami a inertním plynem (argonem). Rtuťové páry průchodem proudu vyzařují ultrafialové záření, které excituje luminofor nanesený na vnitřní straně trubice. Luminofor potom vyzařuje viditelné světlo [9].

Obr. 4: Kompaktní zářivka



Zdroj: <http://elektroinstalace.blogspot.cz>

Hlavní výhodou kompaktních zářivek je výrazně prodloužená životnost. Klasická žárovka vydrží svítit zhruba tisíc hodin. To znamená, že při průměrném svícení tři hodiny denně, je třeba ji každý rok vyměnit. Životnost kompaktních zářivek je minimálně trojnásobná a u kvalitních, značkových výrobků dosahuje až patnáctinásobku, tedy



15 000 hodin. Kvalita světla dnešních kompaktních zářivek je s klasickými žárovkami plně srovnatelná - neprojevuje se blikáním ani zvukovými efekty jako staré typy lineárních zářivek [10]. Použití kompaktních úsporných zářivek je také spojeno s určitými nevýhodami. Kompaktní zářivky obsahují přibližně 3 miligramy rtuti, velmi nebezpečné neurotoxické látky. Proto je nezbytné velmi pečlivé zacházení s rozbitými trubicemi a baňkami zářivek. Vyřazené zářivky nelze odkládat do komunálního odpadu, ale je nutné je odborně likvidovat [8].

Patice zářivky kompaktní je stejná jako u klasické žárovky. Výběr těchto zářivek již není tak jednoduchý jako u žárovek klasických. Zářivky mají více vlastností. Patří mezi ně především světelný tok, barva světla, životnost, stmívatelnost a počet spínacích cyklů.

### Světelný tok

Na rozdíl od klasické žárovky, kdy se hodnota výkonu světla porovnávala na základě příkonu, u kompaktních zářivek tak i u LED svítidel se udává světelný tok. Světelný tok vyjadřuje, kolik světla světelný zdroj vyzáří do všech směrů, neboli jak silně svítí. Tento údaj je určován v lumenech (lm). Hodnoty světelného toku, které jsou potřeba k nahrazení příkonu klasické žárovky, jsou uvedeny níže (tab. 1).

Tabulka 1: Porovnání příkonu a světelného toku svítidel

| Příkon klasické žárovky | Kompaktní zářivky | LED svítidla |
|-------------------------|-------------------|--------------|
| 15 W                    | 125 lm            | 136 lm       |
| 25 W                    | 229 lm            | 249 lm       |
| 40 W                    | 432 lm            | 470 lm       |
| 60 W                    | 741 lm            | 806 lm       |
| 75 W                    | 970 lm            | 1 055 lm     |
| 100 W                   | 1 398 lm          | 1 521 lm     |
| 150 W                   | 2 253 lm          | 2 452 lm     |
| 200 W                   | 3 172 lm          | 3 452 lm     |

Zdroj: Nařízení evropské komise č. 244/2009

### Barva světla

Barva světla neboli také teplota chromatičnosti charakterizuje spektrum bílého světla. Světlo určité teploty chromatičnosti má barvu tepelného záření vydávaného černým tělesem zahřátým na tuto teplotu. Teplota chromatičnosti se měří v Kelvinech (K) [15]. Tento údaj je podstatný z hlediska vnímavosti kvality světla člověkem. Podle teploty chromatičnosti je

světlo rozdělováno na teplé a studené. Takzvané teplé světlo je při teplotách od 2 000 až 3 500 K. U světla studeného je teplota chromatičnosti od 4 000 do 6 500 K. U kompaktních zářivek bývá teplota chromatičnosti přibližně 2 700 K, teplota odpovídá klasickým žárovkám.

### **Životnost a počet spínacích cyklů**

Životnost se udává v hodinách (h), závisí na počtu cyklů zapnutí a vypnutí, použité technologii a významně ovlivňuje konečnou ekonomickou a ekologickou efektivitu. Průměrná životnost činí asi 1 000 h svícení pro standardní klasické žárovky a asi 10 000 až 20 000 h pro kompaktní zářivky. Jednou z novinek evropské legislativy je, že se na obalech kompaktních zářivek má uvádět i počet spínacích cyklů [9].

### **1.3.2 LED svítidla**

Velký technologický rozvoj v posledních letech probíhá především v oblasti vývoje a zdokonalování světelných zdrojů obecně označovaných LED neboli v překladu světlo vyzařující dioda. Kořeny této technologie sahají již do 60 let 20. století. LED svítidla (obr. 5) fungují na principu polovodičové diody, která vyzařuje světlo. První LED diody byly červené a vyzařovaly monochromatické světlo. Tyto LED diody byly využívány pro indikaci. Následně byly vynalezené modré diody a bílé diody. Příchod bílých LED na trh znamenal velký zlom, protože se otevřela cesta k osvětlení na zcela nové, polovodičové bázi (SSL, Solid-State Lighting). Leccos sice již naznačovaly možnosti využití jejich barevných předchůdců, o téměř tři desetiletí starších. Ale pro jejich malou účinnost a nevhodnou barvu jejich světla nebylo možné tyto LED pro osvětlení použít [19]. LED svítidla je možné pořídit v různém provedení. Klasické LED svítidla vyzařují monochromatické záření v důsledku zářivé rekombinace elektronů a děr v polovodiči v oblasti přechodu PN při průchodu elektrického proudu diodou. Vlnová délka je dána pásovou strukturou rozdělení energetických hladin použitého polovodiče, zvláště šířkou zakázaného pásu a polohou hladin od příměsí [18].

Obr. 5: LED svítidlo



Zdroj: [www.smdledzarovky.cz](http://www.smdledzarovky.cz)

Koncem roku 2009 a v průběhu roku 2010 se začala poměrně rychle zvětšovat nabídka světelných zdrojů LED určených pro přímou náhradu klasických žárovek [22]. Žárovky používané v běžných svítidlech lze nahradit LED svítidlem, které má patici E 27. LED svítidla s paticí E 14 nahrazují svíčkové žárovky používané v lustrech.

Významnou výhodou LED svítidel je vysoká energetická efektivita, a pokud lze věřit údajům výrobců, dlouhá doba života. Většina výrobců udává dobu života 25 000 hodin. Některé designové LED zdroje mohou mít i menší. Řada méně známých výrobců uvádí nicméně i nereálné doby života (např. 50 tisíc hodin). Pro zvýšení doby života je vhodné dbát na kvalitní odvětrávání, tedy chlazení světelného zdroje. Energetická efektivnost LED svítidel odpovídá energetické třídě A a je obvykle o něco vyšší než u kompaktních zářivek [20]. LED svítidla vyzařují světlo přímým směrem, na rozdíl od běžných světelných zdrojů, kdy světlo vyzařuje do všech stran.

## **1.4 Energetická politika Evropské unie a České republiky**

### **1.4.1 Energetická politika Evropské unie**

Energetika je jednou z nejdůležitějších odvětví evropské ekonomiky. Je podstatná pro konkurenceschopnost a zároveň důležitá pro zajištění evropské bezpečnosti. Energetická politika jako taková není pevně ustanovena v základních dokumentech Evropské unie. Počátky vývoje energetické politiky sahají do roku 1951, kdy byla podepsána Pařížská smlouva. Na základě této smlouvy bylo založeno Evropské společenství uhlí a oceli. V roce 2002 bylo toto společenství začleněno do smlouvy o Evropském společenství.

Energetická politika je momentálně jednou z hlavních priorit Evropské unie. Zejména pro svoji závislost na dovozu, nerovnováhu mezi oblastí produkce a spotřeby, vysoké ceny energií a v neposlední řadě pro svůj negativní vliv na globální klima.

Na základě daných předností nynější energetické politiky Evropské unie lze stanovit její cíle. Jsou to tyto tři základní body:

- Vytvoření efektivních otevřených konkurenčních trhů s elektřinou a plynem.
- Zajištění bezpečnosti dodávek energie.
- Dosažení přísných environmentálních cílů, zejména v boji proti klimatickým změnám.

K naplnění definovaných cílů je potřeba realizovat těchto šest hlavních priorit:

- Zvýšit energetickou účinnost.
- Dosáhnout správně fungujícího jednotného vnitřního trhu pro plyn a elektrickou energii ku prospěchu všech občanů.
- Podporovat obnovitelné zdroje energie.
- Posilovat jadernou bezpečnost.
- Zabezpečit dodávky energie do Evropy a dále rozvíjet mezinárodní spolupráci v energetice.
- Zlepšovat vztah mezi energetickou politikou a oblastmi životního prostředí a výzkumu [11].

#### **1.4.2 Energetická politika České republiky**

V České republice je základním dokumentem, který upřesňuje cíle v energetickém hospodářství, Státní energetická koncepce. Tento dokument vyjadřuje priority a cíle, které je potřebné zajistit do budoucna, schválen byl v roce 2004 vládou České republiky a poté aktualizován v roce 2010. Hlavním cílem je zabezpečit dodávku energie pro potřebu obyvatel a ekonomiky České republiky, a to za předpokladů, které budou šetrné pro životní prostředí, přijatelnou cenu za standardních podmínek. V aktuální verzi návrhu Státní energetické koncepce z roku 2010 se stanovuje komplexnější soubor priorit a dlouhodobých cílů, které bude Česká republika v energetickém hospodářství sledovat v rámci udržitelného rozvoje. K jejich naplnění budou použity vhodné a účinné nástroje a opatření. Při volbě priorit, cílů a souboru nástrojů Státní energetické koncepce byla respektována hlediska energetická, ekologická, ekonomická a sociální [16]. Zda jsou dané cíle a priority splňovány, hodnotí Ministerstvo průmyslu a obchodu v intervalech tří let.

### 1.4.3 Energeticky úsporné zářivky

Evropský parlament a členské státy Evropské unie přijaly legislativu, která zakazuje výrobu klasických wolframových žárovek a zároveň zakazuje i dovoz těchto světelných zdrojů na území Evropské unie. Po doprodání zásob klasické žárovky z trhu zmizí, nahradit je mají kompaktní zářivky a také hlavně světelné zdroje LED. Hlavním odůvodněním stahování klasických žárovek z trhu je úspora energie a omezení emisí oxidu uhličitého. Primární nevýhodou kompaktní zářivky oproti žárovce klasické je, že obsahuje toxickou rtuť a je třeba ji likvidovat jako nebezpečný odpad. Zatímco klasickou žárovku lze vyhodit do směsného odpadu bez vážného nebezpečí ohrožení životního prostředí, toto se však o odpadu, který obsahuje těžké kovy, říci nedá. Zároveň je výroba kompaktní zářivky mnohem energeticky náročnější.

Klasické žárovky byly dle výše příkonu postupně stahovány z trhu. První byly stahovány s příkonem 100 W v září 2009. V září roku 2010 žárovky s příkonem 75 W o rok později žárovky s příkonem 60 W a závěrem v září v roce 2012 žárovky s příkonem 40 W a méně.

(ZASTOUPENÍ EVROPSKÉ KOMISE V ČESKÉ REPUBLICĚ, 2012) uvádí že, návratnost investice do úsporného osvětlení je velmi rychlá, maximálně 6 – 12 měsíců. Obrázek č. 6 ukazuje, jaké jsou náklady domácnosti, která má pět svítidel o výkonu 100 W a svítí tři hodiny denně, po dobu životnosti zářivky (6 let) [21].

Obr. 6: Návratnost investice do úsporného osvětlení



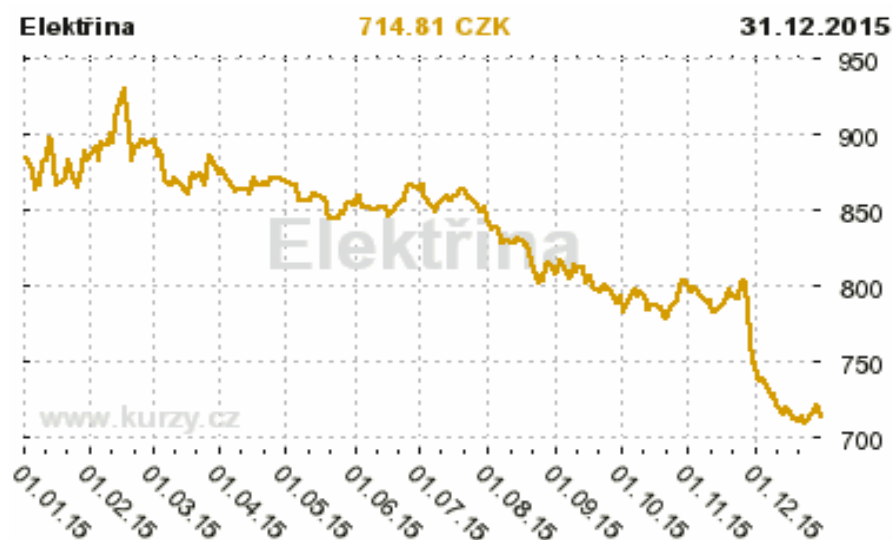
Zdroj: <http://ec.europa.eu>

## 1.5 Cena elektrické energie

### 1.5.1 Neregulovaná část elektrické energie

Cena elektrické energie se skládá ze dvou částí. Z části neregulované a regulované. Neregulovanou částí elektrické energie je označována elektřina silová, která představuje komoditu jako takovou. Cena silové elektřiny je tvořena trhem. Představuje přibližně polovinu celkové ceny elektrické energie. Silová elektřina se dále skládá ze dvou složek. První složka představuje pevnou cenu za měsíc, druhá složka je tvořena cenou za odebranou megawatthodinu (MWh) nebo v přepočtu na kilowatthodinu (kWh), která se dále může dělit na nízký tarif (NT) a vysoký tarif (VT). Vývoj ceny elektřiny za MWh pro rok 2015 je znázorněn v grafu č. 1. Vysoký a nízký tarif jsou dvě odlišné ceny, které jsou používány u dvoutarifových produktů. U nízkého tarifu je cena elektřiny zvýhodněná pouze určitou dobu dne. Pomocí hromadného dálkového ovládání se přepíná mezi nízkým a vysokým tarifem, to se řídí podle distributorem stanovených časů. Konkrétní časy spínání nízkého tarifu je možné najít vždy u příslušného distributora [3]. Využívají-li domácnosti jednotarifový produkt, je stanovena jedna cena za odebranou elektřinu.

Graf 1: Vývoj ceny elektřiny za MWh pro rok 2015



Zdroj: <http://www.kurzy.cz>

### **1.5.2 Regulovaná část elektrické energie**

Ceny regulované části elektrické energie stanovuje každý rok Energetický regulační úřad (ERÚ). V této části ceny je zahrnuta především platba za distribuci elektrického proudu z elektrárny ke spotřebiteli. Elektrický proud je na jednotlivých územích České republiky dodáván vždy pouze jedním distributorem. Hlavními distribučními společnostmi elektrického proudu v České republice jsou ČEZ, PRE a E.ON.

Regulovaná část ceny se skládá ze:

- Cena za distribuci.
- Cena za systémové služby.
- Cena na podporu obnovitelných zdrojů.
- Cena za činnost zúčtování Operátora trhu s elektřinou.

#### **Cena za distribuci**

Cena za distribuci zahrnuje měsíční platbu za příkon podle dané proudové hodnoty hlavního jističe, který je umístěn před elektroměrem. Měsíční platba je neustále stejná bez ohledu na to, kolik bylo elektřiny odebráno. Je-li vysoká hodnota jističe, může být i větší energetická náročnost spotřebičů, které je možné najednou využívat, tím je tak i vyšší měsíční platba. Dále je zahrnuta cena za přepravenou MWh, která může být dále dělena na vysoký tarif (VT) a nízký tarif (NT).

#### **Cena za systémové služby**

V systémových službách se platí za služby vysokého napětí. V našich podmínkách se o tuto část stará státní společnost ČEPS, a.s – Česká energetická přenosová soustava. Platba je určena na zajištění přenosů elektřiny na dálku, údržbu sítě, zejména pak na zachování bezpečnosti sítě a ochranu před rozsáhlými výpadky elektřiny neboli blackouty, aby nedocházelo k hromadným výpadkům, případně k přeshraničním tokům energie [4].

#### **Cena na podporu obnovitelných zdrojů**

Odvedená část tohoto poplatku podporuje především obnovitelné zdroje energie (OZE). Jedná se o cenu na podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a zároveň kombinované výroby tepla a elektřiny. Česká republika se se vstupem do Evropské unie zavázala tento typ výroby podporovat s ohledem ekologického přínosu. Náklady na výrobu u těchto zdrojů jsou vyšší, jsou tak pokrývány z tohoto poplatku.

## Cena za činnost zúčtování Operátora trhu s elektřinou

Tímto poplatkem jsou pokrývány náklady Operátora trhu s elektřinou, který zajišťuje bilanci poptávek a nabídek na dodávku elektřiny.

### 1.5.3 Tarify elektřiny

Tarify elektřiny jsou cenové možnosti, které lze využívat. Pro distribuční sazbu energetická firma nabízí více nabídek. Daná nabídka je odlišná měsíčními poplatky, cenou elektrické energie, smluvními podmínkami a zákaznickým servisem. Některé tarify mohou mít zvýhodněnou určitou denní dobu fixní cenou energie, být určené pro konkrétní skupinu obyvatel jako jsou například senioři nebo mít omezenou zákaznickou podporu.

Tabulka 2: Jednotarifová sazba D02d platná od 1. ledna 2015

| <b>Sazba D02d - Jednotarifová sazba (pro střední spotřebu)</b>                           |                          |            |            |
|--|--------------------------|------------|------------|
| <b>cena za 1 MWh v Kč</b>  | <b>E.ON</b>              | <b>PRE</b> | <b>ČEZ</b> |
|  | 4 159,2                  | 4 098,9    | 4 133,1    |
| <b>jistič</b>  | <b>měsíční plat v Kč</b> |            |            |
| jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně  | 100,-                    | 129,47     | 106,48     |
| jistič nad 3x10 A do 3x16 A včetně   | 118,-                    | 150,04     | 127,05     |
| jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně   | 131,-                    | 164,56     | 141,57     |
| jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně   | 146,-                    | 181,50     | 158,51     |
| jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně   | 168,-                    | 205,70     | 182,71     |
| jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně   | 192,-                    | 232,32     | 209,33     |
| jistič nad 3x40 A do 3x50 A včetně   | 222,-                    | 267,41     | 244,42     |
| jistič nad 3x50 A do 3x63 A včetně   | 262,-                    | 312,18     | 289,19     |
| jistič nad 3x63A za každou 1 A k celkové ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60  | 0,39                     | 3,44       | 3,44       |
| jistič nad 1x25 A za každou 1 A k celkové ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60 | 0,13                     | 1,15       | 1,15       |

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz>

Pokud domácnosti využívají jednotarifovou sazbu, je možné si vybrat ze dvou možností, a to ze sazby D01d nebo D02d. Sazba D02d (tabulka 2) je určena pro běžnou spotřebu jako je svícení, vaření a používání všedních spotřebičů. Dvoutarifová sazba je výhodnější, pokud je elektřina určena pro topení nebo ohřívání vody, kdy je elektřina danou dobu dne levnější. U dvoutarifových sazeb je možno volit z osmi možností. Příklad dvoutarifové sazby je uveden v tabulce č. 3.



Tabulka 3: Dvoutarifová sazba D25d platná od 1. ledna 2015

| <b>Sazba D25d - Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin</b> |              |                          |            |            |
|--|--------------|--------------------------|------------|------------|
|  |              | <b>E.ON</b>              | <b>PRE</b> | <b>ČEZ</b> |
| <b>cena za 1 MWh v Kč</b>  | Vysoký tarif | 4 608,82                 | 4 397,00   | 4 687,70   |
|  | Nízký tarif  | 1 965,65                 | 1 871,00   | 1 896,61   |
| <b>jistič</b>  |              | <b>měsíční plat v Kč</b> |            |            |
| jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně  |              | 116,-                    | 145,20     | 125,84     |
| jistič nad 3x10 A do 3x16 A včetně   |              | 143,-                    | 175,45     | 158,51     |
| jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně   |              | 162,-                    | 194,81     | 179,08     |
| jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně   |              | 185,-                    | 219,01     | 205,70     |
| jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně   |              | 216,-                    | 254,10     | 243,21     |
| jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně   |              | 253,-                    | 294,03     | 285,56     |
| jistič nad 3x40 A do 3x50 A včetně   |              | 299,-                    | 343,64     | 340,01     |
| jistič nad 3x50 A do 3x63 A včetně   |              | 358,-                    | 407,77     | 408,98     |
| jistič nad 3x63A za každou 1 A k celkové ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60                    |              | 4,57                     | 4,96       | 5,34       |
| jistič nad 1x25 A za každou 1 A k celkové ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60                   |              | 1,52                     | 1,66       | 1,78       |

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz>

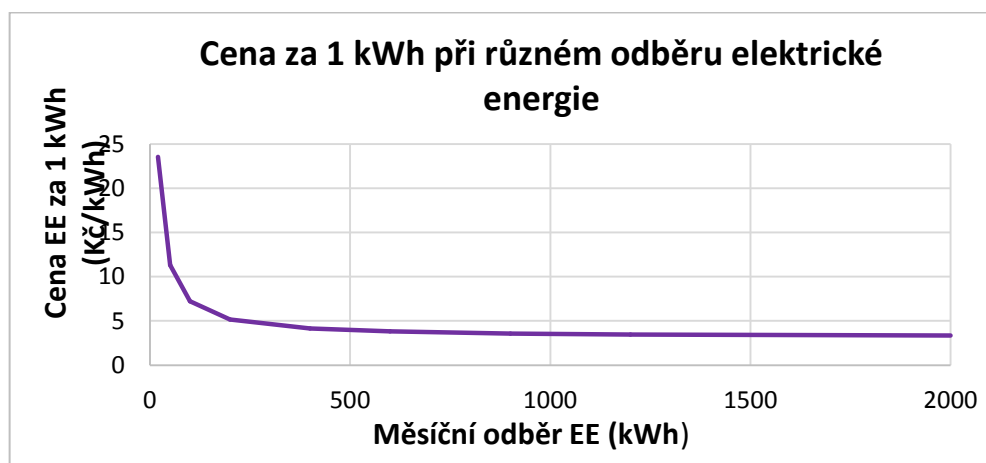
#### 1.5.4 Cena elektrické energie z pohledu zákazníka

V minulých letech došlo ke změně, kdy na cenu silové energie bylo navázáno mnoho dalších položek, které se promítají do výsledného účtu za elektrickou energii, například cena za distribuci, jak je uvedeno výše. Prodejce energie do ceny zaúčtovává řadu položek, které ovlivňují celkovou cenu elektrické energie za 1 MWh. Jako například cenu za jistič, která je stále stejná, i když zákazník bude mít minimální odběr. Je tedy zřejmé, že čím větší bude zákazníkova spotřeba, tím méně zaplatí za jednotku spotřebované elektrické energie. Příklad je uveden v tabulce č. 4. Následně závislost jednotkové ceny za elektrickou energii pro tento příklad je uveden v grafu č. 2.

Tabulka 4: Porovnání cen při měsíčním odběru za 1 kWh

| Měsíční odběr elektřiny (kWh):                            | 20          | 50          | 100         | 200         | 400         | 600         | 900         | 1200        | 2000        |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Neregulovaná část (určuje obchodník s elektřinou):</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Pevná cena za měsíc - 90 Kč                               | 90          | 90          | 90          | 90          | 90          | 90          | 90          | 90          | 90          |
| Měsíční poplatek za jistič 3x25A - 410 Kč                 | 410         | 410         | 410         | 410         | 410         | 410         | 410         | 410         | 410         |
| <b>Pevná cena za 1 kWh při daném odběru EE</b>            | <b>25,0</b> | <b>10,0</b> | <b>5,00</b> | <b>2,50</b> | <b>1,25</b> | <b>0,83</b> | <b>0,56</b> | <b>0,42</b> | <b>0,25</b> |
| Cena silové elektřiny (Kč/kWh) - ve vysokém               | 2,00        | 2,00        | 2,00        | 2,00        | 2,00        | 2,00        | 2,00        | 2,00        | 2,00        |
| <b>Regulovaná část (určuje ERÚ), vše za 1kWh:</b>         |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Poplatek za distribuci                                    | 0,19        | 0,19        | 0,19        | 0,19        | 0,19        | 0,19        | 0,19        | 0,19        | 0,19        |
| Poplatek za systémové služby                              | 0,18        | 0,18        | 0,18        | 0,18        | 0,18        | 0,18        | 0,18        | 0,18        | 0,18        |
| Příspěvek na podporu obnovitelných zdrojů                 | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        |
| Poplatek za činnost zúčtování Operátora trhu              | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        |
| Cena za 1 kWh bez pevných poplatků a daní:                | 2,58        | 2,58        | 2,58        | 2,58        | 2,58        | 2,58        | 2,58        | 2,58        | 2,58        |
| <b>Daně:</b>  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| Daň z elektřiny za 1 kWh                                  | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        | 0,02        |
| Celkem za 1 kWh bez DPH                                   | 27,6        | 12,6        | 7,61        | 5,11        | 3,86        | 3,44        | 3,17        | 3,03        | 2,86        |
| Daň z přidané hodnoty (DPH) - 20%                         | 5,52        | 2,52        | 1,52        | 1,02        | 0,77        | 0,69        | 0,63        | 0,61        | 0,57        |
| <b>Celkem za 1 kWh vč. DPH (Kč):</b>                      | <b>33,1</b> | <b>15,1</b> | <b>9,13</b> | <b>6,13</b> | <b>4,63</b> | <b>4,13</b> | <b>3,80</b> | <b>3,63</b> | <b>3,43</b> |

Graf 2: Cena za 1 kWh při různém odběru elektrické energie



Odběratel tedy zaplatí za jednotku elektrické energie tím více, čím méně jí spotřebuje. Pro příklad lze uvést málo využívané rekreační objekty, kde jejich majitel sice platí měsíční zálohy „jen“ 100 Kč, ale za celý rok spotřebuje na rozsvícení při sporadické návštěvě 1 kWh – jeho cena za elektrickou energii je pak 1 200 Kč/kWh.

V minulosti v České republice došlo k politickým rozhodnutím, kdy byl vytvořen dominantní dodavatel elektrické energie, kterému bylo umožněno sloučení výroby a distribuce elektrické energie. Toto rozhodnutí se ukázalo v průběhu času jako nešťastné a to hlavně pro konečného spotřebitele elektrické energie. Důsledkem je nepřátelské chování dominantního dodavatele elektrické energie k zákazníkům. Příkladem je vyúčtování, které je

zřejmě záměrně napsané tak, že koncový zákazník se bez důkladné znalosti věci nemůže orientovat. Dalším příkladem může být jednostranné zrušení možnosti placení záloh složenkami a nahrazení platbou převodem na účet. Toto řešení pro starší občany může být velmi složité. Dále i při nulovém odběru zákazník musí platit pouze za možnost být připojen k síti.

Při hodnocení návratu investice zakoupením úsporných světelných zdrojů, je touto nepřímou úměrou návratnost investice ještě snížena. V tabulce č. 5 je uveden příklad, kdy je znázorněn přechod z klasické žárovky na svítidlo LED a koeficient úspor z tohoto přechodu. Ve sloupci A je uveden reálný stav, kdy snížením spotřeby přechodem na LED dojde k navýšení platby za jednotku elektrické energie, ve sloupci B pak hypotetický stav, kdy cena jednotky elektrické energie na spotřebě nezávisí. Z koeficientu úspor je zřejmé, že uvedená závislost jednotkové ceny na velikosti spotřeby elektrické energie návratnost investice do úsporných světelných zdrojů může zhoršit i více než trojnásobně. V reálu je samozřejmě tento poměr výrazně nižší, protože osvětlení jednoznačně není v domácnostech dominantním odběratelem elektrické energie.

Tabulka 5: Porovnání přechodu z klasické žárovky na LED svítidlo

| 25 žárovek 50 W, 4 h denně | A           | B           |
|----------------------------|-------------|-------------|
| Spotřeba kWh/měsíc         | 375         | 375         |
| Cena za 1 kWh (Kč/kWh)     | 4,6         | 4,6         |
| Měsíční platba (Kč)        | 1 725       | 1 725       |
| 25 LED 6 W, 4 h denně      |             |             |
| Spotřeba kWh/měsíc         | 45          | 45          |
| Cena za 1 kWh (Kč/kWh)     | 15          | 4,6         |
| Měsíční platba (Kč)        | 675         | 207         |
| Koeficient úspor:          | <b>2,55</b> | <b>8,33</b> |

Do konečné úspory elektrické energie při použití úsporných svítidel je třeba také promítnout cenu vyšší energetické náročnosti při výrobě těchto svítidel, energetickou náročnost při ekologické likvidaci a v neposlední řadě vysokou zátěž těchto svítidel na životní prostředí. V rámci Evropské unie je třeba zlikvidovat miliony kusů těchto úsporných svítidel, zpětným odběrem se daří odebrat malé množství těchto zdrojů. Je tedy patrné, že zbytek zpětně neodebraných těchto svítidel skončí bez jakékoliv kontroly na skládkách, a tím nepřiměřeně zatěžuje životní prostředí.

Do tabulek a měření však nelze promítnout všechny faktory, které mohou ovlivnit posuzování výhodnosti a nevýhodnosti klasické a úsporného svítidla. Klasická žárovka má skutečně velmi nízkou účinnost (cca 1%), zbytek se přemění na tepelnou energii. Žárovky jsou využity celý rok hlavně především v zimě, kde však vyzářená energie zůstává v místnosti. Nelze tedy tvrdit, že se jedná o čistou ztrátu.

### 1.5.5 Pronájem LED svítidel

Jeden z dodavatelů elektrické energie nově nabízí službu pronájem LED svítidel. Vše se zdá podle dostupných informací velmi snadné. Je možné si vybrat jakýkoliv typ z uváděné nabídky a libovolný počet kusů. Příklad nabízených LED svítidel k pronájmu je uveden v tabulce č. 6. LED svítidla jsou nabízena především podle velikosti příkonu. Pokud svítidlo přestane svítit, je během pronájmu vyměněno za nové. Nájemné za LED svítidla je pak účtováno v rámci aktuálních záloh, které odběratel platí za elektřinu.

Tabulka 6: Nabízené LED žárovky k pronájmu od RWE Energie

|   | PŘÍKON | ODPOVÍDÁ KLASICKÉ ŽÁROVCE O PŘÍKONU | ZÁVIT | SVÍTIVOST |
|---|--------|-------------------------------------|-------|-----------|
|  | 12 W   | 75 W                                | E27   | 1 055 lm  |
|  | 9 W    | 60 W                                | E27   | 806 lm    |
|  | 6 W    | 40 W                                | E27   | 470 lm    |
|  | 4 W    | 30 W                                | E14   | 320 lm    |
|  | 5 W    | 35 W                                | GU10  | 410 lm    |

Zdroj: <http://oenergetice.cz>

Požizovací cena LED svítidel je mnohem vyšší než u žárovek klasických. Pokud si jednotlivý odběratel bude kupovat tyto úsporné zdroje LED v malém množství, cena svítidel bude velmi vysoká, nákup by mohl činit několik tisíc korun. Takto se zdá, že pronájem těchto svítidel může být výhodný. Například skupina RWE Energie uvádí, že LED svítidla jsou tak úsporná, že nájemné za ně pokryjí. Dále uvádí, že po dvou letech pronájmu je možné tato svítidla odkoupit za 1 Kč. Výše ceny pronájmu a úvahy o výhodnosti této služby budou uvedeny v kapitole č. 4.

## 1.6 Zkoušky životnosti

Před samotným začátkem provádění zkoušky životnosti je podstatné objasnit mezní fyzický stav a fyzický život prvku. Mezní fyzický stav je v podstatě diskrétní hodnotou ukazatele technického stavu, po jejímž dosažení musí v každém případě dojít k obnově (výměně, údržbě, opravě). Jeho pomocí lze definovat fyzický život výrobku, což je doba provozu do dosažení mezního fyzického stavu. Mezní fyzický stav i fyzický život jsou objektivně zjiřitelné veličiny téměř u každého prvku výrobku. Jsou to tedy mezní hodnoty-krajní hodnoty stavu pro obnovu a technického života prvku výrobku [6]. Tyto veličiny jsou náhodně proměnné, pro jejich popis se provádějí právě zkoušky životnosti.

Před realizací zkoušky životnosti je důležité dodržení několika hlavních podmínek, za kterých se zkouška bude provádět. Primární podmínkou je stanovit cíle zkoušky, zároveň požadavek z časového hlediska, kdy bude vhodné ji ukončit a přesnost dosažených výsledků. Dále určit přesné podmínky, za kterých zkouška životnosti bude prováděna.

Jsou-li tyto podmínky stanoveny, je možné zkoušku životnosti provést. Postup je obvykle následující:

- Volba velikosti výběrového souboru zkoumaných prvků.
- Jejich sledování ve zvolených podmínkách a zaznamenávání údajů o dosahovaných hodnotách fyzického života prvků.
- Výpočet empirických ukazatelů zkoumané veličiny – fyzického života.
- Výpočet teoretických ukazatelů zkoumané veličiny, otestování jejich shody s empirickými ukazateli [6].

Výsledek zkoušky životnosti je na základě hodnot zpracovaných pomocí výpočtu statických ukazatelů. Zároveň mohou být výsledky zkoušky životnosti graficky znázorněny formou histogramu nebo polygonu četností.

Obdobně bude postupováno při zkoušce životnosti LED svítidel. Svítidla LED budou sledována od zahájení zkoušky životnosti, hodnoty mezních fyzických stavů budou zaznamenávány a následně vyhodnoceny.

## 2 Cíl a metodika práce

### 2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je posouzení efektivity náhrady klasických světelných zdrojů za úsporné a to se zaměřením na LED světelné zdroje, zároveň posouzení nákladů životního cyklu při variabilitě životnosti světelných zdrojů a cen elektrické energie. Při posuzování výhodnosti použití úsporných světelných zdrojů je třeba brát v úvahu všechny faktory, které výslednou cenu ovlivňují. U úsporných světelných zdrojů je prokázána úspora elektrické energie. Při posuzování cenové výhodnosti úsporných světelných zdrojů je nezbytné vzít v úvahu všechny ostatní faktory, které ovlivňují celkové náklady a výhodnost těchto zdrojů.

Dílní cíle diplomové práce jsou:

1. Měření a porovnání deklarované životnosti se skutečnou životností úsporných světelných zdrojů LED.
2. Zjištění průměrné denní doby svícení v kanceláři.
3. Měření svítivosti LED během provozu.
4. Posouzení nákladů životního cyklu úsporných světelných zdrojů LED.
5. Stanovení výhodnosti přechodu na LED při různých cenách el. energie a intenzitě využívání LED (denní době svícení).

## 2.2 Metodika práce

Udávaná životnost LED svítidel je značně vyšší oproti žárovce klasické. U klasické žárovky se udává životnost přibližně 1 000 hodin, zatímco u LED svítidel výrobci udávají životnost, která se pohybuje v rozmezí od 10 000 do 50 000 hodin. Zda deklarovaná životnost LED svítidel odpovídá skutečnosti, bude zjištěno tak, že bude zakoupeno dvacet kusů LED svítidel s patičí GU10. Svítidla budou vybírána tak, aby se jejich příkon pohyboval v rozmezí od čtyř do šesti wattů a barva světla byla teplá, pokojová, přibližně odpovídající barvě světla vydávané klasickou žárovkou.

Tato svítidla budou instalována ve dvou řadách po deseti kusech. První řada bude označena písmenem A, bude u ní nastaveno spínání pomocí spínací zásuvky s časovačem. Spínání bude nastaveno tak, že se řada LED svítidel 8krát za den na 0,5 hodiny vypne. Denně tedy řada LED svítidel bude svítit 20 hodin.

Druhá řada LED svítidel bude označena písmenem B a bude nepřetržitě svítit 24 hodin denně. LED svítidla budou průběžně sledována, případný konec životnosti LED svítidla bude zaznamenán. Výsledky měření budou vyhodnoceny a porovnány s deklarovanými parametry od výrobce.

Průměrná doba svícení v kanceláři bude zjištěna zapojením šestnácti LED svítidel, která budou v kanceláři instalována. Požadavky na výběr LED svítidel budou takové, aby volně nahradily současné klasické žárovky. Tedy aby parametry LED svítidel byly co nejvíce obdobné. Nakoupená LED svítidla budou instalována ve dvou samostatně spínacích okruzích. Ve vnitřním okruhu budou zapojena čtyři LED svítidla a ve vnějším okruhu dvanáct LED svítidel. Oba tyto okruhy budou následně napojeny na počítadla hodin svícení. Počet hodin svícení v době provozu bude sledován, zaznamenáván. Stane-li se, že LED svítidlo přestane svítit, bude nahrazeno novým.

Zároveň na těchto LED svítidlech instalovaných v kanceláři bude měřena svítivost. Od zahájení provozu přibližně každé tři měsíce bude svítivost měřena luxmetrem od výrobce Voltcraft. Výsledné hodnoty budou zaznamenány a následně vyhodnoceny.

Na základě získaných informací z probíhajících zkoušek LED svítidel a naměřených hodnot budou vypočítány náklady životního cyklu úsporných světelných zdrojů LED, zároveň bude stanovena výhodnost přechodu na LED svítidla při různých cenách el. energie a intenzitě využívání LED svítidel v denní době svícení.

### **3 Zkoušky životnosti LED světelných zdrojů**

Půjde-li zákazník nakupovat světelné zdroje, bude vybírat podle určitých parametrů. Jedním z nich může být délka životnosti světelného zdroje. U klasických žárovek byl výběr poměrně jednoduchý, jejich deklarovaná životnost byla přibližně 1 000 hodin provozu a skutečný fyzický život tomu tak odpovídal. V současnosti klasické žárovky nahrazují úsporné světelné zdroje a to především LED svítidla. Parametry LED svítidel jsou mnohem rozmanitější oproti žárovkám klasickým. Počet hodin životnosti LED svítidel se o mnoho navýšil, nepohybuje se okolo tisíce hodin, ale v rozpětí deseti tisíců hodin. Otázka je, zda tato životnost LED svítidel udávaná výrobcem opravdu odpovídá skutečnosti. Aby tento problém mohl být objasněn, byla provedena zkouška životnosti LED svítidel.

#### **3.1 Příprava zkoušky životnosti**

Prvním krokem realizace zkoušky životnosti bylo stanovení určitých podmínek, za kterých bude zkouška uskutečněna. Počet sledovaných prvků byl stanoven na dvacet kusů LED svítidel s patičkou GU10, která byla instalována v kanceláři ve dvou řadách po deseti kusech. Ke svítidlům také bylo potřeba pořídit podhledové svítidlo s patičkou GU10, aby mohla být svítidla zapojena. U první řady bylo nastaveno vypínání 8krát za den na 0,5 hodiny, druhá řada svítila nepřetržitě. Svítidla byla průběžně sledována, dosáhlo-li svítidlo mezního fyzického stavu, údaj byl zaznamenán. Mezní fyzický stav v případě LED svítidel je, pokud jednotlivé segmenty diod LED svítidla přestanou svítit, zároveň v případě výrazného poklesu svítivosti, který je patrný na první pohled okem.

Následně byla vybírána LED svítidla, v první řadě bylo potřeba zvolit vhodný obchod, kde LED svítidla pořídit. Pomocí internetového vyhledávače byly nalezeny obchody, které se prodejem LED zabývají. Při výběru internetového obchodu je třeba dbát na základní opatrnost. Vzhledem k tomu, že je minimální kontakt mezi prodejcem a zákazníkem, je zapotřebí ověřit, zda internetový obchod obsahuje alespoň základní kontaktní údaje. Patří k nim adresa prodejce, telefonní číslo, IČO, DIČ. K důvěryhodnosti přispěje i to, pokud má obchod i kamennou prodejnu. Také je možné dnes ke každému internetovému obchodu dohledat recenze či hodnocení obchodu.



Hned na první stránce internetového vyhledavače byl nalezen vhodný internetový obchod a to na internetových stránkách <http://www.led-zarovky-cz.cz/>. Postup výběru byl následovný: nejdříve se zaměřit na LED svítidla s paticí GU10, dále zvolit svítidlo, jehož barva světla byla teplá bílá, tedy příjemná lidskému zraku při práci v kanceláři. Světelný tok se pohyboval v rozmezí od čtyř do šesti wattů (dále už jen W) a výše ceny za kus byla maximálně okolo sto korun.

Po pečlivém výběru byla zvolena LED svítidla GU10, 6 W, 540 lm teplá, ekvivalent klasické žárovky s příkonem 50 W (obr. 7). Svítidel bylo potřeba pořídit dvacet kusů. Další technické specifikace udávané od prodejce jsou zveřejněny v tabulce č. 7. Cena jednoho svítidla byla 108,2 Kč včetně DPH 21 %.

Obr. 7: LED svítidlo s paticí GU10, 6W, 540lm teplá



Zdroj: <http://www.led-zarovky-cz.cz/>

Tabulka 7: Technické specifikace LED svítidla s paticí GU10, 6W, 540lm teplá

### Technická specifikace

|                                 |                    |                           |                    |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| <b>Kód</b>                      | <b>01419</b>       | <b>PŘÍKON</b>             | <b>6 W</b>         |
| <b>ZÁVIT/PATICE</b>             | <b>GU10</b>        | <b>NAPÁJENÍ</b>           | <b>230 V</b>       |
| <b>SVĚTELNÝ TOK</b>             | <b>540 lm</b>      | <b>STMÍVATELNOST</b>      | <b>Ne</b>          |
| <b>BARVA SVĚTLA</b>             | <b>teplá bílá</b>  | <b>CHROMATIČNOST</b>      | <b>2800-3300 K</b> |
| <b>TYP DIOD</b>                 | <b>SMD</b>         | <b>POČET DIOD</b>         | <b>40</b>          |
| <b>VELIKOST DIOD</b>            | <b>2835</b>        | <b>INDEX PODÁNÍ BAREV</b> | <b>80 Ra</b>       |
| <b>ŽIVOTNOST</b>                | <b>50000 hodin</b> | <b>ROZPTYL SVĚTLA</b>     | <b>120 °</b>       |
| <b>ZÁRUČNÍ LHŮTA</b>            | <b>24 měsíců</b>   | <b>KRYT</b>               | <b>skleněný</b>    |
| <b>BARVA KRYTU</b>              | <b>čirý</b>        | <b>MATERIÁL</b>           | <b>hliník</b>      |
| <b>PRŮMĚR</b>                   | <b>50 mm</b>       | <b>DĚLKA</b>              | <b>53 mm</b>       |
| <b>MĚNIČ</b>                    |                    | <b>CERTIFIKÁTY</b>        | <b>CE, RoHS</b>    |
| <b>TVAR ŽÁROVKY</b>             | <b>bodovka</b>     | <b>SPECIÁLNÍ OZNAČENÍ</b> |                    |
| <b>EKVIVALENT BĚŽNÉ ŽÁROVKY</b> | <b>50 W</b>        |                           |                    |

Zdroj: <http://www.led-zarovky-cz.>

Po zvolení LED svítidel bylo potřeba vybrat podhledové bodové svítidlo s patičí GU10, aby bylo možné LED svítidla nainstalovat. Tento prvek nabízel také internetový obchod, kde byla zvolena svítidla. Hledání bylo tedy ulehčeno. Následně bylo do nákupního košíku přidáno dvacet kusů podhledových bodových svítidel chrom – matný s patičí GU10 (obr. 8) s cenou za jeden kus 39 Kč včetně DPH 21 %.

Obr. 8: Podhledové bodové svítidlo chrom – matný s patičí GU10



Zdroj: <http://www.led-zarovky-cz.cz>

Nyní po vybrání LED svítidel a podhledových bodových svítidel bylo možné provést nákup. Celková cena nákupu činila 2 944 Kč včetně DPH 21 %. Jelikož prodejce uvádí, že při nákupu nad 1 489 Kč včetně DPH 21 % je poštovné zdarma, byly ušetřeny náklady za dopravu.

V podmínkách provedení zkoušky životnosti bylo stanoveno, že LED svítidla budou po určitých cyklech spínána, bylo tedy potřeba také pořídit spínací zásuvku s časovačem. Postup byl obdobný jako u LED svítidel, pomocí internetového vyhledavače byl nalezen vhodný obchod a to na internetových stránkách <http://www.conrad.cz>. Byla vybrána spínací zásuvka s časovačem GAO, maximálním výkonem 3680W, krytím IP44 (obr. 9). Cena této spínací zásuvky byla v hodnotě 149 Kč včetně DPH 21 %. K pořizovací ceně spínací zásuvky bylo nutné zároveň uhradit poštovné v hodnotě 110 Kč.

Obr. 9: Spínací zásuvka s časovačem GAO, 3680 W, IP44



Zdroj: <http://www.conrad.cz>

Nákupem spínací zásuvky s časovačem byly již všechny nezbytné prvky pro zahájení zkoušky životnosti pořízeny. Pro rekapitulaci bylo zakoupeno dvacet kusů svítidel LED, dvacet kusů podhledových bodových svítidel s patičí GU10 a jedna spínací zásuvka s časovačem. Celkové pořizovací náklady jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tabulka 8: Celkové pořizovací náklady na realizaci zkoušky životnosti

| Položka                     | Množství | Cena za jednotku | Celkem Kč       |
|-----------------------------|----------|------------------|-----------------|
| LED svítidlo                | 20 Ks    | 108,2            | 2 164           |
| Podhledové bodové svítidlo  | 20 Ks    | 39               | 780             |
| Spínací zásuvka s časovačem | 1 Ks     | 149              | 149             |
| Poštovné                    | 1        | 110              | 110             |
| <b>Celková cena s DPH</b>   |          |                  | <b>3 203 Kč</b> |

### 3.2 Zahájení zkoušky životnosti

Pořízením všech potřebných prvků bylo možné zkoušku životnosti zahájit. LED svítidla byla zapojena ve dvou řadách po deseti kusech. První řada LED svítidel byla pojmenována písmenem A a druhá řada písmenem B. Jednotlivá LED svítidla v řadě byla označena číslicemi 1 až 10. U řady A bylo nastaveno spínání pomocí spínací zásuvky s časovačem a to takové, že 8krát za den byla svítidla na 0,5 hodiny vypnuta. Za celý den tedy svítila 20 hodin. Svítidla řady B byla nastavena tak, že svítila nepřetržitě 24 hodin denně. Zkouška životnosti bude nyní popsána dle jednotlivých řad LED svítidel A a B.

#### 3.2.1 Zkouška životnosti – řada A

Zahájením zkoušky životnosti bylo důležité si uvědomit, že výrobce nakoupených svítidel uvádí jejich životnost na 50 000 hodin a počet cyklů "ON-OFF" 25 000. Podle těchto parametrů by řada A, která je nastavena na 8 spínacích cyklů a tedy svícení 20 hodin denně, měla být v provozu dle hodin životnosti 2 500 dnů v přepočtu necelých 7 let. A dle přepočtu na nastavené spínací cykly 3 125 dní, přibližně 8,5 let.

Zkouška životnosti řady A byla zahájena 6. ledna 2015. Průběh zkoušky byl velice překvapivý, po deseti dnech od zahájení testu již první svítidlo A10 přestalo svítit, v provozu bylo pouze 200 hodin. Následně 22. ledna 2015 přestala svítit další dvě svítidla A2 a A6. K ránu dne 26. ledna 2015 už šest svítidel dosáhlo mezního fyzického stavu, svítidla přestala svítit úplně nebo jejich svítivost výrazně klesla.

Svítidlo A6 toho dne ráno poblikávalo, v 9:45 přestalo svítit úplně, v 10:20 svítilo opět na 100 % a následně ve 13:00 svítilo jen z 5%. K tomuto datu tedy bylo již mimo provoz 60 % testovaných svítidel. Stav svítidel je viditelný na obrázku č. 10.

Obr. 10: Stav LED svítidel řady A ke dni 26. ledna 2015



Zbýlá svítidla postupně následovala předchozí. Večer 26. ledna 2015 už svítily pouze tři, následující den byla v provozu jen dvě svítidla a to A4 a A5, aktuální stav je na obrázku č. 11

Obr. 11: Stav LED svítidel řady A ke dni 27. ledna 2015



Poslední dvě LED svítidla postupně do 5. února 2015 dosáhla mezního fyzického stavu. LED svítidla tedy nebyla v provozu ani jeden měsíc, což bylo velmi nečekané a překvapivé. Častým jevem bylo spálení jednotlivých segmentů diod (obr. 12) a zároveň velmi rychle se snižující svítivost. Na obrázku č. 13 lze vidět velmi mizivou svítivost a zároveň na svítidlech A1 a A2 vypálený segment diody.

Obr. 12: LED svítidlo A1



Obr. 13: LED svítidla A1, A2, A3



Celkový přehled konce provozu LED svítidel od zahájení testu dne 6. ledna 2015, počet hodin doby svícení a počet spínacích cyklů je uveden v následující tabulce č. 9.

Tabulka 9: Přehled konce provozu, hodin svícení a spínacích cyklů LED svítidel řady A

| LED A, 6W      | Konec provozu  | Hodiny svícení | Počet spínacích cyklů |
|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| 1              | 26. leden 2015 | 400            | 160                   |
| 2              | 22. leden 2015 | 320            | 128                   |
| 3              | 26. leden 2015 | 400            | 160                   |
| 4              | 1. únor 2015   | 520            | 208                   |
| 5              | 5. únor 2015   | 600            | 240                   |
| 6              | 22. leden 2015 | 320            | 128                   |
| 7              | 27. leden 2015 | 420            | 168                   |
| 8              | 23. leden 2015 | 340            | 136                   |
| 9              | 26. leden 2015 | 400            | 160                   |
| 10             | 16. leden 2015 | 200            | 80                    |
| <b>Průměr:</b> |                | <b>392</b>     | <b>157</b>            |

Z těchto uvedených hodnot je jasně zřejmé, že skutečná životnost a počet spínacích cyklů LED svítidel ani zdaleka neodpovídá tomu, co uvádí výrobce. Životnost této řady LED svítidel je tedy pouze 0,78 % z deklarované hodnoty výrobce, procentuální vyjádření počtu spínacích cyklů je 0,63 %, ještě tedy méně než deklarovaná životnost.

Náklady na fyzický život této řady LED jsou uvedeny v tabulce č. 10. Náklady obnovy  $N_o$  v tomto případě odpovídají pořizovací hodnotě LED svítidel, po dosažení mezního fyzického stavu bude jejich hodnota nulová (recyklační poplatek je již zahrnut v ceně), jejich obnova bude odpovídat pořizovací ceně.

Náklady na provoz  $N_p$  jsou nákladovou položkou, kterou je nutno vynakládat pro zabezpečení požadované činnosti výrobku v provozu. Jsou obvykle určitou funkcí doby provozu [6]. Náklady na provoz LED svítidel se stanoví součtem příkonu LED svítidla, cenou za 1 kWh a počtem hodin svícení. Cena za 1 kWh je v průběhu testu 3,8 Kč.

Průměrné jednotkové náklady  $u(t)$  jsou vyjádřeny vztahem

$$u(t) = \frac{N_o + N_p}{t} \quad (\text{Kč. kWh}^{-1})$$

Tedy součtem nákladů obnovy, nákladů na provoz a následně podílem počtem hodin svícení.

Tabulka 10: Náklady na fyzický život LED svítidel řady A

| LED A, 6W      | Počet hodin svícení (t) | Náklady obnovy (N <sub>o</sub> ) | Náklady na provoz (N <sub>p</sub> ) | No+N <sub>p</sub> | u(t)        |
|----------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------|
| 1              | 400                     | 108,2                            | 9,12                                | 117               | 0,29        |
| 2              | 320                     | 108,2                            | 7,296                               | 115               | 0,36        |
| 3              | 400                     | 108,2                            | 9,12                                | 117               | 0,29        |
| 4              | 520                     | 108,2                            | 11,856                              | 120               | 0,23        |
| 5              | 600                     | 108,2                            | 13,68                               | 122               | 0,20        |
| 6              | 320                     | 108,2                            | 7,296                               | 115               | 0,36        |
| 7              | 420                     | 108,2                            | 9,576                               | 118               | 0,28        |
| 8              | 340                     | 108,2                            | 7,752                               | 116               | 0,34        |
| 9              | 400                     | 108,2                            | 9,12                                | 117               | 0,29        |
| 10             | 200                     | 108,2                            | 4,56                                | 113               | 0,56        |
| <b>Průměr:</b> | <b>392</b>              | <b>108,2</b>                     | <b>8,93</b>                         | <b>117</b>        | <b>0,32</b> |

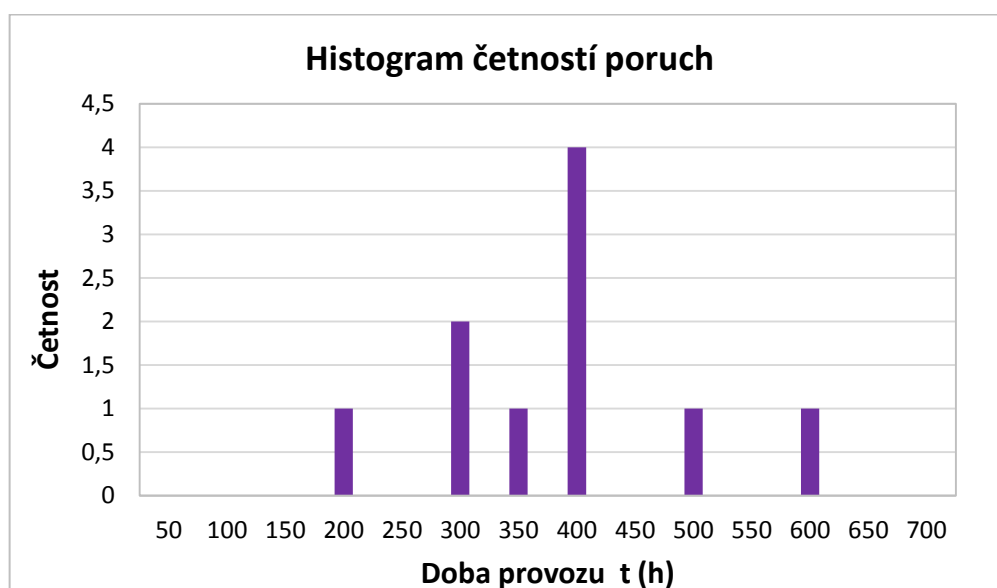
V následující tabulce č. 11 jsou zobrazeny celkové náklady na provedení této zkoušky životnosti. Celkové náklady, které zahrnují náklady obnovy a náklady na provoz, tedy jsou 1 171,38 Kč.

Tabulka 11: Celkové náklady zkoušky životnosti LED svítidel řady A

|                    | Náklady obnovy (N <sub>o</sub> ) | Cena kWh   | kWh celkem   | Náklady na provoz (N <sub>p</sub> ) | Celkové náklady (N <sub>c</sub> ) |
|--------------------|----------------------------------|------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Cena testu:</b> | <b>1082</b>                      | <b>3,8</b> | <b>23,52</b> | <b>89,38</b>                        | <b>1171,38</b>                    |

Pro lepší představu četností poruch lze hodnoty graficky znázornit formou histogramu. Na vodorovné ose jsou zachyceny intervaly, počty hodin svícení, do kterých jsou data rozčleněna. Na svislé ose je počet výskytů těchto četností v daném intervalu. Z grafu č. 3 je jasně viditelné, že nejvíce LED svítidel, přestalo svítit dosažením 400 hodin provozu.

Graf 3: Histogram četností poruch LED svítidel řady A



Získané údaje byly dále statisticky zpracovány pomocí základních statistických ukazatelů. Byly především vypočteny následující ukazatele

střední hodnota:  $\bar{t} = 392$

empirický rozptyl:  $s^2 = 11\,056$

variační rozpětí:  $R = 400$ .

Dále byla vytvořena frekvenční a distribuční funkce.

Frekvenční funkce  $f(t)$  představuje teoretické rozdělení četností základního souboru parametrů aritmetického průměru a směrodatné odchylky. Vyjadřuje pravděpodobnost, že porucha prvku nastane za malý časový interval (malý interval doby provozu) po okamžiku zkoumání, dělenou velikostí intervalu. Hodnotou frekvenční funkce je tedy vyjádřena hustota pravděpodobnosti poruchy v okamžiku zkoumání (v malém intervalu po tomto okamžiku) [6]. Bylo stanoveno normální – Gaussovo rozdělení, které se pro frekvenční funkci rovná níže uvedenému vztahu

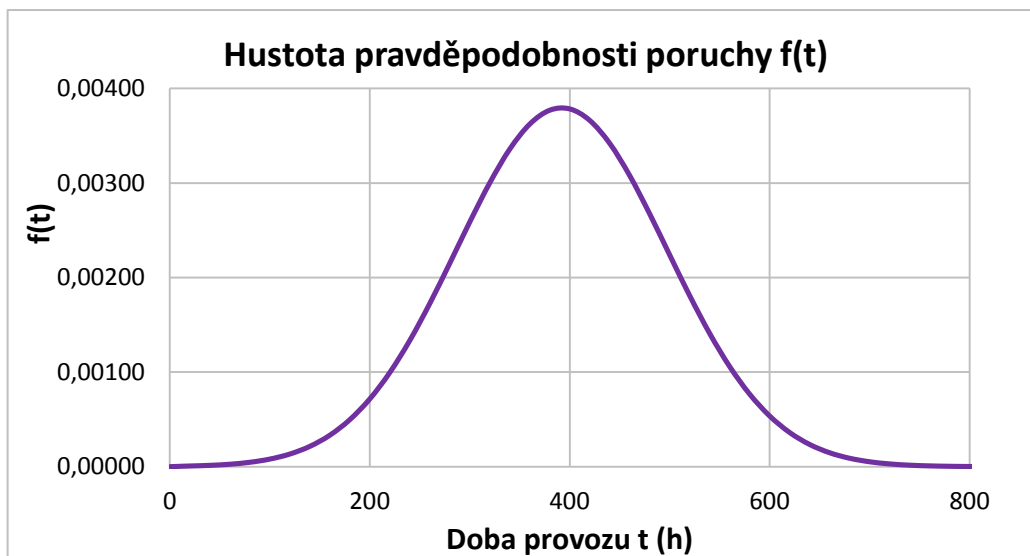
$$f(t) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \exp - \left[ \frac{(t - \bar{t})^2}{2s^2} \right]$$

kde:  $s$  - směrodatná odchylka;

$\bar{t}$  - střední hodnota (střední empirický fyzický život).

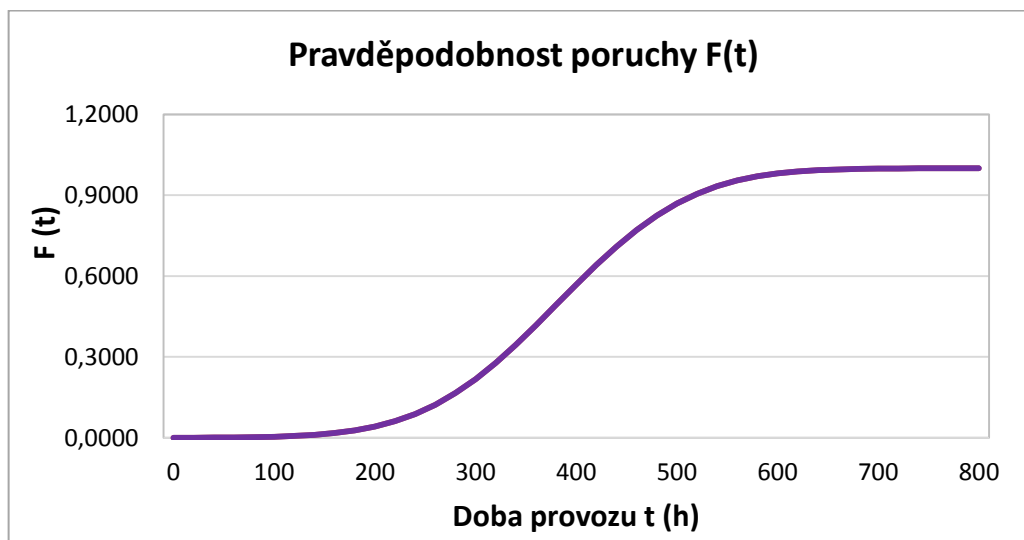
V grafu č. 4 je znázorněna hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady A. Výsledky, které se nacházejí poblíž střední hodnoty, jsou pravděpodobnější než ty odlehlé. Symetrie křivky pak vyjadřuje, že výsledné hodnoty pod i nad střední hodnotou budou vycházet přibližně stejně často.

Graf 4: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady A



Distribuční funkce  $F(t)$  vyjadřuje pravděpodobnost, že v daném intervalu vznikne porucha prvku, tedy vyjadřuje pravděpodobnost poruchy. Hodnota  $F(t)$  popisuje relativní počet objektů, u nichž nastala porucha od počátku zkoušky do okamžiku zkoumání [6]. Tato funkce je tvořena kladnými hodnotami menšími nebo rovné jedné. Hodnoty pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady A jsou znázorněny v grafu č. 5.

Graf 5: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady A





### 3.2.2 Zkouška životnosti – řada B

Řada B LED svítidel byla uvedena do provozu dne 6. ledna 2015, obdobně jako LED svítidla řady A. Tato řada se rovněž skládala z deseti LED svítidel GU10 6W 540lm teplá, ekvivalent 50W, kde udávaná životnost výrobcem je 50 000 hodin a 25 000 spínacích cyklů. S podstatným rozdílem od řady předchozí, tato svítidla byla v provozu nepřetržitě 24 hodin denně. Jak již bylo zmíněno, svítidla z řady A během prvního měsíce provozu dosáhla mezního fyzického stavu. Zatímco tato řada během prvního měsíce svítila bez jediné závady a znatelného poklesu svítivosti, což bylo dosti překvapivé, neboť se jednalo o totožné výrobky. Na místě byla myšlenka, že tato svítidla reagují na spínání. Bylo by tak odůvodněno, proč dosud žádné svítidlo řady B nedosáhlo mezního fyzického stavu oproti svítidlům, která byla 8krát za den vypínána. Bylo tedy rozhodnuto, že LED svítidla řady B budou spínána, aby se potvrdila, či vyvrátila myšlenka, že jsou svítidla citlivá na spínání.

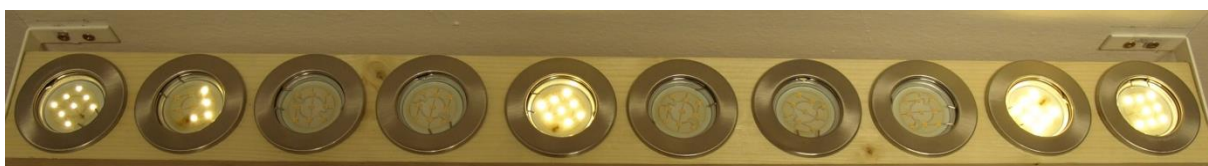
Spínání této řady LED svítidel bylo zahájeno 9. února 2015, do této doby všech deset svítidel bylo v pořádku. Než bylo spínání zahájeno, tato řada od 6. ledna 2015 svítila již 816 hodin. Nastaveno bylo vypínání řady 4krát za den na 0,5 hodiny, řada B tudíž svítila denně 22 hodin. Výsledky byly opět velmi překvapivé, 13. února 2015 přestala svítit rovnou dvě svítidla, pouze po pár dnech vypínání. Na obrázku č. 14 je znázorněn stav LED svítidel ke dni 17. února 2015, kdy bylo v provozu už pouze pět svítidel.

Obr. 14: Stav LED svítidel řady B ke dni 17. února 2015



Do 24. února 2015 dosáhla všechna svítidla mezního fyzického stavu (obr. 15). Na obrázku je zřetelné, že častým jevem bylo opět spálení jednotlivých diod a zároveň jasně se snižující svítivost. Obrázek č. 16 lépe zobrazuje pohled na stav jednotlivých segmentů diod. Od začátku nastavení spínání svítidla přestala být v provozu ještě mnohem dříve než řada A. Nevydržela svítit ani jeden měsíc, což bylo velmi nepříznivé. Potvrdila se tak hypotéza, že spínání těchto LED svítidel má vliv na jejich životnost.

Obr. 15: Stav LED svítidel řady B ke dni 24. února 2015



Obr. 16: LED svítidla B1 a B2



V následující tabulce č. 12 je uveden konec provozu jednotlivých svítidel LED, počet hodin svícení od zahájení spínání dne 9. února 2015, počet spínacích cyklů a v poslední řadě celkový počet hodin svícení, je tedy přičteno 816 hodin z období trvalého svícení.

Po vyhodnocení údajů z tabulky č. 12 je jasné, že z celkového průměru počtu hodin svícení odpovídá pouze 2,05 % z deklarované hodnoty svícení výrobcem a zároveň 0,15 % z udávaného počtu spínacích cyklů.

Tabulka 12: Přehled konce provozu, hodin svícení a spínacích cyklů LED svítidel řady B

| LED B,<br>6W   | Konec<br>provozu | Hodiny svícení od<br>9. února 2015 | Počet spínacích<br>cyklů | Hodiny<br>svícení celkem |
|----------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1              | 13. únor 2015    | 88                                 | 16                       | 904                      |
| 2              | 16. únor 2015    | 154                                | 28                       | 970                      |
| 3              | 23. únor 2015    | 308                                | 56                       | 1 124                    |
| 4              | 20. únor 2015    | 242                                | 44                       | 1 058                    |
| 5              | 23. únor 2015    | 308                                | 56                       | 1 124                    |
| 6              | 17. únor 2015    | 176                                | 32                       | 992                      |
| 7              | 13. únor 2015    | 88                                 | 16                       | 904                      |
| 8              | 22. únor 2015    | 286                                | 52                       | 1 102                    |
| 9              | 24. únor 2015    | 330                                | 60                       | 1 146                    |
| 10             | 15. únor 2015    | 132                                | 24                       | 948                      |
| <b>Průměr:</b> |                  | <b>211</b>                         | <b>38</b>                | <b>1 027</b>             |

V tabulce č. 13 je souhrn nákladů na fyzický život LED svítidel řady B. Náklady obnovy jsou stejné jako u řady A, jedná se o stejná svítidla. Součtem výše příkonu LED, cenu za 1 kWh a počet hodin svícení jsou vypočítány hodnoty nákladů na provoz a závěrem průměrné jednotkové náklady jsou součtem nákladů obnovy s náklady na provoz a podílem počtem hodin svícení. Cena za 1 kWh je také 3,8 Kč.

Tabulka 13: Náklady na fyzický život LED svítidel řady B

| LED B, 6W      | Počet hodin svícení (t) | Náklady obnovy (N <sub>o</sub> ) | Náklady na provoz (N <sub>p</sub> ) | N <sub>o</sub> +N <sub>p</sub> | u(t)        |
|----------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 1              | 904                     | 108,2                            | 20,61                               | 129                            | 0,14        |
| 2              | 970                     | 108,2                            | 22,12                               | 130                            | 0,13        |
| 3              | 1 124                   | 108,2                            | 25,63                               | 134                            | 0,12        |
| 4              | 1 058                   | 108,2                            | 24,12                               | 132                            | 0,13        |
| 5              | 1 124                   | 108,2                            | 25,63                               | 134                            | 0,12        |
| 6              | 992                     | 108,2                            | 22,62                               | 131                            | 0,13        |
| 7              | 904                     | 108,2                            | 20,61                               | 129                            | 0,14        |
| 8              | 1 102                   | 108,2                            | 25,13                               | 133                            | 0,12        |
| 9              | 1 146                   | 108,2                            | 26,13                               | 134                            | 0,12        |
| 10             | 948                     | 108,2                            | 21,61                               | 130                            | 0,14        |
| <b>Průměr:</b> | <b>1027</b>             | <b>108,2</b>                     | <b>23,42</b>                        | <b>132</b>                     | <b>0,13</b> |

Souhrn celkových nákladů zkoušky životnosti LED svítidel řady B je uveden v tabulce č. 14. Celkové náklady zkoušky životnosti, které zahrnují náklady na provoz a náklady obnovy jsou této řady 1 316,20 Kč

Tabulka 14: Celkové náklady zkoušky životnosti LED svítidel řady B

|                    | Náklady obnovy (N <sub>o</sub> ) | Cena kWh   | kWh celkem   | Náklady na provoz (N <sub>p</sub> ) | Celkové náklady (N <sub>c</sub> ) |
|--------------------|----------------------------------|------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Cena testu:</b> | <b>1 082</b>                     | <b>3,8</b> | <b>61,63</b> | <b>234,20</b>                       | <b>1 316,20</b>                   |

Stejně tak jako u řady A byly pomocí statistických metod vypočteny základní statistické ukazatele a graficky znázorněna hustota pravděpodobnosti poruchy a hodnoty pravděpodobnosti poruchy. Výsledné hodnoty jsou za celé období testu, tedy jak trvalého svícení, tak za období následného spínání. Základní statistické ukazatele jsou pro tuto řadu LED svítidel B

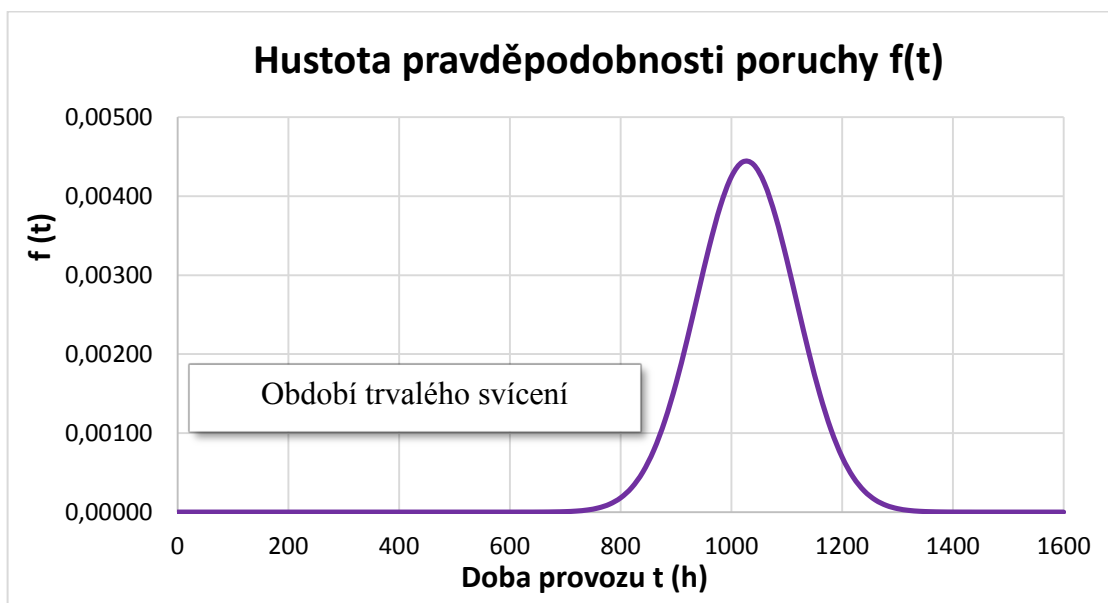
střední hodnota:  $\bar{t} = 1\,027$

empirický rozptyl:  $s^2 = 8\,053,76$

variační rozpětí:  $R = 242$ .

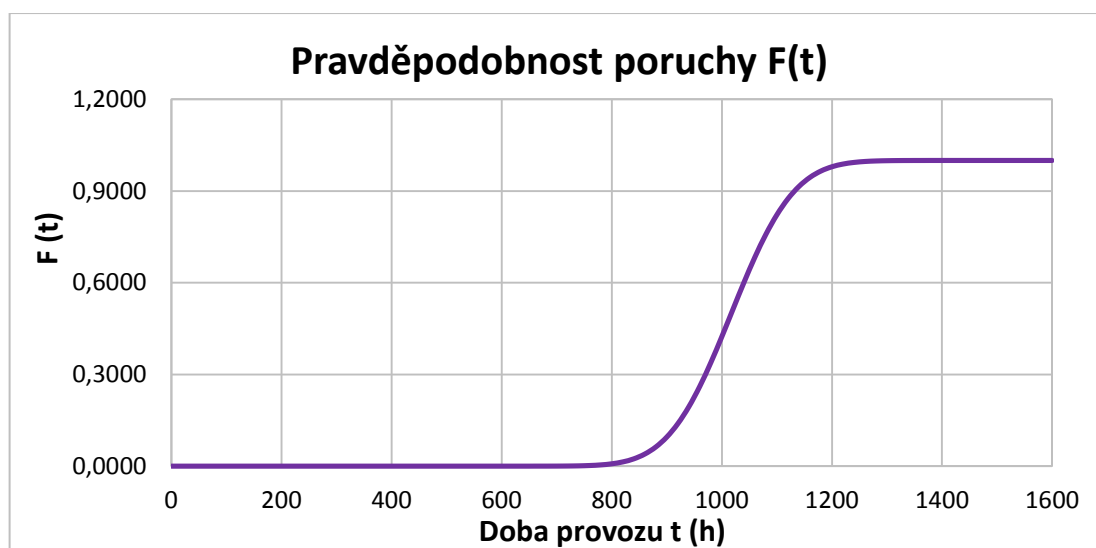
Graf č. 6 znázorňuje hustotu pravděpodobnosti poruchy. Je viditelné období trvalého svícení, které je bez jediné poruchy. Začátkem spínání hustota pravděpodobnosti poruchy narůstá.

Graf 6: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady B



Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady B je v následujícím grafu č. 7.

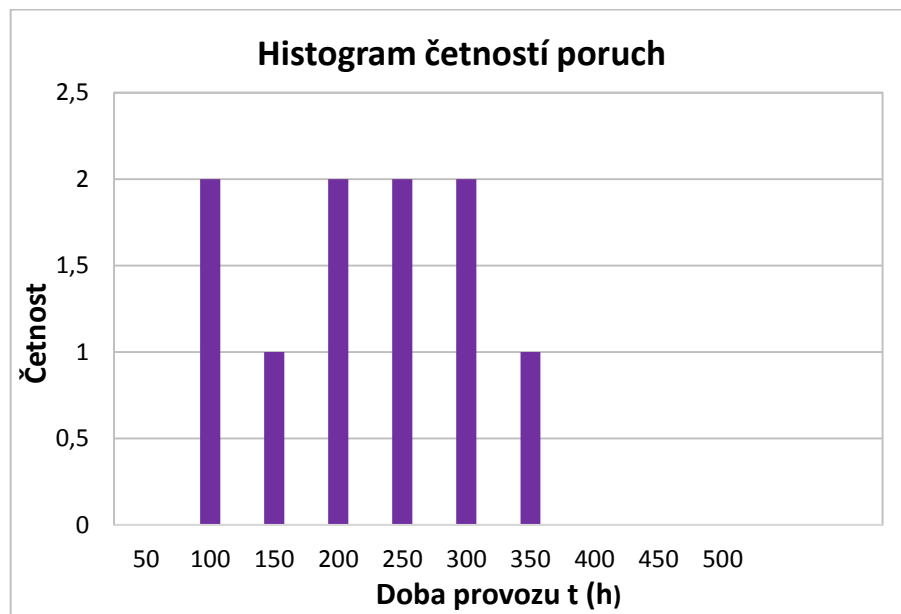
Graf 7: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady B



Ve výše uvedené pasáži byly uvedeny výsledky celé zkoušky životnosti řady B, jak první části nepřetržitého svícení, tak i části druhé, kde bylo nastaveno spínání 4krát denně na 0,5 hodiny. Nyní bude vyhodnocena pouze část od začátku spínání 9. února 2015.

Pro lepší představu četností poruch této řady byl vytvořen opět histogram (graf 8). Z tohoto histogramu je zřetelné, že tato řada po zahájení spínání svou životností nedosáhla ani 400 hodin provozu, tedy mnohem méně oproti řadě A. Ve velmi úzkém rozptylu hodin všechna svítidla dosáhla mezního fyzického stavu.

Graf 8: Histogram četností poruch LED svítidel řady B



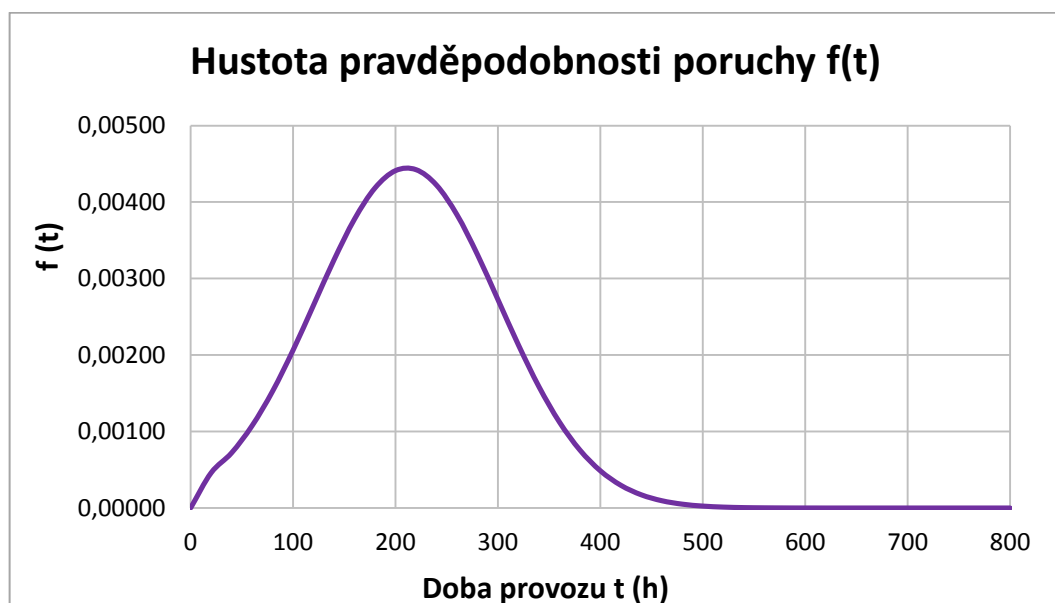
Dále v grafu č. 9 je hustota pravděpodobnosti poruchy pro řadu B od zahájení spínání. Je viditelný okamžitý nárůst hustoty pravděpodobnosti poruchy. Následně v grafu č. 10 je vyobrazena pravděpodobnost poruchy těchto LED svítidel. Základní statistické ukazatele pro tyto funkce jsou

střední hodnota:  $\bar{t} = 211$

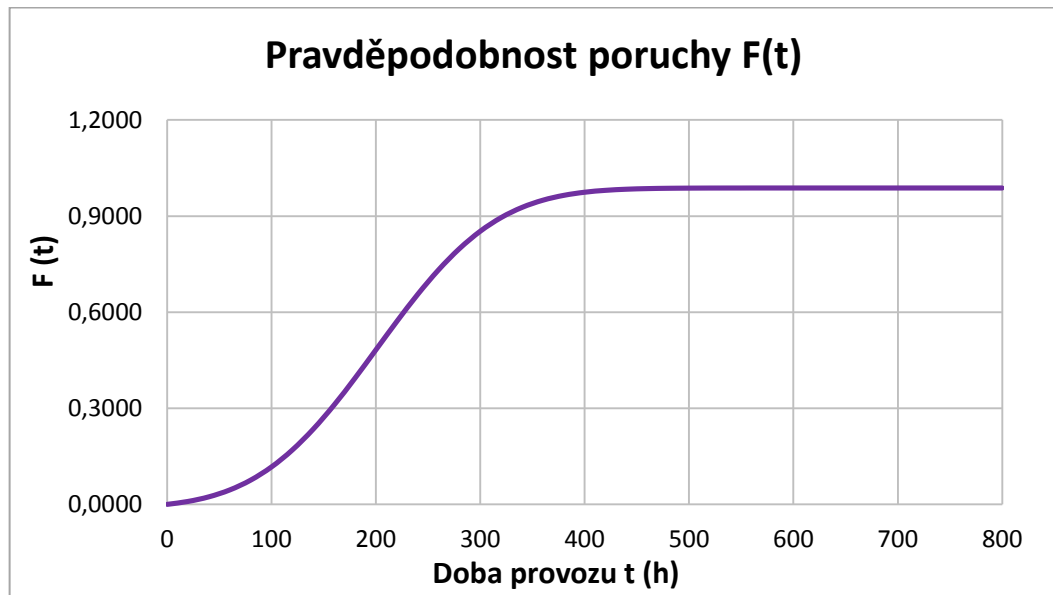
empirický rozptyl:  $s^2 = 8\,053,76$

variační rozpětí:  $R = 242$ .

Graf 9: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady B od zahájení spínání



Graf 10: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady B od zahájení spínání



### 3.3 Reklamacce LED svítidel

LED svítidla řady A přestala svítit již během prvního měsíce provozu. Jelikož záruční doba svítidel jsou také dva roky, LED svítidla byla reklamována. Při řešení reklamacce bylo dobré, že na internetových stránkách <http://www.led-zarovky-cz.cz/>, kde byla LED svítidla zakoupena, byl přímo reklamační formulář. V reklamačním formuláři kromě základních údajů bylo do kolonky „Podrobný popis závady“ popsána závada s tím, že svítidla byla sledována a byla měřena doba jejich svícení. Vyplněný formulář byl spolu s deseti nefunkčními LED svítidly řady A odeslán 20. února 2015 na udanou adresu dodavatele. Odpověď byla velmi rychlá, 23. února přišel e-mail s touto odpovědí: *„Vážená paní Tamelová, přijali jsme Vaši reklamaci. Vzhledem k tomu, že nedokážeme zaručit trvanlivost žárovek, když nejsou používány v běžném provozu, ale jak sama uvádíte k dlouhodobému měření, nebudeme Vám žárovky měnit, ale vrátíme Vám peníze“*. Je třeba říci, že LED svítidla byla používána výhradně v běžném provozu. Nicméně peníze v hodnotě 1 082 Kč za 10 kusů LED svítidel byly vráceny na bankovní účet. Poštovné v hodnotě 69 Kč bohužel nikoliv.

Stejný postup následoval s ostatními deseti kusy nefunkčních žárovek řady B. Opět byl vyplněn reklamační formulář a svítidla byla odeslána k reklamaci dne 16. března 2015. Následně po třech dnech byl přijat e-mail od dodavatele svítidel, kde stálo, že tyto LED svítidla momentálně nejsou na skladě, ale mohou poslat podobné. S tímto návrhem bylo souhlaseno, ale v podmínkách stálo, aby se nejednalo opět o vadnou řadu a po měsíci svítidla opět nepřestala svítit. Odpověď byla následující: *„Vážená paní Tamelová, moc se omlouvám, ale výrobce nám slíbil poslat posledních 50ks 6W bodovek co měl na skladě a neposlal. Další várka bude nejdříve na podzim. Žádám tedy o zaslání č. účtu, vrátím Vám peníze, nemám, co jiného Vám nabídnout“*. Tak tedy jako v předchozím případě, bylo vráceno za deset kusů LED svítidel 1 082 Kč opět bez úhrady poštovného.

### 3.3.1 Zkouška životnosti – řada C

Následně, po skončení zkoušek životnosti řady A a B, byla pořízena další sada LED svítidel po deseti kusech. Výběr obchodu opět probíhal pomocí internetového vyhledavače. Cílem bylo pořídit svítidla již v jiném obchodě než předchozí svítidla. Najít vhodný internetový obchod, kde nabízejí LED svítidla přímo s patičkou GU10 za přijatelnou cenu a který působí kladným dojmem, už bylo obtížnější. Nakonec byl zvolen obchod na internetových stránkách <http://www.berge.cz/>. Vybráno bylo deset kusů led svítidel GU10 6 W 550lm teplá bílá (obr. 17). Technické parametry tohoto svítidla udávané výrobcem jsou v tabulce č. 15.

Obr. 17: LED svítidlo s patičkou GU10 6W 550lm teplá bílá



Zdroj: <http://www.berge.cz/>.

Tabulka 15: Technické parametry LED svítidla s patičkou GU10 6W 550lm teplá bílá

| <b>Technické parametry:</b> |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Barva: Teplá bílá           | Životnost: 30 000 - 50 000 h |
| Teplota barvy: 2800/3300K   | Úhel svitu: 120              |
| Typ LED: SMD 15x 2835       | Délka: 55mm                  |
| Napětí: 230V                | Šířka: 50mm                  |
| Příkon: 6W (60W)            |                              |

Zdroj: <http://www.berge.cz/>.

Cena jednoho LED svítidla byla 99 Kč včetně DPH 21 %. Kromě uhrazení svítidel bylo nutné zaplatit také poštovné v hodnotě 160 Kč. Celková cena těchto svítidel tedy byla 1 150 Kč včetně DPH 21 %.

Zkouška životnosti této řady C byla zahájena 12. března 2015. Řada se opět skládala z deseti svítidel, která byla označena 1 až 10. Bylo opět nastaveno spínání svítidel. Tato svítidla byla vypínána 4krát za den na 0,5 hodiny, tedy denně svítily 22 hodin. Spínání svítidel bylo nastaveno stejně jako v případě řady B. Svítidla by měla dle udávaných parametrů svítit 30 000 až 50 000 hodin v přepočtu necelé čtyři roky až šest let. Pro jednotlivé propočty bude brána v úvahu životnost 30 000 hodin. Počet spínacích cyklů výrobce neudává.



Obr. 18: Stav LED svítidel řady C ke dni 12. března 2015



První LED svítidlo C6 přestalo svítit již 15. března 2015, další C7 následovalo hned 17. března 2015. Začáteční průběh naznačoval tomu, že opět nebudou v provozu ani měsíc. Nebylo tomu tak, třetí svítidlo C5 přestalo být v provozu až 11. června 2015. Podrobná tabulka (č. 16) s koncem provozu svítidel a počtem spínacích cyklů je uvedena níže. Nicméně i tak všech deset svítidel přestalo svítit dne 12. února 2016. Tedy přesně po jedenácti měsících provozu.

Tabulka 16: Přehled konce provozu, hodin svícení a spínacích cyklů LED svítidel řady B

| LED C,<br>6W   | Konec provozu     | Počet hodin<br>svícení | Počet spínacích<br>cyklů |
|----------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
| 1              | 9. únor 2016      | 7 348                  | 1 336                    |
| 2              | 21. září 2015     | 4 246                  | 772                      |
| 3              | 12. únor 2016     | 7 414                  | 1 348                    |
| 4              | 13. říjen 2015    | 4 730                  | 860                      |
| 5              | 11. červen 2015   | 2 002                  | 364                      |
| 6              | 15. březen 2015   | 66                     | 12                       |
| 7              | 17. březen 2015   | 110                    | 20                       |
| 8              | 4. leden 2016     | 6 556                  | 1 192                    |
| 9              | 13. prosinec 2015 | 6 072                  | 1 104                    |
| 10             | 23. červen 2015   | 2 266                  | 412                      |
| <b>Průměr:</b> |                   | <b>4 081</b>           | <b>742</b>               |

Z udávaných 30 000 hodin svítidla svítila 13,60 %. I když je procentuální vyjádření větší než u řady A a B, stále je ke 100 % hodnotě velmi daleko. Tato svítidla přestala svítit naráz, nepřestávala svítit po jednotlivých diodách jako v předchozích případech (obr. 19). Přehled nákladů LED svítidel řady C je uveden v tabulce č. 17. Cena elektřiny za 1 kWh je opět 3,8 Kč.

Obr. 19: Stav LED svítidel řady C ke dni 24. června 2015



Tabulka 17: Náklady na fyzický život LED svítidel řady C

| LED C, 6W      | Počet hodin svícení (t) | Náklady obnovy (N <sub>o</sub> ) | Náklady na provoz (N <sub>p</sub> ) | No+N <sub>p</sub> | u(t)        |
|----------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------|
| 1              | 7 348                   | 99                               | 167,53                              | 267               | 0,04        |
| 2              | 4 246                   | 99                               | 96,80                               | 196               | 0,05        |
| 3              | 7 414                   | 99                               | 169,04                              | 268               | 0,04        |
| 4              | 4 730                   | 99                               | 107,84                              | 207               | 0,04        |
| 5              | 2 002                   | 99                               | 45,65                               | 145               | 0,07        |
| 6              | 66                      | 99                               | 1,50                                | 101               | 1,52        |
| 7              | 110                     | 99                               | 2,51                                | 102               | 0,92        |
| 8              | 6 556                   | 99                               | 149,48                              | 248               | 0,04        |
| 9              | 6 072                   | 99                               | 138,44                              | 237               | 0,04        |
| 10             | 2 266                   | 99                               | 51,67                               | 151               | 0,07        |
| <b>Průměr:</b> | <b>4 081</b>            | <b>99</b>                        | <b>93,05</b>                        | <b>192</b>        | <b>0,28</b> |

Souhrnný přehled nákladů na fyzický život této zkoušky životnosti LED svítidel řady C je v tabulce č. 18. V tabulce jsou uvedeny celkové náklady obnovy, celková spotřeba energie a náklady na provoz. Provozní náklady za jedenáct měsíců svícení těchto LED svítidel dosahují téměř tisíce korun.

Tabulka 18: Celkové náklady zkoušky životnosti LED svítidel řady C

|                    | Náklady obnovy (N <sub>o</sub> ) | Cena kWh   | kWh celkem    | Náklady na provoz (N <sub>p</sub> ) | Celkové náklady (N <sub>c</sub> ) |
|--------------------|----------------------------------|------------|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Cena testu:</b> | <b>990</b>                       | <b>3,8</b> | <b>244,86</b> | <b>930,47</b>                       | <b>1 920,47</b>                   |

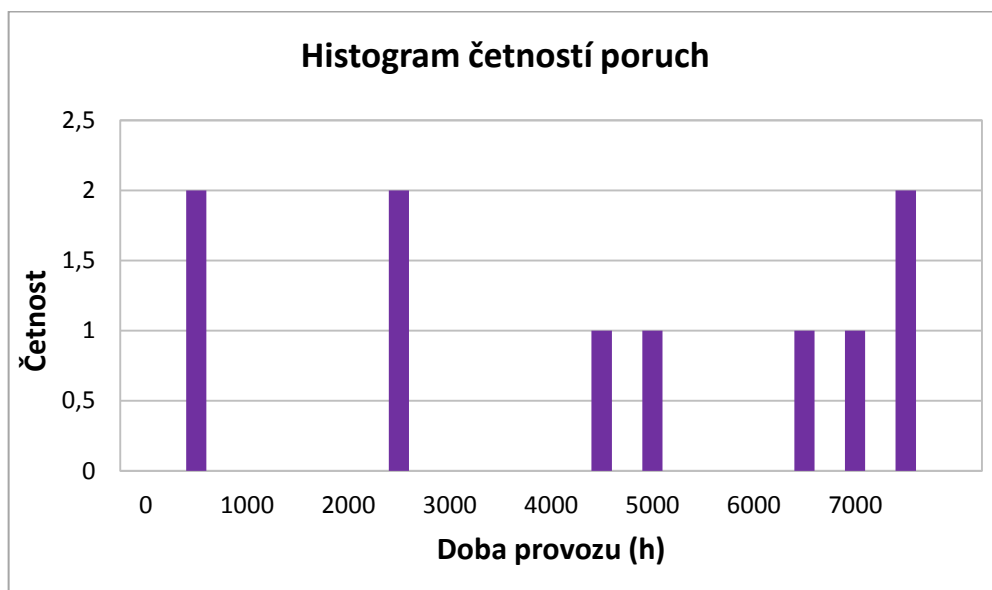
Pro lepší přehled četností poruch těchto LED svítidel byl opět vytvořen histogram (graf 11). Je zřetelné, že četnost poruch je v mnohem rozsáhlejší intervalu hodin svícení oproti předchozím řadám A a B. Zároveň je z histogramu (graf 11) na první pohled viditelné, že se zde nejedná o normální rozdělení, ale spíše o rozdělení rovnoměrné. Přesto, v zájmu srovnatelnosti výsledků, byla i tato zkouška životnosti zpracována stejně jako sady A a B. Proto jsou také v grafu č. 12 a 13 vidět anomálie průběhů. Následně byly opět vypočteny základní statistické údaje

střední hodnota:  $\bar{t} = 4\,081$

empirický rozptyl:  $s^2 = 7\,182\,584$

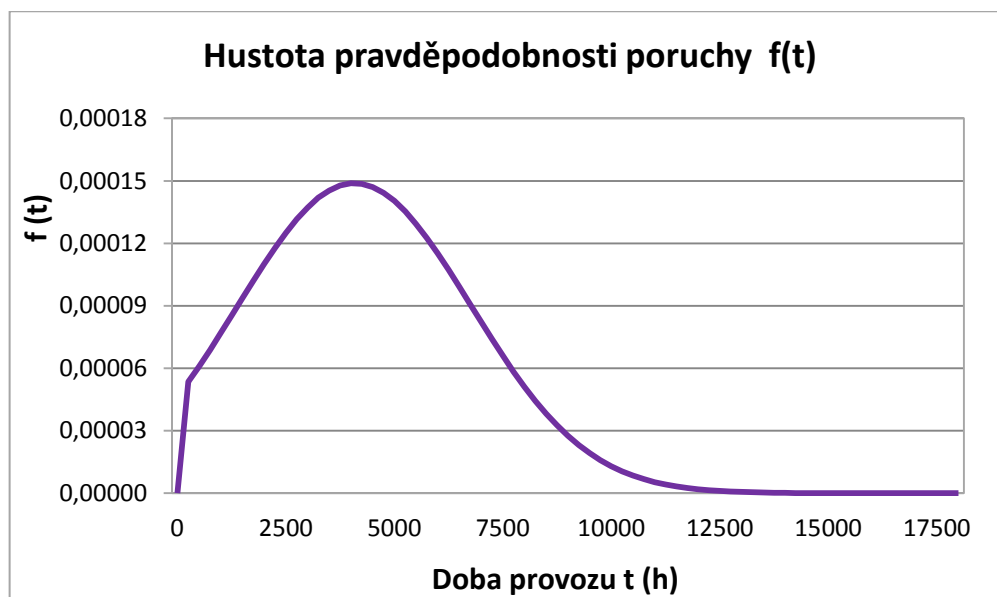
variační rozpětí:  $R = 7\,348$ .

Graf 11: Histogram četností poruch LED svítidel řady C

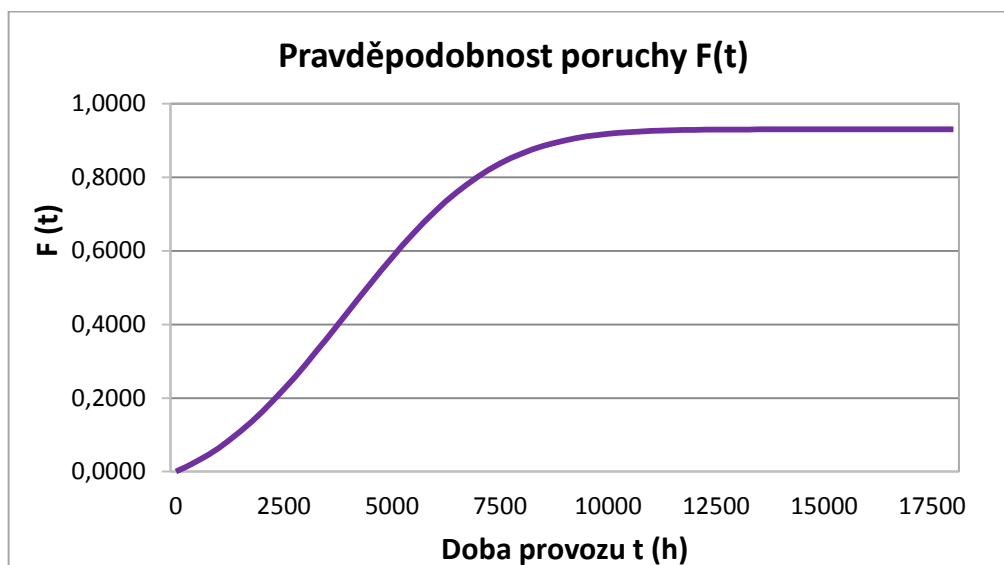


Následuje hustota pravděpodobnosti poruchy pro tuto řadu LED svítidel (graf 12) a zároveň graf pravděpodobností poruchy (graf 13).

Graf 12: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady C



Graf 13: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady C



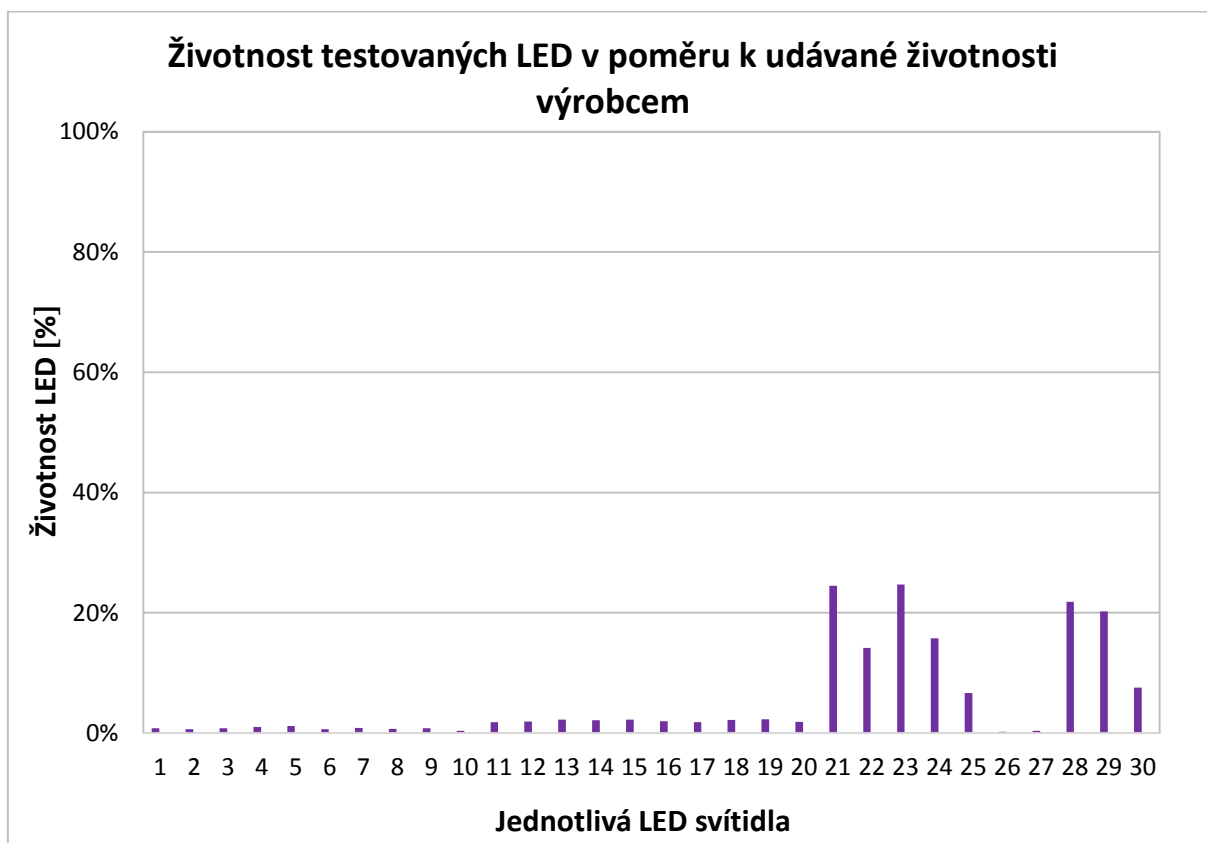
### 3.4 Souhrnný přehled výsledků zkoušky životnosti

Zkouška životnosti byla provedena na třech řadách LED svítidel s označením A, B a C. Cílem bylo otestovat, zda deklarovaná životnost svítidel udávaná výrobcem odpovídá skutečnosti. Po provedení zkoušky životnosti lze říci, že tato testovaná svítidla hodnotám udávaných od výrobce zdaleka neodpovídají. V následující tabulce č. 19 je znázorněn souhrnný počet hodin svícení jednotlivých svítidel a procentuální vyjádření z deklarovaných hodnot životnosti. Pro svítidla řady A a B byla výrobcem daná hodnota životnosti 50 000 hodin. A pro řadu C udávaná hodnota životnosti byla 30 000 hodin. Grafický přehled dosažené životnosti všech LED svítidel je uveden v grafu č. 14.

Tabulka 19: Souhrnný přehled hodin svícení a fyzický život jednotlivých řad LED svítidel

|                | Hodiny svícení, řada A | Fyzický život, A [%] | Hodiny svícení, řada B | Fyzický život, B [%] | Hodiny svícení, řada C | Fyzický život, C [%] |
|----------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| <b>1</b>       | 400                    | 0,80 %               | 904                    | 1,81 %               | 7 348                  | 24,49 %              |
| <b>2</b>       | 320                    | 0,64 %               | 970                    | 1,94 %               | 4 246                  | 14,15 %              |
| <b>3</b>       | 400                    | 0,80 %               | 1 124                  | 2,25 %               | 7 414                  | 24,71 %              |
| <b>4</b>       | 520                    | 1,04 %               | 1 058                  | 2,12 %               | 4 730                  | 15,77 %              |
| <b>5</b>       | 600                    | 1,20 %               | 1 124                  | 2,25 %               | 2 002                  | 6,67 %               |
| <b>6</b>       | 320                    | 0,64 %               | 992                    | 1,98 %               | 66                     | 0,22 %               |
| <b>7</b>       | 420                    | 0,84 %               | 904                    | 1,81 %               | 110                    | 0,37 %               |
| <b>8</b>       | 340                    | 0,68 %               | 1 102                  | 2,20 %               | 6 556                  | 21,85 %              |
| <b>9</b>       | 400                    | 0,80 %               | 1 146                  | 2,29 %               | 6 072                  | 20,24 %              |
| <b>10</b>      | 200                    | 0,40 %               | 948                    | 1,90 %               | 2 266                  | 7,55 %               |
| <b>Průměr:</b> | <b>392</b>             | <b>0,78 %</b>        | <b>1 027,2</b>         | <b>2,05 %</b>        | <b>4 081</b>           | <b>13,60 %</b>       |

Graf 14: Životnost testovaných LED v poměru k udávané životnosti výrobcem

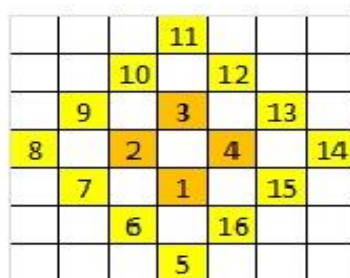


Z uvedených hodnot byla stanovena průměrná hodnota životnosti LED svítidel 5,48 % k udávané hodnotě od výrobce. **Tedy průměrné LED svítidlo vydrželo pouze dvacetinu životnosti udávané výrobcem.**

### 3.5 Měření svítivosti LED během provozu

Aby se zjistilo, zda LED svítidlům během provozu klesá svítivost či nikoliv, bylo provedeno měření svítivosti. V kanceláři byla zapojena nová LED svítidla, která nahradila klasické žárovky. Nová svítidla byla pořízena od výrobce Panasonic se závitem E27, příkonem 10 W a světelným tokem 806 lm. Životnost svítidel udávaná výrobcem je 15 000 hodin a počet spínacích cyklů "ON - OFF" je 100 000. Ve dvou spínacích okruzích bylo zapojeno šestnáct svítidel. Ve vnějším okruhu bylo zapojeno dvanáct svítidel a ve vnitřním, svítidla čtyři. Svítidla byla označena číslicemi 1 až 16, jak lze vidět na obrázku č. 20. Zároveň svítidla byla napojena na počítadlo hodin svícení, aby byla zjištěna průměrná denní doba svícení.

Obr. 20: Zapojení LED ve spínacích okruzích



Přibližně každé tři měsíce od zahájení provozu dne 16. ledna 2015, byla měřena jejich svítivost luxmetrem. Svítidla byla měřena ve čtyřech místech, která byla označena A, B, C a D. Naměřené jednotlivé hodnoty jsou v tabulce č. 20. Dne 1. dubna 2015 přestalo svítit LED svítidlo č. 3 a bylo nahrazeno novým. Z uvedených hodnot lze říci, že po jedenácti měsících provozu se pokles svítivosti v podstatě neprojevil.

Tabulka 20: Naměřené hodnoty svítivosti LED

| Datum měření      | A [lx] | B [lx] | C [lx] | D [lx] |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| 19. leden 2015    | 324    | 462    | 474    | 324    |
| 20. duben 2015    | 352    | 411    | 459    | 321    |
| 3. září 2015      | 350    | 458    | 458    | 321    |
| 30. listopad 2015 | 348    | 455    | 458    | 316    |

Ukončení sledování počítadla hodin svícení těchto svítidel v kanceláři bylo dne 17. ledna 2016. Tedy LED svítidla byla v provozu celkem 366 dní. Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení jsou uvedeny v následující tabulce č. 21. Během provozu byl vždy používán vnitřní okruh, vnější minimálně. Po výpočtech z celkových hodnot svícení byl

vnitřní okruh využíván v průmětu 2,5 hodin denně. Dle deklarované životnosti by měla svítidla vnitřního okruhu svítit přibližně šestnáct let. Lze předpokládat, že pokud svítidla vydrží v provozu aspoň osm let života, tedy polovinu z celkové životnosti, zákazník bude spokojen. Po uplynutí této doby je malá pravděpodobnost, že si zákazník bude pamatovat datum pořízení.

Tabulka 21: Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení

| Období 16. leden 2015 až 17. leden 2016 | Celkem hodin svícení | Průměr hodin svícení za den | Průměr hodin svícení za pracovní den | Počet let svícení pro T=15 000 h |
|---|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Vnitřní okruh 1-4                       | 924                  | 2,5                         | 3,5                                  | 16,3                             |
| Vnější okruh 8-16                       | 179                  | 0,5                         | 0,7                                  | 84,0                             |

Je třeba zmínit, že sledování počítadla měření bylo za účelem zjištění, jak dlouho skutečně LED svítidla ve frekventované kanceláři svítí a bylo možno tak spočítat, kolik let to je při udávané životnosti (i s ohledem na záruku dva roky). Pokud by udávaná životnost LED svítidel byla 30 000 hodin, vnitřní okruh při průměrném denním svícení 2,5 hodiny, měl být v provozu téměř 33 let. Vnější okruh až 168 let za podmínek denního svícení 0,5 hodiny denně. Tyto výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 22.

Tabulka 22: Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení pro životnost 30 000 hodin

| Období 16. leden 2015 až 17. leden 2016 | Celkem hodin svícení | Průměr hodin svícení za den | Průměr hodin svícení za pracovní den | Počet let svícení pro T=30 000 h |
|---|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Vnitřní okruh 1-4                       | 924                  | 2,5                         | 3,5                                  | 32,6                             |
| Vnější okruh 8-16                       | 179                  | 0,5                         | 0,7                                  | 168,1                            |

V následující tabulce č. 23 je uveden výpočet, pokud by udávaná životnost byla hodin svícení 50 000. Vnitřní okruh by tam měl svítit přibližně 54 let. Vnější okruh až let 280. Při tolika letech svícení nemá zákazník prakticky možnost ověřit, zda životnost udávaná výrobcem je pravdivá.

Tabulka 23: Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení pro životnost 50 000 hodin

| Období 16. leden 2015 až 17. leden 2016 | Celkem hodin svícení | Průměr hodin svícení za den | Průměr hodin svícení za pracovní den | Počet let svícení pro T=50 000 h |
|---|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Vnitřní okruh 1-4                       | 924                  | 2,5                         | 3,5                                  | 54,3                             |
| Vnější okruh 8-16                       | 179                  | 0,5                         | 0,7                                  | 280,1                            |

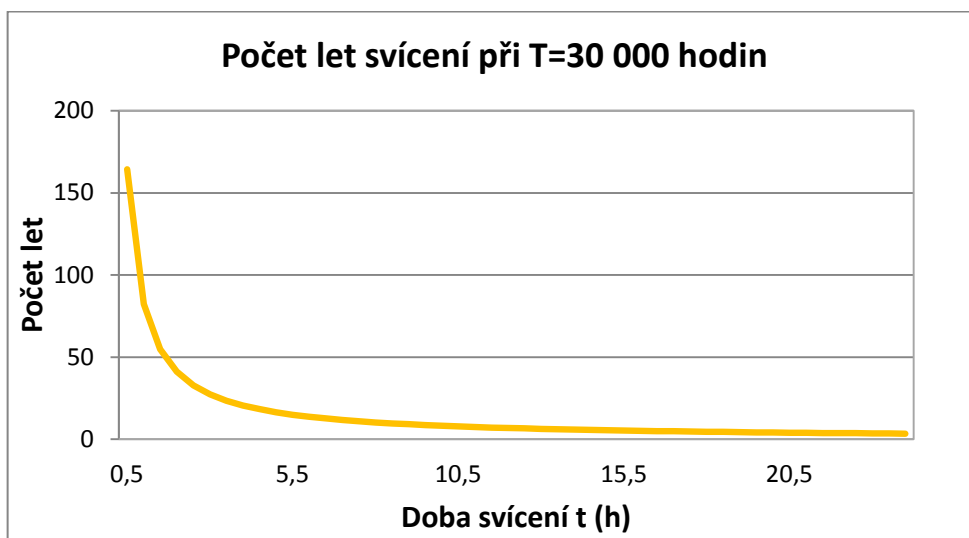
V bytových prostorách, kde je potřeba osvětlení, jsou jednotlivé místnosti využívány nerovnoměrně. Oproti například kanceláři, která je využívána přibližně stejný počet hodin denně. Potřeba osvětlení v bytových prostorách se jistě liší především na základě intenzity využívané prostory, zda jsou v místnosti okna či na ročním období. V následující tabulce č. 24 je pro představu uvedena možná doba svícení jednotlivých místností bytových prostor. Zároveň počet let, jak dlouho by LED svítidla měla být v provozu, pokud by jejich životnost byla (udávaná výrobcem) 30 000 a 50 000 hodin. Následně je počet let svícení graficky znázorněn pro životnost 30 000 hodin (graf 15) a pro životnost 50 000 hodin (graf 16).

Tabulka 24: Denní doba a počet let svícení LED pro životnost 30 000 a 50 000 h v bytových prostorách

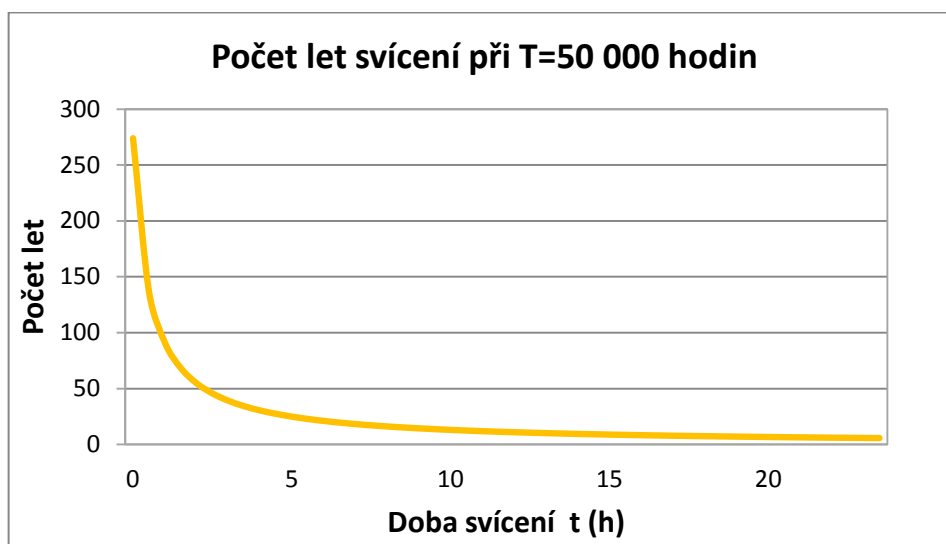
| Jednotlivé bytové prostory   | Doba svícení za den | Počet let svícení pro T=30 000 h | Počet let svícení pro T=50 000 h |
|--|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Garáž, spíž, toalety, předsíň, půda, sklep, rekreační objekty (chata, chalupa).</b>               | 0,5                 | 164                              | 274                              |
|  | 1                   | 82                               | 137                              |
| <b>Ložnice, koupelna, chodba,...</b>   | 1,5                 | 55                               | 91                               |
|  | 2                   | 41                               | 68                               |
| <b>Intenzivně využívané místnosti: kuchyň, obývací, pracovna<br/>V průměru do 3,5 hodiny za den.</b> | 2,5                 | 33                               | 55                               |
|  | 3                   | 27                               | 46                               |
|  | 3,5                 | 23                               | 39                               |
|  | 4                   | 21                               | 34                               |
|  | 4,5                 | 18                               | 30                               |
|  | 5                   | 16                               | 27                               |
| <b>Prostory bez denního světla, kde se během aktivního pobytu v bytě svítí prakticky trvale</b>      | 5,5                 | 15                               | 25                               |
|  | 6                   | 14                               | 23                               |
|  | 6,5                 | 13                               | 21                               |
|  | 7                   | 12                               | 20                               |
|  | 7,5                 | 11                               | 18                               |
|  | 8                   | 10                               | 17                               |
| <b>V průměrné domácnosti se takto osvětlované místnosti nevyskytují</b>                              | 8,5                 | 10                               | 16                               |
|  | 9                   | 9                                | 15                               |
|  | 9,5                 | 9                                | 14                               |
|  | 10                  | 8                                | 14                               |
|  | 10,5                | 8                                | 13                               |
|  | 11                  | 7                                | 12                               |



Graf 15: Počet let svícení pro T=30 000 hodin



Graf 16: Počet let svícení pro T=50 000 hodin



## 4 Kalkulace nákladů životního cyklu klasického a úsporného světelného zdroje

### 4.1 Náklady na provoz

Vyúčtování za elektrickou energii obsahuje mnoho položek a není příliš snadné se ve vyúčtování vyznat. Podstatné pro zákazníka při odběru elektrické energie je cena za 1 kWh. Cena za 1 kWh je odlišná v závislosti na mnoha faktorech, a to především na tarifu, druhu jističe a dodavateli. V následující tabulce č. 25 je porovnání cen za 1 kWh ve vysokém tarifu nejčastějších deseti dodavatelů pro rok 2015. Ceny jsou distribuční sazby D02d, která je nejčastější sazbou v domácnostech. Počítáno bylo s jističem 3 x 25 A.

Tabulka 25: Porovnání cen za 1 kWh distribuční sazby D02d jednotlivých dodavatelů pro rok 2015

| Dodavatel                      | Distribuční region<br>ČEZ Cena kWh<br>ve VT v Kč | Distribuční region<br>E.ON Cena kWh<br>ve VT v Kč | Distribuční region<br>PRE Cena kWh<br>ve VT v Kč |
|--------------------------------|--|---|--|
| <b>3E - Europe Easy Energy</b> | 4,08   | 3,96  | 3,96   |
| <b>Bohemia Energy entity</b>   | 4,10   | 4,06  | 3,97   |
| <b>Centropol</b>               | 4,22   | 4,16  | 4,07   |
| <b>ČEZ Prodej</b>              | 4,24   | 4,12  | 4,12   |
| <b>Comfort Energy</b>          | 4,07   | 4,05  | 3,97   |
| <b>E.ON Energie</b>            | 4,35   | 4,22  | 4,23   |
| <b>Elimon</b>                  | 4,14   | 4,01  | 4,02   |
| <b>EP Energy Trading</b>       | 4,17   | 4,05  | 4,05   |
| <b>Pražská energetika</b>      | 4,22   | 4,09  | 4,10   |
| <b>RWE Energie</b>             | 4,21   | 4,19  | 4,07   |

Zdroj: <http://www.finance.cz>

Tato distribuční sazba D02d je vhodná pro běžně vybavenou domácnost se střední spotřebou. Tato sazba patří společně se sazbou D01d mezi nejrozšířenější, lze ji nalézt ve zhruba 65 procentech všech domácností [3]. Dále častou distribuční sazbou domácností, zvláště rodinných domů, je D45d. Tato sazba je vhodná tam, kde se topí přímotopem a zároveň je i elektrinou ohříván bojler s vodou. Během dne se dělí na vysoký a nízký tarif. V tabulce č. 26 jsou uvedeny ceny dodavatelů za 1 kWh této sazby pro rok 2015, rozdělené na nízký a vysoký tarif.

Tabulka 26: Porovnání cen za 1 kWh distribuční sazby D45d jednotlivých dodavatelů pro rok 2015

| Dodavatel                      | Distribuční region<br>ČEZ |                          | Distribuční region<br>E.ON |                           | Distribuční region<br>PRE |                          |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                | Cena<br>kWh ve<br>VT v Kč | Cena<br>kWh v<br>NT v Kč | Cena kWh<br>ve VT v<br>Kč  | Cena<br>kWh ve<br>NT v Kč | Cena<br>kWh<br>v VT v Kč  | Cena<br>kWh<br>v NT v Kč |
| <b>3E - Europe Easy Energy</b> | 2,61                      | 2,06                     | 2,56                       | 2,06                      | 2,56                      | 2,05                     |
| <b>Bohemia Energy entity</b>   | 2,77                      | 2,28                     | 3,03                       | 2,29                      | 2,71                      | 2,24                     |
| <b>Centropol</b>               | 2,80                      | 2,32                     | 3,04                       | 2,31                      | 2,71                      | 2,25                     |
| <b>ČEZ Prodej</b>              | 2,82                      | 2,34                     | 2,77                       | 2,33                      | 2,78                      | 2,32                     |
| <b>Comfort Energy</b>          | 2,65                      | 2,18                     | 2,90                       | 2,19                      | 2,66                      | 2,20                     |
| <b>E.ON Energie</b>            | 3,13                      | 2,38                     | 3,08                       | 2,37                      | 3,08                      | 2,36                     |
| <b>Elimon</b>                  | 2,58                      | 2,14                     | 2,53                       | 2,13                      | 2,53                      | 2,12                     |
| <b>EP Energy Trading</b>       | 2,80                      | 2,19                     | 2,75                       | 2,18                      | 2,75                      | 2,17                     |
| <b>Pražská energetika</b>      | 2,79                      | 2,29                     | 2,74                       | 2,28                      | 2,74                      | 2,28                     |
| <b>RWE Energie</b>             | 2,79                      | 2,31                     | 3,04                       | 2,34                      | 2,71                      | 2,25                     |

Zdroj: <http://www.finance.cz>

V domácnosti se nejčastěji používaly klasické žárovky ze závitem E27, příkonem 60 W, které se daly pořídit přibližně za 10 Kč. LED svítlo, které nahradilo tuto žárovku, má příkon přibližně 9 W, ale cena se pohybuje přibližně od 100 Kč výše. V následující tabulce č. 27 je porovnání roční spotřeby energie klasické žárovky a LED svítidla, zároveň roční cena za provoz. Bylo zvoleno LED svítidlo od výrobce Panasonic v hodnotě 208 Kč, na kterém bylo prováděno měření svítivosti v kanceláři. Cena za 1 kWh je dle distribuční sazby rodinného domu D45d, v distribučním regionu PRE, ve vysokém tarifu 2,74 Kč. Denní svícení bylo stanoveno na šest hodin, dle užívání svítidla v obývacím pokoji, v zimním období.

Tabulka 27: Roční spotřeba a cena energie svítidel při distribuční sazbě D45d

| Svítidlo                            | Klasická žárovka | LED svítidlo |
|-------------------------------------|------------------|--------------|
| Cena, N <sub>0</sub> (Kč)           | 10               | 208          |
| Životnost T <sub>0</sub> (h)        | 1 000            | 15 000       |
| Spotřeba energie (W/h)              | 60               | 10           |
| Cena za 1 kWh (Kč)                  | 2,74             | 2,74         |
| Denní svícení (h)                   | 6                | 6            |
| Roční svícení (h)                   | 2 190            | 2 190        |
| <b>Roční spotřeba energie (kWh)</b> | <b>131,4</b>     | <b>21,9</b>  |
| <b>Roční cena za provoz (Kč)</b>    | <b>360</b>       | <b>60</b>    |

Z tohoto příkladu vyplývá, že LED svítidlo během ročního provozu má mnohem nižší spotřebu energie a cena za roční provoz je o 300 Kč nižší než cena za roční provoz žárovky klasické, a to i v případě, že pořizovací cena LED svítidla je 208 Kč.

Pro porovnání, v následující tabulce č. 28 je roční spotřeba energie a celková cena za energii při distribuční sazbě D02d, v distribučním regionu PRE. Tato sazba se nejčastěji u domácností se střední spotřebou elektrické energie, především tam kde se elektřina využívá ke svícení a používají se běžné elektrospotřebiče. V tomto případě je cenový rozdíl mezi klasickou žárovkou a LED svítidlem mnohem vyšší, téměř 450 Kč.

Tabulka 28: Roční spotřeba a cena energie svítidel při distribuční sazbě D02d

| Svítidlo                            | Klasická žárovka | LED svítidlo |
|-------------------------------------|------------------|--------------|
| Cena, $N_0$ (Kč)                    | 10               | 208          |
| Životnost $T_0$ (h)                 | 1 000            | 15 000       |
| Spotřeba energie (W/h)              | 60               | 10           |
| Cena za 1 kWh (Kč)                  | 4,10             | 4,10         |
| Denní svícení (h)                   | 6                | 6            |
| Roční svícení (h)                   | 2 190            | 2 190        |
| <b>Roční spotřeba energie (kWh)</b> | <b>131,4</b>     | <b>21,9</b>  |
| <b>Roční cena za provoz (Kč)</b>    | <b>538,74</b>    | <b>89,79</b> |

V následujícím příkladu bude uvažováno o výměně klasických žárovek za LED svítidla, cílem bude porovnání roční spotřeby energie a rozdíl roční ceny provozu. Budou vyměněny velmi často používané klasické žárovky s patičí E27 a příkonem 60 W. Nahrazeny budou, tak jako v předchozím porovnání, LED svítidlem s patičí E27 příkonem 10 W od výrobce Panasonic s pořizovací cenou 208 Kč. V následující tabulce č. 29 jsou uvedeny prostory, kde budou svítidla vyměněna, počet hodin denního, ročního svícení.

Tabulka 29: Počet svítidel a doba svícení v jednotlivých prostorách rodinného domu

| Prostor                   | Počet kusů svítidel | Denní svícení (h) jednoho svítidla | Denní svícení (h) všech svítidel | Roční svícení (h) všech svítidel |
|---------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Obývací pokoj, kuchyň     | 8                   | 5                                  | 40                               | 14 600                           |
| Předsíň, chodba, poschodí | 7                   | 1                                  | 7                                | 2 555                            |
| Koupelna (2)              | 3                   | 1,5                                | 4,5                              | 1 642,5                          |
| Ložnice (3)               | 6                   | 1,5                                | 9                                | 3 285                            |
| Pracovna                  | 2                   | 1                                  | 2                                | 730                              |
| Garáž                     | 1                   | 0,5                                | 0,5                              | 182,5                            |
| <b>Celkem:</b>            | <b>27</b>           | <b>10,5</b>                        | <b>63</b>                        | <b>22 995</b>                    |
| <b>Průměr:</b>            |                     | <b>0,38</b>                        | <b>2,33</b>                      | <b>851,66</b>                    |

Následně jsou hodnoty vyhodnoceny v tabulce č. 30. Je uveden průměr denního a ročního svícení zvolených 27 kusů svítidel. Cena za 1 kWh je opět dle distribuční sazby rodinného domu D45d a distribučního regionu PRE ve vysokém tarifu 2,74 Kč. Je znatelné, že roční spotřeba energie je u LED svítidla výrazně nižší oproti klasické žárovce, zároveň roční cena za provoz.

Tabulka 30: Roční spotřeba energie, roční cena za provoz svítidel rodinného domu

| Svítidlo                                       | Klasická žárovka | LED svítidlo  |
|--|------------------|---------------|
| Cena, No (Kč)                                  | 10               | 208           |
| Životnost $T_o$ (h)                            | 1 000            | 15 000        |
| Příkon svítidla (W)                            | 60               | 10            |
| Cena za 1 kWh (Kč)                             | 2,74             | 2,74          |
| Průměr denního svícení (h)<br>27 kusů svítidel | 2,33             | 2,33          |
| Průměr ročního svícení (h)<br>27 kusů svítidel | 851,66           | 851,66        |
| <b>Roční spotřeba energie (kWh)</b>            | <b>1 379,69</b>  | <b>229,95</b> |
| <b>Roční cena za provoz (Kč)</b>               | <b>3 780,35</b>  | <b>630,06</b> |

## 4.2 Náklady obnovy

Pokud svítidlo přestane svítit, běžně následuje výměna za nové. Klasická žárovka přibližně po tisíci hodinách provozu svítit přestane. U LED svítidla může výměna následovat už v případě, pokud jednotlivé segmenty diod přestanou svítit a tím se tak sníží celková svítivost LED.

Náklady obnovy výrobku lze obecně vyjádřit jako rozdíl nákladů na pořízení a zůstatkové hodnoty výrobku při obnově. V případě LED svítidel i klasické žárovky je zůstatková hodnota nulová, neboť po dosažení mezního fyzického stavu následuje jejich likvidace (náklady na ekologickou likvidaci jsou už zahrnuty v ceně jako recyklační poplatek). Náklady na obnovu by tedy měly činit cenu pořizovacích nákladů nového světelného zdroje.

V minulé kapitole „Náklady na provoz“, byl uveden příklad, kdy bylo uvažováno o výměně 27 kusů svítidel v rodinném domě za LED a následné vyhodnocení úspory energie. Nyní bude uvažováno o cenové náročnosti spojené s náklady obnovy těchto LED svítidel. Jak už bylo zmíněno, byla zvolena LED svítidla od výrobce Panasonic, se závitem E 27, příkonem 10 W a životností 15 000 hodin. Pořizovací cena jednoho svítidla je 208 Kč. V případě výměny všech 27 svítidel by byla pořizovací cena 5 616 Kč. Oproti klasickým žárovkám, které by stály 270 Kč s pořizovací cenou 10 Kč za kus, je to značný cenový rozdíl. Nyní bude uvažováno o výhodnosti investice spojené s výsledky provedené zkoušky životnosti.

V případě, kdyby LED svítidla svítila 20 hodin denně, tak jako tomu bylo v případě zkoušky životnosti řady A, byla by v provozu přibližně dva roky při deklarované životnosti 15 000 hodin. V následující tabulce č. 31 jsou náklady obnovy, náklady na provoz a celkové náklady těchto 27 kusů LED svítidel, pokud by byly v provozu výrobcem udávaných 15 000 hodin. Cena za 1 kWh je stejná jako v případě testu zkoušky životnosti, tedy 3,8 Kč.

Tabulka 31: Náklady na provoz, celkové náklady 27 kusů LED svítidel při životnosti 15 000 hodin

|              | Náklady obnovy ( $N_o$ ) | Cena kWh   | kWh celkem   | Náklady na provoz ( $N_p$ ) | Celkové náklady ( $N_c$ ) |
|--------------|--------------------------|------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Cena:</b> | <b>5 616</b>             | <b>3,8</b> | <b>4 050</b> | <b>15 390</b>               | <b>21 006</b>             |

Následně budou vypočteny jednotlivé náklady, pokud by LED svítidla byla v provozu pouze 0,78 % z celkové životnosti, tak jako tomu bylo v případě LED svítidel řady A (tab. 32). V tomto případě by LED svítidla z uvedených 15 000 hodin životnosti svítila pouze 117 hodin. Zároveň jsou v tabulce č. 32 stanoveny jednotlivé náklady 27 kusů klasických žárovek. Z těchto čísel je jasné, že pokud by byla životnost LED takto nízká, ve srovnání s klasickou žárovkou by se investice nevyplatila. I když klasická žárovka má v tomto případě příkon 60 W oproti příkonu 10 W LED svítidla, jsou celkové náklady klasické žárovky nižší, díky pořizovací ceně.

Tabulka 32: Srovnání nákladů klasické žárovky a LED při životnosti 117 hodin

|                              | <b>Náklady obnovy (<math>N_o</math>)</b> | <b>Cena kWh</b> | <b>kWh celkem</b> | <b>Náklady na provoz (<math>N_p</math>)</b> | <b>Celkové náklady (<math>N_c</math>)</b> |
|------------------------------|--|-----------------|-------------------|---|---|
| <b>Cena LED</b>              | <b>5 616</b>                             | <b>3,8</b>      | <b>31,59</b>      | <b>120,04</b>                               | <b>5 536,04</b>                           |
| <b>Cena klasické žárovky</b> | <b>270</b>                               | <b>3,8</b>      | <b>189,54</b>     | <b>720,25</b>                               | <b>990,25</b>                             |

## 4.3 Celkové kumulativní náklady na obnovu a provoz v době provozu, průměrné jednotkové náklady, kalkulačor úspory energie

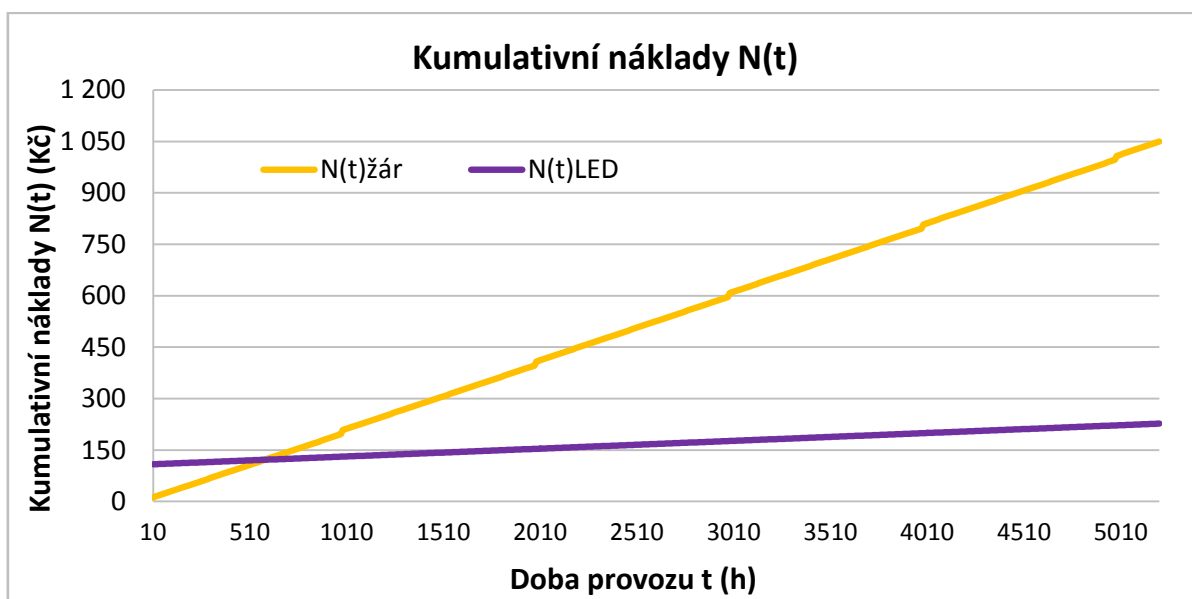
### 4.3.1 Celkové kumulativní náklady na obnovu a provoz v době provozu

Kumulativní náklady  $N(t)$  jsou během provozu svítidla sčítány. V libovolném okamžiku vyjadřují celkovou vynaloženou sumu nákladů [6]. V tabulce č. 33 jsou uvedeny základní parametry a výpočty pro následující graf č. 17 kumulativních nákladů klasické žárovky a LED svítidla, které bylo testováno při zkoušce životnosti. V tomto příkladě je počítáno se životností LED deklarovanou výrobcem 50 000 hodin. Cena za kWh je 3,8 Kč, tedy stejná jako v průběhu zkoušky životnosti.

Tabulka 33: Parametry, výpočty LED GU10, 6 W, 540 lm s životností 50 000 h. a klasické žárovky

| Svítidlo  | Klasická žárovka | LED svítidlo |
|---|------------------|--------------|
| Cena, No (Kč)   | 10               | 108, 2       |
| Životnost $T_o$ (h)   | 1 000            | 50 000       |
| Příkon svítidla (W)   | 50               | 6            |
| Cena za 1 kWh (Kč)  | 3,8              | 3,8          |
| Jednotkové náklady na obnovu $u_o$ ( $T_o$ ) (Kč/h)           | 0,010            | 0,02         |
| Spotřeba energie za $T_o$ (kWh)                               | 50               | 300          |
| Náklady na provoz ( $T_o$ ) (Kč)                              | 190              | 1 140        |
| Průměrné jednotkové náklady na provoz ( $T_o$ ) (Kč/h)        | 0,190            | 0,032        |
| <b>Průměrné jednotkové náklady <math>u(T_o)</math> (Kč/h)</b> | <b>0,200</b>     | <b>0,025</b> |
| <b>Koeficient úspor</b>                                       |                  | <b>8,012</b> |

Graf 17: Kumulativní náklady klasické žárovky a LED při životnosti 50 000



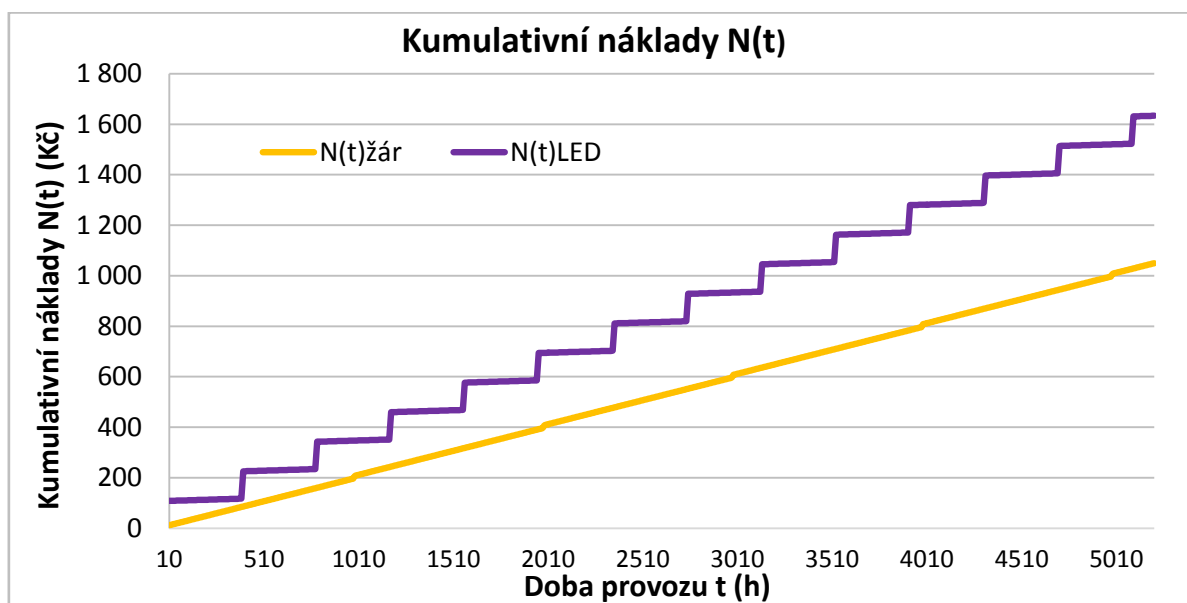


Kumulativní náklady LED svítidla, pokud by svítilo dle výrobce 50 000 hodin, jsou oproti klasické žárovce velmi nízké. Nyní budou vyhodnoceny kumulativní náklady v případě, kdy průměrná životnost LED svítidla je pouze 392 hodin (tab. 34), tedy stejná doba provozu jako výsledek testu životnosti řady A. Z grafu č. 18 je jasné, že při tak nízké životnosti z udávaných 50 000 hodin jsou kumulativní náklady vyšší oproti žárovce klasické.

Tabulka 34: Parametry, výpočty LED GU10, 6 W, 540 lm s životností 392 h. a klasické žárovky

| Svítidlo  | Klasická žárovka | LED svítidlo |
|---|------------------|--------------|
| Cena, No (Kč)   | 10               | 108, 2       |
| Životnost $T_o$ (h)   | 1 000            | 392          |
| Příkon svítidla (W)   | 50               | 6            |
| Cena za 1 kWh (Kč)  | 3,8              | 3,8          |
| Jednotkové náklady na obnovu $u_o$ ( $T_o$ ) (Kč/h)           | 0,010            | 0,276        |
| Spotřeba energie za $T_o$ (kWh)                               | 50               | 2,4          |
| Náklady na provoz ( $T_o$ ) (Kč)                              | 190              | 9            |
| Průměrné jednotkové náklady na provoz ( $T_o$ ) (Kč/h)        | 0,190            | 0,023        |
| <b>Průměrné jednotkové náklady <math>u(T_o)</math> (Kč/h)</b> | <b>0,200</b>     | <b>0,299</b> |
| <b>Koeficient úspor</b>                                       |                  | <b>0,669</b> |

Graf 18: Kumulativní náklady klasické žárovky a LED při životnosti 392 hodin

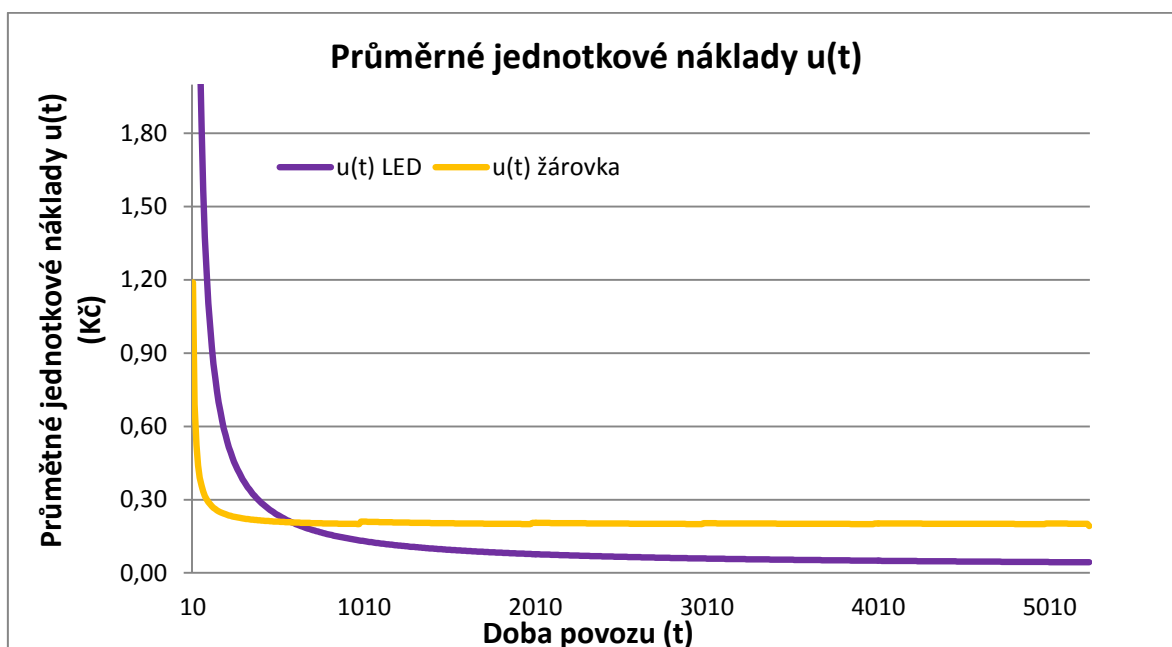


#### 4.3.2 Průměrné jednotkové náklady

Průměrné jednotkové náklady vyjadřují, jakou průměrnou částkou je od počátku sledování do daného okamžiku zkoumání zatížena jednotka doby provozu. Jsou významným rozhodovacím kritériem efektivnosti různých opatření nebo rozhodnutí [6]. V následujícím

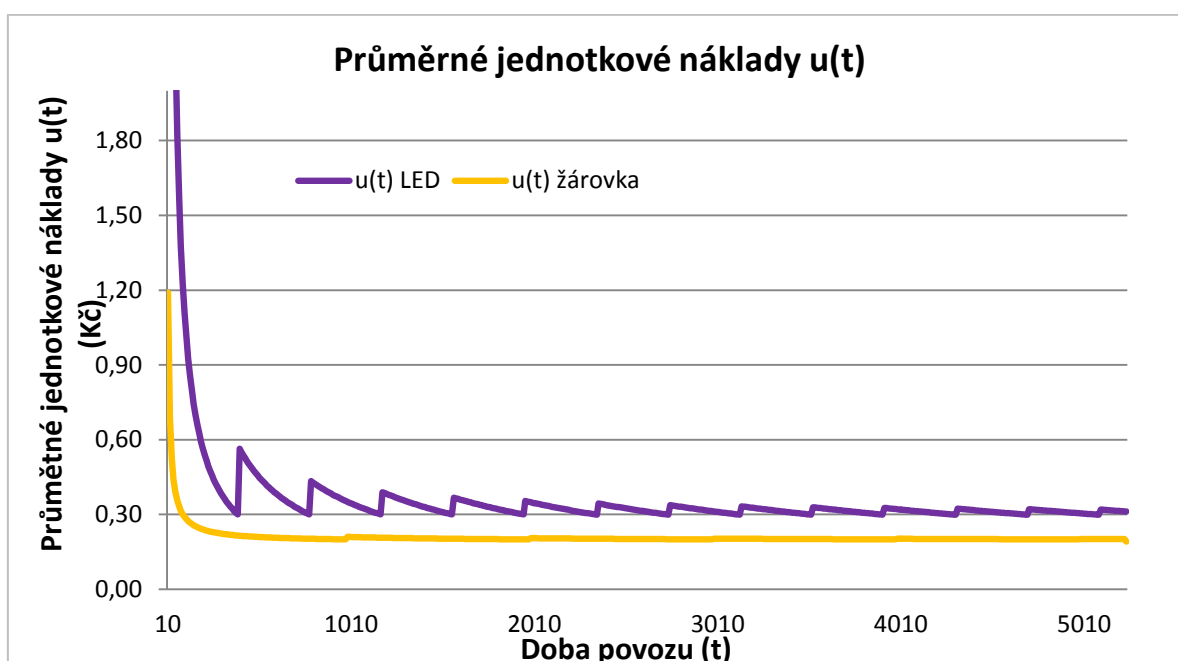
grafu č. 19 jsou průměrné jednotkové náklady klasické žárovky a testovaného LED svítidla, pokud by bylo v provozu dle deklarované životnosti 50 000 hodin. Je počítáno s parametry, které jsou uvedeny výše v tabulce č. 33.

Graf 19: Průměrné jednotkové náklady klasické žárovky a LED při životnosti 50 000 hodin



Následuje graf č. 20, který zobrazuje průměrné jednotkové náklady klasické žárovky a LED svítidla. V tomto případě je životnost LED 392 hodin, tedy opět stejná jako dosažená životnost řady A. Základní parametry pro tento graf jsou znázorněny v tabulce č. 34.

Graf 20: Průměrné jednotkové náklady klasické žárovky a LED při životnosti 392 hodin



Během testu životnosti LED svítidel byly testovány tři řady svítidel po deseti kusech pojmenované A, B a C. V následující tabulce č. 35 je přehled jednotkových nákladů těchto řad.

Tabulka 35: Přehled jednotkových nákladů testovaných řad LED svítidel

| LED            | Řada A<br>u(t) | Řada B<br>u(t) | Řada C<br>u(t) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1              | 0,27           | 0,13           | 0,04           |
| 2              | 0,33           | 0,12           | 0,05           |
| 3              | 0,27           | 0,11           | 0,04           |
| 4              | 0,21           | 0,11           | 0,04           |
| 5              | 0,18           | 0,11           | 0,07           |
| 6              | 0,33           | 0,12           | 1,52           |
| 7              | 0,25           | 0,13           | 0,92           |
| 8              | 0,31           | 0,11           | 0,04           |
| 9              | 0,27           | 0,11           | 0,04           |
| 10             | 0,51           | 0,12           | 0,07           |
| <b>Průměr:</b> | <b>0,29</b>    | <b>0,12</b>    | <b>0,28</b>    |

#### 4.3.3 Kalkulátor úspory elektrické energie

Při výběru LED svítidel velmi často bývá na internetových stránkách „kalkulátor úspory“, účelem tohoto takzvaného kalkulátoru je výpočet doby návratnosti investice do LED svítidel. Také zároveň roční úspora oproti klasické žárovce. Nyní budou porovnány údaje z kalkulátoru úspory se skutečností.

V minulé kapitole byla provedena zkouška životnosti na LED svítidlech s patičí GU10, příkonem 6 W a světelným tokem 540 lm. V případě testu řady A, tato svítidla byla v provozu 20 hodin denně. Na internetových stránkách, kde byla LED svítidla pořízena, je pro tento typ svítidel kalkulátor úspory. Bylo zadáno denní svícení 20 hodin, tak jak tomu bylo při testu. Následující obrázek č. 21 zobrazuje, jaká by měla být roční úspora a návratnost této investice v porovnání s klasickou žárovkou s příkonem 50 W.

Obr. 21: Kalkulátor úspory LED GU10, 6 W, 540 lm pro denní svícení 20 hodin

| <b>Kalkulátor úspor</b>                                   |                 |
|---|-----------------|
| Doba svícení za den:                                      | <b>20</b> hodin |
| Tradiční výrobek 50 W:<br>20h x 365dní x 0.05kWh x 4.5 Kč | 1643 Kč         |
| Vybraný výrobek 6 W:<br>20h x 365dní x 0.006kWh x 4.5 Kč  | 197 Kč          |
| <b>Vaše úspora za rok:</b>                                | <b>1445 Kč</b>  |
| <b>Návratnost investice:</b>                              | <b>1 měsíců</b> |

Zdroj: <http://www.led-zarovky-cz.cz/>

V následující tabulce č. 36 je propočet údajů z kalkulátoru úspory. Cena za kWh je 4,5 Kč, dle kalkulátoru úspory. Hodnoty jsou tedy pravdivé, nicméně kalkulátor úspory nezapočítává náklady vložené do této investice, roční úspora bude tedy pouze 1 348 Kč.

Tabulka 36: Roční náklady spojené s provozem LED a klasické žárovky, denní svícení 20 hodin

|                                      | Náklady obnovy (Kč) | Cena kWh   | kWh celkem  | Náklady na provoz (Kč) | Celkové náklady (Kč) |
|--------------------------------------|---------------------|------------|-------------|------------------------|----------------------|
| <b>Roční provoz klasické žárovky</b> | <b>10</b>           | <b>4,5</b> | <b>365</b>  | <b>1 643</b>           | <b>1 653</b>         |
| <b>Roční provoz LED</b>              | <b>108,2</b>        | <b>4,5</b> | <b>43,8</b> | <b>197</b>             | <b>305</b>           |

V případě zkoušky životnosti byla LED svítidla v provozu 20 hodin denně. Tento počet hodin denně jistě ale žádná domácnost nesvítil, pokud by bylo uvažováno o průměrném denním svícení dvě hodiny denně, hodnoty budou výrazně odlišné.

Obr. 22: Kalkulátor úspory LED GU10, 6 W, 540 lm pro denní svícení 2 hodiny

| Kalkulátor úspor   |                 |
|--|-----------------|
| Doba svícení za den:                                     | <b>2</b> hodin  |
| Tradiční výrobek 50 W:<br>2h x 365dní x 0.05kWh x 4.5 Kč | 164 Kč          |
| Vybraný výrobek 6 W:<br>2h x 365dní x 0.006kWh x 4.5 Kč  | 20 Kč           |
| <b>Vaše úspora za rok:</b>                               | <b>145 Kč</b>   |
| <b>Návratnost investice:</b>                             | <b>8 měsíců</b> |

Zdroj: <http://www.led-zarovsky-cz>.

Tabulka č. 34 znázorňuje náklady LED svítidla a klasické žárovky při denním svícení dvě hodiny, roční úspora bude pouze 45,8 Kč. Kalkulátor úspory (obr. 22) uvádí roční úsporu 145 Kč, což je výrazný rozdíl oproti reálné úspoře včetně pořizovacích nákladů. Pokud by bylo pořizováno větší množství svítidel s vyšší pořizovací cenou, nedalo by se hovořit o roční úspoře. Nehledě na fakt, že v průběhu zkoušky životnosti LED svítidla byla v provozu pouze měsíc.

Tabulka 37: Roční náklady spojené s provozem LED a klasické žárovky, denní svícení 2 hodiny

|                                      | Náklady obnovy (Kč) | Cena kWh   | kWh celkem  | Náklady na provoz (Kč) | Celkové náklady (Kč) |
|--------------------------------------|---------------------|------------|-------------|------------------------|----------------------|
| <b>Roční provoz klasické žárovky</b> | <b>10</b>           | <b>4,5</b> | <b>36,5</b> | <b>164</b>             | <b>174</b>           |
| <b>Roční provoz LED</b>              | <b>108,2</b>        | <b>4,5</b> | <b>4,38</b> | <b>20</b>              | <b>128,2</b>         |

#### 4.4 Stanovení doby provozu, kdy se LED vyplatí

Pořizovací cena za LED svítidlo byla v obchodech před pár lety mnohem vyšší než dnes, pohybovala se přibližně kolem 500 Kč. Dnes je už pořizovací cena LED svítidla znatelně nižší. Zároveň životnost oproti 1 000 hodinám klasické žárovky velmi vzrostla. Náklady na pořízení se mohou už v prvním roce svícení vrátit. Jiná situace ale bude v místnostech, kde se svítí o poznání méně, tedy například ve sklepě, v garáži, v tomto případě výměna za LED svítidlo nemusí být vůbec ekonomicky výhodná. Výhodnost pořízení LED svítidel jistě ovlivňuje doba svícení v místnostech i cena za kWh.

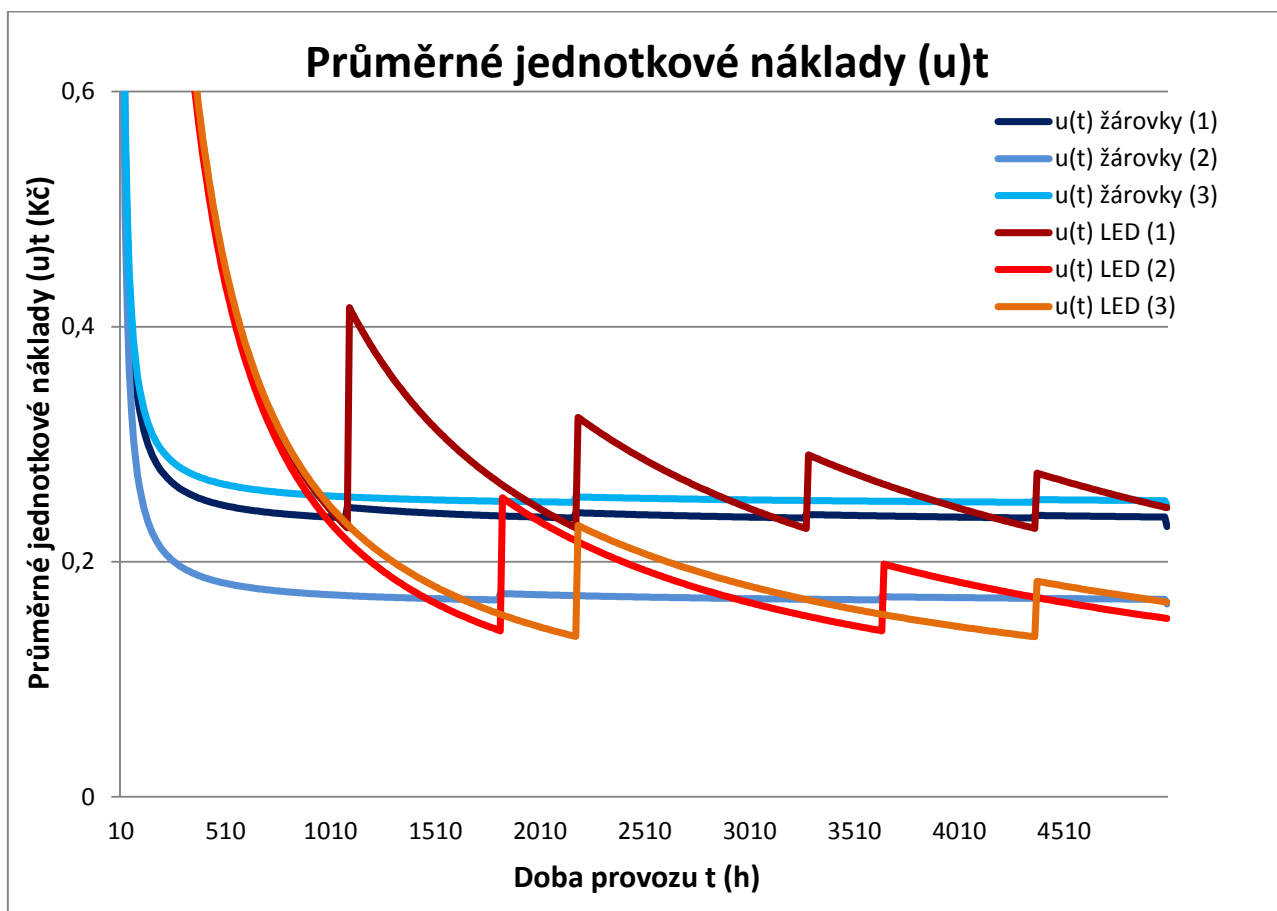
Nyní bude na příkladu stanoveno, v jakém případě bude pořízení LED svítidel výhodné. Jsou zvolena stejná LED svítidla, která byla testována ve zkoušce životnosti. Pořizovací cena LED svítidla je 208 Kč, příkon 10 W a svítivost 806 lm. Tato svítidla jsou ekvivalentem klasické žárovky s příkonem 60 W. Je počítáno s pořizovací cenou klasické žárovky 10 Kč. V následující tabulce č. 38 jsou uvedeny tři odlišné možnosti provozu LED svítidla a klasické žárovky. Je uvedena životnost do konce dvouleté záruční doby. V každé z tří možností je stanovena jiná denní doba svícení a cena za kWh. Jsou uvedeny kumulativní, jednotkové náklady a celková životnost za dvouletý provoz těchto svítidel. V prvním příkladě je stanovena denní doba svícení na 1,5 hodiny a cena za kWh 3,8 Kč. Následuje příklad, kde denní doba svícení je 2,5 hodiny a 2,7 Kč za kWh. V třetí možnosti je denní doba svícení 3 hodiny a cena za kWh 4,10 Kč.

Tabulka 38: Příklady odlišné doby svícení, ceny za kWh LED a klasické žárovky

| Svítidlo                                     | 1. příklad       |              | 2. příklad       |              | 3. příklad       |              |
|--|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
|  | Klasická žárovka | LED svítidlo | Klasická žárovka | LED svítidlo | Klasická žárovka | LED svítidlo |
| Cena, No (Kč)                                | 10               | 108          | 10               | 208          | 10               | 208          |
| Životnost $T_o$ (h)                          | 1 095            | 1 095        | 1 825            | 1 825        | 2 190            | 2 190        |
| Příkon svítidla (W)                          | 60               | 10           | 60               | 10           | 60               | 10           |
| Cena za 1 kWh (Kč)                           | 3,8              | 3,8          | 2,7              | 2,7          | 4,1              | 4,1          |
| Spotřeba energie za $T_o$ (kWh)              | 65,7             | 11           | 109,5            | 18,3         | 131,4            | 21,9         |
| Náklady na provoz (Kč)                       | 250              | 42           | 296              | 49           | 539              | 90           |
| Průměrné jednotkové náklady na provoz (Kč/h) | 0,228            | 0,038        | 0,162            | 0,027        | 0,246            | 0,041        |
| Průměrné jednotkové náklady $u(T_o)$ (Kč/h)  | 0,237            | 0,228        | 0,167            | 0,141        | 0,251            | 0,136        |
| Koeficient úspor                             | 1,040            |              | 1,188            |              | 1,843            |              |

Přehled průměrných jednotkových nákladů je zobrazen v grafu č. 21. Z tohoto grafu je jasné, že v prvním příkladě při denním svícení 1,5 hodiny denně a ceně 3,8 Kč za kWh se pořízení LED svítidel nevyplatí. V druhém příkladě, i když denní svícení je 2,5 hodiny denně a cena energie je 2,7 Kč za kWh, výměna za LED opět není výhodná. Přejít na LED je výhodný až ve třetím příkladě, kdy denní svícení je 3 hodiny denně a cena za kWh 4,1 Kč.

Graf 21: Průměrné jednotkové náklady LED s klasické žárovky při různém denním svícení, ceně za kWh



#### 4.5 Úvahy o bezplatné výměně během dvouleté záruky či neuznání záruky, propočty s uvažováním životnosti po dobu záruky 24 měsíců

Stejně tak jako u klasické žárovky je záruční doba u LED svítidel dva roky. Pokud tedy LED svítidlo dosáhne mezního fyzického stavu do dvou let od pořízení, je možné jej reklamovat. Reklamace LED svítidel byla také nezbytná při provádění zkoušek životnosti, v případě řady A svítidla dosáhla nejvíce 600 hodin svícení z deklarovaných 50 000. Tato řada nebyla v provozu ani měsíc. Reklamace byla uznaná a pořizovací hodnota svítidel byla vrácena. Nicméně s vyřízením reklamace se pojily další náklady. Náklady za odeslání LED svítidel dodavateli k vyřešení reklamace proplaceny nebyly. Ale i tak nejvyšším nákladem lze brát čas, který musel být na vyřízení reklamace vynaložen. Bylo nutné vše k reklamaci připravit a následně odeslat. Celá příprava i s odesláním jistě zabrala nejméně dvě hodiny času.

V následující tabulce č. 39 jsou pro představu uvedeny náklady spojené s vyřízením reklamace, jedna hodina práce na přípravě k odeslání byla ohodnocena na 100 Kč za hodinu. Celkové náklady spojené s vyřízením reklamace byly tedy 311 Kč, kdyby tato hodnota byla rozpočítána mezi deset reklamovaných kusů LED svítidel, pořizovací cena by se zvýšila 31,1 Kč.

Tabulka 39: Náklady spojené s reklamací LED svítidel

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Obal na přepravu        | 10 Kč         |
| Poštovné                | 69 Kč         |
| Lístek MHD              | 32 Kč         |
| Vynaložený čas (2 hod.) | 200 Kč        |
| <b>Celkem:</b>          | <b>311 Kč</b> |

Pokud by se reklamovalo pouze jedno svítidlo, je jednoznačné, že vynaložené náklady spojené s reklamací by přesáhly pořizovací cenu jednoho LED svítidla. I když je na LED svítidla záruka dva roky a výměna by měla být bezplatná, je jasné, že reklamace bez dalších nákladů, ať už jen stráveným časem, se neobejde.

Přestane-li LED svítidlo svítit či výrazně klesne jeho svítivost, je důvod k reklamaci, která by měla být uznána. Výrobci deklarují životnost desetitisíce hodin. V případě LED svítidel testovaných při zkouškách životnosti byla deklarovaná životnost 30 000 – 50 000 hodin, i když tato svítidla nepřetržitě svítila po dobu záruky dva roky, této životnosti by nedosáhla. Stane-li se tedy, že svítidlo přestane být v provozu, nárok na uznání reklamace je jednoznačný. V případě internetového obchodu v dnešní době existuje riziko, že reklamace vyřízená nebude.

V případě klasické žárovky se pořizovací náklady pohybovaly v desítkách korun, z hlediska poměru vynaložení času s vyřízením reklamace a pořizovací ceny bylo rychlejší pořídit žárovku novou. V případě LED svítidel, kdy se jeden kus pohybuje ve stovkách korun, už to tak jednoznačné není. Další otázkou je, kolik zákazníků si schovává daňový doklad od pořízených LED svítidel a uplatňuje tak nárok na reklamaci.



## 4.6 Srovnání výrobcem udávané a experimentálně zjištěné životnosti LED svítidel

Životnost klasické žárovky byla přibližně 1 000 hodin a pořizovací cena velmi nízká. U LED svítidel deklarují výrobci životnost v desetitisících hodin, což se považuje za velkou výhodu LED oproti klasické žárovce. LED svítidla, na kterých byla provedena zkouška životnosti, měla deklarovanou životnost 30 000 až 50 000 hodin. Pokud by tato svítidla byla v provozu nepřetržitě 24 hodin celý rok, v případě 30 000 hodin by měla svítit přes tři roky. V případě 50 000 hodin až téměř šest let. Klasická žárovka by v tomto případě svítila něco málo přes měsíc. Zdá se, že v porovnání je LED svítidlo velmi výhodné, připočte-li se úspora energie, jak uvádí výrobci. Otázkou je, zda doopravdy tak vysoký počet hodin LED svítidlo vydrží být v provozu.

Testovaná životnost LED svítidel byla provedena na třech řadách po deseti kusech LED s patičí GU10. Deklarovaná životnost výrobcem prvních dvou řad A a B byla 50 000 hodin. Třetí řada označena písmenem C měla udávanou životnost 30 000 – 50 000, v potaz byla brána nižší hodnota 30 000 hodin. Výsledky byly velmi překvapivé, první řada A, která svítila denně 20 hodin a byla 8krát vypnuta během dne, nebyla v provozu ani měsíc. Nejdější životnost svítidla této řady byla 600 hodin. Řada B svítila nepřetržitě 24 hodin denně. Po měsíci provozu všechna LED svítidla, jednalo se o stejné produkty jako v případě řady A. Předpokládalo se, že také dojde velmi rychle k ukončení provozu. Po nepřetržitém svícení začala být svítidla také spínána. Do této doby svítila 816 hodin. Svítidla byla 4krát denně vypnuta, svítila 22 hodin denně. Následně začala svítidla ukončovat životnost, také velmi rychle jako v případě řady A. Nejdéle bylo v provozu svítidlo, které dosáhlo 1 146 hodin provozu. Deklarovaná životnost 50 000 hodin výrobcem byla v případě těchto dvou řad v nedohlednu. Třetí řada C obdobně jako předchozí řada denně svítila 22 hodin a byla denně 4krát vypnuta. Oproti řadám A a B byla v provozu téměř rok, ale i tak deklarované životnosti nedosáhla. V tabulce č. 40 je přehled ukončení životnosti jednotlivých svítidel a jednotlivé procentuální vyjádření dosažené životnosti z deklarované životnosti výrobcem. Z těchto hodnot je jasné, že v případě těchto testovaných LED svítidel, zdaleka nebylo dosaženo deklarované životnosti od výrobce.

Tabulka 40: Přehled ukončení provozu jednotlivých svítidel řady A, B a C

|  | Počet hodin<br>svícení řady A | Počet hodin<br>svícení řady B | Počet hodin<br>svícení řady C |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>1</b>   | 400                           | 904                           | 7 348                         |
| <b>2</b>   | 320                           | 970                           | 4 246                         |
| <b>3</b>   | 400                           | 1 124                         | 7 414                         |
| <b>4</b>   | 520                           | 1 058                         | 4 730                         |
| <b>5</b>   | 600                           | 1 124                         | 2 002                         |
| <b>6</b>   | 320                           | 992                           | 66                            |
| <b>7</b>   | 420                           | 904                           | 110                           |
| <b>8</b>   | 340                           | 1 102                         | 6 556                         |
| <b>9</b>   | 400                           | 1 146                         | 6 072                         |
| <b>10</b>  | 200                           | 948                           | 2 266                         |
| <b>Průměr:</b>   | <b>392</b>                    | <b>1 027,2</b>                | <b>4 081</b>                  |
| <b>Dosažená životnost<br/>z deklarované<br/>životnosti [%]</b> | <b>0,78 %</b>                 | <b>2,05 %</b>                 | <b>13,60 %</b>                |

#### 4.7 Úvahy o různých cenách elektrické energie při různých odběrech, pronájem LED svítidel

Při vytápění domu elektrokotlem se výměna klasických žárovek za LED svítidla téměř nemůže vyplatit. Potřebný příkon k vytopení celého rodinného domu je tak veliký, že dosažená úspora při výměně za LED bude velmi malá. Pokud by bylo uvažováno o výměně například 27 kusech klasických žárovek s patičí E 27, příkonem 60 W za LED svítidla s příkonem 10 W, roční úspora na provoz bude dle tabulky č. 41 výrazná. Průměrná doba svícení byla stanovena na 3,5 hodiny denně. Je počítáno s cenou za kWh 2,74 Kč dle distribuční sazby D45d, částou pro rodinné domy. Celkové náklady i s pořizovací cenou LED svítidel už nejsou oproti klasické žárovce tak vysoké. Roční úspora je 621 Kč. Pořizovací cena LED svítidla je 208 Kč a klasické žárovky 10 Kč.

Tabulka 41: Vyčíslené náklady na provoz 27 kusů LED a klasických žárovek

|                             | Náklady<br>obnovy<br>(Kč) | Cena<br>kWh | kWh<br>celkem   | Náklady na<br>provoz<br>(Kč) | Celkové<br>náklady<br>(Kč) |
|-----------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>LED svítidlo</b>         | <b>5 616</b>              | <b>2,74</b> | <b>344,93</b>   | <b>945,10</b>                | <b>6 561,10</b>            |
| <b>Klasická<br/>žárovka</b> | <b>270</b>                | <b>2,74</b> | <b>2 069,55</b> | <b>5 670,57</b>              | <b>5 940,57</b>            |

Je-li elektrická energie v domácnosti využívána pouze ke svícení, roční spotřeba energie čtyř členné rodiny je dle Pražské energetiky, a. s. přibližně 2 100 kWh. Celkové náklady na provoz při ceně za kWh 2,74 jsou 5 754 Kč. Rozhodla-li by se domácnost vyměnit 27 kusů klasických žárovek za LED, roční celková úspora bude 10,79 %.

Pokud domácnost používá elektrickou energii na svícení, vaření, ohřev vody a topení (dle dostupných informací od Pražské energetiky, a. s.) je přibližná roční spotřeba energie čtyř osob 16 963 kWh. V tomto případě roční náklady na provoz této domácnosti jsou 46 479 Kč. Je opět počítáno s cenou za kWh 2,74 Kč. Celková roční úspora z výměny za 27 kusů LED svítidel této domácnosti by byla pouze 1,34 %. Je tedy evidentní, že pokud domácnost má takto vysokou spotřebu energie, zejména na topení a ohřev vody, úspora z výměny za LED svítidla bude zanedbatelná.

#### 4.7.1 Pronájem LED svítidel – finanční výhodnost

V úvodní kapitole byla zmíněna možnost pronájmu LED svítidel. V této části bude uvažováno o finanční výhodnosti těchto úsporných světelných zdrojů. V následující tabulce č. 42 je uveden ceník pronájmu LED svítidel od RWE Energie. Hlavní výhodou má být větší úspora energie než platba za pronájem LED. Bude-li uvažováno o pronájmu LED svítidla s příkonem 9 W, odpovídající klasické žárovce s příkonem 60 W dle tabulky č. 42, roční náklady by jednoho svítidla byly ve výši 154,8 Kč.

Tabulka 42: Ceník pronájmu LED svítidel od RWE Energie

| Příkon | Odpovídá konvenční žárovce o příkonu | Patice | Rozměr | Provedení krytu žárovky | Světelný tok | Energetická třída | Měsíční cena pronájmu |
|--------|--------------------------------------|--------|--------|-------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| 12 W   | 75 W                                 | E27    | 116×60 | matná bílá              | 1 055 lm     | A+                | 14,90 Kč              |
| 9 W    | 60 W                                 | E27    | 116×60 | matná bílá              | 806 lm       | A+                | 12,90 Kč              |
| 6 W    | 40 W                                 | E27    | 116×60 | matná bílá              | 470 lm       | A+                | 9,90 Kč               |
| 4 W    | 30 W                                 | E14    | 106×37 | matná bílá              | 320 lm       | A+                | 9,90 Kč               |
| 5 W    | 35 W                                 | GU10   | 60×50  | matná bílá              | 410 lm       | A+                | 12,90 Kč              |

Zdroj: <http://www.svittechytre.cz>

V tabulce č. 43 jsou stanoveny roční náklady této klasické žárovky a pronajatého LED svítidla. Počítáno je s cenou 4,07 za kWh dle nejčastější distribuční sazby pro domácnosti D02d, dodavatelem RWE Energie, v distribučním regionu PRE, ve vysokém tarifu.

Celkový přehled cen za kWh jednotlivých dodavatelů distribuční sazby D02d je uveden na straně 50. Je bráno v úvahu průměrné denní svícení 3,5 hodiny v intenzivně využívané místnosti, s ohledem na potřebu svícení v jednotlivých ročních obdobích.

Tabulka 43: Roční náklady pronajatého LED svítidla, 9 W a klasické žárovky, 60 W

|                               | Náklady obnovy (Kč) | Denní svícení (h) | Cena kWh    | kWh celkem   | Náklady na provoz (Kč) | Celkové náklady (Kč) |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------|
| <b>LED svítidlo, 9 W</b>      | <b>154,8</b>        | <b>3,5</b>        | <b>4,07</b> | <b>11,50</b> | <b>11,79</b>           | <b>201,60</b>        |
| <b>Klasická žárovka, 60 W</b> | <b>10</b>           | <b>3,5</b>        | <b>4,07</b> | <b>76,65</b> | <b>311,97</b>          | <b>321,97</b>        |

Z tabulky je jasné, že v porovnání s klasickou žárovkou při průměrném denním svícení 3,5 hodiny je LED svítidlo výhodnější. Úspora oproti klasické žárovce je 120,37 Kč. Ale větší úspora než je platba za pronájem LED v tomto případě není. Náklady za pronájem LED svítidla jsou ve výši 154, 8 Kč a úspora pouze 120,37 Kč.

Pro porovnání úspory je uveden příklad (tab. 44), kdy by bylo pronajato svítidlo s příkonem 6 W, nahrazující klasickou žárovku s příkonem 40 W. Roční pronájem by byl ve výši 118,8 Kč. Cena za kWh a denní doba svícení je stejná jako v předchozím příkladě. Úspora oproti klasické žárovce je sice 68 Kč, ale opět je úspora nižší než cena za roční pronájem. V tomto příkladě je rozdíl mezi úsporou a pronájmem vyšší než v případě pronájmu LED svítidla s příkonem 9 W.

Tabulka 44: Roční náklady pronajatého LED svítidla, 9 W a klasické žárovky, 40 W

|                               | Náklady obnovy (Kč) | Denní svícení (h) | Cena kWh    | kWh celkem   | Náklady na provoz (Kč) | Celkové náklady (Kč) |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------|
| <b>LED svítidlo, 6 W</b>      | <b>118,8</b>        | <b>3,5</b>        | <b>4,07</b> | <b>7,67</b>  | <b>31,20</b>           | <b>150</b>           |
| <b>Klasická žárovka, 40 W</b> | <b>10</b>           | <b>3,5</b>        | <b>4,07</b> | <b>51,10</b> | <b>208</b>             | <b>218</b>           |

## 5 Závěr

Tato diplomová práce posuzuje efektivitu náhrady klasických světelných zdrojů za úsporné, zejména se zaměřuje na LED svítidla. Následně jsou zhodnoceny náklady životního cyklu při nynějších cenách elektrické energie a různé životnosti těchto svítidel. Úsporné světelné zdroje prokazatelně spoří elektrickou energii, výrobci zároveň deklarují velmi vysokou životnost v řádově desetitisících hodin. Při porovnávání výhodnosti použití úsporného světelného zdroje oproti klasické žárovce je třeba brát v úvahu všechny faktory, které ovlivňují celkové náklady při použití těchto svítidel. Především k těmto faktorům patří životnost, pořizovací cena, spotřeba elektrické energie.

Zda deklarovaná životnost udávaná výrobcem opravdu odpovídá skutečnosti, bylo prověřeno zkouškou životnosti. Bylo pořízeno dvacet stejných kusů LED svítidel s patičkou GU10, příkonem 6 W a světelným tokem 540 lm. Deklarovaná životnost výrobcem těchto svítidel je 50 000 hodin a počet spínacích cyklů 25 000. Tato svítidla byla rozdělena do dvou řad po deseti kusech. Jednotlivé řady byly označeny písmenem A a B. U řady A bylo nastaveno spínání. Svítidla byla během dne 8krát vypnuta pomocí spínací zásuvky s časovačem na 0,5 hodiny, denně tedy svítila 20 hodin. U řady B spínání nebylo nastaveno, svítila nepřetržitě 24 hodin denně. Svítidla byla průběžně sledována a konec provozu byl zaznamenán. Výsledky byly velmi překvapivé. Svítidla řady A přestala být v provozu do měsíce od zahájení testu. V průměru svítila 392 hodin. Z deklarované životnosti 50 000 hodin tedy pouze 0,78 %. Zároveň řada A byla v průměru vypnuta 157krát, tedy 0,63 % z deklarované hodnoty výrobcem. Svítidla řady B, která svítila nepřetržitě, byla po měsíci stále všechna v provozu, i když se jednalo o stejné výrobky jako v případě řady A. Bylo tedy možné, že životnost svítidel negativně ovlivňuje spínání. Tato řada byla následně po provozu 816 hodin také spínána. Během dne byla vypnuta 4krát na 0,5 hodiny, svítila tedy 22 hodin denně. Od začátku spínání všechna svítidla byla do konce měsíce nefunkční. Potvrdila se tak hypotéza, že životnost svítidel nepříznivě ovlivňuje spínání. Svítidla dosáhla životnosti 2,05 % z udávané hodnoty výrobcem, od začátku spínání byla 38krát vypnuta, tedy 0,15 % z hodnoty od výrobce. Následně byla u prodejce reklamována. Reklama svítidel byla úspěšná a finanční prostředky byly vráceny.

Z vrácených prostředků bylo pořízeno odlišných deset kusů svítidel s patičkou GU10, příkonem 6 W, světelným tokem 550 lm od jiného dodavatele. Životnost těchto svítidel dle výrobce je 30 000 hodin, počet spínacích cyklů není uveden. Tato řada byla označena

písmenem C. Nastaveno bylo opět spínání jako v případě řady B, svítidla byla vypnuta 4krát za den na 0,5 hodiny. Od začátku provozu byla svítidla do roka nefunkční. Řada C průměrně svítila 4 081 hodin. Svítidla byla z deklarované životnosti v provozu 13,60 %. Vypnuta byla v průměru 742krát.

Z těchto provedených zkoušek životnosti LED svítidel bylo zjištěno, že průměrná hodnota životnosti LED je 5,58 % z udávané hodnoty výrobcem, tedy pouze dvacetinu životnosti. Je tedy zřejmé, že životnost LED svítidel neodpovídá deklarované hodnotě výrobcí. Zároveň bylo zjištěno, že svítidla nepříznivě ovlivňuje spínání.

Další podstatnou vlastností světelného zdroje je jeho svítivost. Svítivost u klasické žárovky byla během provozu stále stejná, nijak neklesala. Zda tomu je tak i u LED svítidla, bylo zjištěno měřením svítivosti. V kanceláři byly klasické žárovky vyměněny za LED svítidla s patičí E 27, příkonem 10 W a světelným tokem 806 lm. Od zahájení provozu byla svítivost měřena luxmetrem přibližně každé tři měsíce. Po jedenácti měsících provozu lze říci, že svítivost LED výrazně neklesla. Byl naměřen mírný pokles svítivosti, který lidské oko nezaznamená. Zároveň u těchto svítidel byla zjišťována průměrná denní doba svícení. Denní doba svícení byla měřena proto, aby bylo zjištěno, jak dlouho se skutečně ve frekventované kanceláři svítí. Pak bylo vyhodnoceno, kolik let by svítidla měla být v provozu. Svítidla byla ve dvou okruzích napojena na počítadlo hodin. Po 366 dnech měření doby svícení byla stanovena průměrná denní doba svícení vnitřního okruhu, vždy používaného na 2,5 hodiny. Při životnosti 15 000 hodin těchto LED v kanceláři by měla být v provozu 16,3 let.

Následně byly posouzeny náklady životního cyklu úsporného světelného zdroje LED a klasické žárovky.

Nyní bude uvedeno ekonomické zhodnocení roční investice, pokud by v rodinném domě byly klasické žárovky vyměněny za LED svítidla. Bude vyměněno 30 kusů klasické žárovky za LED svítidla s patičí E 27, příkonem 10 W a světelným tokem 806 lm. Tato LED svítidla jsou stejná, jako byla použita v kanceláři. Pořizovací cena jednoho svítidla je 208 Kč. Toto LED svítidlo je ekvivalentem klasické žárovky s příkonem 60 W. Pořizovací cena klasické žárovky je 10 Kč. Průměrná denní doba svícení je stanovena na tři hodiny, svítidlo by tedy ročně svítilo 1 095 hodin. Cena elektrické energie za kWh je 2,74 Kč dle distribuční sazby D45d ve vysokém tarifu, v regionu dodavatele Pražské energetiky a. s.

Tabulka 45: Ekonomické zhodnocení investice LED svítidla a klasické žárovky

|                                 | Náklady obnovy (Kč) | Denní svícení (h) | Cena kWh    | kWh celkem   | Náklady na provoz (Kč) | Celkové náklady (Kč) |
|---------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------|
| <b>LED svítidlo (30 Ks)</b>     | <b>6 240</b>        | <b>3</b>          | <b>2,74</b> | <b>328,5</b> | <b>900,09</b>          | <b>7 140,09</b>      |
| <b>Klasická žárovka (30 Ks)</b> | <b>300</b>          | <b>3</b>          | <b>2,74</b> | <b>1 971</b> | <b>5 400,54</b>        | <b>5 700,54</b>      |

Z výsledků uvedených v tabulce č. 45 je jasné, že by se investice do výměny za LED svítidla nevyplatila. Sice LED svítidla výrazně spoří energii oproti klasické žárovce, ale při tak vysoké pořizovací ceně jsou celkové náklady LED svítidel vyšší o 1 439,55 Kč.

Z měření vyplývá celkem jednoznačně, že úspora elektrické energie pro jednotlivou domácnost je v zásadě zanedbatelná. U prověřovaného výrobku posouzení úspornosti značně komplikuje nedostatečná kvalita těchto svítidel oproti deklarované životnosti uváděné výrobcem. U těchto LED svítidel je deklarovaná životnost výrobcem zpravidla přibližně 10 000 až 50 000 hodin. Skutečná životnost dosahuje pouze dvacetinu životnosti deklarované. Znamená to, že výrobci nedodržují technologické postupy při výrobě. Ve svém důsledku, mají tato svítidla životnost o něco málo vyšší než klasická žárovka. To však při posuzování výhodnosti těchto svítidel hraje velmi významnou roli. Vlastní úspora energie je pak ve finančním posuzování zcela vymazána vysokou pořizovací cenou těchto svítidel. Celková úspora energie pro domácnosti může být výhodná pouze tehdy, používají-li elektrickou energii na svícení. Pokud domácnosti používají elektrickou energii na svícení, vaření, ohřev vody a topení, je dosažená úspora při výměně za LED svítidlo okolo jednoho procenta.

Ke zhodnocení celkové výhodnosti těchto svítidel chybí studie o jejich dopadu na životní prostředí, náročnost na spotřebu surovin při výrobě, energetické náročnosti ekologické likvidace použitých svítidel a studie dopadu tohoto typu osvětlení na lidské zdraví. Zdá se však, že povinné zavedení těchto svítidel v Evropské unii bylo unáhlené rozhodnutí, které bylo třeba doprovodit technologickým pokrokem svítidel a následným efektivním sběrem a likvidací.

Tato práce obsáhla příliš malý vzorek úsporných svítidel, aby bylo možné z tohoto vzorku dělat ucelené a dlouhodobé závěry. Výsledky jsou však znepokojivé. Místo deklarované úspory dochází ke klamání zákazníka důrazem na úsporu, která, jak se ukazuje, úsporou není. Následovat by měla široká a dlouhodobá studie a měření tam, kde je klasická žárovka již zakázána. Pokud by tato měření prokázala stejné či alespoň podobné výsledky, měla by studie větší váhu k tomu, aby s výsledky byly seznámeny příslušné orgány Evropské unie.



## 6 Použitá literatura

- [1] ČSN IEC 50(191):1993 Spolehlivost a jakost služeb
- [2] ČSN EN ISO 9000:2006 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník
- [3] DIVIŠOVÁ, Michaela. *Distribuční sazby elektřiny: Máte tu správnou?* [online]. 2013. [citace 18.6.2015] Dostupné z: <http://www.penize.cz/spotrebitel/256691-distribucni-sazby-elektriny-mate-tu-spravnu>
- [4] DIVIŠOVÁ, Michaela. *Účet za elektřinu. Za co vlastně platíme?*. [online]. 2013. [citace 21.6.2015] Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/259853-ucet-za-elektřinu-za-co-vlastne-platime>
- [5] DVOŘÁČEK, Vladimír. *Světelné zdroje – kompaktní zářivky*. [online]. 2008. [citace 3.4.2015] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/sveteln-e-zdroje-kompaktni-zarivky--15831>
- [6] HAVLÍČEK, Jaroslav, JURČA, Vladimír, LACINA, Jiří. *Jakost a spolehlivost strojů*. 1. vyd.: Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 1993. 199 s. ISBN 80-213-0160-0.
- [7] HRNČÍŘ, Bohumil. *Výrobky světelné techniky jako zdroje odpadů s obsahem rtuti*. [online]. 2001. [citace 22.3.2015] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/vyrobky-svetelne-techniky-jako-zdroje-odpadu-s-obsahem-rtuti—15104>
- [8] KABEŠ, Karel. *Kompaktní zářivky snižují spotřebu energie na osvětlení*. [online]. 2009. [citace 9.3.2015] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/kompaktni-zarivky-snizuji-spotrebu-energie-na-osvetleni--15658>
- [9] KOŠŤÁL, Josef. *Kompaktní zářivky aneb co o nich (ne)víme*. [online]. 2010. [citace 9.3.2015] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/kompaktni-zarivky-aneb-co-o-nich-ne-vime-42029.html>
- [10] KRIVOŠÍK, Juraj. *Úsporné zářivky*. [online]. 2002. [citace 22.3.2015] Dostupné z: <http://www.abicko.cz/clanek/casopis-abc/2834/usporne-zarivky.html>
- [11] JEDLIČKA, Jan; DOLEŽAL Richard; HEŘMAN Jan. *Energetická politika EU a její nástroje*. [online]. 2005. [citace 4.4.2015] Dostupné z: <http://www.euractiv.cz/evropa-dnes0/clanek/energetick-politika-eu-a-jej-nstroje>

- [12] LEGÁT, Václav., et. al. *Management a inženýrství údržby*. 1. vyd.: Vydavatelství Professional Publishing, 2013. 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [13] LEGÁT, Václav., et. al. *Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě*. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. 192s. ISBN 978-80-02-01949-7
- [14] LEGÁT, Václav, JURČA, Vladimír, HORÁKOVÁ, Adéla. *Jakost, spolehlivost a obnova strojů*. TF ČZU, Praha, 2006. 222 s. ISBN 80-213-1514-8.
- [15] MELČ, Antonín. *Světelné zdroje pro interiéry aneb jak nahradit klasickou žárovku*. [online]. 2009. [citace 22.3.2015 ] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-pro-interiery-aneb-jak-nahradit-klasickou-zarovku—15579>
- [16] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Státní energetická koncepce ČR*. [online]. 2010. [citace 4.4.2015] Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument5903.html>
- [17] NENADÁL, Jaroslav., et al. *Moderní management jakosti*. 1. vyd.: Vydavatelství Management Press, s. r. o., 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [18] POULEK, Vladislav; LIBRA, Martin. *Světelné zdroje nové generace na bázi diod LED*. [online]. 2004. [citace 3.3.2016] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-nove-generace-na-bazi-diod-led--16589>
- [19] PUŽMANOVÁ, Rita. *LED – světlo budoucnosti*. [online]. 2009. [citace 22.3.2015] [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=3981](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=3981)
- [20] STAŠA, Michal. *LED žárovky - nejčastější náhrada za klasické žárovky*. [online]. 2010. [citace 22.3.2015] Dostupné z: <http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1997>
- [21] ZASTOUPENÍ EVROPSKÉ KOMISE V ČESKÉ REPUBLICĚ, *Energeticky úsporné zářivky*. [online]. 2012. [citace 30.12.2015] Dostupné z: [http://ec.europa.eu/ceskarepublika/service/lightbulbs/index\\_cs.htm](http://ec.europa.eu/ceskarepublika/service/lightbulbs/index_cs.htm)
- [22] ŽÁK, Petr. *Vývojové tendence ve světelných zdrojích a svítidlech*. [online]. 2012. [citace 22.3.2015] Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/8343-vyvojove-tendence-ve-svetelných-zdrojích-a-svitidlech>

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1: Schéma znaků jakosti výrobku .....  | 3  |
| Obrázek 2: Spirála jakosti .....   | 4  |
| Obrázek 3: Klasická žárovka .....  | 7  |
| Obrázek 4: Kompaktní zářivka.....  | 7  |
| Obrázek 5: LED svítidlo.....   | 9  |
| Obrázek 6: Návrh investice do úsporného osvětlení.....                               | 12 |
| Obrázek 7: LED svítidlo s patičí GU10, 6W, 540lm teplá.....                          | 24 |
| Obrázek 8: Podhledové bodové svítidlo chrom – matný s patičí GU10 .....              | 25 |
| Obrázek 9: Spínací zásuvka s časovačem GAO, 3680 W, IP44.....                        | 25 |
| Obrázek 10: Stav LED svítidel řady A ke dni 26. ledna 2015 .....                     | 27 |
| Obrázek 11: Stav LED svítidel řady A ke dni 27. ledna 2015 .....                     | 27 |
| Obrázek 12: LED svítidlo A1 .....  | 27 |
| Obrázek 13: LED svítidla A1, A2, A3 .....  | 27 |
| Obrázek 14: Stav LED svítidel řady B ke dni 17. února 2015 .....                     | 32 |
| Obrázek 15: Stav LED svítidel řady B ke dni 24. února 2015 .....                     | 32 |
| Obrázek 16: LED svítidla B1 a B2 .....   | 33 |
| Obrázek 17: LED svítidlo s patičí GU10 6W 550lm teplá bílá.....                      | 39 |
| Obrázek 18: Stav LED svítidel řady C ke dni 12. března 2015.....                     | 40 |
| Obrázek 19: Stav LED svítidel řady C ke dni 24. června 2015.....                     | 40 |
| Obrázek 20: Zapojení LED ve spínacích okruzích.....                                  | 45 |
| Obrázek 21: Kalkulátor úspory LED GU10, 6 W, 540 lm pro denní svícení 20 hodin ..... | 59 |
| Obrázek 22: Kalkulátor úspory LED GU10, 6 W, 540 lm pro denní svícení 2 hodiny ..... | 60 |

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1: Porovnání příkonu a světelného toku svítidel .....   | 8  |
| Tabulka 2: Jednotarifová sazba D02d platná od 1. ledna 2015 .....   | 15 |
| Tabulka 3: Dvoutarifová sazba D25d platná od 1. ledna 2015 .....  | 16 |
| Tabulka 4: Porovnání cen při měsíčním odběru za 1 kWh.....  | 17 |
| Tabulka 5: Porovnání přechodu z klasické žárovky na LED svítidlo .....  | 18 |
| Tabulka 6: Nabízené LED žárovky k pronájmu od RWE Energie.....  | 19 |
| Tabulka 7: Technické specifikace LED svítidla s patičí GU10, 6W, 540lm teplá.....                             | 24 |
| Tabulka 8: Celkové pořizovací náklady na realizaci zkoušky životnosti.....                                    | 26 |
| Tabulka 9: Přehled konce provozu, hodin svícení a spínacích cyklů LED svítidel řady A .....                   | 28 |
| Tabulka 10: Náklady na fyzický život LED svítidel řady A .....  | 29 |
| Tabulka 11: Celkové náklady zkoušky životnosti LED svítidel řady A .....                                      | 29 |
| Tabulka 12: Přehled konce provozu, hodin svícení a spínacích cyklů LED svítidel řady B....                    | 33 |
| Tabulka 13: Náklady na fyzický život LED svítidel řady B .....  | 34 |
| Tabulka 14: Celkové náklady zkoušky životnosti LED svítidel řady B.....                                       | 34 |
| Tabulka 15: Technické parametry LED svítidla s patičí GU10 6W 550lm teplá bílá.....                           | 39 |
| Tabulka 16: Přehled konce provozu, hodin svícení a spínacích cyklů LED svítidel řady B....                    | 40 |
| Tabulka 17: Náklady na fyzický život LED svítidel řady C .....  | 41 |
| Tabulka 18: Celkové náklady zkoušky životnosti LED svítidel řady C.....                                       | 41 |
| Tabulka 19: Souhrnný přehled hodin svícení a fyzický život jednotlivých řad LED svítidel..                    | 43 |
| Tabulka 20: Naměřené hodnoty svítivosti LED .....   | 45 |
| Tabulka 21: Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení.....   | 46 |
| Tabulka 22: Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení pro životnost 30 000 hodin .....                         | 46 |
| Tabulka 23: Výsledné hodnoty počítadla hodin svícení pro životnost 50 000 hodin .....                         | 46 |
| Tabulka 24: Denní doba a počet let svícení LED pro životnost 30 000 a 50 000 h v bytových<br>prostorách ..... | 47 |
| Tabulka 25: Porovnání cen za 1 kWh distribuční sazby D02d jednotlivých dodavatelů pro rok<br>2015 .....       | 49 |
| Tabulka 26: Porovnání cen za 1 kWh distribuční sazby D45d jednotlivých dodavatelů pro rok<br>2015 .....       | 50 |
| Tabulka 27: Roční spotřeba a cena energie svítidel při distribuční sazbě D45d.....                            | 50 |
| Tabulka 28: Roční spotřeba a cena energie svítidel při distribuční sazbě D02d.....                            | 51 |
| Tabulka 29: Počet svítidel a doba svícení v jednotlivých prostorech rodinného domu .....                      | 52 |

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 30: Roční spotřeba energie, roční cena za provoz svítidel rodinného domu.....                   | 52 |
| Tabulka 31: Náklady na provoz, celkové náklady 27 kusů LED svítidel při životnosti<br>15 000 hodin..... | 53 |
| Tabulka 32: Srovnání nákladů klasické žárovky a LED při životnosti 117 hodin.....                       | 54 |
| Tabulka 33: Parametry, výpočty LED GU10, 6 W, 540 lm s životností 50 000 h. a klasické<br>žárovky.....  | 55 |
| Tabulka 34: Parametry, výpočty LED GU10, 6 W, 540 lm s životností 392 h. a klasické<br>žárovky.....     | 56 |
| Tabulka 35: Přehled jednotkových nákladů testovaných řad LED svítidel.....                              | 58 |
| Tabulka 36: Roční náklady spojené s provozem LED a klasické žárovky, denní svícení<br>20 hodin.....     | 59 |
| Tabulka 37: Roční náklady spojené s provozem LED a klasické žárovky, denní svícení<br>2 hodiny.....     | 60 |
| Tabulka 38: Příklady odlišné doby svícení, ceny za kWh LED a klasické žárovky.....                      | 61 |
| Tabulka 39: Náklady spojené s reklamací LED svítidel.....   | 63 |
| Tabulka 40: Přehled ukončení provozu jednotlivých svítidel řady A, B a C.....                           | 65 |
| Tabulka 41: Vyčíslené náklady na provoz 27 kusů LED a klasických žárovek.....                           | 65 |
| Tabulka 42: Ceník pronájmu LED svítidel od RWE Energie.....   | 66 |
| Tabulka 43: Roční náklady pronajatého LED svítidla, 9 W a klasické žárovky, 60 W.....                   | 67 |
| Tabulka 44: Roční náklady pronajatého LED svítidla, 9 W a klasické žárovky, 40 W.....                   | 67 |
| Tabulka 45: Ekonomické zhodnocení investice LED svítidla a klasické žárovky.....                        | 70 |

## Seznam grafů

|   |    |
|---|----|
| Graf 1: Vývoj ceny elektřiny za MWh pro rok 2015 .....  | 13 |
| Graf 2: Cena za 1 kWh při různém odběru elektrické energie .....  | 17 |
| Graf 3: Histogram četností poruch LED svítidel řady A.....  | 30 |
| Graf 4: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady A.....   | 31 |
| Graf 5: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady A .....   | 31 |
| Graf 6: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady B .....  | 35 |
| Graf 7: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady B.....  | 35 |
| Graf 8: Histogram četností poruch LED svítidel řady B.....  | 36 |
| Graf 9: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady B od zahájení spínání .....                      | 36 |
| Graf 10: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady B od zahájení spínání.....                               | 37 |
| Graf 11: Histogram četností poruch LED svítidel řady C .....  | 42 |
| Graf 12: Hustota pravděpodobnosti poruchy LED svítidel řady C .....   | 42 |
| Graf 13: Pravděpodobnost poruchy LED svítidel řady C .....  | 43 |
| Graf 14: Životnost testovaných LED v poměru k udávané životnosti výrobcem .....                             | 44 |
| Graf 15: Počet let svícení pro T=30 000 hodin .....   | 48 |
| Graf 16: Počet let svícení pro T=50 000 hodin .....   | 48 |
| Graf 17: Kumulativní náklady klasické žárovky a LED při životnosti 50 000 .....                             | 55 |
| Graf 18: Kumulativní náklady klasické žárovky a LED při životnosti 392 hodin .....                          | 56 |
| Graf 19: Průměrné jednotkové náklady klasické žárovky a LED při životnosti 50 000 hodin .....               | 57 |
| Graf 20: Průměrné jednotkové náklady klasické žárovky a LED při životnosti 392 hodin.....                   | 57 |
| Graf 21: Průměrné jednotkové náklady LED s klasické žárovky při různém denním svícení,<br>ceně za kWh ..... | 62 |