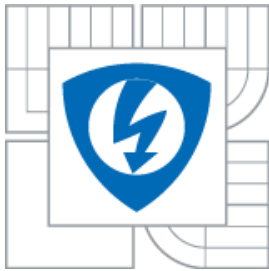




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

OSVĚTLOVACÍ SYSTÉMY V OSTROVNÍCH APLIKACÍCH

LIGHTING SYSTEMS IN OFF-GRID APPLICATIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. LADISLAV LENGYEL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BAXANT, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektroenergetika

Student: Bc. Ladislav Lengyel

ID: 136553

Ročník: 2

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Osvětlovací systémy v ostrovních aplikacích

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce je zaměřena na osvětlovací systémy bez přímého připojení k elektrické rozvodné síti. Smyslem je nabídnout nové možnosti v oblasti osvětlování ve spojení s ostrovními provozy napájenými především z obnovitelných zdrojů. Cílem je zdokumentovat možnosti dnešních technologií z hlediska efektivnosti přeměny elektrické energie na světlo, popř. využití jiných přeměn jako např. přímé spalování bioplynu.

- Současný stav osvětlovací techniky v oblasti světelných zdrojů s ohledem na nízkou spotřebu a dlouhou životnost.
- Energetické požadavky na osvětlovací systémy v malých aplikacích.
- Výběr vhodných komponent pro osvětlovací systémy v aplikacích s akumulací elektrické energie.
- Další alternativy přeměny energie na světlo a jejich praktické použití.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 22.5.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

LENGYEL, L. *Osvětlovací systémy v ostrovních aplikacích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 70 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D..

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

Pod'akovanie

Týmto by som chcel vyjadriť pod'akovanie konzultantovi, doc. Ing. Petrovi Baxantovi, Ph.D., za odborné vedenie, metodickú pomoc a cenné rady, ktoré mi boli poskytnuté pri vypracovaní diplomovej práce.

ABSTRAKT

Cieľom tejto diplomovej práce je, v prvom rade teoretické zoznámenie sa z vhodnými svetelnými zdrojmi a osvetľovacími systémami. Ďalej výber vhodných druhov svetelných zdrojov na osvetlenie malého priestoru a návrh ostrovného systému. Poslednú časť tvorí akýsi prehľad použiteľných alternatívnych premien energie na svetlo. Prvá z týchto troch hlavných tém sa orientuje na rozbor svetelných zdrojov, vhodných pre použitie na aplikácie s akumuláciou. S nimi spojenými údajmi o energetických účinnostiach a efektívnostiach využitia svetelných zdrojov. Konkrétne ich spotreby a možné úspory elektrickej energie osvetlenia v malých aplikáciách. Táto časť je zavŕšená popisom a výpočtom číselných energetických ukazovateľov elektrickej energie pre rozličný typy miestností. Druhá hlavná časť diplomovej práce je zameraná vhodný výber svetelných zdrojov pre ostrovné systémy a s nimi spojenými vplyvmi na ľudí a životné prostredie. V programe RELUX® sa vytvoril objekt, zodpovedajúci malej aplikácii, a navrhli sa doň vhodné svetelné zdroje. Pre túto modelovú situáciu sa následne spracovali a vybrali vhodné časti ostrovných systémov, ktoré sa dajú použiť na napájanie navrhnutého osvetlenia. Poslednú tému tvorí stručný prierez alternatívnych zdrojov, z ktorých väčšina sa ešte len testuje alebo sa o nich len uvažuje na teoretickej úrovni. Všetky tieto alternatívne zdroje majú v budúcnosti možné uplatnenie.

KEÚČOVÉ SLOVÁ

svetlo; zdroj; svietidlo; ostrovný; nezávislý; off-grid; systém; malá; aplikácia; osvetlenie; fotovoltaický; panel; alternatívna; energia; návrh; výpočet; nízkonapäťový; akumulátor; batéria menič; regulátor;

ABSTRACT

Aim of the master's thesis is at first to explain appropriate light sources and lighting systems; secondly present suitable light sources selection for lighting a small space and design of an off-grid system. The last part consists of an overview about alternative energy transformations to light energy. The first of these three major themes focuses on the analysis of light sources suitable for use in applications with accumulation together with data on energy efficiency and the utilization efficiency associated with them, concentrating on their consumption and possible energy saving lighting within small applications. It ends with a description and calculations of electricity energy indicators for different types of rooms. The second and main part of the thesis is focusing on suitable light sources selection for off-grid systems and impacts on humans and the environment associated with it. An object representing a small application has been created in RELUX® software with suitable light sources installed in it. For this scene, appropriate parts of off-grid systems were selected, which could be used to power the proposed lighting. The last theme consists of a brief about alternative sources, most of which are still in development or existing only at a theoretical level. All of these alternative sources are having a possible application in the future.

KEY WORDS

light; source; lamp; insular; independent; off-grid; system; little; application; lighting; photovoltaic; panel; Alternative; energy; design; calculation; low voltage; battery, inverter; regulator

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	9
ZOZNAM TABULIEK.....	10
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	11
1 ÚVOD.....	12
2 SÚČASNÝ STAV OSVETEOVACEJ TECHNIKY V OBLASTI SVETELNÝCH ZDROJOV	13
2.1 SVETELNÉ ZDROJE „VČERAJŠKA“, „DNEŠKA“ A „ZAJTRAJŠKA“	13
2.1.1 HISTÓRIA SVETELNÝCH ZDROJOV	14
2.1.2 SVETELNÉ ZDROJE AKO ICH POZNÁME DNES	15
2.1.3 SVETLO BUDÚCNOSTI.....	21
2.2 PODIEL JEDNOTLIVÝCH SVETELNÝCH ZDROJOV NA OSVETLENIE	21
3 ENERGETICKÉ POŽIADAVKY NA OSVETEOVACIE SYSTÉMY V MALÝCH APLIKÁCIÁCH	23
3.1 DEFINÍCIA MALÝCH APLIKÁCIÍ.....	23
3.2 ENERGETICKÉ POŽIADAVKY NA OSVETLENIE.....	23
3.2.1 SPOTREBA A ÚSPORA ELEKTRICKEJ ENERGIE NA SVIETENIE	23
3.2.2 VÝPOČTOVÉ METÓDY CELKOVEJ ROČNEJ ENERGIE PRE OSVETLENIE	26
3.2.3 PRAKTICKÉ PRÍKLADY NUMERICKÉHO UKAZOVATEĽA LENI	29
4 VÝBER VHODNÝCH KOMPONENTOV PRE OSVETEOVACIE SYSTÉMY V APLIKÁCIÁCH S AKUMULÁCIOU ELEKTRICKEJ ENERGIE.....	31
4.1 VÝBER SVETELNÉHO ZDROJA.....	32
4.1.1 FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY SVZ NA ZDRAVIE	36
4.1.2 ELEKTROMAGNETICKÉ ŽIARENIE A MELATONÍN	38
4.1.3 FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY MODRÉHO A ČERVENÉHO SVETLA.....	38
4.2 VÝBER VHODNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO OSTROVNÉHO SYSTÉMU S VYUŽITÍM ZDROJOV 230 V	39
4.2.1 SPOTREBIČE	40
4.2.2 STRATY FV SYSTÉMOV	41
4.2.3 VOEBA VHODNÉHO FVP.....	44
4.2.4 KONKRÉTNY PRÍKLAD VÝPOČTU CELOROČNÉHO VYUŽITIA FVP BEZ ELEKTROCENTRÁLY...45	
4.2.5 KONKRÉTNY PRÍKLAD VÝPOČTU CELOROČNÉHO VYUŽITIA FVP S ELEKTROCENTRÁLOU ...46	
4.2.6 VÝPOČET KAPACITY BATÉRII PRE OSTROVNÝ SYSTÉM	48
4.3 VÝBER VHODNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO OSTROVNÉHO SYSTÉMU VYUŽITÍM NÍZKONAPŤOVÝCH (12 V) ZDROJOV	50
4.4 VÝBER VHODNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO OSTROVNÉHO SYSTÉMU VYUŽITÍM 12 V A 230 V SVETELNÝCH ZDROJOV	52
5 ĎALŠIE ALTERNATÍVY PREMENY ENERGIE NA SVETLO A ICH PRAKTICKÉ POUŽITIE	54

5.1 FIPEL	54
5.2 SOLÁRNE LAMPY	54
5.3 BIOGLOW	54
5.4 SVETLO Z RIAS, ALGAEBULB.....	55
5.5 KRANK EKOLOGICKÁ LAMPA	56
5.6 OLED.....	57
5.7 GRAVITÁCIA? ALTERNATÍVNY ZDROJ SVETLA.....	57
6 ZÁVER	59
7 POUŽITÁ LITERATÚRA	61
8 PRÍLOHY	64

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 1- Delenie svetelných zdrojov [1]</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 2-Žiarovka [4].....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 3-Halogénová žiarovka [4].....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 4- Lineárna žiarivka [4]</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 5- Kompaktná žiarivka[4].....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 6- Indukčná výbojka [4].....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 7- LED svetelný zdroj, druhy svietivých diód LED [6]</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 8- Energetická hospodárnosť najvyužívanejších svetelných zdrojov [8].</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 9- Stupnica „farebnej teploty“ podľa Kelvina [1].....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 10- Údaje o astronomickom západe Slnka pre rok 2014 [19].....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 11- Alternatívny svetelný zdroj Bioglow [16]</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 12- Design svetelného zdroja na báze energie z rias AlgeeBulb [16]</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 13- Koncept lampy firmy FermentAlg [16]</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 14- Eko-lampa Krank[16].....</i>	<i>56</i>
<i>Obrázok 15- OLED svetelný zdroj od firmy Philips [16].....</i>	<i>57</i>
<i>Obrázok 16- Koncept lampy využívajúcej zdroj gravitáciu [16]</i>	<i>57</i>

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1- Podiel jednotlivých svetelných zdrojov v osvetľovaní rozličných priestorov (2010) [9] ..	22
Tab. 2- Porovnanie počtu svetelných zdrojov v priemernej domácnosti v rokoch 1990 a 2008[10]	22
Tab. 3- Porovnanie svetelných zdrojov vzťahnutú na účinnosť klasickej žiarovky (2009-2012) [8]	24
Tab. 4- Príklad spotreby elektrickej energie pri využití rozličných druhov svetelných zdrojov [12]	25
Tab. 5- Úspory elektrickej energie pri využití rozličných druhov svetelných zdrojov [12].....	25
Tab. 6- Informačné hodnoty LENI pre rodinné domy[13],[14],[15].....	28
Tab. 7- Informačné hodnoty LENI pre obytné domy[13],[14],[15].....	29
Tab. 8- Numerický ukazovateľ energie osvetlenia pre rozličné typy miestností s použitím rozličných elektrických zdrojov	29
Tab. 9- Porovnanie svetelných zdrojov vzťahnuté na jednotku svetelného toku [17]	33
Tab. 10- Použiteľné svetelné zdroje (230V~) na osvetlenie v malých aplikáciách [17]	34
Tab. 11- Použiteľné svetelné zdroje (12V~/=) na osvetlenie v malých aplikáciách [17]	35
Tab. 12- Doporučené hodnoty intenzity osvetlenia pre obytné priestory a pracovné oblasti [12] 40	
Tab. 13- Výkon použitých zdrojov v navrhnutom objekte.....	41
Tab. 14- Špecifikácia MMPT solárneho regulátoru [27].....	42
Tab. 15- Špecifikácia meniča napätia [27].....	43
Tab. 16- Vyprodukovaná elektrická energia.....	45
Tab. 17- Použiteľné solárne FVP pre navrhnutý ostrovný systém [27]	47
Tab. 18- Použiteľné akumulátory pre navrhnutý ostrovný systém [27]	49
Tab. 19- Porovnanie výpočtu potrebných komponentov ostrovného systému pri využití nízkonapäťových (12 V) zdrojov.....	51
Tab. 20- Výpočet potrebných komponentov ostrovného systému pri využití 12 V a 230 V zdrojov	52

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

CLED- LED bez transformátora

CRI- (Color Rendering Index) index podania farieb

EÚ- Európska únia

FV- Fotovoltaický

FVP- Fotovoltaický panel

IR- Infračervené žiarenie

LED- Light emitting diode (elektroluminisčenčná dióda)

LENI- Light Energy Numeric Indicator (číselný ukazovateľ energie pre osvetlenie)

MPPT- Maximum Power Point Tracking (inteligentný solárny regulátor nabíjania)

OZE- Obnoviteľné zdroje

P- Výkon svetelného zdroja

RGB- aditívny farebný model (miešanie farieb červenej, zelenej a modrej)

SHMÚ - Slovenský hydrometeorologický ústav

SVZ- Svetelný zdroj/ zdroje

TC- teplota chromatičnosti

U- Napätie svetelného zdroja

WHO- (World Health Organization) svetová zdravotnícka organizácia

δ - Uhol vyžarovania svetelného zdroja

Φ - Svetelný tok svetelného zdroja

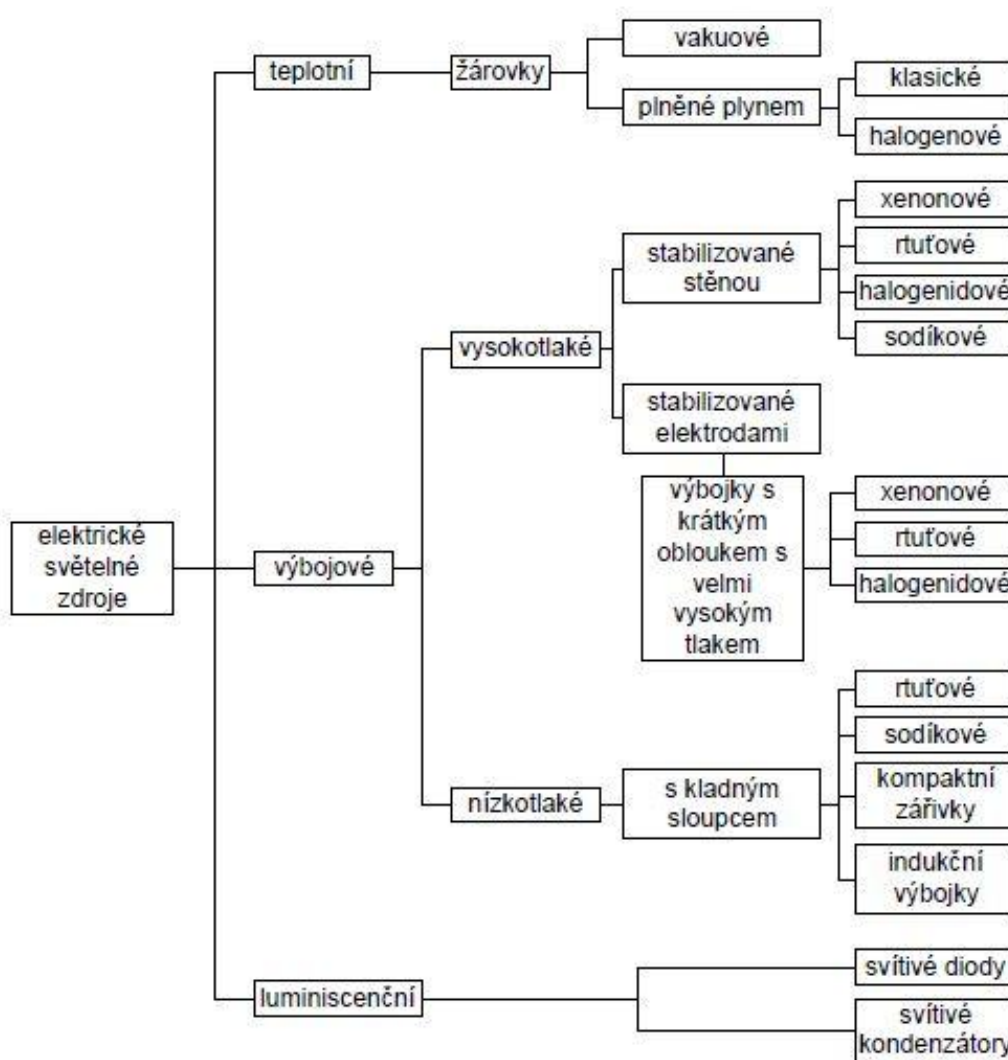
τ - Životnosť svetelného zdroja

1 ÚVOD

Diplomová práca sa zaoberá osvetľovacími systémami, rôznymi svetelnými zdrojmi a systémami, ktoré zaisťujú potrebnú dodávku elektrickej energie na svietenie. Úvodom sa práca zaoberá teoretickým rozborom svetelných zdrojov včerajška, dneška a zajtrajška. Elektrická energia premenená na svetlo je v dnešnej dobe už neodmysliteľnou pre život človeka. V súčasnosti sa čím viac dbá na to, aby sa spotreba elektrickej energie znižovala. A tento trend zasiahol aj svetelnú techniku. Keďže sa táto diplomová práca zaoberá svetelnými zdrojmi respektíve osvetľovacími systémami, na osvetlenie malých obytných priestorov ako sú zrubové domy a chaty, musia byť schopné tieto zdroje osvetliť priestor a nepotrebovať veľa elektrickej energie. Ďalšími parametrami sú cena a vplyv svetelných zdrojov na zdravie. V práci sú rozobraté vplyvy rôznych typov svetelných zdrojov na životné prostredie a fyziologické účinky svetla na ľudí. Spotreba elektrickej energie sa od čias prvej žiarovky Edisona markantne znížila a to hlavne vývojom žiaroviek a LED svetelných zdrojov. V práci navrhnutý objekt má byť zásobovaný výhradne len z vlastných zdrojov. To znamená využitie batérie, fotovoltaických panelov respektíve využitím premeny bioplynu na elektrickú energiu, v neposlednom rade využitie elektrocentrál. Na to, aby sa navrhli správne svetelné zdroje, je nutné ich prispôbiť osvetľovanému priestoru, tak aby boli dosiahnuté tabuľkové hodnoty minimálneho osvetlenia. Na návrh osvetlenia priestorov sa využije program RELUX®. Vytvorená objekt sa vyhodnotí výpočtom, tak aby boli dodržané tabuľkové údaje intenzity osvetlenia priestorov, alebo aby sa v jednotlivých priestoroch pohybovali hodnoty intenzity osvetlenia v oblasti tabuľkových hodnôt. To či budú dodržané tieto hodnoty osvetlenia celoplošne alebo či budú dodržané iba v určitých častiach priestorov vyplynie zo spotreby elektrickej energie. Na návrh osvetlenia sa využijú jednak zdroje o hladine napätia 230 V ale aj nízkonapäťové zdroje 12 V. Z výsledkov spotreby elektrickej energie, ktoré vyplynú z návrhu sa určí potrebná veľkosť dodávky elektrickej energie v závislosti na počte hodín svietenia za deň. Ako nezávislý zdroj sa uprednostnil fotovoltaický panel a elektrocentrála ako záložný a výpomocný zdroj. Potrebná hodnota dodávky elektrickej energie sa ďalej spracuje, započítaním strát na jednotlivých častiach ostrovného systému a navrhnu sa potrebné parametre fotovoltaického panelu, elektrocentrály a určí sa výsledná kapacita batérii. Návrh ostrovného systému sa bude realizovať samostatne pre zdroje 230 V ako aj 12 V, ale aj ich kombináciu. Jednotlivé časti ostrovného systému ako je regulátor, menič (ak je potrebný), akumulátor, fotovoltaický panel sa rozpisú do tabuliek, a bude možné vybrať najvhodnejšiu kombináciu pre navrhnutý objekt. Na záver sa uvedú alternatívne zdroje svetla ako aj možnosť ich využitia v dnes alebo v budúcnosti.

2 SÚČASNÝ STAV OSVETĽOVACEJ TECHNIKY V OBLASTI SVETELNÝCH ZDROJOV

V dnešnej dobe je príliš ťažké si predstaviť, že po stlačení vypínača osvetlenia sa nič nestane. Elektrickú energiu ako aj svetlo považujú ľudia za samozrejmosť. Za premenu elektrickej energie na svetlo sú zodpovedné svetelné zdroje. Tento pojem každý spojí hneď so žiarovkou. Avšak svetelné zdroje sa delia na jednotlivé množiny a podmnožiny. Jasnejší prehľad o delení svetelných zdrojov vysvetľuje Obr. 1- Delenie svetelných zdrojov.



Obr. 1- Delenie svetelných zdrojov [1]

2.1 SVETELNÉ ZDROJE „VČERAJŠKA“, „DNEŠKA“ A „ZAJTRAJŠKA“

Nové trendy v osvetľovaní, dizajne a šetrení elektrickej energie. predurčujú vývoj nových a lepších svetelných zdrojov, ako sú známe dnes.

2.1.1 História svetelných zdrojov

Potreba ľudí predĺžiť deň sa stala aktuálnou až v 19. storočí, keď sa rozmohla priemyselná revolúcia. V staroveku sa oheň používal zväčša na zaistenie ochrany pred predátormi a prípravu jedla. Až neskôr sa začali rozvíjať prvé koncepcie svietidiel, v ktorých horel knôt namočený vo včelom vosku alebo vo zvieracom tuku. Okrem vyššie spomínaných sa používali na osvetľovanie aj olejové lampy, ktoré boli doplnené kvôli lepšej účinnosti, usmerňovacím plieškom a skleneným cylindrom.

Ďalším krokom v umelom osvetlení boli petrolejové lampy rozvinuté v polovici 19. storočia, keď sa začalo s ťažením ropy v Pensylvánii. Čoskoro vytlačil olejové lampy z trhu a to kvôli jeho cene, dostupnosti a vyššej svietivosti.

V polovici osemdesiatich rokov devätnásteho storočia sa zistilo, že vlákna azbestu rozžhavené horiacimi petrolejovými výparmi vydávajú intenzívnejšie svetlo. Po dlhom experimentovaní začali byť vyrábané jemné sieťky v tvare pol gule upletené z hodvábu s azbestovými vláknami, ktoré sa nasadzovali na horák a mnohonásobne zvyšovali intenzitu svetla.

Zarovno s petrolejovými lampami sa rozvíjali aj plynové lampy, známi tiež ako svietiaci plyn. Toto riešenie bolo obľúbené hlavne kvôli čistote a intenzívnemu, ale príjemnému svetlu. Koncept plynového svietidla úplne vytlačil z konštrukcie knôt a ten bol nahradený tzv. Auerova pančuška. Nevýhodou bola výbušnosť a jedovatosť, a preto sa používala väčšinou len vo verejných osvetleniach.

V sedemdesiatich rokoch 20. storočia sa svietiaci plyn nahradil nejedovatým zemným plynom. Využívalo sa horenie acetylénového plameňa, ktorý vzniká reakciou vody a karbidu. Nazývali sa aj ako karbidové lampy, a vďaka ich veľkosti sa považovali za mobilné zdroje svetla, ktoré sa používali v baniach a neskôr aj v automobiloch. Napriek tomu, že boli vynájdené už začiatkom 20. storočia a rozvinuté v 70. rokoch sú neoddeliteľnou súčasťou dnešných jaskyniarov, kvôli cene. Pre otvorený oheň a vysokej teplote horenia boli v baniach zakázané lebo dochádzalo k výbuchom metánu. Svietidlá s otvoreným ohňom čoskoro nahradili svetelné zdroje využívajúce elektrickú energiu.

V 19. storočí vzniklo mnoho konceptov svietidiel využívajúcich k osvetleniu elektrický prúd. Oblúkové lampy uviedol do poznania experimentom v roku 1810 anglický fyzik Humbphry Davy v Londýne, keď pomocou dvoch tisíc článkov zinku a medi vytvoril elektrický oblúk. Tento experiment zdokonalil francúzsky fyzik León Jean Foucault. Výhodou bolo, že vyžarovali intenzívne biele svetlo. Avšak veľkým nedostatkom bola až príliš veľká spotreba uhlíkových elektród. Problém zo skracovaním elektród vyriešili nezávisle na sebe, dvoma rozličnými konceptmi, ruský technik Pavel Nikolajevič Jabločkov a český elektrotechnik František Krížik.

Kým sa oblúkové lampy dostali do povedomia širšej verejnosti, začal ich vytláčať modernejší koncept žiarovky. Skutočnosť, že pri prechode elektrického prúdu kábel rozžhaví,

bola známa už dávnejšie, ale aby sa tento jav naplno využil, bolo treba vyriešiť problém s káblom. Buď to vôbec, pri prechode prúdu, nesvietil, alebo zhorel prirýchlo. Významný krok urobil nemecký učiteľ Henry Goebel, ktorý vytvoril žiarovku zo zuhoľnateného bambusového vlákna. Avšak v tom období prebiehali viaceré pokusy na vytvorenie stabilného svetelného zdroja, ale nevedli k významnému úspechu, a preto tieto vynálezy upadli do zabudnutia. Za otca žiarovky každý považuje Thomas Alva Edisona, ktorý tento vynález najviac preslávil a aj si ho dal patentovať [2].

2.1.2 Svetelné zdroje ako ich poznáme dnes

Stáli pokrok v osvetlení priviedlo svetlo ďalej, než by sme si vedeli predstaviť. 15 až 20% elektrickej energie sa spotrebuje na osvetlenie. V ďalších bodoch sa rozoberie aké svetelné zdroje sa používajú dnes na osvetlenie interiérov ale aj exteriérov.

2.1.2.1 Tepelný zdroj svetla t.j. žiarovka

Od čias Edisona a jeho uhlíkovej žiarovky sa technológia na výrobu dostupného svetelného zdroja pre všetkých, výrazne posunula.

- Štandardné žiarovky

Dnes majú teplotné svetelné zdroje, teda žiarovky špirálu tvorenú volfrámom, ktorý sa zahreje na 2500°C, a emituje biele svetlo. Pri tejto teplote žiari ako absolútne čierne teleso v infračervenom viditeľnom aj ultrafialovom svetelnom spektre. Aj sklenená banka, chrániaca vlákno pred roztavením, sa zmenila. Nevyužíva sa podtlak (vákuum), ako za čias Edisona, ktorý by mohol spôsobiť nebezpečnú implóziu pri rozbití, ale sú plnené plynom pod tlakom, a radia sa do tepelných žiaroviek plnených plynom. V závislosti na tom čo a kde osvetľovali, boli vyrábané rady s príkonom 25,40,60,75,100 a 150 W. Na jednoduchom príklade sa dá určiť aká je účinnosť žiarovky. Ak sa uvažuje 100 W žiarovka má svetelný tok 1300 lm. Účinnosť žiarovky s týmito parametrami je 13 lm/W a z toho vyplýva, že žiarovky s vyšším príkonom majú vyššiu účinnosť. Pričom priemerná životnosť žiaroviek je približne 1000 h. Ich malú účinnosť zapríčiňuje hlavne to, že väčšinu svojej energie vyžiaria v neviditeľnom infračervenom spektre.



Obr. 2-Žiarovka [4]

- Halogénové žiarovky

Majú merný výkon oproti štandardným žiarovkám asi o 20% vyšší merný výkon. Volfrámové vlákno sa vplyvom teploty odparuje a usadzuje na banke. Vplyvom pridaného halogénu sa odparený volfrám neusadzuje na banke, ale sa zlučuje s halogénovými plynmi a vracia sa na najteplejšie miesto volfrámového vlákna. Tam sa volfrám vplyvom tepelného poľa vráti a halogén sa usadí na banku.. Tým sa predĺži životnosť zvyšuje svetelný tok žiarovky a nižší podiel UV (ultrafialového) žiarenia. Doba života sa pohybuje okolo 2000h a merný výkon dosahuje 22 lm/W.



Obr. 3-Halogénová žiarovka [4]

Vďaka ich malej účinnosti sa postupne žiarovky odstavujú a ich výroba je obmedzená Európskou úniou (EÚ). Tá v roku 2009 zakázala predaj svetelných zdrojov s nepriehľadnou, bielou alebo matnou bankou, ktoré nepatria do energetickej triedy A. Ale aj priehľadné banky s príkonom vyšším ako 100 W a patria do energetickej triedy vyššej ako C, a aj s nižším príkonom horšej triedy ako E. Od roku 2011 EÚ zakázalo aj číre žiarovky s príkonom 60W a vyšším. Ďalej v roku 2012 boli zakázané svetelné zdroje horšej triedy ako C. Od septembra 2016 budú zakázané svetelné zdroje patriace do energetickej triedy B. Dnes sú žiarovky nahradzované z dôvodu dlhšej životnosti a lepšej energetickej účinnosti výbojkami, žiarivkami a poslednom období LED (*Light Emitting Diode*, t. j. elektroluminiscenčná dióda) svetlami [6].

2.1.2.2 Výbojové zdroje svetla

Od úspešného pokusu v 1810 roku až po zhotovenie prvej funkčnej výbojky, ktorá emitovala svetlo jednej vlnovej dĺžky ubehlo 85 rokov. Za touto funkčnou výbojov stál Francúz Antoine-Henri Becquerel. Jeho experiment sa stal základom pre využitie „studeného svetla“, kde sa svetlo získavalo elektrickým oblúkom v plynch alebo parách kovov. Prvá namontovaná výbojka na osvetlenie domácností, kancelárií, obchodov a reštaurácií vzišla od Arthura H. Comptona v USA v roku 1936.

Dnes sa už výbojky nepovažujú za prevratné a inovatívne riešenia osvetlenia, ale napriek tomu majú výhodu vo vyššej účinnosti premeny elektrickej energie na svetlo ako napríklad žiarovky. Výbojky sa delia podľa typu výboja a to na oblúkový, impulzný, doutnavý, bezelektrodový. Podľa miesta vzniku žiarenia teda výboj v plyne, parách kovov, luminiscenčné

výboje. Podľa tlaku pracovnej náplne nízkotlakové, vysokotlakové a výbojky s veľmi vysokým tlakom.

- Lineárna žiarivka

Jedná sa o najrozšírenejší svetelný zdroj na svete. A je to z toho dôvodu, že sú ekonomicky výhodné a majú vysoký merný výkon až 106 lm/W. V porovnaní so žiarovkou spotrebuje len pätinu elektrickej energie. Doba života je ovplyvnená počtom zapnutí, a preto by sa mali používať tam, kde nedochádza k častým cyklom zapínania. Okrem tohto obmedzenia by sa jej mohlo vytknúť, že nefungujú bez pomocnej elektroniky. Potrebujú predradnú elektroniku, ktorá sa skladá z tlmivky (doba života predradnej elektroniky je približne 10000 h). V poslednom období sa používajú vysokofrekvenčné predradníky, ktoré majú dobu života až 18000 h. Ďalšou nevýhodou je to, že aby dodávali menovité hodnoty osvetlenia, musia sa takzvané zahriať do prevádzkovej teploty. Trvá to niekoľko minút. Sú veľmi náchylné na teplotu preto sa nehodia na osvetlenie exteriérov.



Obr. 4- Lineárna žiarivka [4]

- Kompaktné žiarivky

Tieto typy sa vyznačujú dobrým dizajnom, ku ktorému sa pridružujú aj úspora energie, vyšší merný výkon až päťkrát vyšší ako majú žiarovky, vysoká doba života až 15000h. Tieto žiarivky sa montujú s elektronickým predradníkom a v porovnaní s lineárnymi majú rýchlejší štart, a odolávajú častému zapínaniu. Napriek rýchlejšiemu zapínaniu nenabehnú okamžite na 100% svojho svetelného toku ako je to u žiaroviek. Vyrábajú sa 200 W príkonom s integrovaným predradníkom a sú vhodné tam, kde sa pred tým montovali výbojky, na dosiahnutie rovnakého svetelného toku s menším počtom svietidiel.



Obr. 5- Kompaktná žiarivka[4]

- Indukčné výbojky

Patrí do okruhu nízkotlakových výbojových zdrojov. V banke sa nachádza feritové a jadro s indukčnou cievkou, cez ktorú prúdi prúd o frekvencii 2,65 MHz. V banke nie sú žiadne elektródy, nachádza sa tam len plyn a ortuť. Pary ortuti vplyvom vysokofrekvenčného poľa emitujú UV žiarenie. Toto žiarenie sa vplyvom luminoforu naneseného na banke mení UV žiarenie na viditeľné svetlo. Odhadovaná doba života je 60000 h a to hlavne kvôli tomu, že neobsahujú elektródy. Merný výkon sa pohybuje okolo 65 lm/W, pričom nábeh na 100% svetelného výkonu je 0,5 sekúnd. Majú malé nároky na údržbu a široké spektrum podania farieb [4].



Obr. 6- Indukčná výbojka [4]

2.1.2.3 Luminiscenčné zdroje svetla (LED)

História

Jedná sa o elektrický svetelný zdroj nazývaný aj svetelné diódy. Jej princíp bol objavený v roku 1907 britským vedcom H. J. Roundon, ktorý pozoroval elektroluminiscenciu polovodičov. Tento svoj objav publikoval v časopise *Electrical World*. Jeho experiment spočíval v tom, že na kryštál karbidu kremíka (SiC) priložil napätie 10 V, a pozoroval vznik žltého svetla. Po zvýšení napätia na 110V na niektorých vzorkách svietili len ich hrany, ale od očakávaného žltého svetla sa objavila zelená, oranžová alebo modrá. Keďže jav elektroluminiscencie nebol nikde zavedený ani vysvetlený, a pretože ho nevedel vysvetliť ani on nazval ho podivným javom.

Až v roku 1927 ruský vedec O. V. Losev problematiku elektroluminiscencie rozobral hlbšie. Losev je považovaný za priekopníka v oblasti elektroluminiscencie, nie je však považovaný za vynálezcu svetelných diód. Prvý však poukázal na neobmedzený potenciál týchto zdrojov svetla.

Prvá svetelná dióda sa objavila až v roku 1962 v súvislosti s výskumom nových materiálov, a tento dátum je považovaný za ich „zrodenie“. Autorom je kanadský vedec Dr. Nick Holonyak, Jr., ktorý pracoval pre spoločnosť GE, a ktorému bolo pripísané prvenstvo pri vytvorení prvej svetelnej diódy. Nejednalo sa o takú diódu ako ju poznáme dnes, ale o polovodičový laser, ktorý produkoval červený lúč. Použil na to fosforazenid gália (GaAsP), namiesto predtým používaného laseru, ktorý žiaril len v infračervenom spektre.

História s objavovaním a zásluhami, tak ako to bolo pri objavovaní žiarovky, sa opakovala. Avšak dióda, ako ju poznáme dnes, by sa nesformovala bez najrôznejších vedcov, inštitúcií, univerzít a vedeckých skupín z celého sveta, ktorý majú zásluhy na súčasných parametroch svetelných zdrojov zostavených zo svetelných diód. Títo „vynálezcovia“ tak ako aj vynálezcovia z obdobia Edisona sa dostali do anonymity.

Vďaka výskumu veľmi čistých materiálov, konštrukcii technologických zariadení a zavedenie ekonomickej hromadnej výroby kvalitných čipov, sa podarilo zostaviť rozmanité druhy svetelných zdrojov, založené na funkcii svetelných diód LED. Svetidlá na bázy LED sa rozšírili od miniatúrnych signalizácií až po osvetľovanie priemyselných hál, exteriérov, pouličného osvetlenia.

Vyžaruje úzko spektrálne svetlo po prechode elektrickým prúdom. Farba vyžarovaného svetla závisí od chemického zloženia polovodičového materiálu. Červené, žlté a oranžové LED sú vytvorené z arzenidov gália, india, hliníku. Pričom modré a zelené LED sú na báze nitridov a selenidov zinku, india a gália. Vzhľadom na rozličný spôsob výroby a generácie svetla sú LED vyrábané vo firmách produkujúcich polovodičové čipy. LED zdroje neobsahujú ortuť ani iné ťažké kovy ich časti sú recyklovateľné a tým neovplyvňujú životné prostredie [5].

Druhy svietivých diód LED

- Ultrafialové (UV) LED

Tieto svietiace diódy majú vyžarované spektrum pod 420nm. Teda v spektre, kde človek už nevníma svetlo, v UV spektre. Kvôli bezpečnostným dôvodom sa tieto UV LED môžu vyrábať len do výkonu 10mW.

- Infračervené (IR) LED

Jedná sa o najlacnejší vyrábaný druh LED. Tak ako UV LED aj IR LED vyžarujú v spektre svetla nevnímané človekom, teda vyžarujú nad 680nm. Keďže zrenička nie je schopná prepustiť žiarenie o hodnotu 1400nm, je možné vyrábať IR LED aj s výkonom vyšším ako 10mW. Využívajú sa v diaľkových ovládačoch.

- Jednofarebné LED

Použitím vhodného druhu polovodiča je možné zaistiť, aby LED vyžarovali len v určitom spektre, teda jednofarebne. Prakticky je možné vyrobiť LED s použitím rovnakého substrátu v širokom spektre vlnových dĺžok, a to zmenou obsahu dotovaného prvku polovodiča. Pričom jednofarebné LED vyžarujú 90% svojho žiarivého výkonu v rozmedzí maximálne +/-10nm.

- RGB LED

Jedná sa o typ LED diódy, ktorá sa skladá z troch diód vyžarujúcich monochromatické žiarenie a to v červenom (R), zelenom (G), modrom (B). ich výhoda je v samostatnom regulovaní výkonov jednotlivých LED a dosiahnuť tak nielen biele svetlo ale aj celé spektrum farieb.

- Fluorescenčné LED

Biele svetlo dokážu, okrem kombinácii RGB LED, vyprodukovať aj takzvané fluorescenčné LED. Jedná sa o klasickú jednofarebnú LED, avšak na jej široko spektrálne spojité spektrum je potrebná zmena vlnovej dĺžky emitovaného žiarenia. Energia takéhoto LED je rozložená rovnomerne po celom viditeľnom spektre. Táto zmena sa dosahuje tak ako u výbojových zdrojoch svetla luminoforom, naneseným na banku príslušného svietidla. Ako monochromatický žiariv sa využíva modré LED, ale nevýhoda je, že vlnová dĺžka má maximum práve v modrom svetelnom spektre. Druhé maximum dosahuje v oranžovom spektre čo je dané použitým luminoforom. Tieto dve maximá v sa prejavujú na modrastom až zelenkastom nádychu bieleho svetla.

- Vysoko svietivé LED

Hranicou, ktorá obmedzuje vyšší žiarivý výkon LED, je sériový odpor a strmosť volt ampérovej charakteristiky. Ak sa chce získať vyšší vyžiarený výkon LED, musí sa zvýšiť napätie na PN prechode. To má za následok zvýšenie prúdu a tým aj prehrievanie. Hlavným cieľom pri zvýšení výkonu bolo vypracovanie technológií, ktoré bežné LED posúvajú za výkon 5mW a to tým, že sa použijú volt ampérové charakteristiky s menšou strmosťou, rozmerom PN prechodu, paralelným spojením PN prechodov respektíve vrstvením. Ale až pri použití technológie heteroprechodu, t.j. použitie iných polovodičov na P aj N vrstvy, sa aj pri vysokých prúdoch dochádza k rekombinácii žiarivej a nie tepelnej. Ak LED dosahuje svietivosť viac ako 100mCd hovorí sa o vysoko svietivej LED.

Výhody

- vysoká účinnosť v porovnaní so žiarovkou až 100lm/W
- vysoká doba života 50000 hodín
- produkujú oveľa menej tepla ako klasické žiarovky cca 40°C
- vyžaruje požadované farby bez optických filtrov, neemitujú UV ani IR
- pri stmievaní nemení farbu na rozdiel do žiaroviek
- rýchly nábeh rozsvetovania rádovo milisekundy
- šetrné k životnému prostrediu

Nevýhody

- vyššie zriaďovacie náklady ako klasická žiarovka
- nespí sa prekročiť určitá hodnota prúdu, lebo zhoria
- je potrebné použitie šošoviek na zväčšenie priestoru osvetlenia pomocou LED

Použitie

Používajú sa ako indikátory, segmentové zobrazovače, veľkoplošné zobrazovače, semaforey, svetlá automobilov (koncové, brzdné, smerové). V poslednom období sa využívajú ako náhrada žiaroviek [6].



Obr. 7- LED svetelný zdroj, druhy svietivých diód LED [6]

2.1.3 Svetlo budúcnosti

K svetlám blízkej budúcnosti sa ešte teraz zaraďujú, vyššie spomenuté LED zdroje. A to z dôvodu, že sa len nedávno začali vyvíjať a dostávať do povedomia ľudí.

Úplne novým, alternatívnym zdrojom svetla „zajtrajška“ ,by mohol byť svetelný zdroj, založený na polymérnej elektroluminiscenčnej technológii známej ako FIPEL. Je tvorená nanoštruktúrnou polymérovou vrstvou, zloženou z dvoch polymérov. Na jednej sú elektróny, a na druhej pohyblivé kladné náboje. Po priložení elektrického napätia, elektróny a diery prechádzajú z elektród do príslušných polymérov až kým nezrekombinujú, a vyžiaria svetlo. Tento zdroj vydáva mäkké biele svetlo, ale jeho farba je laditeľná. FIPEL bol vyvíjaný vedcom Dr. Davidom Carrollom na univerzite Wake Forest 10 rokov. Z výsledkov merania je FIPEL dvakrát účinnejší ako LED, je šetrná k životnému prostrediu, a odstraňuje rušivé blikanie. Použiť ju je možné všade, až od osvetlenia budov, svetelných panelov, billboardov, domácností. V budúcnosti by mohol nahradiť klasické žiarovky ako aj LED zdroje, ktoré sú považované za terajšie svetlá budúcnosti.

Avšak tento typ alternatívneho osvetlenia má jedno veľké ALE. Keďže sa jedná o plne organický systém, ktorý potrebuje na svoju funkciu veľmi veľa drahého irídia, čo k jeho popularite neprispieje, až kým sa nenájde vhodný náhradný materiál [7].

2.2 PODIEL JEDNOTLIVÝCH SVETELNÝCH ZDROJOV NA OSVETLENIE

Tento bod pojednáva o tom, aké svetelné zdroje sa všeobecne používajú na svietenie v jednotlivých priestoroch. Trendy ukazujú, že príchodom nových technológií ako sú LED a kompaktné žiarivky, sa stále používajú staré zaužívané žiarovky. Za týmto faktom je jednak cena nových svetelných zdrojov a ich nespojité spektrum, čo užívatelia vnímajú ako keby náhradný svetelný zdroj svietil slabšie. Ako príklad je uvedená Tab. 1 nižšie, kde sú zobrazené percentuálne hodnoty, podielov jednotlivých svetelných zdrojov na osvetlenie rozličných priestorov vo svete.

Tab. 1- Podiel jednotlivých svetelných zdrojov v osvetľovaní rozličných priestorov (2010) [9]

	Obytné priestory	Komerčné priestory	Priemyselné priestory	Vonkajšie priestory
<i>Klasická žiarovka</i>	78.8%	4.8%	0.2%	4.5%
<i>Halogenidová výbojka</i>	6.4%	3.8%	0.0%	2.2%
<i>Kompaktné žiarivky</i>	8.4%	4.9%	0.1%	1.0%
<i>Lineárne žiarivky</i>	5.4%	71.8%	46.9%	6.8%
<i>Vysokotlakové výbojky</i>	0.1%	14.2%	52.8%	83.0%
<i>Ostatné</i>	1.0%	0.5%	0.1%	2.5%

Podiely sú definované v časti svetelného výkonu (v lúmenoch na hodiny), ktorý poskytuje každý typ svetelného zdroja. "Ostatné" zahŕňajú svetlo emitujúce diódy (LED), rovnako aj svetlo z ostatných svietidiel napríklad z optických vlákien, indukčných lúčok a lúčok s neznámymi vlastnosťami [9].

Vyššie uvedená tabuľka je síce z roku 2010 a môže skresľovať dnešné pomery, ale markantné zmeny v používaní svetelných zdrojov, čo sa týka najmä domácností, nie sú zatiaľ viditeľné.

Z údajov Tab. 1 nie je možné povedať koľko rozličných svetelných zdrojov pripadá na jednu domácnosť. Preto sa vytvorila Tab. 2, kde sú porovnané použité svetelné zdroje v rokoch 1990 a 2008 práve pre jednu domácnosť. Ako aj z uvedených rokov vyplýva nejedná sa o súčasný stav, ale ako bolo spomínané vyššie nie je vidieť výrazný rast v používaní LED, alebo kompaktných svetelných zdrojov v priemernej domácnosti [10].

Tab. 2- Porovnanie počtu svetelných zdrojov v priemernej domácnosti v rokoch 1990 a 2008[10]

Svetelný zdroj	Rok	
	1990	2008
<i>Klasická žiarovka</i>	29,4	20,4
<i>Kompaktná žiarivka</i>	0	6,6
<i>Halogenidová výbojka</i>	0,9	2,5
<i>Výbojky</i>	1,6	2,7
<i>LED</i>	0	0,6

3 ENERGETICKÉ POŽIADAVKY NA OSVETĽOVACIE SYSTÉMY V MALÝCH APLIKÁCIÁCH

3.1 DEFINÍCIA MALÝCH APLIKÁCIÍ

Stavebný zákon č. 183/2006 Sb. nemá definovaný pojem malé aplikácie ako obytný priestor, ale je v ňom definovaný pojem „jednoduchá stavba“. Aby stavba mohla považovať za „jednoduchú stavbu“, musí spĺňať nasledujúce body [11]:

- a) Bytové budovy, kde zastavaná plocha nepresahuje 300 m^2 , majú jedno nadzemné podlažie, môžu mať jedno podzemné podlažie a podkrovia,
- b) Stavby na individuálnu rekreáciu,
- c) Prízemné stavby a stavby zariadenia staveniska, ak ich zastavaná plocha nepresahuje 300 m^2 a výšku 15 m
- d) Oporné múry,
- e) Podzemné stavby ak ich zastavaná plocha nepresahuje 300 m^2 a hĺbku 6 m.

3.2 ENERGETICKÉ POŽIADAVKY NA OSVETLENIE

Osvetlenie budov vo svojej podstate musí splniť požiadavku na úsporu elektrickej energie. To znamená, že na určitú plochu musí svietivosť svetelného zdroja dosahovať určitú hodnotu tak, aby sa predišlo plytvaniu energie. Nesmie sa však zachádzať do extrémov a jednoducho nezmenšovať spotrebu elektrickej energie na úkor svetelnej pohody. Jedným spôsobom ako zmenšovať energetické nároky na osvetľovanie, je vhodne využívať denné svetlo.

3.2.1 Spotreba a úspora elektrickej energie na svietenie

- Spotreba

Energia využívaná na osvetľovanie, výrazne ovplyvňuje spotrebu elektrickej energie hlavne v dobe zimných mesiacov a energetických špičiek. Nasledujúce údaje sú vzťahované na jeden rok v priemernej domácnosti. Z meraní vyplýva, že za najväčšou spotrebou elektrickej energie stoja chladnička, mraznička a osvetlenie. A keďže je tento projekt zameraný na osvetlenie, úspora energie sa zameria práve na účinnejšie svetelné zdroje. V priemernej domácnosti sa spotrebuje na svietenie približne 15 až 20 % elektrickej energie. Vychádzajúc zo svetelnej pohody a optimálnej kvality osvetlenia pre určitú činnosť sa vyberajú vhodné svetelné zdroje. Výber vhodného svetelného zdroja je dnes už jednoduchá záležitosť. Vychádza sa z informácií uvedených na obale, takzvanej energetickej hospodárnosti žiarovky.

Najvyužívanejšie zdroje svetla v domácnosti a ich energetická hospodárnosť je orientačne znázornená na Obr. 8.

Keďže sa jedná o spotrebu, je dobré uviesť aj tabuľku energetických tried svetelných zdrojov v porovnaní s klasickými žiarovkami. Tieto hodnoty vychádzajú z poznatkov a meraní efektívnosti spomenutých zdrojov svetla medzi rokmi 2009 až 2012 v EÚ, a sú uvedené v Tab. 3. Z energetickou triedou je spojená aj úspora energie, pri použití iných svetelných zdrojov, ako sú klasické žiarovky. Tieto hodnoty úspor v percentách sú uvedené taktiež v Tab. 3 [8].

Tab. 3- Porovnanie svetelných zdrojov vztiahnutú na účinnosť klasickej žiarovky (2009-2012) [8]

Zdroj svetla	Úspora energie	Energetická trieda
Obyčajná žiarovka	-	E, F, G
Žiarivky napájané s 230V napätím	0-15 %	D, E, F
Žiarivky napájané s 12V napätím	25 %	C
Halogenidová výbojka plnená xenónom	25 %	C
Nízko svietivé LED	65 %	B
Kompaktné žiarivky	75 %	A
Vysoko svietivé LED	80 %	A



Obr. 8- Energetická hospodárnosť najvyužívanejších svetelných zdrojov [8].

Nižšie uvedená Tab. 4 obsahuje porovnanie štyroch najčastejších svetelných zdrojov používaných v domácnostiach a to klasickej, halogénovej, kompaktnej žiarivky a LED (Obr. 8). Aj keď z Tab. 1 vyplýva, že ľudia ešte stále najčastejšie svietia obyčajnými žiarovkami a ostatné svetelné zdroje ostávajú v pozadí, považujeme v nasledujúcom praktickom príklade za vzťažné hodnoty parametre LED svetelných zdrojov. Aby sa výsledky až tak nerozhádzali, volil sa svetelný tok všetkých zainteresovaných svetelných zdrojov približne 700 lm. Uvedené hodnoty sa určili pri priemernej 5 hodinovej dennej prevádzke svetelných zdrojov.

Tab. 4- Príklad spotreby elektrickej energie pri využití rozličných druhov svetelných zdrojov [12]

	Jednotky	Klasická žiarovka	Halogénová žiarovka	Kompaktná žiarivka	LED
Svetelný tok	[lm]	700	700	550-700	550-700
Príkon	[W]	60	42	13	7
Životnosť	[h]	1000	5000	8000	30 000
Počet vymedzených kusov za 30 000 hodín ¹	[ks]	30	6	4	1
Spotreba elektrickej energie za rok pri svietení 5 hodín denne	[kWh/r]	109,5	76,65	23,73	12,78

o Úspora

Ak je známa spotreba elektrickej energie na osvetlenie je možné určiť koľko, všeobecne peňazí, by sa dalo ušetriť pri súčasných cenách energie (Tab. 5). Hodnoty vychádzajú z poznatkov uvedených vyššie v Tab. 4, kde sa porovnávali štyri vybrané zdroje svetla, dostane určitú hodnotu nákladov a úspor za určitý počet rokov.

Tab. 5 prakticky a prehľadne zobrazuje hodnoty pri 5 hodinovej prevádzke svetelných zdrojov na určenie nákladov. Keďže ceny porovnávaných svetelných zdrojov sa v dnešnej dobe pohybujú na približne rovnakej úrovni, tak výpočet nákladov bude závisle na spotrebe elektrickej energie daného zdroja.

Tab. 5- Úspory elektrickej energie pri využití rozličných druhov svetelných zdrojov [12]

	Jednotky	Klasická žiarovka	Halogénová žiarovka	Kompaktná žiarivka	LED
Náklady na elektrinu za rok pri cene 0,174 €/kWh	[€/r]	19,1	13,34	4,13	2,22
Cena svetelného zdroja	[€/kus]	1	1,5	3,9	8,95
Ročné náklady	[€]	21,1	16,34	8,03	11,17

¹ Tento údaj sa vzťahuje na životnosť kvalitných LED svetelných zdrojov s uvažovaním priemerne udávanej životnosti 30 000 hodín.

Ako aj z uvedených údajov vyplýva najväčšia úspora sa dosiahne pri použití kompaktnej žiarivky a LED svetelného zdroja. V porovnaní s klasickou žiarovkou úspory za rok činia pri kompaktnej žiarovke 13,07 € a pri LED 9,93 €. Aj keď sa zdá, že by bolo výhodné použiť kompaktné žiarivky vďaka vyšším úsporám počas jedného roka, ale okrem nižšej životnosti majú kompaktné žiarivky ďalší, a nie malý, mínus. A to je fakt, že obsahujú ortuť, aj keď nie vo veľkom množstve. EÚ ustanovila množstvo ortuti v jednej kompaktnej žiarivke na 5 mg, čo sa môže zdať ako zanedbateľné. Avšak aj 1 mg ortuti dokáže znečistiť 5000 litrov pitnej vody. Veľké nebezpečenstvo hrozí vtedy, ak sa banka žiarivky rozbije a do okolia sa dostanú pary ortuti, a kontaminujú okolie a prostriedky, ktorými sa ju snažíme odstrániť.

Keďže projekt pojednáva o svetelných zdrojoch použitých v malých aplikáciách, kde sa používa akumulácia elektrickej energie, a energia na osvetlenie by mala výhradne pochádzať z OZE- Obnoviteľných zdrojov energie, ako sú fotovoltaické panely, bioplyn respektíve iné dostupné zdroje, zohráva úspora energie v takomto prípade významnú úlohu [12].

3.2.2 Výpočtové metódy celkovej ročnej energie pre osvetlenie

Kvantitatívny a kvalitatívny nárast na požiadavky umelého osvetlenia sa musí riešiť s maximálnou hospodárnosťou. Európsky parlament vyvolal vypracovanie normy EN 15193:2007, ktorá platí vo všetkých členských krajinách. Dokument špecifikuje kritéria a výpočtové metódy pre energetický audit rôznych typov budov v ľubovoľných lokalitách vo všetkých štátoch EÚ.

Na určenie celkovej ročnej energie na osvetlenie sa určuje rýchlou, podrobnou metódou a metódou meraní a pomocou LENI.

3.2.2.1 Rýchla metóda

Využíva celkové hodnotenie spotreby elektrickej energie budovy. Metóda sa využíva ak sú známe len spotreby elektrickej energie na osvetlenie. Pričom sa určí len spotreba elektrickej energie v porovnaní s referenčným objektom. Nejedná sa o metódu, ktorú je možno použiť na bilancovanie, alebo sa pomocou nej navrhovať úsporné opatrenia.

$$W_{light} = \frac{1}{2} \cdot A + P_n \cdot F_c \cdot F_o \cdot (t_D + F_{D'} + t_N) \quad [\text{kWh} \cdot \text{r}^{-1}] \quad (1)$$

,kde P_n - celkový inštalovaný príkon svietidiel [kW]; t_D - doba využitia denného svetla [h/r]; t_N - doba využitia bez denného svetla [h/r]; $F_{D'}$ - činiteľ využitia denného svetla [-]; F_o - činiteľ obsadenia budovy [-]; F_c - činiteľ konštantného osvetlenia [-]; A - celková plocha budovy [m²].

3.2.2.2 Podrobná metóda

Umožňuje komplexnejšie analyzovať spotrebu elektrickej energie na osvetlenie nielen ako celku, ale je možné ju deliť na rôzne zóny, miestností a priestory. Metóda umožňuje získať prehľad o podiele spotreby elektrickej energie na svietenie v jednotlivých miestnostiach. Na rozdiel od

rýchlej metódy je táto metóda presnejšia, čo však prináša ja komplikovanosť jej výpočtu, keďže sa stanovujú koeficienty prenikania, dostupnosti denného svetla, stanovenie hodín činností s využitím denného svetla, a členenia budov na zóny. Je možné ju použiť v akomkoľvek období a umiestnenia za predpokladu, že je predpovedané úplné stanovenie obsadenie a dostupnosti denného svetla.

$$W_{light} = \left\{ (P_{pn} \cdot t_p) + \sum P_n \cdot [(t_D \cdot F_D \cdot F_o) + (t_n \cdot F_o)] \right\} \text{ [kWh} \cdot \text{r}^{-1}] \quad (2)$$

3.2.2.3 Metóda meraním

Oproti predchádzajúcim dvom metódam, sa spotreba elektrickej energie pomocou metódy meraním dá určiť len u existujúcich budov. Metóda je časovo náročná a využíva sa priebežné monitorovanie spotreby.

Metódy uvedené vyššie sa najčastejšie používajú pre určenie spotreby energie pre kancelárie, výrobné haly, nemocnice, hotely, reštaurácie, predajne. Na určenie týchto parametrov pre rodinné domy sa využíva metóda LENI.

3.2.2.4 LENI

LENI- Lighting Energy Numeric Indicator, čiže číselného energetického ukazovateľa pre osvetlenie, uvádza jednotné kritérium plošnej spotreby energie na svietenie v budove za ročné obdobie. Vzorec uvádza pomer celkovej ročnej spotreby elektrickej energie na svietenie W a celkovej úžitkovej plochy A .

$$LENI = \frac{W}{A} \text{ [kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{r}^{-1}; \text{kWh, m}^{-2}] \quad (3)$$

Číselný energetický ukazovateľ pre osvetlenie LENI nemusí byť presný. Môže vzniknúť takzvané skreslenie skutočnej hodnoty LENI. Je to spôsobené tým, že pri určovaní sa do výpočtu zahrňuje aj vonkajšie osvetlenie, do ktorého patria osvetlenia parkoviska, záhrad, bezpečnostné osvetlenie atď. Tieto systémy môžu spotrebovať značný podiel energie na osvetlenie, a pre je treba rešpektovať, že sú napájané z budovy, ale nie sú začlenené do výpočtu LENI.

LENI sa používa na zrovnávanie energie pre osvetlenie v budovách, ktoré majú podobné funkcie, ale rôzne rozmery a usporiadania. Hodnotia sa z hľadiska energetické náročnosti. Avšak nie je možné použiť hodnoty LENI ako príklad pre návrh osvetlenia nových alebo rekonštruovaných svetelných sústav. Preto táto metóda slúži len pre hodnotenie nárokov umelého osvetlenia na elektrickú energiu.

Na účely výpočtu LENI by sa mala merať spotreba pre jednotlivé osvetlenia oddelene, aby sa získali presnejšie ukazovateľov účinnosti ovládání. Metódy, ktoré je vhodné použiť pre zistenie spotreby, sú nasledovné:

- Činné elektromery v osvetľovacích obvodoch
- Merače príkonu prepojené s ovládačmi

- Systém riadenia osvetlenia, ktorý dokáže vypočítať spotrebu energie a predá ju riadiacemu systému budovy
- Systém riadenia osvetlenia, ktorý dokáže vypočítať spotrebu energie pre časti budovy a predá informácie riadiaceho systému budovy
- Systém riadenia osvetlenia, ktorý sleduje proporcionality a zaznamenáva ich vo svojej internej databáze

Merané hodnoty príkonu sa musia predať riadiacemu systému budovy na ďalšie spracovanie. Následné spracované hodnoty sú vzorom, ktorý sa použije ako kalibračné údaje, ktoré sa následne použijú na porovnanie so skutočnou spotrebou budovy.

V inteligentných inštaláciách sa možné spoločné diaľkové meranie. Je však potreba úplne oddeleného systémov rozvodu energie.

Informačné počiatočné hodnoty LENI sa určili preto, aby sa jednoduchšie určila spotreba energie. S ohľadom na zavedenie tohto postupu je nutné predpokladať, že koeficienty sa upresňujú s poznatkami nových svietidiel a svetelných zdrojov a ďalej s existujúcich poznatkov hodnôt LENI. Informačné hodnoty LENI sú uvedené v tabuľkách pre jednotlivé typy budov a to :

- rodinné domy
- obytné domy
- administratívne budovy
- budovy pre obchodný účel
- hotely
- reštaurácie
- školy
- nemocnice
- športové zariadenia

Keďže je práca zameraná na osvetlenie obytných, rodinných budov respektíve chat preto nasledujúce tabuľky definujú informačné hodnoty LENI pre nich.

Tab. 6- Informačné hodnoty LENI pre rodinné domy[13],[14],[15]

Zóna 1	Normovaný byt- 200 m ²		LENI	320 kWh . r ⁻¹
	plocha	71,5 m ²		
	Svetlá výška	2,8 m		
Zóna 2	Zázemie (plochy kde sa nekúri t. j. nad a pod povrchom)		LENI	45 kWh . r ⁻¹
	Svetlá výška	2 - 2,8 m		

Objekty rodinných domov s väčšou plochou bytu (do 150 m²) avšak rovnakej svetlej výšky, sa môžu posudzovať pomocou upravenou hodnotu LENI, a to percentuálnym pomernom posudzovaného bytu k normovanému bytu. Toto platí pre obe zóny.

Tab. 7- Informačné hodnoty LENI pre obytné domy[13],[14],[15]

Zóna 1	Normovaný byt- 200 m ²		LENI	317 kWh . r ⁻¹
	plocha	71,5 m ²		
	Svetlá výška	2,8 m		
Zóna 2	Spoločné priestory, technické poschodie (nevykurované plochy nad a pod povrchom) vzťahnuté k jednému poschodiu		LENI	68,38 kWh . r ⁻¹ , poschodie
	Svetlá výška	2,8 m		

Objekty rodinných domov s väčšou plochou bytu (do 150 m²) avšak rovnakej svetlej výšky, sa môžu posudzovať pomocou upravenou hodnotu LENI, a to percentuálnym pomernom posudzovaného bytu k normovanému bytu. Toto platí pre obe zóny.

Ak sú v objekte podzemné spoločné garáže, tieto priestory sa dajú hodnotiť ako administratívne budovy

3.2.3 Praktické príklady numerického ukazovateľa LENI

Číselný ukazovateľ energie pre osvetlenie LENI pre jednotlivé svetelné zdroje pri použití rozličných odrazových plôch a rozličných svetelných zdrojov. Príklady výsledkov LENI pre navrhnutý jednoduchý objekt sú uvedené nižšie v nasledujúcej Tab. 8. Tieto hodnoty sa získali z programu RELUX® pre jednoduchý priestor, osvetlený štyrmi rozličnými svetelnými zdrojmi (uvedené v Tab. 4). Konkrétne sa jedná o štyri miestnosti a to kúpeľňa, kuchyňa, spálňa, obývačka. Každá z týchto miestností ma rozličný charakter odrazivosti a využitia z čoho vyplýva, že je možné porovnať rozličné ukazovatele LENI.

Tab. 8- Numerický ukazovateľ energie osvetlenia pre rozličné typy miestností s použitím rozličných elektrických zdrojov

Typ svetelného zdroja		Typ miestnosti			
		Kuchyňa	Kúpeľňa	Spálňa	Obývačka
	LENI	[kWh . m ² . r ⁻¹]			
	<i>Klasická žiarovka</i>	109,5	60,22	54,75	28,74
	<i>Halogénová žiarovka</i>	76,65	42,16	38,32	20,12
	<i>Kompaktná žiarivka</i>	23,72	13,05	11,86	6,23
	<i>LED</i>	12,77	7,03	6,39	3,35

3.2.3.1 Popis tvorby jednotlivých miestností

Výpočet bol realizovaný v programe RELUX®, použili sa rozličné difúzne plochy pre všetky miestnosti. V kuchyni sú dve steny osadené lesklými svetlými kachličkami s odrazivosťou $\rho=80,9\%$, druhé dve steny a strop sú natreté s matnou bielou farbou s odrazivosťou $\rho=97,4\%$. Pre podlahu sa použili kachle so svetlým lesklým odtieňom s odrazivosťou $\rho=65,3\%$.

Ďalej kúpeľňa ma steny a dlážka sú tvorené kachľami, ktoré majú odrazivosť $\rho=85,5\%$ pre stenu a $\rho=43,1\%$ pre podlahu. Strop je natrený matnou bielou s $\rho=97,4\%$.

Steny spálne sú tvorené dreveným obkladom z dubu a majú odrazivosť $\rho=28,9\%$. Podlaha je tvorená kobercom o odrazivosti $\rho=25,5\%$ a strop má bielu matnú farbu s $\rho=97,4\%$.

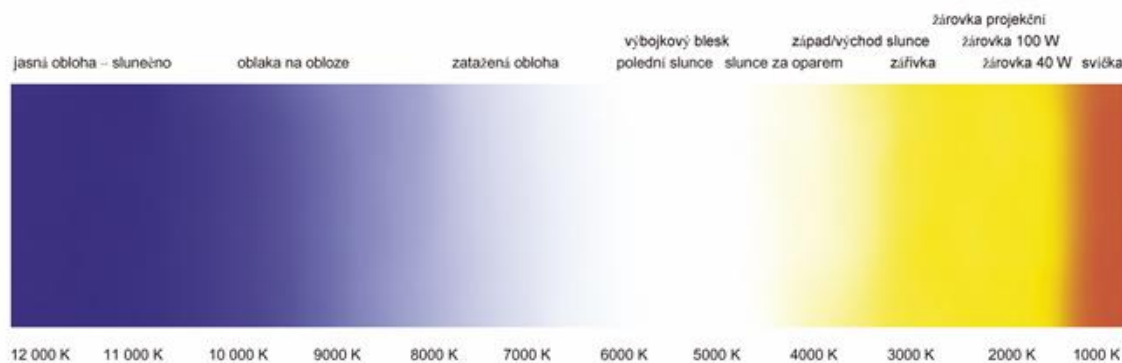
Steny obývačky sú natrené lesklou maľovkou s odrazivosťou $\rho=79,5\%$. Strop je natretý bielou matnou maľovkou s odrazivosťou $\rho=97,4\%$ a dlážka je tvorená drevenou parketou, ktorá má odrazivosť $\rho=57,8\%$.

Jednotlivé miestnosti a ich osvetlenia sú zobrazené v prílohách: *Príloha 1, Príloha 2, Príloha 3, Príloha 4*. Osvetlenie je len názorné a nezodpovedá hygienickým normám na osvetlenia meraných plôch. Avšak to ani nebolo účelom tohto praktického príkladu. Týmto príkladom sa určili ukazovatele LENI.

4 VÝBER VHODNÝCH KOMPONENTOV PRE OSVETĽOVACIE SYSTÉMY V APLIKÁCIÁCH S AKUMULÁCIOU ELEKTRICKEJ ENERGIE

V dobe keď sa všetky žiarovky vyrábali rovnakou technológiou, označovali sa žiarovky veľkosťou príkonu. A z toho vyplýva, že žiarovka 60W vyrobí viac svetla ako žiarovka 40W. Avšak príchodom nových technológií sa situácia zmenila. Dnes na každom obale svetelných zdrojov je informácia o intenzite svetla, ktoré je schopné vyrobiť pri plnom výkone. Udáva sa v lúmenoch, ktorá slúži ako spoľahlivý parameter pri výbere. Na osvojenie skutočnosti, že pri výbere svetelného zdroja, nemá hľadiť len na príslušný „výkon“, ale aj svietivosť. Jednoduchý vzorec na prepočet „výkonu“ na svietivosť nejestvuje, pretože čím je príkon žiarovky vyšší tým efektívnejšie pracuje. Napríklad ak sa porovná osem 5 W žiaroviek a jedna 40 W, tá skupina ôsmich vyrobí len polovicu svetla ako jedna 40 W. Na osvetlenie nejakého priestoru je preto treba vhodne zvoliť svetelný zdroj, ktorý bude adekvátne slúžiť na osvetlenie.

Ďalším faktorom pri výbere svetelného zdroja, je kvalita a farba svetla (farebná teplota). V dnešnej dobe sa každá technológia výroby svetelných zdrojov prináša aj rozličné podanie farieb a kvalitu jednotlivých zdrojov. Ak sa vezme žiarovka alebo žiarivka výrobcovia farebné podanie označujú ako „teplé“ a „studené“. „Teplé svetlo“ má nažltnú farbu a pôsobí tlmeným dojmom. Naopak „studené svetlo“ má modrastý nádych je ostrejšie a jasnejšie. Pojmy „teplé“ a „studené“ sú veľmi subjektívne, na škatuliach svetelných zdrojov výrobcovia udávajú túto hodnotu v Kelvinoch. Táto hodnota sa nazýva teplota chromatičnosti, ktorá udáva vzhľad a celkový pocit, ktorý vyvolá svetlo z daného svietidla. Hodnoty v rozsahu 2700 až 3300 K patria do teplého spektra. Studené svetlo je za hranicou 5000 K. Prirodzené denné svetlo má hodnotu 6500 K (Obr. 9). Uprednostňuje sa používať na osvetlenie obytných priestorov teplé svetelné tóny, pričom studené sa používajú na osvetlenie pracovných plôch ako je kuchynská linka, písací stôl atď.



Obr. 9- Stupnica „farebnej teploty“ podľa Kelvina [1]

Svetelné zdroje obsahujú aj informáciu o farebnom spektre, čo znamená, že koľko percent farebného spektra dokáže pokryť. Táto hodnota sa označuje „Ra“ a mala by sa pohybovať v rozsahoch od 70 do 100 %. Najvyššie „Ra“ majú klasické a halogénové žiarovky, ďalej LED a na koniec kompaktné žiarivky, ktoré majú navyše aj nespojité spektrum.

Na výrobkoch je informácia aj o obmedzeniach, týkajúcich sa použitia svetelných zdrojov. Rozsah pracovných teplôt je jedným z nich. Kým klasické žiarovky takmer nereagovali na teplotné výkyvy, svetelné zdroje vyrábané dnes sú na tento extrém citlivé. Udáva sa takzvaná maximálna a minimálna pracovná teplota. Tým sa obmedzujú hlavne použitie určitého typu svetelného zdroja len v interiéri, pričom iný typ je vhodné použiť v interiéri ako aj exteriéri. Napríklad halogénové žiarovky sú bez obmedzenia, LED svetelné zdroje majú svoje maximum a žiarivky majú svoje maximum ale aj minimum. Prekročenie týchto obmedzení razantne znižuje životnosť a v nízkych teplotách sa môžu znížiť aj účinnosti svietenia.

Ďalším obmedzením je skutočnosť, že niektoré zdroje potrebujú na dosiahnutie maximálneho jasú určitý čas. Platí to hlavne pre kompaktné žiarivky, na dosiahnutie maximálneho jasú potrebujú aj niekoľko minút. Na škatuliach preto výrobcovia uvádzajú informáciu o čase za aký sa rozžiari na 60 % svojho výkonu. Pri krátkodobom svietení sa používateľovi môžu zdať ako menej svietivé.

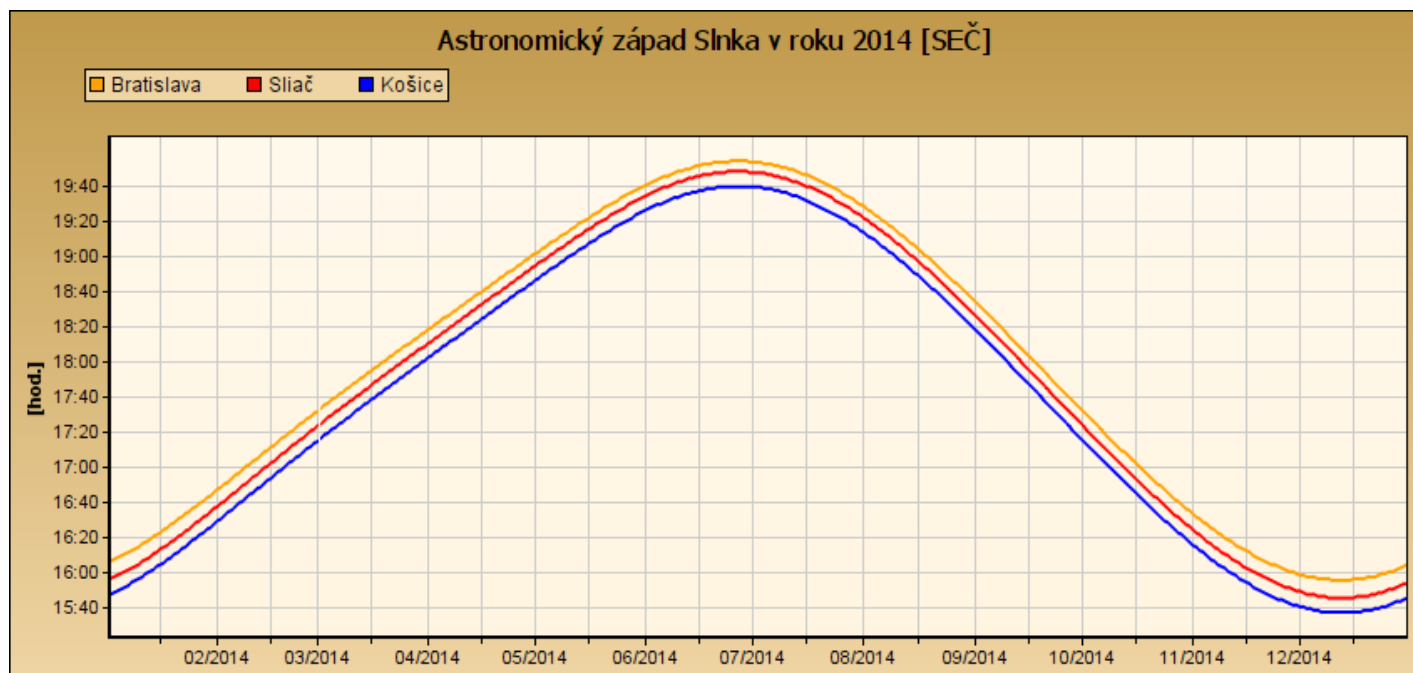
Avšak ani jeden svetelný zdroj nie je schopný po celej dobe svojej životnosti zachovať svoj výkon. Časom sa tieto svetelné zdroje opotrebojú natoľko, že budú vyrábať len polovicu svetla z toho, čo na začiatku. Neexistuje však overený spôsob, ktorým by opotrebovanie, a tým pádom znižovanie výkonu, hodnotila rovnako u každého svetelného zdroja. Porovnaním štandardnej a halogénovej žiarovky sa dospelo že sa štandardné opotrebojú rýchlejšie. Pričom kompaktné žiarivky sa opotrebojú rýchlejšie ako LED.

Spínacie cykly svetelných zdrojov je ďalším obmedzením, ktoré je treba rešpektovať pri výbere. Na obale jednotlivých svetelných zdrojov je toto uvedené číslo. Najviac sú náchylné na tento jav zdroje, ktoré obsahujú nejakú elektroniku. Teda kompaktné žiarivky a LED žiarovky. Tam, kde sa očakáva častejšie rozsvetovanie na kratšie časové intervaly tento údaj rozhoduje.

Z uvedených faktorov je už len na používateľovi, aký svetelný zdroj použije v priestoroch, v závislosti na tom, na čo sú jednotlivé priestory používané.

4.1 VÝBER SVETELNÉHO ZDROJA

Keďže projekt je zameraný na malé aplikácie, kde sa predpokladá, že bude nanajvýš 2 až 3 miestností. Predpokladá sa, že do každej z miestností sa nainštaluje jedno alebo skupina vhodných svietidiel s potrebným množstvom svetelných zdrojov. Výnimku môžu tvoriť tie miestnosti, kde sa nachádzajú pracovné plochy, ktoré je nutné osvetliť zvlášť. Pre zníženie spotreby je treba uvažovať a vybrať zdroj, tak aby bolo zaistené svietenie v každej z miestností približne 3 až 4 hodín. Tento údaj vyplynul z údajov SHMÚ, astronomického západu Slnka pre rok 2014, zobrazený na *Obr. 10*. Z ktorého je možné zistiť, že priemerný čas západu Slnka za kalendárny rok je 17:56 zaokrúhlene 18:00 hodín. Tento údaj, ako aj z *Obr. 10* vyplýva, je len orientačná hodnota, ešte aj na rovnakom území sa hodnoty líšia avšak len v minútach.



Obr. 10- Údaje o astronomickom západe Slnka pre rok 2014 [19]

Ďalší aspektom je to, aby bolo možné zásobovať osvetlenie z batérii, UPS alebo priamo z fotovoltaiického panelu. Vzhľadom na adekvátnu náhradu žiarovky s výkonom 60 W, ktorej použitie by bolo najvhodnejšie na osvetlenie daných priestorov, by sa mali vybrať vhodné svetelné zdroje. Tab. 9 zobrazuje vhodné náhrady svetelných zdrojov namiesto klasickej žiarovky vzhľadom na veľkosť svetelného toku.

Tab. 9- Porovnanie svetelných zdrojov vzťahnuté na jednotku svetelného toku [17]

Svetelný tok [lm]	Príkon [W]			
	Klasická žiarovka	Halogénová žiarovka	Kompaktná žiarivka	LED žiarovka
200	25	20	5	2,5
450	40	28	9	4
700	60	42	12	6
900	75	52	17	8
1300	100	70	20	10

Do úvahy prichádzajú zdroje ako aj s napäťovými hladinami 230 V striedavých, ale aj zdroje s nižším napätím 12V, či už jednosmerných alebo striedavých.

Výhodou využitia zdrojom o hladine 230 V je ich dostupnosť na trhu a rozmanitosť. Ale napriek tomu pri využití v tejto konkrétnej aplikácii s akumuláciou elektrickej energie, sa javia ako nadbytočné. Totižto tieto zdroje by museli, pri napájaní z batérii respektíve fotovoltaiiky, využívať prídavnú elektroniku. A tým by vznikali straty, ktoré by sa museli odzrkadliť v navýšení dodávky elektrickej energie so systémov akumulácie. Ďalej aj keby neboli tieto zariadenia zaťažené, boli by v režime STAND BY, stále by spotrebovali elektrickú energiu.

Jedná sa o meniče, transformátory a ďalšiu prípadnú elektroniku. Pri použití tejto hladiny je nutné ju chrániť pred poruchami istiacimi prvkami. Pridaním ďalšej elektroniky do obvodu osvetlenia vzniká ďalší poruchový bod, ktorý môže ovplyvniť funkciu osvetľovacieho systému. Avšak v dnešnej dobe sa vyrábajú zariadenia, ktoré pri správnom zaťažení a použití majú vysokú spoľahlivosť a životnosť.

Pri použití zdroja s nižšou napäťovou hladinou t. j. 12 V, 24 V respektíve 48 V, oproti vyššie spomínaným zdrojom majú nižší svetelný tok. Tieto nízkonapäťové zdroje sa najčastejšie navrhnuté ako bodové svetelné zdroje. To znamená, že osvetľujú len malú oblasť priestoru. A preto sa používajú na osvetlenie pracovných plôch, stolov, liniek. Pre osvetlenie priestoru, by bolo nutné použiť viac týchto zdrojov, na zaistenie svetelnej pohody. Vzhľadom na rozmery budov a spotrebu týchto typov zdrojov, na ktoré je tento projekt zameraný, tento fakt nie je veľkou nevýhodou. V konkrétnom prípade, keď na napájanie sa použijú batérie a fotovoltaické panely, je jednoduchšie napájať tieto nízkonapäťové zdroje priamo, bez využitia elektroniky, ako pri vysokonapäťových.

Vzhľadom na vyššie uvedené výhody a nevýhody jednej či druhej napäťovej hladiny, boli vytvorené tabuľky so svetelnými zdrojmi, ktoré je možno do projektu využiť. Zoznam vybraných a porovnaných zdrojov, je uvedený v Tab. 10, kde sa uvádzajú svetelné zdroje, ktoré majú porovnateľný parametre s klasickou žiarovkou. Ako vzťažná hodnotu na výber svetelných zdrojov sa volila klasická 60 W žiarovka so svetelným tokom okolo 700 lm. Ďalej sa volili také SVZ ktoré majú päťicu buď E14 alebo E27 a to z hľadiska ich jednoduchosti inštalovania a nezameniteľnosti. V Tab. 11 sú taktiež uvedené zdroje, ktoré však využívajú napäťovú hladinu 12 V AC/DC a jedná sa hlavne o LED svetelné zdroje. Výhodou je, že nepotrebujú meniče, a môžu sa napájať priamo z batérii, fotovoltaiky.

Tab. 10- Použiteľné svetelné zdroje (230V~) na osvetlenie v malých aplikáciách [17]

Model	Typ	Φ	P	Päťic a	Rýchlosť nábehu	TC	Teplota farby	τ	CRI
	-	Lm	W	-	s	K	-	h	-
Žiarovka 60W E27 230V~	Žiarovka	710	60	E27	okamžite	2700	Teplá biela	1000	100
Halogénová Žiarovka E27 42W	Halogén	580	42	E27	okamžite	2750	Teplá biela	2000	100
Osram Star E27,11W	Žiarivka	650	11	E27	<20	2700	Teplá biela	6000	>80
Megaman Helix E14,11W-SB	Žiarivka	630	11	E14	<30	6500	Studená biela	10000	>80
Sygonix E27, 11W	Žiarivka	605	11	E27	<60	2700	Teplá biela	10000	>80
Megaman Spirax E27, 11W	Žiarivka	570	11	E27	<15	2700	Teplá biela	10000	>80
Megaman Liliput E27, 11W	Žiarivka	600	11	E27	<45	2700	Teplá biela	10000	>80
Megaman Liliput Plus, 11W	Žiarivka	630	11	E27	<30	6500	Studená biela	10000	>80

Megaman Helix E14, 11W-DB	žiarivka	700	11	E14	<30	4000	Denná biela	10000	>80
Žiarovka LED E27 10W-SB	LED	805	10	E27	okamžite	6500	Studená biela	25000	>80
Žiarovka LED E27 10W BC-DB	LED	900	10	E27	okamžite	4200	Denná biela	30000	>80
Žiarovka LED E27 16W-DB	LED	1440	16	E27	okamžite	4200	Denná biela	25000	>80
Žiarovka LED E27 7W-TB	LED	630	7	E27	okamžite	2700	Teplá biela	30000	>80
Žiarovka LED 23SMD E14-TB	LED	230	2,6	E14	okamžite	3000	Teplá biela	30000	>80
Žiarovka LED E14 7W G45-TB	LED	630	7	E14	okamžite	2700	Teplá biela	30000	>80
Žiarovka LED E14 7W G45-DB	LED	630	7	E14	okamžite	4200	Denná biela	30000	>80
Žiarovka LED E14 R50-SB	LED	350	6	E14	okamžite	6000	Studená biela	20000	>80
Žiarovka LED E14 5W G45-TB	LED	450	5	E14	okamžite	2700	Teplá biela	30000	>80

Tab. 11- Použiteľné svetelné zdroje (12V~/=) na osvetlenie v malých aplikáciách [17]

Model	Typ	Φ	P	Pätica	Rýchlosť nábehu	U	TC	Teplota farby	τ	δ	CRI
	-	Lm	W	-	S	V	K	-	h	°	-
LED60 SMD MR16-WW	LED	260	3,3	GX5,3	okamžite	12 AC/DC	2900÷3500	Teplá biela	20000	120	>80
LED24 SMD MR16-WW	LED	270	3	GX5,3	okamžite	12 AC/DC	2700÷3200	Teplá biela	30000	120	>75
LED60 SMD MR16-CW	LED	260	3,3	GX5,3	okamžite	12 AC/DC	6200÷6800	Studená biela	20000	120	>80
LED15 C MR16-WW-B	LED	380	4,5	GX5,3	okamžite	12 AC/DC	2700÷3200	Teplá biela	20000	120	>80
LED15 C MR16-CW-B	LED	390	4,5	GX5,3	okamžite	12 AC/DC	5700÷6300	Studená biela	20000	120	>80
LED Žiarovka 12V/5W	LED	400	5	E27	okamžite	12V DC	2700÷3200	Teplá biela	30000	240	>80
LED Žiarovka 12V/7W	LED	560	7	E27	okamžite	12 DC	2700÷3200	Teplá biela	30000	240	>80
MEGAMAN DC-ESL MM 170	žiarivka	600	11	E27	-	12 DC	2700	Teplá biela	10000	-	>80
MEGAMAN DC-ESL MM 171	žiarivka	900	15	E27	-	12 DC	2700	Teplá biela	10000	-	>80
POWERLED MR 16 -SB	LED	90	3	GU5,3	okamžite	12 AC/DC	6000÷6500	Studená biela	40000	25	-
POWERLED MR 16 -TB	LED	100	3	GU5,3	okamžite	12 AC/DC	2300÷3200	Teplá biela	40000	25	-
LED MR 16 4/24, 5/24, 6/24	LED	300, 350, 450	4	GU5,3	okamžite	12 AC/DC	3000	Teplá biela	30000	38	>75

V tabuľkách vyššie sa porovnávali parametre ako svetelný tok, výkon, rýchlosť nábehu, teplota chromatičnosti a s ňou spojená teplota farby, životnosť a nakoniec index podania farieb.

Každý z týchto zdrojov je možné použiť na osvetlenie vybraného priestoru. Ako aj z výsledkov Tab. 5 vyplýva, na dosiahnutie najväčších úspor, sa použijú žiarivky a LED svetelné zdroje. Avšak to nie je jediný aspekt, všetky hore uvedené zdroje majú aj fyziologické účinky na ľudské telo.

4.1.1 Fyziologické účinky SVZ na zdravie

Všetky domové rozvody, káble spotrebičov (ak sú pripojené do zásuvky), ale aj svetelné obvody (aj keď sú svetlá vypnuté) vyžarujú elektrické pole. Pokiaľ sú spotrebiče zapnuté vyžarujú aj magnetické pole. Dovolené hodnoty elektrického a magnetického poľa v miestnostiach, kde sa trávi veľa času, by mali dosahovať 150 nT v prípade magnetického poľa respektíve veľkosť elektrického poľa pod 5V/m. Je preukázateľné, že vyššie úrovne sú spojené so zdravotnými problémami.

Samotné obyčajné žiarovky ale aj halogénové žiarovky nespôsobujú problémy s elektromagnetickými poľami. Používajú relatívne malé prúdy a nízke frekvencie. Avšak väčší problém ohľadne osvetlenia spôsobujú práve vodiče. Avšak pri použití napájania s jednosmerným napätím sa v okolí vodičov nevytvára problematika elektromagnetického poľa. Napriek tomu pri použití halogénových žiaroviek s malým napätím vyžaduje oveľa viac prúdu a tým pádom vytvára vyššie magnetické pole. Väčšina týchto nízkonapäťových zdrojov využíva vstavané transformátory, ktoré produkujú vysoké hodnoty magnetických polí. Problém s vysokými hodnotami elektromagnetického žiarenia však nenastáva v miestnostiach, kde je umiestnené svietidlo, ale práve v miestnostiach nad inštalovaným zdrojom. Zníženie hodnôt elektrických polí pri použití halogénových svetelných zdrojov, sa dá dosiahnuť, pripojením svietidla k bezpečnostnej elektrickej zemi.

Elektromagnetické žiarenie u energeticky úsporných žiaroviek je výrazne ovplyvnené ich princípom funkčnosti. Aby tieto zdroje šetrili energiu využívajú spínanie cca 10 000 krát za sekundu. Okrem toho, že produkujú vysoko lokalizované magnetické pole, vplyvom vysokého cyklu zapínania za sekundu sú jedným z najväčších vinníkov vzniku prechodových prúdov. Tieto zdroje vyžarujú vyššie frekvencie pola zvyčajne 32 kHz, čo je v rozmedzí stredných frekvencií definovaných WHO svetovou zdravotníckou organizáciou (24-100 kHz). A vznikajú obavy o elektromagnetických rušeniach spojených práve s touto frekvenciou, a majú nepriaznivý vplyv na zdravie. Opierajúce sa o štúdie Havas a Stetzer z roku 2004 a Milham & Morgan z roku 2008 [20]. Navyše vedecký výbor EÚ pre vznikajúce a novo identifikované zdravotné riziká nedostatočne preskúmal pôsobenie týchto rušení v spojení s úsporných kompaktných žiaroviek. Dokument *Centre de Recherche et d'Information sur les Independantes Rayonnements ElectroMagnétiques (Criirem)* poukazuje, že úsporné žiarovky generujú elektromagnetické pole, ktoré je medzi hodnotami 2 až 180 V/m, pričom tieto hodnoty boli namerané vo vzdialenosti až 1 meter kompaktných žiaroviek. *Criirem* poukázal na to, že tieto zdroje svetla by sa nemali používať na príliš malé vzdialenosti t.j. nočné lampy. Avšak aj keby sa predpokladala výška osvetleného priestoru 2,7 m, pri zistených údajoch z tohto dokumentu by sa dalo predpokladať,

že všetci v tejto miestnosti stojací pod, alebo v jeho blízkosti by boli vystavený nepriaznivým žiareniam. Pri používaní kompaktných žiaroviek môžu vznikajú dermatologické príznaky, brnenie, svrbenie, začervenanie, pocity pálenia osobám, ktoré sú citlivé na tento druh žiarenia. Profesor Ollah Johanson a neurológ Dr. Larry Newman potvrdili, že za dermatologické problémy, ako aj bolesti hlavy, únava sú spojené s používaním kompaktných žiaroviek. Napriek tendencii znížiť spotrebu elektrickej energie na svietenie, sú fluorescenčné energetické úsporné žiarovky nemusia byť prínosom. Úspora energie nie je namieste, ak na druhej strane je zníženie zdravia. Elektronické obvody a ďalšie nebezpečné materiály hlavne ortuť. Výskum Davida Pye zo Salfordskej Univerzity v Manchesteri poukázal na vyžarovanie ultrazvuku pre dva rôzne žiarovky. Pri U- trubici zistil, že sa vyžaruje ultrazvuk o hodnote 27 kHz a stočená trubica 37 kHz. Pričom obe trubice vyžarovali ultrazvuk na druhej aj tretej harmonickej. Aj keď ultrazvuk nie je počuteľný pre ľudí, pre domáce zvieratá je počuteľný a je pre ne rušivé.

Negatívne vplyvy úsporných kompaktných žiaroviek na zdravie a životné prostredie:

- Úroveň elektrosmogu je zvyčajne vyššia ako je povolená hodnota pre obrazovky počítačov, vrátane harmonických skreslení, impulzov atď.
- Svetelné spektrum je chudobnejšej kvality, nehomogénne s dvoma až štyrmi úzkopásmovými farebnými vrcholmi.
- Obsahujú vysoké percento modrého (chladného) a ultrafialového svetelného spektra.
- Hodnota jasú väčšinou nezodpovedá hodnotám uvedených výrobcami, jeho intenzita môže časom slabnúť.
- Životnosť zdrojov sa znižuje zvyšujúcim sa počtom spínaní.
- Vzhľadom na to že sa zdroje prezentujú ako úsporné a majú znižovať spotrebu elektrickej energie, napriek tomu ich výrobná cena a tým spojená aj predajná cena, je približne 10x vyššia ako u obyčajných žiarovkách.
- Vzhľadom na to, čo obsahuje ich konštrukcia (lepidlá, ortuť 2 až 5 mg, fosfátové fluorescenčné nátery), sa radia medzi toxické SVZ, ktorých odstraňovanie a spracovanie je tiež nákladné. Napriek tomu väčšina z nich končí v smetnom koši.

Moderné a čím ďalej viac rozširujúce sa žiarovky so svetlom emitujúcimi diódami, patria medzi vysoko efektívne zdroje svetla, ekologicky neškodné. Napriek ich nezávadnosti môžu spôsobovať problémy ľuďom, ktorý trpia elektrosenzitivitou, vplyvom rádiových frekvenčného žiarenia. Použitím vnútorných spínacích regulátorov, spôsobujú impulzné elektromagnetické polia a tým spojené pulzujúce svetlo. Tieto problémy nevznikajú u samotných LED SVZ, ale používaním lacných napájacích zdrojov. Vznikajú, podobne ako u kompaktných žiarivkách, vysokofrekvenčné impulzy, ktoré môžu spôsobiť rovnaké zdravotné problémy ako pri využití kompaktných žiarivkách. CLED sú energeticky účinnejšie ako kompaktné žiarivky a nevytvárajú nežiaduce účinky na zdravie t.j. bez ultrafialového žiarenia, ortuti, elektromagnetického poľa, tvrdí profesorka Magda Havas.

4.1.2 Elektromagnetické žiarenie a melatonín

Nie je vhodné ak sa používa umelé osvetlenie viac ako 12 hodín denne, lebo takéto množstvo svetla zamedzuje tvorbu melatonínu v ľudskom tele. Je to hormón, ktorý je produkovaný prevažne v noci počas hlbokého spánku (v špičke medzi 1 a 3 hodinou ráno), a je zodpovedný za opravu poškodenia buniek. Pričom prispieva k stabilizácii nálady tým, že neutralizuje vplyv stresu na imunitný systém.

Tento hormón je generovaný v mozgu v žľaze epifýzy. Je hlavným regulátorom imunitného systému a je to silný antioxidant. Štúdie ukázali, že chorí na rakovinu majú veľmi nízku hodnotu melatonínu. Neionizujúce elektromagnetické žiarenie, ktoré vzniká pri používaní úsporných žiariviek, respektíve netienených káblov, lacných príslušenstiev ako sú transformátory, narušuje Van Der Waalsove medzimolekulárne väzby. Pri narušeníach týchto chemických väzieb molekúl a procesov v organizme vedie k stresu. Ak je organizmus vystavený pôsobeniu elektromagnetických polí dochádza k poruchám spánku tým nedostatočnej tvorbe melatonínu a oslabeniu imunitného systému. Zo znížením melatonínu prichádzajú zmeny nálady a ovládání bdélého, spánkového cyklu, zdravotné ťažkosti ako rôzne druhy rakoviny, cukrovka, obezita, zažívacie problémy atď. Toto sa deje najmä v zimných mesiacoch, keď je denného svetla najmenej a práce prebiehajú väčšinou pri umelom osvetlení [22].

4.1.3 Fyziologické účinky modrého a červeného svetla

Dvadsať štyri hodinový cyklus je prirodzený pre každý organizmus na Zemi. Tento cyklus má hlboký vplyv biochemické, fyziologické a behaviorálne procesy. Časť hypotalamu v mozgu je primárne zodpovedná za zachovanie tohto cyklu a najväčší stimulátor je práve svetlo. Odozva systému denného rytmu na svetlo je závislá na načasovaní kvality svetla. Ak sa načasovanie svetelnej expozície neodhadne, môže to viesť k narušeniu denných rytmov. Bedrosian & Nelson dospeli v hodnotení vplyvu svetla na náladu k záveru, že nočné svietenie narúša denný/ nočný cyklus a prispieva k depresii [21], [23].

Porovnanie medzi použitím svetla a tlmeného svetla pred spaním poukázalo, že u dobrovoľníkov od 18 až 30 rokov, sa znížila úroveň melatonínu a skrátila sa doba jeho produkcie. Pričom nízke hladiny večerného osvetlenia zlepšuje tvorbu spánkového hormónu a vyvoláva ľahšie upadanie do spánku a jej kvalitu. Správne použitie a farba vnútorného osvetlenia je dôležitá pre zdravie.

Týmito výskumami je spojená taktiež problematika vhodného výberu svetelného zdroja, respektíve jeho farby, pre rozličné miestnosti a situácie. Slabšie červené svetlo je vhodné viac na neskorý večer, pričom modré svetlo sa prejavuje rovnakými účinkami ako denné svetlo. Z toho vyplýva, že svetlo sfarbené do žltá (jantárová), je lepšie použiť na aktivity, ako sú čítanie, pozeranie televízie, oddychovanie. Pričom modré respektíve biele svetlo sa odporúča používať v dopoludňajších hodinách, kde je potreba stabilizovať náladu, a je veľmi ideálne na denné aktivity.

Modré svetlo

Načasovanie modrého svetla je obzvlášť dôležité, lebo, ako je aj vyššie spomenuté, výrazne ovplyvňuje denný rytmus. Modrá farba účinnejšie potlačuje tvorbu melatonínu ako iné farby, dokonca viac ako používanie počítačov v noci. Ale napriek tomu pri využití modrého svetla (najmä v dopoludňajších hodinách) zvyšuje bdelosť, tým že sa aktivizujú časti mozgu spojené s myslením a náladou. Vo výskume pôsobenia modrého svetla z LED svetelných zdrojov z roku 2009 sa zistilo, že klinické účinky týchto modrých zdrojov, majú rovnaké účinky ako biele svetlo. Týmito svetlami sa liečia sezónne afektívne poruchy a iné formy depresie.

Červené a žlté svetlo

Prevládajúce teórie, že tlmené svetlo s vyžarovaním v červenej časti spektra vo večerných hodinách, nenaruší produkciu spánkového hormónu ani počas spánku. Vo výskume doktora Zhao Jiexiu z roku 2012 sa zistilo, že štrnásť dňové celotelové ožarovanie červeným svetlom zlepšilo spánok a hladinu melatonínu u basketbalistiek. Použitím svetla, ktoré neobsahuje modrú vlnovú dĺžku by sa mohla maximalizovať produkcia melatonínu a znížiť tak rôzne druhy chorôb. Zdroje: [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26].

4.2 VÝBER VHODNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO OSTROVNÉHO SYSTÉMU S VYUŽITÍM ZDROJOV 230 V

Najčastejším dôvodom voľby ostrovného fotovoltaického systému je, že budovy sa nachádzajú v nedostupných lokalitách, a zavedenie dodávky elektrickej energie je obtiažne ba nemožné.

A. Elektrocentrála

Využíva naftový alebo benzínový spaľovací motor. Pri použití tejto alternatívy sú nevýhody spojené s hlukom, miestnym smogom, potrebným štartovaním a následným vypínaním a nakoniec odlievaním paliva.

B. Ostrovný FV systém

Tento systém pozostáva z FVP, riadiacej elektroniky a akumulátora. Pričom nie je vylúčená spolupráca aj s veternou, vodnou turbínou, v závislosti od to či sú vhodné podmienky na ich vybudovanie. Na rozdiel od elektrocentrály, sú systémy, ktoré nevytvárajú hluk, smog a sú plne autonómne. Elektrická energia pochádza z obnoviteľných zdrojov a nie je zatážená ostatnými finančnými poplatkami (prevádzka systému nenavýši náklady na energiu. Avšak ich využitie má ja nevýhody v meniacej sa produkcii elektrickej energie v závislosti od doby slnečného svitu, jednotlivých ročných období a geografickej polohy. Problém meniacej sa produkcie elektrickej energie, je možné riešiť vhodnou voľbou batérii s dostatočujúcimi kapacitami. Ďalej vysoká finančná náročnosť zariadení v prípade potreby pokrytia dodávky elektrickej energie počas celoročného obdobia. Kombinácia FV systému a záložného zdroja napríklad elektrocentrály sa nazýva hybridný systém.

4.2.1 Spotrebiče

Projekt je zameraný len na napájanie osvetlenia z autonómneho zariadenia, a preto sa výber spotrebičov zúži na svetelné zdroje. Ďalší text je zameraný na výber vhodného druhu svetelného zdroja zohľadňujúca úspory ale aj vplyv farby svetla respektíve rôznych druhov svetelných zdrojov na zdravie a životné prostredie.

Existuje obrovský výber zo svetelných zdrojov a v tejto práci je porovnané len malé percento. Preto sa vyberú, vzhľadom na fyziologické účinky a návratnosť respektíve úspory, na osvetlenie priestoru z každého typu svetelného zdroja najvhodnejšie, vzhľadom na parametre uvedené v *Tab. 10* a *Tab. 11*. Pre tieto vybrané SVZ sa vyberie z katalógov vhodné príslušenstvo, ako je typ svietidla. V programe RELUX® sa navrhne pomocou vybraných svetelných zdrojov osvetlenia daných priestorov, tak aby bolo v každej z miestností dosiahnutá optimálna zraková pohoda (*Tab. 12*). Zraková pohoda je príjemný psychofyziologický stav potrebný pre prácu a oddych. Závisí od týchto faktorov:

- intenzita a kvalita osvetlenia
- stav zraku
- vlastností prostredia

Tab. 12- Doporučené hodnoty intenzity osvetlenia pre obytné priestory a pracovné oblasti [12]

Miestnosť/ pracovná oblasť	Intenzita osvetlenia
	L_x
Chodba	25
Spálňa	30
Kuchyňa	100
Jedáleň	100
Obývačka	200
Pracovná doska v kuchyni	500

Bol vymodelovaný zrubový dom s 3+1 izbami s rozlohou 28 m², kde jedna je používaná ako obývačka spojená s kuchyňou a jedálňou (12 m²). Nachádza sa tam ďalej spálňa (10 m²), kúpeľňa (4 m²) a miestnosť, kde sú umiestnená riadiaca elektronika fotoltaického (FV) systému a batérie (2 m²). Vzhľadom na obmedzenú veľkosť výkonu tejto aplikácie sa v niektorých miestnostiach nedodržala celoplošná predpísaná hodnota intenzity osvetlenia. Celkový výkon objektu je výsledkom súčtu jednotlivých svetelných zdrojov, ktoré boli osadené do vybraných svietidiel. Výpočet vychádza z doby prevádzky a príkonu svetelných zdrojov. Ako už bolo spomenuté v jeden deň sa bude svietiť približne $t_m=4$ hodiny. Výkon a použité svietidlá v miestnostiach sú uvedené v *Tab. 13*. Rozmiestnenie a typy svietidiel a sú zobrazené v prílohách: *Príloha 5, Príloha 6, Príloha 7, Príloha 8, Príloha 9, Príloha 10, Príloha 11, Príloha 12, Príloha 13*.

Tab. 13-Výkon použitých zdrojov v navrhnutom objekte

Miestnosť	Svietidlo	Model svetelného zdroja	Počet svetelných zdrojov	Výkon zdrojov
			K_s	W
Riadiaca miestnosť	Aura 28	Syganix E27, 11W	1	11
Kuchynská linka	Street&Place	Žiarovka LED E27 16W-SB	3	30
Kúpeľňa	Aura 38 led es da	Žiarovka LED E27 16W-DB	1	16
Obývačka	Momba DOWI-UP	LED 23SMD E14-TB	4	12
Spálňa	Glaskugel	Megamax Liliput E27, 11W	1	11
Obývačka	EIK	Žiarovka LED E14 7W G45-TB	1	7
Celkový príkon svetelného obvodu				87

Výpočet celkovej dennej spotreby elektrickej energie na osvetlenie :

$$W_i = P_i \cdot t_m = 87 \cdot 4 = 348 \text{ Wh} \quad (4)$$

Z tejto vypočítanej hodnoty sa bude vychádzať pri ďalších výpočtoch strát FV systému, ďalej sa s ňou bude pracovať pri návrhu FVP, a nakoniec bude hrať rolu pri návrhu akumulátorov.

4.2.2 Straty FV systémov

Vo vyššie uvedenej hodnote spotreby elektrickej energie za jeden deň na svietenie, nie sú započítané straty. V tomto bode sa rozoberú straty týkajúce sa FV systémov, ako sú straty na akumulátoroch, meničoch napätia, regulátoroch, vodičov, konektorov a svoriek. Straty vznikajúce priamo na samotnom FVP sa zatiaľ nezapočítajú. Všetky zariadenia FV systémov pracujú s určitou účinnosťou, a vznikajúce straty na nich, navýšia celkový výkon, ktorý musia dodávať FVP. Straty vznikajúce pri akumulácii elektrickej energie a straty v meniči napätia majú zhruba lineárny priebeh. To znamená, že pri zvýšení prúdu (nabíjacieho alebo, ten ktorý tečie do meniča napätia) vyjadrené v percentách, rovnaké ako pred zvýšením.

o Regulátor napätia

Existujú dva druhy regulátorov použiteľné pre FV systém. Za prvé je to solárny regulátor a za druhé MPPT solárny regulátor.

Straty vznikajúce v klasických solárnych regulátoroch sú premenlivé. Sú závislé na veľkosti vstupného napätia a pohybujú sa od 5% až po 25%. Avšak tieto hodnoty sú skreslené, lebo straty 5% dosiahne regulátor len pár dní v roku. A to vtedy ak hodnota napätia na výstupe z FVP odpovedá hodnote optimálnemu nabíjaciemu napätia batérie. Straty na ňom vznikajú ak je vysoká intenzita slnečného svitu (batérie sa nabíjajú len maximálnym nabíjajúcim prúdom, ktorý mu dodáva FVP) respektíve ak je nízka intenzita slnečného svitu (napätie, ktoré dodávajú FVP, je

menšie ako napätie nutné pre nabitie batérii). V konečnom dôsledku sa môžu uvažovať straty od 15 do 25 %, teda v priemere 20%.

MPPT solárny regulátor dokáže optimálne nastaviť napätie a prúd, ktorým sa nabíja akumulátor, tým že nastaví pracovný bod volt ampérovej charakteristiky, pre získanie maximálneho výkonu. Pri týchto typoch regulátorov straty vznikajú len na pasívnych a aktívnych súčiastkach. Tieto straty sú relatívne veľmi malé a pohybujú sa od 2% do 8%.

Vzhľadom na to, že FV systém bude používaný celý rok, je výhodnejšie využiť MPPT regulátor, pretože pri použití klasického regulátora by vznikali vysoké straty. Do projektu sa navrhol MPPT regulátor značky **STECA Solarix typu MPPT 2010**. Je určený na 12/24V s účinnosťou od 98% do 94 %, jeho údaje sú uvedené v Tab. 14.

Tab. 14- Špecifikácia MPPT solárneho regulátoru [27]

Vlastnosti regulátora	STECA Solarfix MPPT2010 20A-12/24V
Automatická ochrana regulátora	opačná polarita, skrat, preťaženie
Ochrana pred spätným prúdom	ochranná dioda proti spätnému prúdu
Vyrovňavanie napätia akumulátora (V _{bsr})	14,7 V / 29,4 V (25°C)
Zvýšené napätie na vstupe (V _{in})	14,4 V / 28,8 V (25°C), 2 hod
Kolísave napätie na akumulátore (V _{flo})	13,9 V / 27,8 V (25°C)
Nízke napätie ochrana - Podpätie (V _{lba})	11,5 V / 23,0 V
Vysoké napätie ochrana - Prepätie (V _{hba})	15.5 V / 31.0 V
Znovu pripojenie na akumulátor (V _{lre})	12.5 V / 25.0 V
Max. napätie - sol. panel (V _{max})	15V (30V) - 75 V
Maximálny záťažový prúd (I _{max})	10A
Spotreba energie regulátor (mA)	< 10 mA (max)
Doporučené pre použitie s FV panelmi	Do 500 Wp
Doporučený pre typ akumulátora	Olovo- elektrolyt/gélový akumulátor U _d =12/24V
Účinnosť regulátora	94%
Použitie	Interiér

Po výbere regulátora je možné vypočítať novú spotrebu elektrickej energie. U MPPT regulátoru sa môžu uvažovať celoročné straty 6% (účinnosť 94%, $\eta_{reg}=0,94$) a teda výsledok bude:

$$W_{i1} = W_i / \eta_{reg} = 348 / 0,94 = 370,21 \text{ Wh} \quad (5)$$

o *Meniče napätia*

Keďže celý systém osvetlenia pracuje na hladine 230 V, je nutné napätie z FV panelov respektíve akumulátorov premeniť na požadovanú hodnotu. Ďalšou podmienkou je, že sa musí

použiť menič s čistým sínusovým výstupom, a to z dôvodu využitia LED a kompaktných žiaroviek. A nakoniec by sa mala dodržať zásada zálohy výkonu pre osvetlenie. To znamená, že výkon meniča by mal byť o najmenej o 20 % vyšší ako inštalovaný príkon všetkých svetelných zdrojov. Vybraný menič je od **carSPA typ P300U** s čistým sínusovým výstupom. Parametre zvoleného typu sú v tabuľke nižšie.

Tab. 15- Špecifikácia meniča napätia [27]

Vlastnosti meniča	carSPA DC12V/AC230V-50hz
Typ	Jednofázový menič s čistým sínusovým výstupom
Ochrany	Proti vysokému výstupnému napätiu, opačnej polarite, skrat, preťaženie, pod vybitie batérie
Poistky	40A (káblové pripojenie 1,5m)
vstupné napätie	DC 10 -15V
Výstupné napätie/ frekvencia	AC 230 V± 3%/ 50hz
Výkon	250W pri 40°C
Účinnosť meniča	90%
Vlastná spotreba meniča naprázdno	<0,5A / 6W
Poistka	40 A (káblová prípojka 1,5 m)
Chladenie meniča	Ventilátor DC s termostatom (>100W)
Použitie	Interiér

Straty meničov napätia sa pohybujú okolo 10% (účinnosť 90%, $\eta_{men}=0,9$). Spotreba elektrickej energie pri započítaní strát meniča bude:

$$W_{i2} = W_{i1} / \eta_{men} = 370,21 / 0,9 = 411,34 \text{ Wh} \quad (6)$$

- *Straty vo vodičoch, svorkách, konektoroch*

Tento druh strát vzniká stále a jeho výška závisí na dĺžke, priereze pripojovacích káblov, a pohybujú sa v rozmedzí 2% až 4% (účinnosť 98% až 96%, $\eta_{EI}=0,96$). Výsledná spotreba je určená ako:

$$W_{i3} = W_{i2} / \eta_{EI} = 411,34 / 0,96 = 428,479 \text{ Wh} \quad (7)$$

- *Straty v akumulátoroch*

Výsledná spotreba elektrickej energie bude po započítaní aj posledných strát 10% (účinnosť 90%, $\eta_{aku}=0,9$), vznikajúcich len pri nabíjaní, pretože sa batérie využívajú len ako záloha pre menič napätia, a nenapájajú sa nijaké iné nízkonapäťové zdroje:

$$W_{Vysl} = W_{i3} / \eta_{aku} = 428,479 / 0,9 = 479,08 \text{ Wh} \quad (8)$$

4.2.3 Voľba vhodného FVP

Optimálna orientácia FVP pri zohľadnení celoročnej potreby dodávky elektrickej energie je na juh. Pričom ak sa orientácia zmení na juhozápad alebo juhovýchod, môže sa dosiahnuť zníženia výkonu FVP v lete o 3 % a v zime o 10%. Optimálny sklon pre OFF-GRID systémy sa pohybuje medzi 35° až 49°, pri celoročnom používaní sa preferuje čo najvyšší sklon, avšak závisí to aj od celkovej spotreby elektrickej energie v objekte. Ak sa východisková hodnota sklonu panelov uvažuje 35° tak pri naklonení 45° sa v lete zníži výkon o 1% a v zime zvýši o 1%, pri sklone 49° získa sa v zime vyšší výkon o 5% ale v lete zníženie o 4%. Iné naklonenie panelov v našej zemepisnej polohe má za následok zníženie výkonov FVP.

FVP nie sú bezstratové zariadenia. Ich straty sa môžu zhrnúť do týchto kategórií:

- *Straty ohrevom panelov*

Rastúcou teplotou FV článku sa jeho účinnosť znižuje, tento údaj udáva teplotný koeficient výkonu FVP. Tento koeficient sa pohybuje okolo hodnoty 0,47 % / °C, čo pri zvýšení teploty panelu o 20°C, činí straty takmer 10%.

- *Straty uhlovou odraznosťou svetla*

Jedná sa o straty, vznikajúce odrazom svetla od povrchu panelu a pohybujú sa okolo 3% z celkového výkonu FVP.

- *Straty znečistením panelov*

Štúdie spoločnosti GOOGLE prednedávnom dokázali, že panely, ktoré neboli čistené vykazovali až o 10 % nižší výkon (naklonené panely) a 25% nižší výkon (vodorovné panely).

Praktický príklad množstva vyprodukovanej energie za deň pri použití FVP o výkone 100Wp je uvedený v tabuľke nižšie. Údaje tejto tabuľky sú vygenerované aplikáciou (dostupnou z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>). Táto aplikácia podstatne zjednoduší výpočet výkonu FVP. Vygenerované hodnoty vyrobenej elektrickej energie sú zahrnuté straty ohrevom panelov, uhlovej odraznosti a vnútorné straty panelov. Údaje o umiestnení a orientácii panelu sú:

- Slovenská republika
- Dvory nad Žitavou
- Vzťažný výkon panelu 100Wp
- Južná orientácia
- Sklon 35°
- Predpokladaná účinnosť panelu 16%
- Straty FV systému (na meniči, akumulátoroch, regulátoroch) sa uvažujú 0% a to z dôvodu, lebo s nimi bolo rátané pri určovaní celkovej spotreby elektrickej energie.

Tab. 16- Vyprodukovaná elektrická energia

Mesiac	Výroba za deň	Výroba za mesiac
	kWh	kWh
Január	0,13	4,14
Február	0,23	6,38
Marec	0,36	11,3
Apríl	0,47	14,1
Máj	0,47	14,7
Jún	0,47	14,2
Júl	0,48	14,8
August	0,46	14,3
September	0,38	11,4
Október	0,30	9,20
November	0,17	4,94
December	0,11	3,34
Priemer	0,336	10,2
Celková ročná výroba	123 kWh/rok	

Nasledujúca časť textu sa bude venovať problematike stanovenia výkonu FVP pri celoročnom využití ostrovného systému. Z tabuľky vyplynulo že v mesiacoch od marca do októbra (letné) je produkcia elektrickej energie je nadpriemerná pričom v mesiacoch novembra až február (zimné) je podpriemerná. Ak by sa urobil priemery z týchto dvoch období pre FVP 100Wp by za prvé obdobie (letné) dosiahla za deň 0,424 kWh, a z druhého obdobia (zimné) 0,16 kWh za deň. Z údajov vyplýva, že FVP produkujú za zimné obdobie približne len 1/3 (38%) z celkovej energie za ostatné obdobie. Tento údaj je smerodajní pri návrhu FV systému bez elektrocentrály, pretože produkcia sa stanovuje na základe produkcie v najhoršom mesiaci (december). Avšak je zbytočné a hlavne finančne nevýhodné navýšiť hodnotu výkonu FVP na trojnásobok kvôli štyrom zimným mesiacom oproti optimálnemu výkonu v ostatnom období. Ak

sa použije FVP v kombinácii s elektrocentrálou výpočet sa bude odrážať od najnižšej hodnoty výroby v letnom období t.j. v októbri. Pre všetky mesiace v letnom období sú predimenzované a dokonca v zimnom období sú schopné poskytnúť približne 1/2 (47%) z celkovej energie za ostatné obdobie.

4.2.4 Konkrétny príklad výpočtu celoročného využitia FVP bez elektrocentrály

FVP sa navrhnu pre najslabší mesiac a to je december, kde priemerná výroba elektrickej energie je 110Wh. Čo pri použití $P_{100WP}=100Wp$ fotovoltaickom panely činí, na 1Wp výkonu panelu $P_{1WP}=1,1Wh$ vyrobenej elektrickej energie denne.

$$P_{nom1Wp} = \frac{W_{celkZO}}{P_{100WP}} = \frac{110}{100} = 1,1Wh \quad (9)$$

V kapitole 4.2.2 sa určila hodnota celkovej spotreby elektrickej energie $W_{výsl}=476,09Wh$. Konečný výpočet potrebného výkonu FVP :

$$P_{nom} = \frac{W_{výsl}}{P_{1WP}} = \frac{479,08}{1,1} = 435,5Wp \quad (10)$$

V konečnom dôsledku je potrebný, alebo sú potrebné FVP, ktoré majú nominálny výkon **440 W_p**, bez uvažovania elektrocentrály.

4.2.5 Konkrétny príklad výpočtu celoročného využitia FVP s elektrocentrálou

Za prvé treba určiť kedy a koľko sa bude využívaná elektrocentrála, podieľajúca sa na výrobe, respektíve v akom pomer výroby bude k fotovoltaike. Tento spôsob prevádzky sa nazýva aj hybridný ostrovny systém. Najvýhodnejšie je využiť elektrocentrálu v kritickom zimnom období (november- február), kedy je najmenej slnečného svitu a tým pádom aj energie. Tým že do výroby sa zaradi aj pomocný zdroj sa vyhneme predimenzovaniu FVP v letným mesiacoch. Dodávka energie z elektrocentrály bude vo výške 20% z celkovej potrebnej elektrickej energie, ale musí sa využiť hodnota, ktorá nezohľadňuje straty FV systému $W_i=348 \text{ Wh}$.

$$W_{\text{centrála}} = W_i \cdot 0,2 = 348 \cdot 0,2 = 69,6 \text{ Wh} \quad (11)$$

Navyše ak centrála je zapojená na batérie a je potrebné jej napätie zmeniť na požadovanú hodnotu, vznikajú straty. Takže výsledná energia centrály môžeme vypočítať ako:

$$W_{\text{VyslCentrála}} = \frac{W_{\text{centrála}}}{\eta_{\text{men}} \cdot \eta_{\text{aku}}} = \frac{69,9}{0,9 \cdot 0,9} = 86,3 \text{ Wh} \quad (12)$$

Výsledná hodnota elektrickej energie dodávaná elektrocentrálou do systému, pri využívaní v zimnom období každý deň je zaokrúhlene **87 Wh**.

Teraz je ale potrebné navrhnuť zostávajúcu časť (80%) dodávky elektrickej energie pomocou FVP. Ak je elektrocentrála využívaná v zimnom období, je nutné použiť priemerné hodnoty dosiahnuteľnej energie za to isté obdobie. To znamená za obdobie od novembra do februára. Z Tab. 16 sa vyberú hodnoty dennej priemernej výroby za dané mesiace a vydeli sa počtom mesiacov. Volí sa to tak preto, aby nedochádzalo ku skresleniu výpočtu. Priemerná denná energia vyrobená za zimné obdobie je:

$$W_{\text{celkZO}} = \frac{W_{\text{nov}} + W_{\text{dec}} + W_{\text{jan}} + W_{\text{feb}}}{4} = \frac{170 + 110 + 130 + 230}{4} = 160 \text{ Wh} \quad (13)$$

Teraz je na rade prepočet tejto hodnoty na jednotku výkonu panelu. Pri použití $P_{100\text{WP}}=100\text{Wp}$ fotovoltaickom panely činí, na 1 Wp výkonu panelu $P_{1\text{Wp}}=1,6 \text{ Wh}$ vyrobenej elektrickej energie denne:

$$P_{1\text{Wp}} = \frac{W_{\text{celkZO}}}{P_{100\text{WP}}} = \frac{160}{100} = 1,6 \text{ Wh} \quad (14)$$

V kapitole 4.2.2 sa určila hodnota celkovej spotreby elektrickej energie vrátane strát FV systému $W_{\text{Vysl}}=476,09 \text{ Wh}$. Posledný krok je konečný výpočet potrebného výkonu FVP, aby pokryla zostávajúcu časť (80%) energie v zimnom období:

$$P_{\text{nom}} = \frac{W_{\text{Vysl}} \cdot 0,8}{P_{1\text{WP}}} = \frac{479,08 \cdot 0,8}{1,6} = 239,54 \text{ Wp} \quad (15)$$

Z týchto hodnôt vyplýva, že na napájanie daného objektu je potrebný FV panel s nominálnym výkonom $P_{nom}=240 \text{ Wp}$, pri využití elektrocentrály na dobíjanie hlavne v zimnom období.

Použiteľné solárne panely pre vyššie vypočítaný príklad uvedené v Tab. 17.

Tab. 17- Použiteľné solárne FVP pre navrhnutý ostrovný systém [27]

Solárny FV panel VictonEnergy BS SPP81-12	
Parametre	Hodnoty
Typ	Polykryštalický kremíkový modul
Výkon panelu	80 Wp
Výstupné menovité / naprázdno napätie panelu	18 V / 21,6 V
Výstupný menovitý / nakrátko prúd panela	4,6 A / 5,06 A
Typ akumulátora/ kapacita	Olovený 12 V DC / GEL=20-40 Ah, WET=50 Ah
Účinnosť	13,5 %
Solárny FV panel VictonEnergy BS SPP140-12	
Typ	Polykryštalický kremíkový
Výkon panelu	140 Wp
Výstupné menovité / naprázdno napätie panelu	18 V / 21,6 V
Výstupný menovitý / nakrátko prúd panela	8,05 A / 8,85 A
Typ akumulátora / kapacita	Olovený 12 V / GEL=50-70 Ah, WET=80 Ah
Účinnosť	13,5 %
Solárny FV panel GWL / Power Sunny-60M-F	
Typ	Monokryštalický kremíkový
Výkon panelu	60 Wp
Výstupné menovité / naprázdno napätie panelu	17,5 V / 21 V
Výstupný menovitý / nakrátko prúd panela	3,43 A / 3,84 A
Typ akumulátora / kapacita	Olovený 12 V / GEL=15-40 Ah, WET=50 Ah
Účinnosť	19,6 %
Solárny panel SFM-80 MK	
Typ	Monokryštalický kremíkový
Výkon panelu	80 Wp
Výstupné menovité / naprázdno napätie panelu	18 V / 21,6 V
Výstupný menovitý / nakrátko prúd panela	4,5 A / 4,95 A

Typ akumulátora / kapacita	Olovený 12 V / GEL=24-55 Ah, WET=64 Ah
Účinnosť	13-17%
Solárny panel GWL / Power Sunny-140M	
Typ	Monokryštalický kremíkový
Výkon panelu	140 Wp
Výstupné menovité / naprázdno napätie panelu	27,52 V / 32,58 V
Výstupný menovitý / nakrátko prúd panela	5,1 A / 5,62 A
Typ akumulátora / kapacita	Olovený 12 V / GEL=30-55 Ah, WET= 80 Ah
Účinnosť	13-17%
Solárny panel GWL / Power Sunny-40M	
Typ	Monokryštalický kremíkový
Výkon panelu	40 Wp
Výstupné menovité / naprázdno napätie panelu	18,72 V / 22,46 V
Výstupný menovitý / nakrátko prúd panela	2,14 A / 2,43 A
Typ akumulátora / kapacita	Olovený 12 V / GEL=15-35 Ah, WET=44 Ah
Účinnosť	13-17%

4.2.6 Výpočet kapacity batérii pre ostrovný systém

Pre FV systémy sa používajú najčastejšie trakčné (so zaplavenými elektródami) a bez údržbové batérie VRLA (elektrolyt vo forme gélu, alebo AGM kvapalný elektrolyt nasiaknutý v sklenej hmote). V porovnaní klasického a VRLA batérie je, že klasický je možné nabíjať vyšším prúdom, pričom VRLA akumulátory majú obvykle lepšie vlastnosti. AGM akumulátory na rozdiel od gélových dosahujú vyšší výkon pri nižších teplotách, sú ľahšie pri rovnakej kapacite a sú schopné vyvinúť o 30% vyšší okamžitý výkon, a sú odolnejšie proti hĺbkovému vybitiu. Pričom obidva typy akumulátorov je schopná veľkého cyklu vybití/ nabití.

Voľba kapacity akumulátora sa riadi tým, aby bolo možné zásobovať objekt aj vtedy ak nie je zaručené dodávka elektrickej energie pomocou FVP (nepriaznivé počasie). Pri celoročnom využívaní FV systému, je nutné počítať s dlhšími výpadkami dodávky energie, a tým pádom aj batérie sa musia dimenzovať na $Td=4\div 6$ dní prevádzky spotrebičov. Pre výpočet kapacity akumulátorov sa bude predpokladať, že ich využiteľná kapacita je 80%. Ďalej je potrebná hodnota celkovej spotreby elektrickej energie v budove bez strát. Tie sa započítajú v ďalšom priebehu. $W_i=348$ Wh, a je potrebné vedieť straty v meniči napätia 10% ($\eta_{\text{menič}}=90\%$). Ostatné straty sa pri určovaní nezohľadňujú, pretože sa uvažuje, že je akumulátor plne nabitý. Vnútorne straty FVP a regulátor napätia nehrajú rolu pri výpočte, keďže nestoja v prúdovodnej ceste

akumulátor → menič napätia → spotrebič. Bude sa uvažovať $Td=4$ dni bez dodávky energie z FVP, z dôvodu možnej zálohy z elektrocentrály. Dodávka elektrickej energie akumulátorov bude:

$$W_{aku} = \frac{W_i}{0,9} \cdot Td = \frac{348}{0,9} \cdot 4 = 1546,7 \text{ Wh} \quad (16)$$

Takže teraz sa spočíta kapacita akumulátora pri celoročnom využití FV systému ak sa použijú akumulátory s napätím $U_{DC}=12\text{V}$ a využitelnou kapacitou 80%:

$$(Ah) = \frac{W_{aku}}{U_{DC} \cdot 0,8} = \frac{1546,7}{12 \cdot 0,8} = 161,11 \text{ Ah} \quad (17)$$

Na prevádzku ostrovného systému celoročne s ohľadom na straty a nepriaznivé počasie, je potrebný akumulátor s kapacitou **160 Ah**, ktorý zaistí pokrytie spotreby elektrickej energie na svietenie.

V nižšie uvedenej Tab. 18 sa nachádzajú použiteľné akumulátory pre danú ostrovnú aplikáciu.

Tab. 18- Použiteľné akumulátory pre navrhnutý ostrovný systém [27]

Akumulátor energie olovený WET BANNER EnergyBull 80 Ah	
Parametre	Hodnoty
Typ	Olovený PbSO ₄ , 6 článková, údržbový
Pracovná kapacita	80 Ah (min. 40 Ah)
Operačné / min. pracovné napätie	15,9 V / 10,8 V
Nabíjaci / vybíjaci prúd	4 A / >0,9 A <12 A
Samovoľný vybíjaci prúd (% kapacity)	<3%
Počet minimálnych cyklov nab. / vyb.	300 bez údržby
Akumulátor energie olovený WET BANNER EnergyBull 180 Ah	
Typ	Olovený PbSO ₄ , 6 článková, údržbový
Pracovná kapacita	180 Ah (nim. 90 Ah)
Operačné / min. pracovné napätie	15,9 V / 10,8 V
Nabíjaci / vybíjaci prúd	9 A / >1,95 A <27 A
Samovoľný vybíjaci prúd (% kapacity)	<3%
Počet minimálnych cyklov nab. / vyb.	300 bez údržby
Akumulátor energie olovený AGM Hoppecke Solar.bloc 80 Ah	
Typ	Olovený Pb-H ₂ SO ₄ 6-článkový, bez údržbový
Pracovná kapacita	80 Ah (min. 40 Ah)

<i>Operačné / min. pracovné napätie</i>	14,1 V / 10,8 V
<i>Nabíjací / vybíjací prúd</i>	10 A / >0,817 A <5 A
<i>Samovoľný vybíjací prúd (% kapacity)</i>	<3%
<i>Počet minimálnych cyklov nab. / vyb.</i>	1700
Akumulátor energie olovený VictronEnergy GEL12-165	
<i>Typ</i>	Olovený Pb-H ₂ SO ₄ 6-článkový, bez údržbový
<i>Pracovná kapacita</i>	165 Ah (min. 65 Ah)
<i>Operačné / min. pracovné napätie</i>	14,1 V / 10,8 V
<i>Nabíjací / vybíjací prúd</i>	30 A / >1,65 A <8,25 A
<i>Samovoľný vybíjací prúd (% kapacity)</i>	<2%
<i>Počet minimálnych cyklov nab. / vyb.</i>	1800
Akumulátor energie olovený VIPOW GEL LP40-12	
<i>Typ</i>	Olovený Pb-H ₂ SO ₄ 6-článkový, bez údržbový
<i>Pracovná kapacita</i>	40 Ah
<i>Operačné / min. pracovné napätie</i>	14,5 V / 14,9 V
<i>Nabíjací / vybíjací prúd</i>	2,65 A / >1 A <6,9 A
<i>Samovoľný vybíjací prúd (% kapacity)</i>	3%
<i>Počet minimálnych cyklov nab. / vyb.</i>	500
Akumulátor energie olovený VIPOW GEL LP30-12	
<i>Typ</i>	Olovený Pb-H ₂ SO ₄ 6-článkový, bez údržbový
<i>Pracovná kapacita</i>	33 Ah
<i>Operačné / min. pracovné napätie</i>	14,5 V / 14,9 V
<i>Nabíjací / vybíjací prúd</i>	2,21 A / >1 A <6,9 A
<i>Samovoľný vybíjací prúd (% kapacity)</i>	3%
<i>Počet minimálnych cyklov nab. / vyb.</i>	500

4.3 VÝBER VHODNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO OSTROVNÉHO SYSTÉMU VYUŽITÍM NÍZKONAPĚŤOVÝCH (12 V) ZDROJOV

Pri náhrade celého navrhnutého osvetlenia nízkonapätovými svetelnými zdrojmi (12 V), pri zachovaní rovnakej intenzity osvetlenia v miestnostiach, by sa dosiahli výsledky uvedené v Tab. 19. Bude použitý obdobný postup, rovnaké podmienky prevádzky a rovnaké vzorce ako v predchádzajúcej kapitole 4.2 avšak s rozdielom, že sa nezapočítajú straty v meniči napätia, lebo

sa využije napájanie priamo z batérii. Vychádzajúc z údaju celkového príkonu svetelného obvodu pre nízkonapäťové zdroje (12 V), je možné určiť znova výpočtom, aký FVP použiť a určiť kapacitu batérii.

Tab. 19-Porovnanie výpočtu potrebných komponentov ostrovného systému pri využití nízkonapäťových (12 V) zdrojov

Časť I					
Miestnosť	Svetelný tok	Počet SVZ 230 V	Výkon SVZ 230 V	Počet SVZ 12 V	Výkon SVZ 12 V
	<i>lm</i>	<i>Ks</i>	<i>W</i>	<i>Ks</i>	<i>W</i>
Riadiaca miestnosť	605	1	11	6	4,5
Kuchynská linka	805	3	30	3	3,3
Kúpeľňa	1440	1	16	5	5
Obývačka	260	4	12	2	3
Spálňa	600	1	11	2	4
Obývačka	630	1	7	4	4,5
Celkový príkon svetelného obvodu			87		94
Časť II					
Hodnoty	Vypočítané hodnoty 230 V		Vypočítané hodnoty 12 V		
Celková denná spotreba elektrickej energie	$W_i=348 \text{ Wh}$		$W_i=376 \text{ Wh}$		
Spotreba navýšená o straty v regulátore napätia	$W_{i1}=370,21 \text{ Wh}$		$W_{i1}=400 \text{ Wh}$		
Spotreba navýšená o straty vo vodičoch, svorkách, konektoroch	$W_{i3}=428,479 \text{ Wh}$ (vrátane strát na meniči)		$W_{i3}=416,6 \text{ Wh}$		
Spotreba navýšená o straty v akumulátoroch	$W_{Vysl}=479,08 \text{ Wh}$		$W_{Vysl}=462,96 \text{ Wh}$		
Potrebná dodávka energie z elektrocentrály	$W_{Centrála}=69,6 \text{ Wh}$		$W_{Centrála}=75,2 \text{ Wh}$		
Výsledná hodnota energie elektrocentrály vrátane strát	$W_{VyslCentrála}=86,3 \text{ Wh}$		$W_{VyslCentrála}=83,6 \text{ Wh}$		
Konečná hodnota potrebného FVP	$P_{nom}=239,56 \text{ Wp} \rightarrow 240 \text{ Wp}$		$P_{nom}=231,48 \text{ Wp} \rightarrow 240 \text{ Wp}$		

Potrebná dodávka elektrickej energie z akumulátorov vrátane zálohy	$W_{\text{aku}}=1546,7 \text{ Wh}$	$W_{\text{aku}}=1671,11 \text{ Wh}$
Výsledná kapacita akumulátorov	(Ah)=161,11 Ah → 160 Ah	(Ah)=174,07 Ah → 180 Ah

Z vypočítaných výsledkov vyplýva, že pri celoplošnej náhrade SVZ za nízkonapäťové (12 V), sa síce odstráni potreba meniča napätia a tým aj jeho straty, avšak na veľkosti panela o nič nemení. Naopak je potrebné navýšiť kapacitu batérii o 8%, ale energia, ktorá je potrebná z elektrocentrály za zimné obdobie sa znížila o 3% .

4.4 VÝBER VHODNÉHO FOTOVOLTAICKÉHO OSTROVNÉHO SYSTÉMU VYUŽITÍM 12 V A 230 V SVETELNÝCH ZDROJOV

Podobne ako v kapitole 4.2 aj v tejto sa vypočítajú a určia potrebný výkon FVP, kapacity batérii a potrebný výkon elektrocentrály (Tab. 20). Výpočty sa realizujú pre nezmenené podmienky prevádzky, avšak sú použité oba druhy SVZ, 57% z celkovej energie je na svietenie je z 12 V zdrojov a ostatné (43%) je realizované zo zdrojov 230 V. Pri výpočte je však treba s týmito percentami počítať a to pri výpočte strát na meniči napätia a strát pri nabíjaní akumulátorov. Pretože 43% z celkovej energie bude podliehať stratám 10% a 57% bude napájané priamo z batérii a nepodlieha stratám v meniči napätia. Výsledné celkové straty pri použití meniča budú vo výške $(10\% + 0\%) \cdot 3/7 = 4,3\%$ ($\eta_{\text{men}}=95,7\%$). Ostatné straty energie sa nemenia.

Tab. 20- Výpočet potrebných komponentov ostrovného systému pri využití 12 V a 230 V zdrojov

Časť I				
Miestnosť	Svietidlo	Model svetelného zdroja	Počet svetelných zdrojov	Výkon zdrojov/ prevádzkové napätie
			K_s	W/V
Riadiaca miestnosť	Aura 28	Syganix E27, 11W	1	11 / 230
Kuchynská linka	DL 185 ECO	LED MR16 CW-B	6	27 / 12
Kúpeľňa	Aura 38 led es da + MICROSLOT TONDO PARETE	Žiarovka LED E27 16W-DB + PowerLED MR16- SB	1+1	16 / 230 + 3 / 12
Obývačka	Momba DOWN-UP	LED 23SMD E14-TB	4	12 / 230
Spálňa	Glaskugel	LED 12 V/ 5W	2	10 / 12
Obývačka	EIK -12V	LED MR16 5/24	3	12 / 12
Celkový príkon svetelného obvodu				91

Časť II	
Hodnoty	Vypočítané hodnoty 12 V + 230 V
<i>Celková denná spotreba elektrickej energie</i>	$W_i=364 \text{ Wh}$
<i>Spotreba navýšená o straty v regulátore napätia</i>	$W_{i1}=387,23 \text{ Wh}$
<i>Spotreba navýšená o straty v meniči napätia</i>	$W_{i2}=404,63 \text{ Wh}$
<i>Spotreba navýšená o straty vo vodičoch, svorkách, konektoroch</i>	$W_{i3}=421,5 \text{ Wh}$
<i>Spotreba navýšená o straty v akumulátoroch</i>	$W_{\text{vysl}}=468,3 \text{ Wh}$
<i>Potrebná dodávka energie z elektrocentrály</i>	$W_{\text{Centrála}}=72,8 \text{ Wh}$
<i>Výsledná hodnota energie elektrocentrály vrátane strát</i>	$W_{\text{vyslCentrála}}=84,52 \text{ Wh}$
<i>Konečná hodnota potrebného FVP</i>	$P_{\text{nom}}=234,15 \text{ Wp} \rightarrow 240 \text{ Wp}$
<i>Potrebná dodávka elektrickej energie z akumulátorov vrátane zálohy</i>	$W_{\text{aku}}=1617,78 \text{ Wh}$
<i>Výsledná kapacita akumulátorov</i>	$(\text{Ah})=168 \text{ Ah} \rightarrow 170 \text{ Ah}$

Zvolená elektrocentrála je značky **Zipper ZI-TE 950** s dvojtaktným jednovalcovým benzínovým motorom o výkone 1,5 kW. Štartovanie manuálne, hlučnosť 60 dB a prevádzkový výkon 630 W [28].

5 ĎALŠIE ALTERNATÍVY PREMENY ENERGIE NA SVETLO A ICH PRAKTICKÉ POUŽITIE

Vo vyššie spomínaných bodoch sa predpokladalo, že na svietenie v domácnosti sa využijú svetelné zdroje, ktoré na svoju funkciu využívajú elektrickú energiu. Avšak pokrok vo svietení v dnešnej dobe je významný. Existuje však mnoho koncepcií svetelných zdrojov, ktoré by sa mohli stať svetlami budúcnosti. Niektoré koncepcie alternatívnych zdrojov už existujú a sú dostupné na trhu, avšak veľa z nich je len v teoretickej rovine.

Veľkou výhodou nižšie spomenutých technológií je, že nepotrebujú elektrickú sieť, vedenia a montáž je jednoduchá, pretože sú to samostatné systémy, a je to energia takmer zadarmo.

5.1 FIPEL

Jednou už vyššie spomínaných je aj zdroj s názvom FIPEL. Vzhľadom na jeho cenu je nereálne, aby sa tento zdroj využíval či už dnes alebo v blízkej budúcnosti.

5.2 SOLÁRNE LAMPY

Najjednoduchším konceptom sú solárne svietidlá, ktoré však sú určené väčšinou na osvetlenie exteriérov, chodníkov atď. Sú vybavené fotovoltaickými článkami, batériami a LED svetelnými zdrojmi. V závislosti na koncepcii a prevedení existujú rôzne druhy montovateľné na stenu, do podlahy, stolové lampy. Ako aj z názvu vyplýva sú na energiu zo slnka. Aj keď je táto energia zadarmo, svietenie pomocou nej nie je tak jednoduché, ako to na prvý pohľad vyzerá. Je nutné tieto zariadenia najprv nabiť (pomocou slnka) a následne je možnosť ich využiť na svietenie. Paradoxom však je že svietiť je potrebné v noci a pri nedostatočnom nabití, zdroj nemusí poskytnúť dostatočný svetelný výkon. V dnešnej dobe dokážu solárne lampy pri dostatočnom nabití svietiť až 12 hodín.

5.3 BIOGLOW

Bioglow, zobrazený na *Obr. 11*, je autoluminiscenčná rastlina, ktorá produkuje vlastné biologické svetlo. Funguje rovnako ako napríklad svetlušky, ktorých telo vydáva v tme svetlo. Vývin týchto zdrojov, svietiacich rastlín, nie je ničím novým. Práca na tomto zdroji prebieha už veľa rokov. Výrobok by sa mohol predávať pod názvom Starlight Avatar. Inšpirovaný práve rastlinami, ktoré sa vyskytli v snímke AVATAR. Výhodou je že nevyžaduje žiadne UV žiarenie pre jej dobitie, pretože svetlo vytvára gén odňatý z morských baktérií. Tento gén sa nachádza v riasach, ktoré pomocou neho emitujú slabé svetlo. Je možné tento alternatívny zdroj svetla využiť ako dekorácia, vyžaruje mäkké, intímne svetlo. Vďaka tomuto zdroju sa predpokladá zníženie spotreby elektrickej energie na svietenie. Avšak nevýhoda je, že tento druh svetla má životný cyklus len 3 mesiace, počas ktorého rastliny produkujú svetlo.



Obr. 11- Alternatívny svetelný zdroj Bioglow [16]

5.4 SVETLO Z RIAS, ALGAE BULB

Tento zdroj svetla existuje len ako prototyp, avšak o niekoľko rokov by sa mohol dostať na trh. Dizajnovovo sa tento zdroj podobá obyčajnej kompaktnej žiarivke a je zobrazený na Obr. 12. Avšak podoba s obyčajnou žiarivkou sa tu končí. Prototyp sa používa, skôr ako mikročlánok, na napájanie jednej alebo skupiny malých LED žiaroviek. Princíp spočíva v tom, že do hydrofóbnej nádržky sa dodáva vzduch pomocou malého kompresoru, a tým sa okysličujú riasy. V konečnom dôsledku sa jedná o fotosyntézu, pri ktorej vzniká ako vedľajší produkt kyslík. Na príklad ak sa použijú dva litre tohto roztoku, zo vzduchu sa odstráni CO₂, ktorý sa prirodzeným procesom mení na energiu v roztoku, a zároveň sa vyprodukuje až dvadsaťpäť litrov kyslíka.



Obr. 12- Design svetelného zdroja na báze energie z rias AlgaeBulb [16]

Ďalším konceptom využívajúci riasy je „ekolampa“ navrhnutá francúzskym biochemikom Piere Calleja. Využiť sa môže na osvetlenie ulíc ale aj v domácnostiach a funguje bez elektrickej energie (Obr. 13). Poháňaná je len zelenými riasami v trubici, ktoré sú schopné fluorescencie. Svetlo sa vytvára počas fotosyntézy rias a riasy pri tomto procese spotrebujú oxid uhličitý z okolia. Vynálezca tento druh osvetlenia navrhol tak, aby dokázala uskladniť a využiť neskôr. Realizované je to tak, že sa lampa prenesie na miesto, kde je potrebné svietiť. Ďalšou výhodou je, ako u všetkých lampách takéhoto typu, že pri funkcii odníma z ovzdušia oxid uhličitý. Tento koncept, podľa slov vynálezcu, dokáže extrahovať toľko oxidu uhličitého ako 150 stromov ročne. Je to približne 1 tona CO₂ ročne.



Obr. 13- Koncept lampy firmy FermentAlg [16]

5.5 KRANK EKOLOGICKÁ LAMPA

Ďalšie zaujímavé riešenie osvetlenia je takzvaná Krank ekologická lampa. Aj keď sa nejedná o nič nezvyčajné dizajnér Efrain E. Valez spojil v tomto koncepte funkčnosť a ekologický odkaz (Obr. 14). Princíp je v skutku jednoduchý. Na to, aby lampa svietila, stačí len pár otočení kľukou („kranknutí“). Funguje to rovnako ako dynamo na bicykli. Avšak toto svietidlo dokáže chovať dostatočnú energiu na svietenie približne 40 až 60 minú. V kombinácii s LED svetelným zdrojom, sa toto svietidlo dá považovať za jednoduchú náhradu svietidiel na baterky.



Obr. 14- Eko-lampa Krank[16]

5.6 OLED

Inými slovami organická svetlo emitujúca dióda. Na vyžarovanie svetla sa využívajú organické látky. Využíva sa najmä do miniatúrnych displejov zariadení ako sú telefóny, tablety až po televízory a veľkoplošné zobrazovače. Funkcia OLED je tvorená organickým materiálom medzi dvoma elektródami. Existujú dva základné typy, jedna použije molekuly a druhá polyméry. Výhody použitia panelov sú vytvorenie ohybných a ľahkých plastických substrátov (PET), ktoré sa uplatnia pri pokrytí určitých členitých povrchov. Keďže sa jedná o technológiu, ktorá je využiteľná ako displeje, na osvetlenie by sa mohol uplatniť ako zdroj, ktorý dokáže plynule meniť farbu vďaka ich rýchlejšiemu času odozvy a tak nastaviť požadovanú hodnotu teploty farby. Ďalej životnosť sa pohybuje okolo 14000 hodín. Nevýhody tejto technológie sú hlavne cena, a účinnosť modrej OLED. Hodnota účinnosť červenej diódy je na 20 %, zelenej 19% ale u modrej je to len 4% až 6%. Exteriérové výkony OLED ovplyvňuje hlavne slnečné svetlo, pretože jeho povrch odráža až 80 % žiarenia. Najhoršie výsledky dosahuje za denného svetla. Pri využití v exteriéry je ďalšou nevýhodou to, že voda môže poškodiť organický materiál OLED displeja. Technológiu OLED na svietenie využíva spoločnosť Philips s názvom radu Lumiblade, a využíva sa na reklamné panely a billboardy.



Obrázok 15- OLED svetelný zdroj od firmy Philips [16]

5.7 GRAVITÁCIA? ALTERNATÍVNY ZDROJ SVETLA

Od bioluminiscenciu cez zdroje využívajúce riasy alebo vlastný pohon a organickú LED, by sa na osvetlenie dala využiť aj gravitácia ako alternatíva napríklad k solárnym lampám. Tento zdroj však vznikol najmä ako náhrada za obyčajné petrolejové lampy, ktorými na svete svieti značné množstvo obyvateľstva, hlavne v krajinách tretieho sveta. Tieto chudobné rodiny minú ročne celkovo až 36 miliárd dolárov na nákup



Obrázok 16- Koncept lampy využívajúcej zdroj gravitáciu [16]

petroleju do lúč. Avšak skupina vynálezcov a dizajnérov prišla s návrhom alternatívy, ktorý je prenosný Off-Grid systém a nachádza sa všade na Zemi. Využitie zemskej gravitácie viedlo tým vynálezcu Martina Riddiforda, k vytvoreniu prototypu svietidla poháňaným práve gravitáciou. Princíp je jednoduchý, využije sa vrečko naplnené pieskom kamienkami, ktorých tiaž rozsvieti LED zdroj, pomocou vhodne navrhnutých ozubených koliesok a malého generátoru. Nejedná sa len o ojedinelý prototyp, koncept Hourglass lamp, čo je lampa ktorá premieňa kinetickú energiu padajúceho piesku, a práve táto energia sa využije na napájanie jednoduchej LED lampy.

6 ZÁVER

Záverom diplomovej práce je zdokumentovanie svetelných zdrojov použiteľných pre malé aplikácie, ktoré nie sú pripojené k elektrizačnej sieti a návrh ostrovného systému.

Prvá časť diplomovej práce sa zaoberala zdokumentovaním súčasného stavu osvetľovacej techniky v oblasti svetelných zdrojov. Prierezom cez históriu vývoja týchto zdrojov a možnej budúcnosti v obore osvetľovania, boli v práci porovnané najčastejšie používané svetelné zdroje v domácnostiach v dnešnej dobe, teda klasické, halogénové, kompaktné a LED žiarovky. Porovnávali sa ich využiteľnosti v jednotlivých priestoroch, respektíve ich cenové nároky na svietenie. Prieskum z roku 2010 uvádza, aký podiel majú jednotlivé svetelné zdroje v osvetlení rozličných priestorov v domácnostiach. Jednotlivé svetelné zdroje majú určité energetické nároky a o tom pojednáva ďalšia časť diplomovej práce. V tejto časti sa rozobrali najvyužívanejšie svetelné zdroje súčasnosti, podľa toho koľko energie spotrebujú, a tým pádom do akej kategórie energetickej hospodárnosti sa zaraďujú. Tieto energetické triedy sú uvedené na každom svetelnom zdroji. Vzhľadom na to, že sa jedná o malý od siete nezávislý objekt, svetelné zdroje by mali mať spotrebu minimálnu, preto sa využijú svetelné zdroje vyššej kategórie. Práca sa ďalej zaoberá, porovnaním úspor pri použití klasickej, halogénovej, kompaktnej a LED žiarovky. Na určenie nákladov na svietenie sa využívajú rýchla, podrobná metóda, metóda meraním, a metóda LENI. Pomocou metódy LENI teda číselného ukazovateľa energie pre osvetlenie, je možné vyrátať ročné energetické náklady pre rodinné, obytné domy, ale aj ostatné typy budov. Pre jednotlivé objekty (rodinné domy, byty) o rôznych rozmeroch sú určené ukazovatele LENI tabuľkami. Keďže sú tieto údaje vzťahované na obecné osvetlenie, v projekte sa vypracovali štyri modely priestorov (z rozličným typom použitia a odrazivosti) v programe RELUX®. Tieto priestory sú osvetľované rozličnými svetelnými zdrojmi (vždy jedným), pričom sa výsledky medzi sebou porovnávajú a sú uvedené v *Tab. 8*. Z nej je vidieť, že úspora všetkých zdrojov oproti klasickej žiarovke je značná v každom type miestnosti.

Druhá časť diplomovej práce sa zaoberala výberom vhodného druhu svetelného zdroja, vzhľadom na údaje vyplývajúce z prvej časti, ale zohľadnili sa aj fyziologické účinky svetelných zdrojov na ľudí. Z veľkého množstva dostupných zdrojov sa do projektu vybrali také, ktoré by mohli nahradiť klasickú žiarovku so svetelným tokom 700 lm. Boli podrobne rozobrané účinky vybraných zdrojov na ľudí, ako sú rušivé elektromagnetické žiarenie, fyziologické účinky modrého a červeného svetla. Tieto aspekty sa zohľadnili pri výbere, a umiestneniu svetelných zdrojov do navrhnutého objektu o rozlohe 28 m² (viz. *Prílohy*). Modré svetlo znižuje melatonín v krvi a tým pádom potláča únavu. Vhodné využitie modrého svetla je v miestnostiach, ako sú kúpeľňa, kuchyňa. Pričom červené svetlo pomáha pri tvorbe melatonínu, a preto je vhodné ho použiť do miestností ako obývačka, spálňa. Navrhli sa tri scény osvetlenia, kde v prvom boli použité zdroje s napätím 230 V, v druhom zdroje 12 V, a v treťom prípade sa navrhla scéna s kombináciou zdrojov s napätím 230 V a 12 V. Vzhľadom na účel a estetiku však neboli dodržané celoplošné minimálne hodnoty intenzity osvetlenia. Keďže sa jedná o malú aplikáciu a celkový

príkone zdrojov nepresiahol v prvom prípade **87 W**, v druhom **94 W** a v treťom prípade **91 W** (rozmiestnenie viz. *Prílohy*). Ďalšou úlohou bolo navrhnúť potrebný zdroj pre tieto tri scény, ktorý by pokryl spotrebu elektrickej energie na svietenie v objekte. Vytvoril sa predpoklad, že sa v priemere každý deň bude svietiť 4 hodiny v každej miestnosti. Tým pádom sa určila celková spotreba elektrickej energie za jeden deň. A pomocou výpočtov uvedených v kapitole **4.2** sa navrhol ostrovný systém zložený z fotovoltaických panelov, batérii a záložného zdroja t.j. elektrocentrály. Použiteľné FVP, batérie, regulátor, a menič sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách *Tab. 14*, *Tab. 15*, *Tab. 17*, *Tab. 18*. Na osvetlenie priestorov sa využijú zdroje s napätím 230 V, ale aj zdroje s napätím 12 V, ktoré sa vyberali z *Tab. 10*, *Tab. 11*. Z údajov o príkone a čase svietenia vyplýva, že potrebný výkon FVP je najmenej $P_{nom}=240 \text{ Wp}$, kapacita batérii (Ah)= 170 Ah a energia potrebná z elektrocentrály za zimné obdobie (november až február) $W_{VyslCentrála}=84,52 \text{ Wh}$, každý deň. Pre tento prípad sa zvolí regulátor nabíjania typu **STECA Solarix typu MPPT 2010** špecifikovaný v *Tab. 14*, menič napätia typu **carSPA DC12V/AC230V-50hz** špecifikovaný v *Tab. 15*. Zvolia sa 4 solárny fotovoltaické panely typu **Solárny FV panel GWL / Power Sunny-60M-F** špecifikovaný v *Tab. 17*, a k nim použije buď jeden akumulátor typu **Akumulátor energie olovený VictronEnergy GEL12-165** alebo 5 kusy akumulátorov typu **Akumulátor energie olovený VIPOW GEL LP40-12** špecifikované v *Tab. 18*. Použije sa elektrocentrála na zálohu a výpomoc typu **Zipper ZI-TE 950**.

Posledný bod diplomovej práce bol zameraný na alternatívne zdroje svetla, z ktorých však väčšina existuje len na papieri, alebo ich výroba je príliš nákladná, a hľadajú sa nové technológie, ktoré by mohli uľahčiť ich vývoj. Medzi ne patria napríklad zdroje produkujúce svetlo z rias, zdroje na základe bioluminiscencie, organické LED takzvané OLED zdroje, ale aj obyčajné solárne lampy, lampy na vlastný pohon, a nakoniec svetlá využívajúce ako zdroj energie gravitáciu. Revolúciou by mohol byť experimentálny zdroj svetla takzvaný FIPEL, jeho výroba však je príliš náročná a hlavne drahá.

7 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] BAXANT, Petr. *Světelná technika* [online]. Brno, 2007, s. 38 [cit. 2014-11-05].
- [2] História umelého osvetlenia. *Časopis bývanie* [online]. 26.07.2012 [cit. 2014-11-02]. Dostupné z: <http://www.casopis-byvanie.sk/historia-umeleho-osvetlenia/>
- [3] História žiaroviek. *Usporna Žiarovka: Na svetle záleží* [online]. 2012 [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: <http://www.uspornaziarovka.sk/pages/Hist%C3%B3ria-%C5%BEiaroviek.html>
- [4] KUTAL, Květoslav a Vladimír KRÁL. *Elektrické světlo: Část I* [online]. Ostrava, 2005 [cit. 2014-11-05].
- [5] Světlo časopis pro světlo a osvětlování: i. DVORAČEK, Vladimír. *Odborné časopisy: Světlo* [online]. 2013 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/50-vyroci-led-50490.html>
- [6] Úsporná žiarovka: Na svetle záleží. *Najpoužívanejšie typy žiaroviek* [online]. 2012 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <http://www.uspornaziarovka.sk/pages/Najpou%C5%BE%C3%ADvanej%C5%A1ie-typy-%C5%BEiaroviek.html>
- [7] FIPEL™ Panel Lighting. *CEELITE Technologies* [online]. 2014 [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://ceelite.com/products/fipel-panel-lighting/>
- [8] Phasing out conventional incandescent bulbs. *European Commission* [online]. 2009, 2014 [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-09-368_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-09-368_en.htm)
- [9] Over the past decade, lighting became more efficient across all sectors. *EIA: Energy information administration* [online]. 2012 [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=6210>
- [10] Energy Efficiency Trends 1990 to 2008. *Office of Energy Efficiency* [online]. 2009 [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://oee.rncan.gc.ca/publications/statistics/trends11/chapter3.cfm>
- [11] 1000 otázek ke stavebnímu právu: Definice pojmů. *Ministerstvo pro místní rozvoj ČR* [online]. 2006, 2013 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/1000-otazek/prehled1.asp>
- [12] Ako znížiť spotrebu elektriny v domácnosti: Osvetlenie. SLOVENSKÁ INOVAČNÁ A ENERGETICKÁ AGENTÚRA. *Žiť energiou: Odborné energetické poradenstvo* [online]. 2012 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <https://www.siea.sk/letaky/c-4499/ako-znizit-spotrebu-elektriny-v-domacnosti/>
- [13] Světlo časopis pro světlo a osvětlování. DARULA, Stanislav a Richard KITTLER. *Ako stimulovať energetické úspory využívaním denného svetla* [online]. 2008 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36591

- [14] SOKANSKÝ, Karel. *DOMINANTNÍ VLIVY OVLIVŇUJÍCÍ SPOTŘEBU ELEKTRICKÉ ENERGIE OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: http://csorsostrava.cz/publikace/dominantni_vlivy_2007.pdf
- [15] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [16] ECO PRODUKT. 2014. *Alternatívne zdroje* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.ecoprodukt.sk/>
- [17] RENDL LIGHT STUDIO. 2012. *Katalóg svietidiel 2012* [katalóg]. 1. 626 s. [cit. 2015-04-15].
- [18] LES Studio Shop. 2015. *Ako si vybrať LED* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.ledstudio.sk/>
- [19] SHMÚ. 2015. *Slovenský hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1>
- [20] MILHAM, Samuel a L. Lloyd MORGAN. 2008. A new electromagnetic exposure metric: High frequency voltage transients associated with increased cancer incidence in teachers in a california school. In: *American Journal of Industrial Medicine* [online]. roč. 51, s. 579-586 [cit. 2015-05-13]. DOI: 10.1002/ajim.20598.
- [21] PHILIPS, Alasdair a Jean PHILIPS. 2010. *Physiological effects of blue and red lights: Circadian rhythms, melatonin, light and illness* [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.powerwatch.org.uk/library/downloads/red-blue-lights-2013-10.pdf>
- [22] REITER, Russel J., Dun-Xian TAN a Lorena FUENTES-BROTO. *Melatonin: A Multitasking Molecule* [online]. In: . s. 127 [cit. 2015-05-14]. DOI: 10.1016/S0079-6123(08)81008-4. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079612308810084>
- [23] BEDROSIAN, T A a R J NELSON. 2013. Influence of the modern light environment on mood. In: *Molecular Psychiatry* [online]. roč. 18, s. 751-757 [cit. 2015-05-14]. DOI: 10.1038/mp.2013.70. ISSN 1359-4184. Dostupné z: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/mp.2013.70>
- [24] GOOLEY, Joshua J., Kyle CHAMBERLAIN. 2011. Exposure to Room Light before Bedtime Suppresses Melatonin Onset and Shortens Melatonin Duration in Humans. In: *The Journal of Clinical Endocrinology* [online]. roč. 96, s. E463-E472 [cit. 2015-05-14]. DOI: 10.1210/jc.2010-2098. ISSN 0021-972x. Dostupné z: <http://press.endocrine.org/doi/abs/10.1210/jc.2010-2098>
- [25] WADA, Kai, Shota YATA, Osami AKIMITSU 2013. A tryptophan-rich breakfast and exposure to light with low color temperature at night improve sleep and salivary melatonin level in Japanese students. *Journal of Circadian Rhythms* [online]. 11(1): 4- [cit. 2015-05-14]. DOI: 10.1186/1740-3391-11-4. ISSN 1740-3391. Dostupné z: <http://www.jcircadianrhythms.com/content/11/1/4>

- [26] Elektrosmog info. 2015. *Žiarovy a osvetlenie* [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://www.voxo.eu/elektrosmog/aktuality>
- [27] *EcoShopA* [online]. 2012 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.ecoshopa.sk/>
- [28] *Profy elektrocentrály* [online]. 2012 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.profi-elektrocentraly.cz/>

8 PRÍLOHY



Príloha 1kuchyňa



Príloha 2- Kúpeľňa



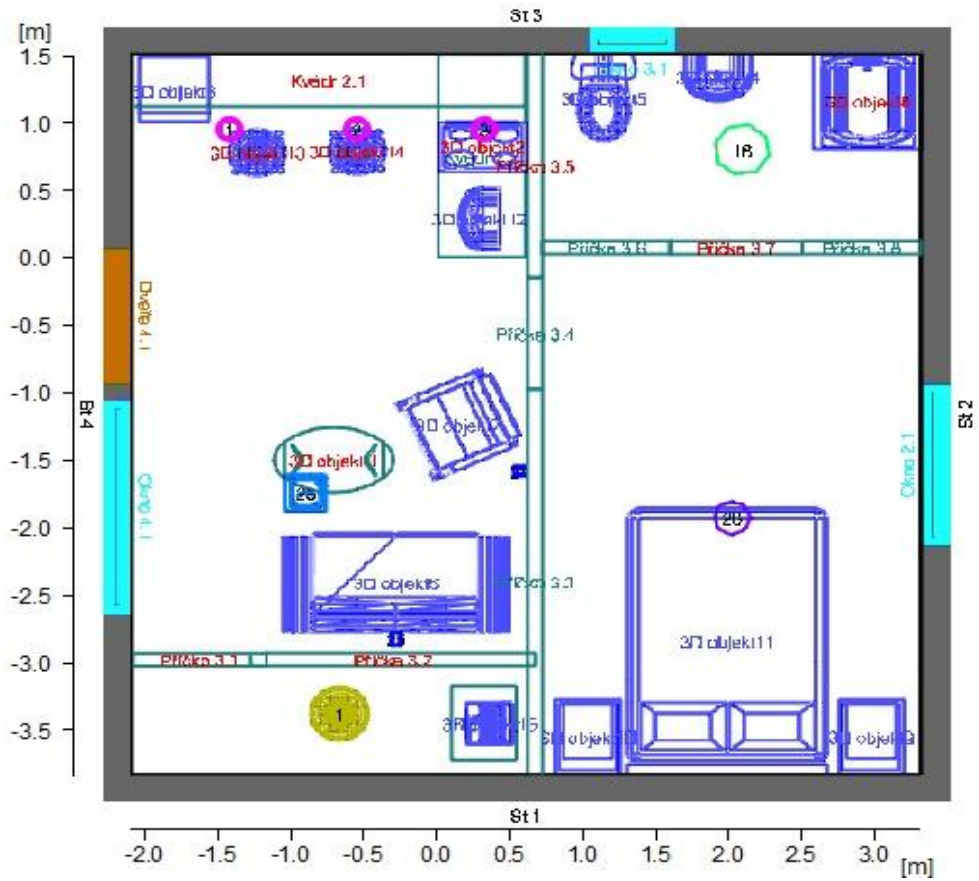
Príloha 3- Obývačka



Príloha 4- Spálňa



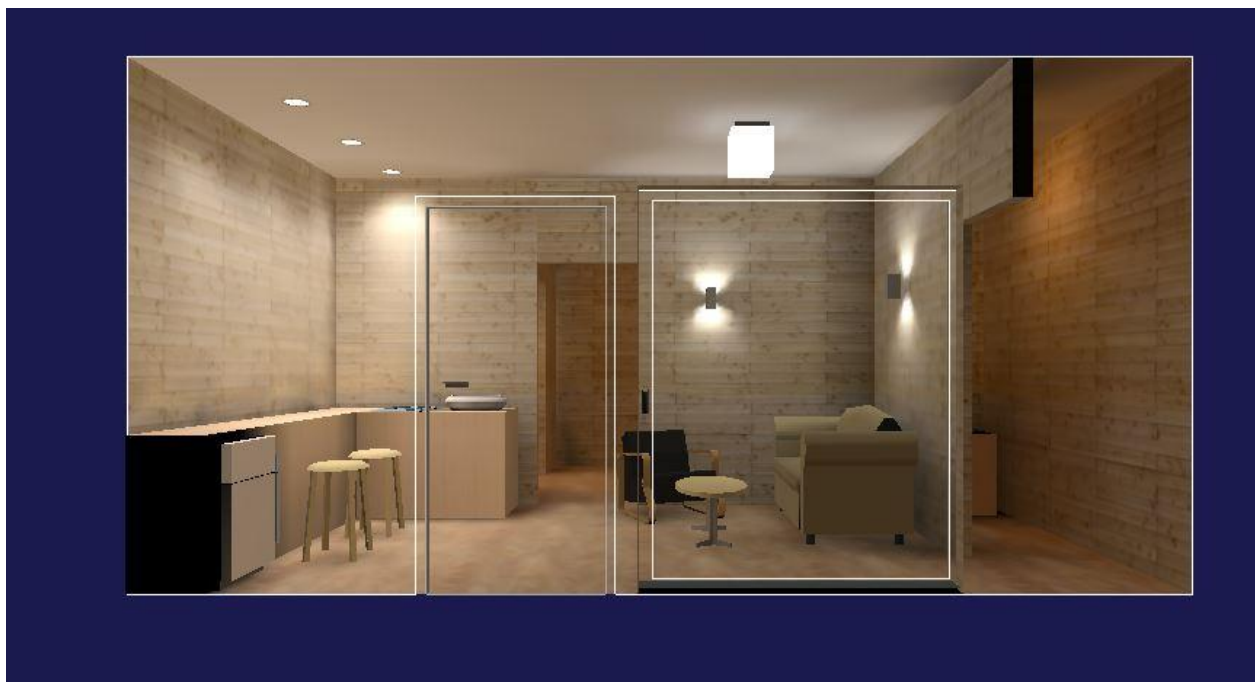
Príloha 5- Použité svietidlá z hora zľava: AURA 28; PLACE&STREET; MOMBA DOWN-UP; GLASKUGEL; EIK; AURA 38 LED ES DA; DL 185 ECO; MICROSLOT TONDO PARETE



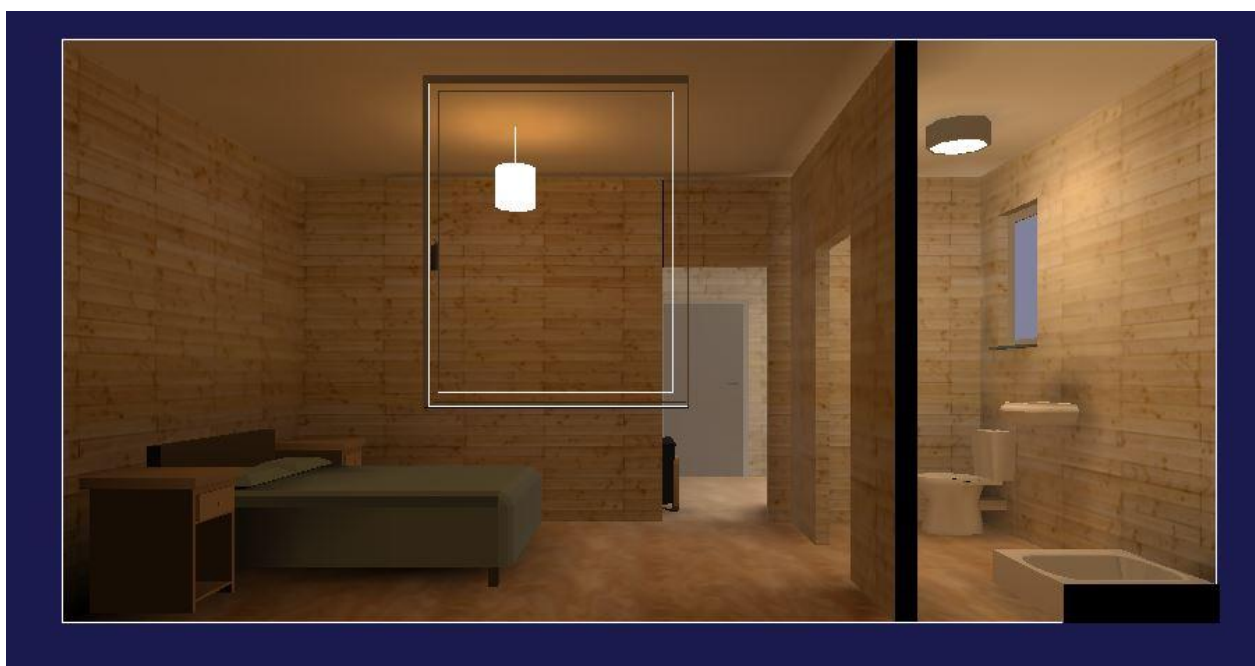
Príloha 6- Pôdorys objektu a rozmiestnenie svietidiel (230 V)



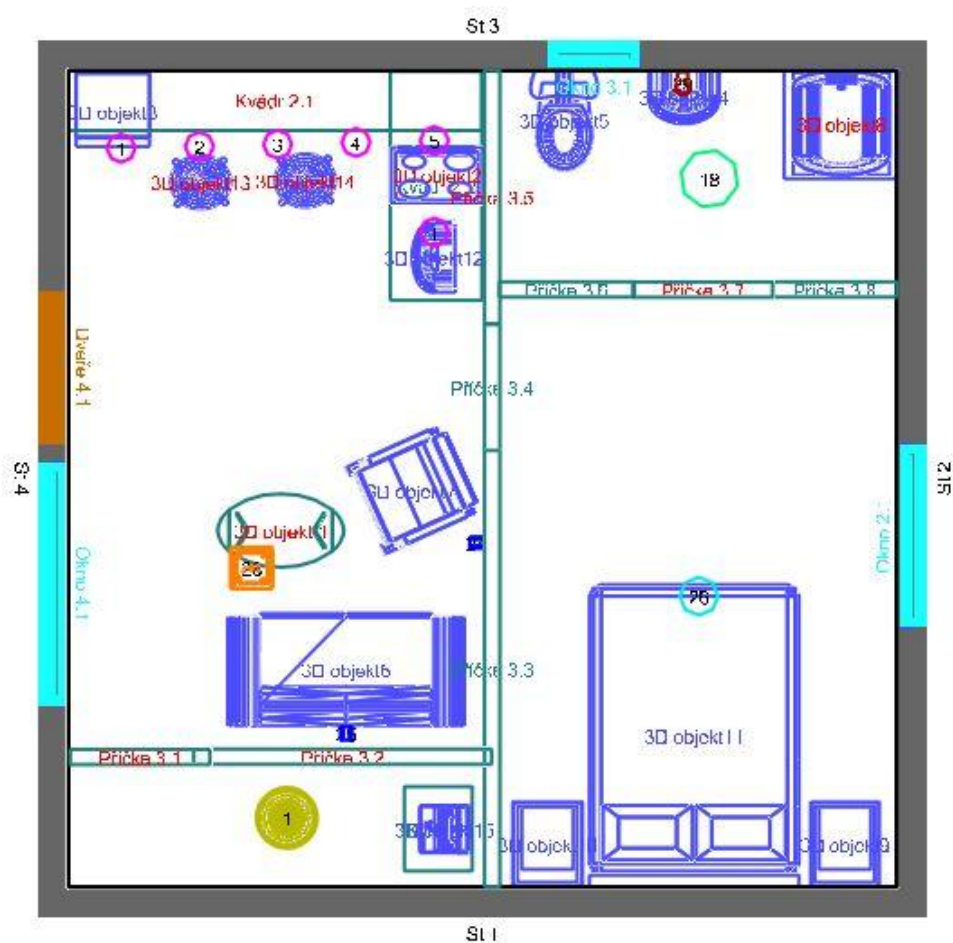
Príloha 7- Pohľad na rozmiestnenie svietidiel v objekte (230 V)



Príloha 8- Pohľad zľava na objekt a zobrazenie rozmiestnenia svietidiel (230 V)



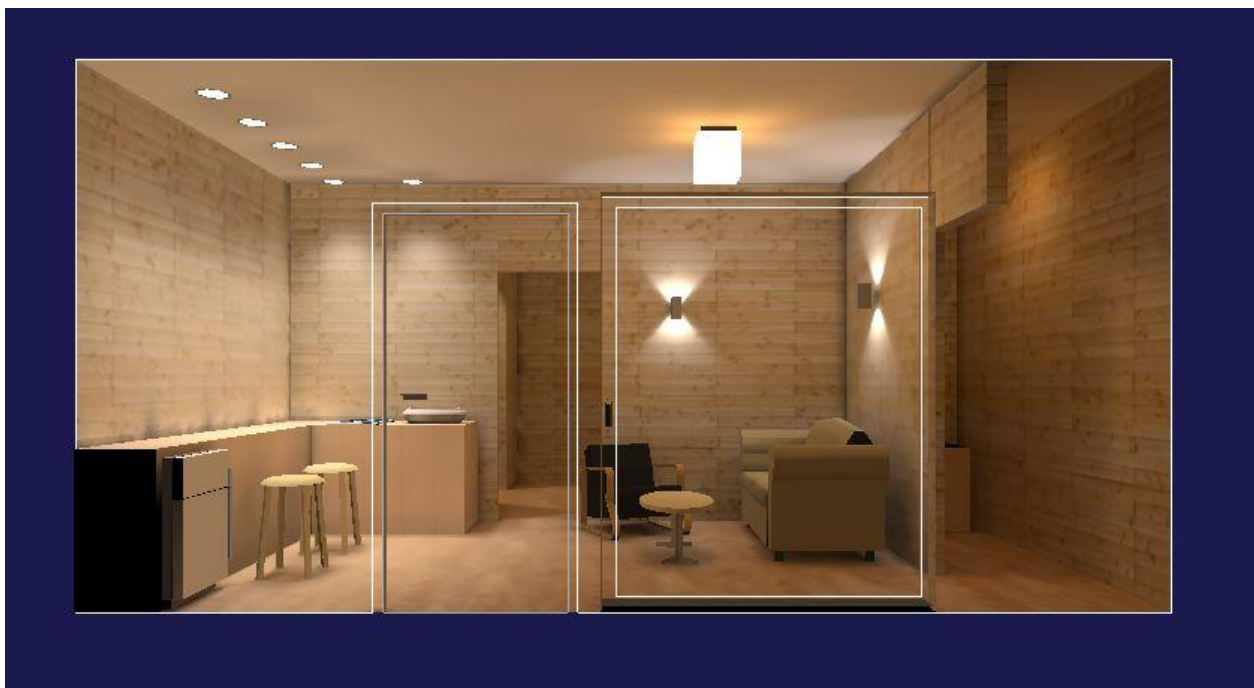
Príloha 9- Pohľad sprava na objekt a zobrazenie rozmiestnenia svietidiel (230 V)



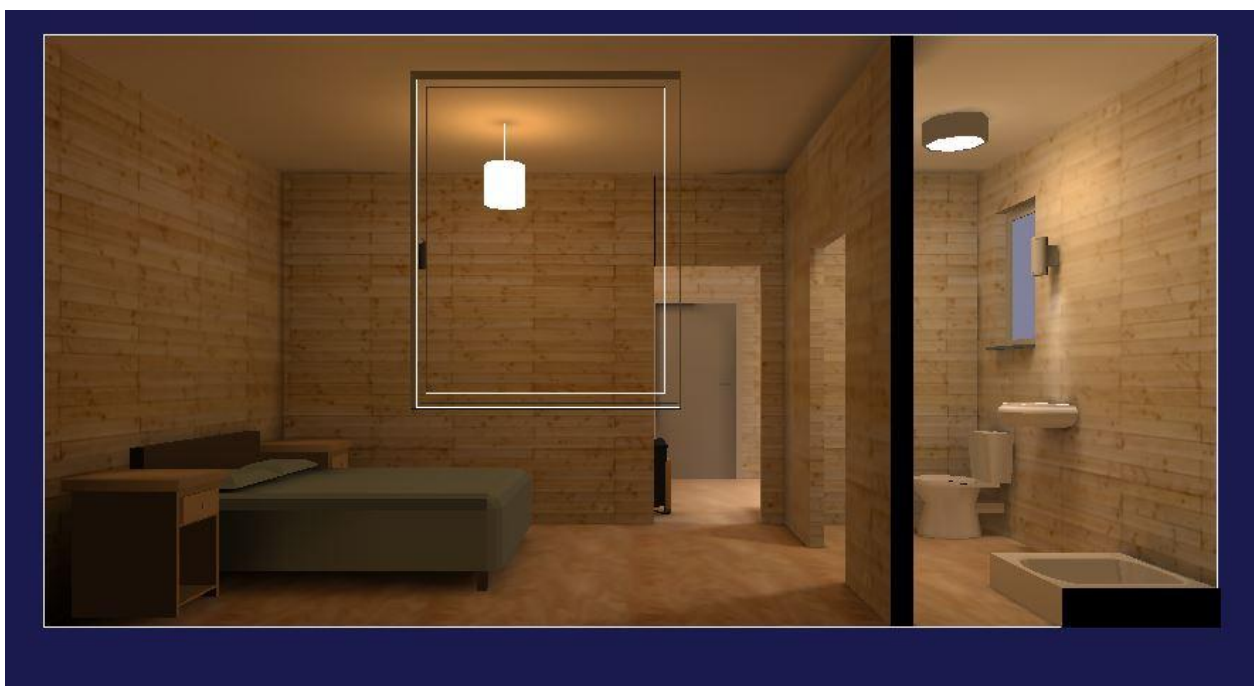
Príloha 10- Pôdorys objektu a rozmiestnenie svietidiel 12 V a 230 V



Príloha 11- Pohľad na rozmiestnenie svietidiel v objekte (230 a 12 V)



Príloha 12- Pohľad zľava na objekt a zobrazenie rozmiestnenia svietidiel (230 a 12 V)



Príloha 13- Pohľad sprava na objekt a zobrazenie rozmiestnenia svietidiel (230 a 12 V)