

Purkyňovo gymnázium Strážnice



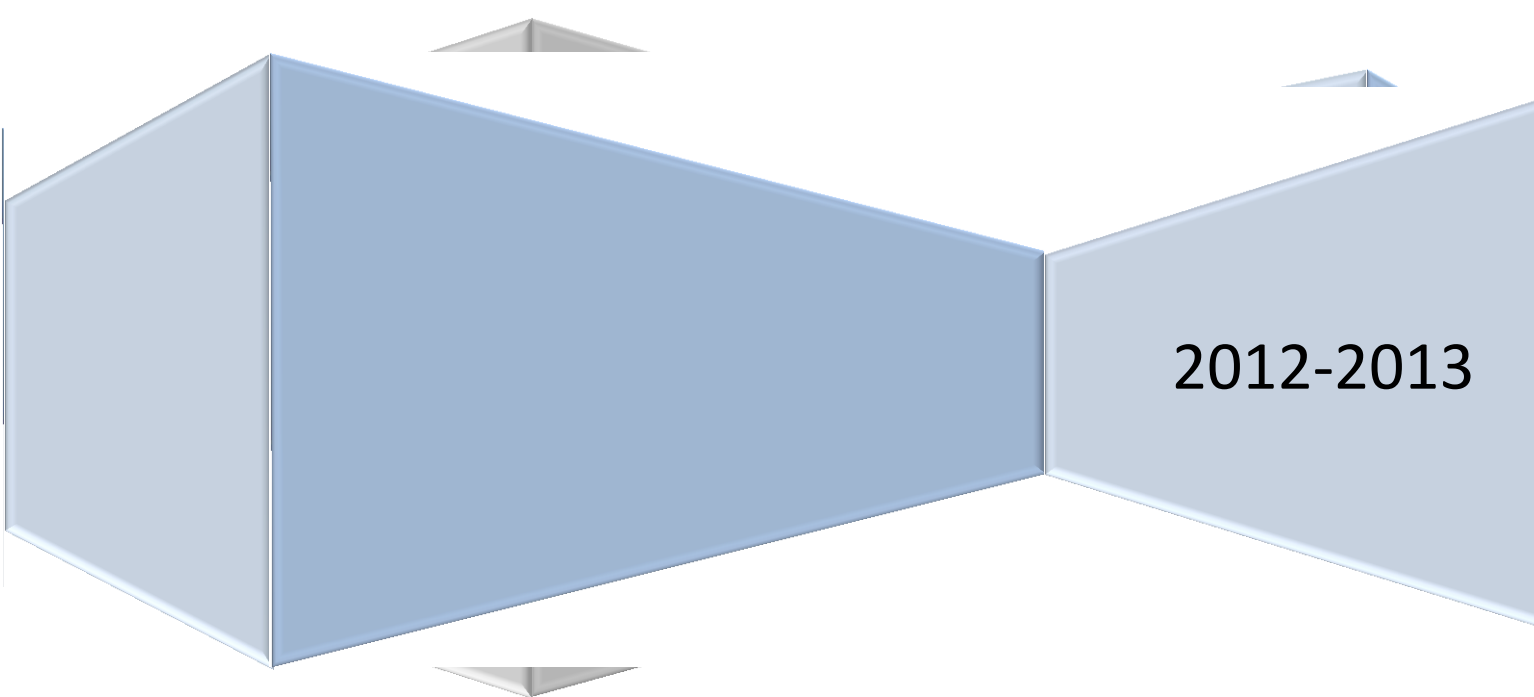
Středoškolská technika 2013

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Venkovní LED osvětlení pomocí fotovoltaického panelu

David Šustek

Jaromír Novotný

A large, light blue, 3D-style arrow pointing to the right, with a smaller arrow pointing to the left above it. The main arrow is divided into two sections by a vertical line.

2012-2013

Název práce: Venkovní LED osvětlení pomocí fotovoltaického panelu

Název oboru: Ochrana a tvorba životního prostředí

Číslo oboru: 8

Vypracovali: Jaromír Novotný
David Šustek

Ročník studia: Septima (3. ročník)

Školní rok: 2012/2013

Adresa školy: Purkyňovo gymnázium, Strážnice
Masarykova 379
696 62 Strážnice

Kraj: Jihomoravský

Místo zpracování: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme svou práci vypracovali samostatně, použili jsme pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

Strážnice 8. března 2013

podpis:

.....

Poděkování

Děkujeme docentu Ing. Jiřímu Šebestovi, Ph.D., za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které nám během práce poskytoval. Také děkujeme Jihomoravskému kraji za finanční podporu při tvorbě naší práce. Dále bychom chtěli poděkovat RNDr. Janě Hálkové za pomoc při tvorbě textové části, Mgr. Ludmile Mrkvové za opravu formální stránky práce a Mgr. Petře Vrbové za kontrolu výpočtů. Také děkujeme kolektivu angličtinářů na Purkyňově gymnáziu ve Strážnici.



Jihomoravský kraj



ANOTACE

Náš projekt pojednává o jedné z možností, jak vyřešit osvětlení v místech, kde to není kvůli absenci připojení do sítě možno. Zároveň má náš produkt téměř nulový dopad na životní prostředí, co se týče produkce CO₂ a jiných škodlivých plynů. Je tomu tak z důvodu využití fotovoltaického panelu a kumulace energie do bezúdržbových olověných akumulátorů. Celý systém je navíc doplněn o mikrokontrolér, který se stará o úsporu energie. Jeho další funkcí je výběr ze dvou procesů nabíjení, ovlivněných množstvím dopadajícího světla.

V první části textové práce popisujeme jeden z důvodů, proč jsme si téma zvolili. Naše škola již potřetí získala titul Ekoškola. Rozhodli jsme se, že zkusíme zapracovat na ještě větší úspoře elektřiny, proto bude náš výrobek využit na škole v místech, kde je pohyb lidí častý, ale ne souvislý.

Část energetika pojednává o druzích výroby energie v ČR, účinnosti a spotřebě elektrárén. Druhá polovina této části popisuje vývoj fotovoltaiky a zastoupení v ČR i ve světě.

Další část pak demonstruje vlastní zařízení ze dvou hledisek. Jde o hardware a software. V části hardwarové je popsána baterie a propočty o životnosti, dále typ světelného zdroje, fotovoltaický panel a nástin výroby elektroniky. V softwarové části charakterizujeme zvolený mikrokontrolér, vývojové prostředí, ve kterém byl program vytvořen, a posledním bodem jsou popsány hlavní části programu.

V části výpočty jsme vypsali jednotlivé důležité hodnoty, týkající se úspory energie a ochrany životního prostředí.

Klíčová slova

CO₂, ekologie, programovací jazyk C, energie, energetika, fotovoltaika

ANNOTATION

Our project deals with one of the options to solve the lighting in places where it is not possible due absence of an electrical connection. Our product has almost zero impact on the environment in terms of CO₂ emissions and other harmful gases. The reason is that we use the photovoltaic panel and the accumulation of energy in maintenance-free lead acid batteries. The system is also supplemented by a microcontroller, which provides energy saving. Its other function is to select from two charging processes, influenced by a volume of the incident light.

In the first part of the text work we describe one of the main reasons why we have chosen the topic. Our school won the title Ecoschool for the third time. We decided that we would try to work on even greater savings in electricity, because our product will be used at the school in places where there is frequent movement of people, but not connected.

Second part discusses the types of energy production in the Czech Republic, efficiency and power consumption. The second half of this section describes the development of photovoltaic and its representation in the Czech Republic and abroad.

Third part then demonstrates the equipment from two perspectives. It is a hardware and software. In the hardware section it is described calculated battery life, the type of light source, and an outline of the photovoltaic electricity manufacturing. The software part describes the microcontroller development environment in which the software was created and then there is described in the main parts of the program.

In the calculations part, we announced various important values related to energy conservation and environmental protection.

Key words

CO₂, ecology, C language, energy, energetics, photovoltaic

Obsah

Úvod	- 8 -
1 Postup při řešení projektu	- 9 -
2 Ekoškola.....	- 10 -
2.1 Analýza spotřeby elektřiny na škole.....	- 10 -
3 Ekologie a energetika	- 12 -
3.1 Energie.....	- 12 -
3.1.1 Podíl na výrobě energie.....	- 12 -
3.1.2 Trendy vývoje.....	- 13 -
3.1.3 Účinnost a spotřeba Tepelných elektráren	- 13 -
3.2 Fotovoltaika.....	- 14 -
3.2.1 Fotovoltaika ve světě.....	- 14 -
3.2.2 Fotovoltaika v ČR.....	- 15 -
3.3 Skleníkový efekt.....	- 16 -
3.3.1 Skleníkové plyny	- 16 -
4 Části autonomního světla.....	- 17 -
4.1 Hardware	- 17 -
4.1.1 Baterie	- 17 -
4.1.1.1 Výběr baterie.....	- 17 -
4.1.1.2 Odhadovaná výdrž baterie	- 18 -
4.1.2 Světelný zdroj.....	- 19 -
4.1.2.1 LED.....	- 19 -
4.1.2.2 Srovnání LED x žárovka	- 20 -
4.1.2.3 Výběr LED	- 20 -
4.1.3 Fotovoltaický panel	- 21 -
4.1.3.1 Historie	- 21 -
4.1.3.2 Princip.....	- 21 -
4.1.3.3 Třídění dle typu.....	- 22 -
4.1.3.4 Složení panelu.....	- 22 -
4.1.3.5 Náš panel	- 23 -
4.1.4 Vývoj plošného spoje.....	- 24 -
4.2 Software	- 24 -
4.2.1 Mikrokontrolér	- 24 -

4.2.2	Vývojové prostředí	- 25 -
4.2.3	Části programu	- 25 -
4.2.3.1	Vyhodnocování osvětlení fotorezistoru	- 25 -
4.2.3.2	Sledování pohybu pomocí PIR čidla.....	- 25 -
4.2.3.3	Měření okamžitého stavu baterie	- 25 -
4.2.3.4	Měření okamžitého výkonu.....	- 25 -
4.2.3.5	Zajištění úspory	- 26 -
4.2.3.6	Obsluha nabíjení akumulátoru	- 26 -
5	Výpočty	- 27 -
5.1	Roční spotřeba energie	- 27 -
5.2	Úspora neobnovitelných surovin	- 28 -
5.2.1	Výpočet úspory uhlí.....	- 28 -
5.2.2	Výpočet úspory CO ₂	- 29 -
5.2.2.1	Postup.....	- 29 -
5.2.3	Přepočet na objem CO ₂	- 31 -
5.3	Návratnost	- 32 -
Závěr	.....	- 34 -
Zdroje	.....	- 35 -
Knižní	.....	- 35 -
Internetové	.....	- 35 -
Obrázky	.....	- 36 -
Tabulky	.....	- 37 -
Grafy	.....	- 38 -
Přílohy	.....	- 39 -
Obrázky	.....	- 39 -

Úvod

Projekt Venkovní LED osvětlení pomocí fotovoltaického panelu je pro nás atraktivní, protože jsme studenti gymnázia s titulem Ekoškola. Je pro nás důležitá možná úspora a vliv na životní prostředí. V důsledku toho je pro nás soběstačné zařízení ideálním projektem, jelikož se množství zplodin, které vznikají při tvorbě elektřiny, rovná nule. Toto zařízení s sebou ponese pouze vstupní náklady na realizaci projektu. Ideálním případem by byla nulová poruchovost zařízení, což by zapříčinilo neměnné náklady a zařízení by svým chodem způsobovalo návratnost vstupních nákladů.

Práce by měla vést k vytvoření prototypu zařízení, které by mělo sloužit na veřejných prostranstvích, jako jsou zastávky, čekárny, chaty atd., a mohlo by tak nahradit stávající systémy osvětlení. Náhradou starých aplikací by vznikla úspora ve spotřebě energie, která souvisí se spotřebou fosilních paliv pro její výrobu. Výroba energie s sebou nese i vypouštění skleníkových plynů a především CO₂, což způsobuje znečištění ovzduší (ovlivňování fotosyntézy, skleníkový efekt).

Právě sestavením tohoto zařízení, které díky fotovoltaickému panelu nepotřebuje energii ze sítě, se bude naše práce zabývat. Obsah práce bude zahrnovat propočítání úspor z pohledu ekologie i ekonomie. Ve výpočtech tedy propočítáme možnou úsporu uhlí, které by bylo zapotřebí k výrobě energie a objem nevypuštěného CO₂, které by vzniklo spálením vypočítaného množství uhlí. V další části výpočtů spočítáme i ekonomickou stránku práce. Možná úspora neobnovitelných zdrojů by neměla být na úkor vysoké ceny. Právě pro zjištění ekonomické stránky projektu se budeme zabývat rychlostí návratnosti ceny systému, kterou vztáhneme na roky provozu.

Cílem naší práce a posledním krokem k dokončení celého projektu je domluva s vedením školy, popřípadě obecním úřadem, o zavedení této aplikace do normálního provozu, jako plánovanou náhradu za staré neúsporné zařízení. Výsledkem tedy bude, že po obhajobě naší práce a příchodu jara dostane náš projekt šanci být uveden do normálního provozu.

1 Postup při řešení projektu

Projekt jsme řešili na VUT v Brně na fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucím naší práce se stal doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D., se kterým jsme konzultovali všechny naše problémy, nejasnosti a trable.

Pracovat na projektu jsme začali v září roku 2012, kdy jsme jeli do Brna a sestavovali jsme si přibližný plán práce. Jako první věc jsme si stanovili, co od aplikace očekáváme a jak se má chovat při určitých situacích. Následoval výběr LED diod. Nakoupili jsme 12 typů výkonných i klasických led diod a testovali jsme několik kritérií, které jsme zapisovali do tabulky. Nejvhodnější se stala LED o výkonu 3 W, s vyzařovacím úhlem 45°, svítivostí 170 lm a teplotou světla 3300 K. Podle výkonu jednoho zdroje a propočítání celkové spotřeby jsme vybrali a zakoupili panel. Další propočet nám určil kapacitu baterie. Vybrali jsme gelový olověný akumulátor o kapacitě 26 Ah.

Zhruba kolem Vánoc vnikl první program pro řízení systému. Ten se dále rozšiřoval podle vývoje silové části, a také podle nápadů pro zdokonalení systému. Podle výsledného programu byly zhotoveny dva obvody. Řídící část a silová část. Následovalo zakrytování a ochrana celého zařízení. Pro elektroniku byla zvolena montážní skříň opatřena dvěma zámky.

Poslední část práce se zabývá zbylými výpočty, jako jsou úspora energie, srovnání zařízení například s klasickou žárovkou, nebo zářivkou.

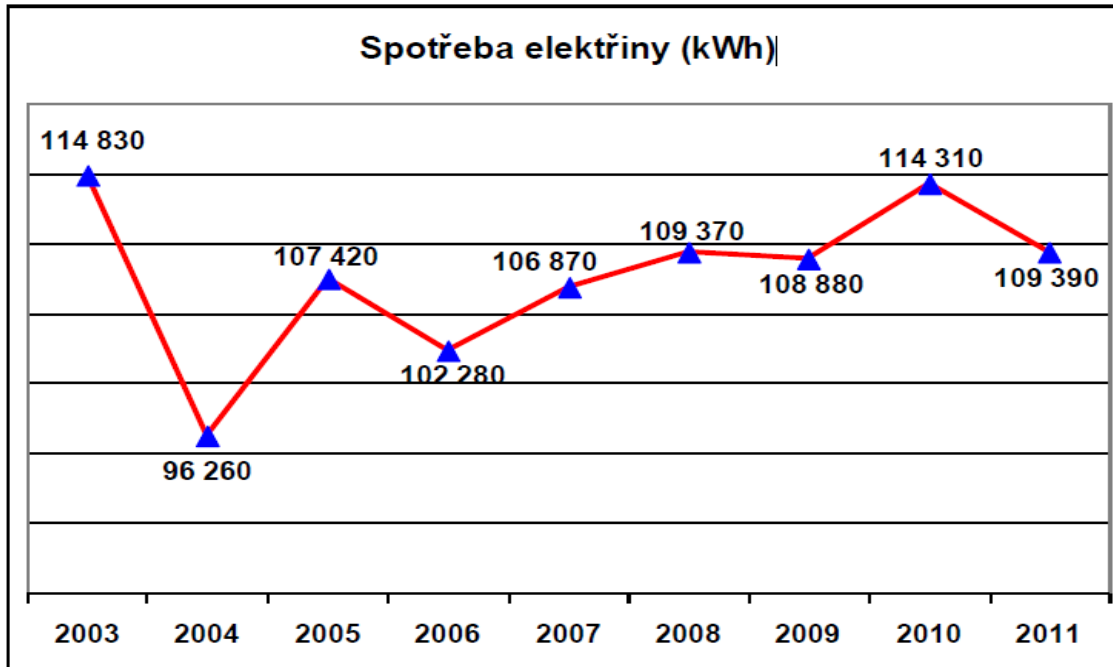
2 Ekoškola

Program Ekoškola je mezinárodní projekt, který se snaží směřovat školy, žáky a personál škol, aby změnili svůj postoj vůči chování k přírodě a šetřili tak životní prostředí. Do tohoto programu je zapojeno 52 zemí z celého světa a účastní se ho přes 38 000 škol. Titul Purkyňovo gymnázium získalo již potřetí již od roku 2007, nyní tento titul obdrželo do roku 2016.

Za působení projektu Ekoškola se na zdejší škole mnohé změnilo. Po škole se vyskytují kontejnery a odpad se třídí na plasty, papír a smíšený odpad. Na škole se pořádají přednášky o životním prostředí, „EKO“ dny a mnohé jiné aktivity spojené s tímto projektem.

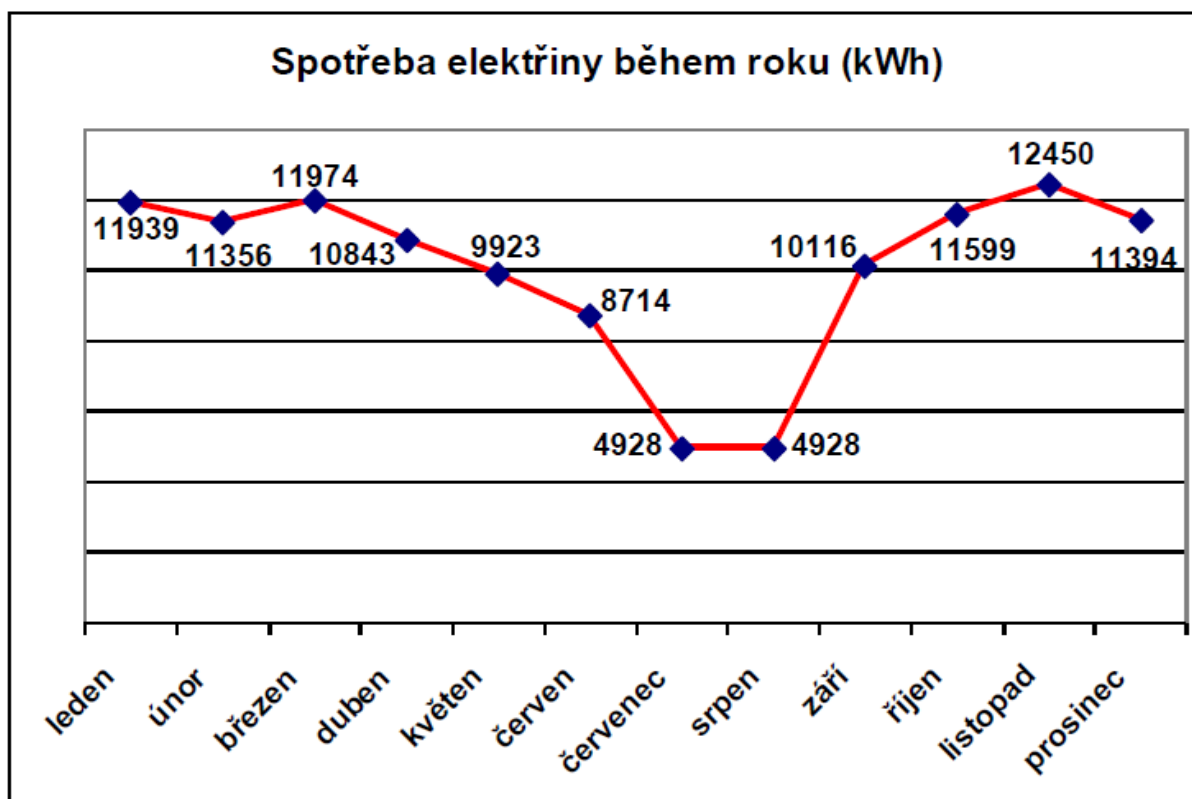
2.1 Analýza spotřeby elektřiny na škole

Díky snahám žáků, kantorů a jiného personálu školy se daří spotřebu elektrické energie držet na co nejmenší hranici. Vyšší hodnoty spotřeby jsou dány také tím, že na naší škole je využívána energie v kuchyni, kde není zaveden plyn a elektřina se podílí i na vytápění.



Graf 1 – spotřeba elektřiny od roku 2003 na Purkyňově gymnáziu

Z grafu č. 1 je zřejmé, že spotřeba od roku 2004 stoupala. Tento nárůst byl způsoben především zvýšením počtu výpočetní techniky, jejíž počet se od 2004 zdvojnásobil. Od roku 2010 spotřeba na naší škole zažila naopak úpadek díky modernizaci techniky za úspornější. Zbytečná spotřeba je omezena díky generálnímu vypínání spotřebičů mimo dobu vyučování (noci, víkendy, prázdniny, viz graf č. 2 - *Spotřeba elektřiny v průběhu roku*). Problémem jsou však spotřebiče, které dle výrobců mají zůstat v režimu stand-by, např. dataprojektory a v činnosti musejí být také školní servery.



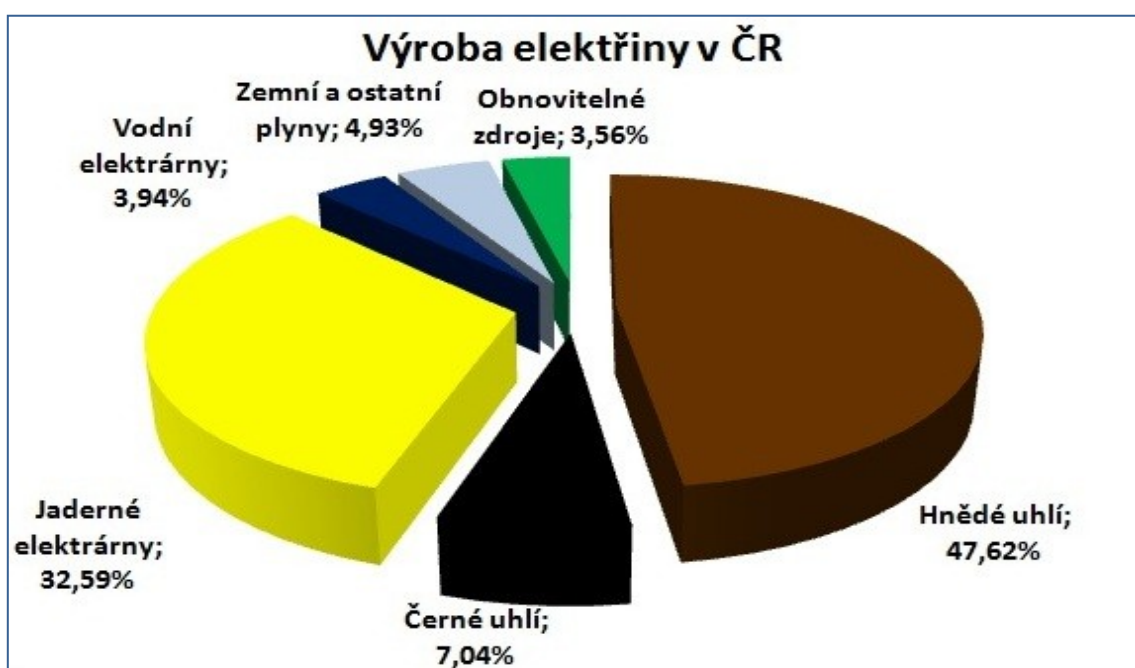
Graf 2 – spotřeba elektřiny v průběhu roku

3 Ekologie a energetika

3.1 Energie

V České republice je výroba elektrické energie založena především na tepelných, jaderných elektrárnách a zdrojích využívající obnovitelná paliva. Čistá roční výroba elektrické energie v České republice je přibližně 79,5 GWh s čistým vývozem přibližně 15 GWh. Největší část (přes 54%) se vyrobí v tepelných elektrárnách na hnědé a černé uhlí. ^[5]

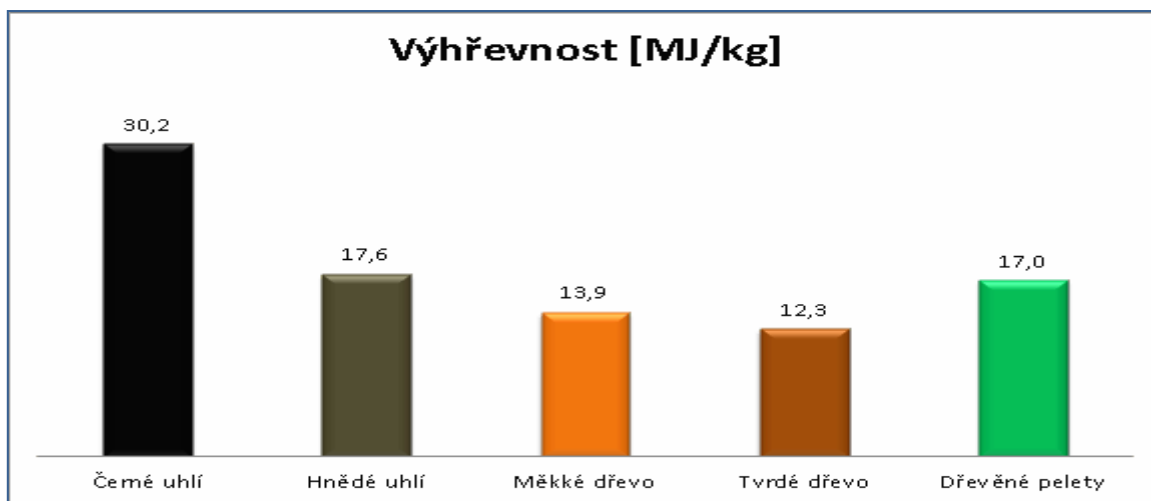
3.1.1 Podíl na výrobě energie



Obrázek 1 – podíl elektráren na výrobě elektřiny v ČR

Tento obrázek poslouží jako stavební kámen v přepočtu ušetřené energie získané ze sítě, která je tvořena poměrově podle obrázku číslo 1. Budeme pracovat s údaji, že na výrobě jedné kWh se podílí hnědé uhlí ze 47,6% a černé uhlí ze 7,04% (ovlivněno nízkým výskytem černého uhlí v ČR). Jaderné elektrárny se na znečištění ovzduší nepodílejí vypouštěním CO₂. Dále se na znečištění ovzduší podílí odpad ze získávání energie ze zemního plynu a jiných plynů.

Největší podíl s sebou nesou elektrárny uhelné. Podílí se na výrobě z 54%. Tvorba elektřiny z uhlí a plynu je založena na přímém spalování, následném ohřívání vody což vede ke vzniku páry, která roztáčí turbínu. Množství uhlí, kterého je potřeba k výrobě jedné MWh, závisí na výhřevnosti uhlí (jeho kvalitě). Výhřevnost vybraných látek zobrazuje obrázek 2. Kvalitnější uhlí je černé, ale v ČR se téměř nevyskytuje, a tak je v tepelných elektrárnách využíváno uhlí hnědé.



Obrázek 2 – výhřevnost látek

3.1.2 Trendy vývoje

Parní turbíny: zavedením nadkritických parametrů páry (tlak 22,1 MPa, teplota 600 °C) se zvýší účinnost nad 40% a vyvíjené monokrystalické slitiny umožní jít až do oblasti ultrakritické páry s teplotou 700 °C, kdy by účinnost mohla špičkově dosáhnout až 50%.

Fluidní spalování: přechod z atmosférických na tlaková fluidní ohniště v kombinaci s paroplynovým cyklem dává naději zvýšit účinnost cyklu také až na 50%.

Plynové turbíny: při spalování zemního plynu lze očekávat do třiceti let zvýšení účinnosti až na 47%, pokud materiál lopatek a chlazení umožní jít na vstupní teplotu 1300 °C. Respektive by to mohlo být 50%, pokud žáruvzdorné keramické slitiny odolají po dobu rozumné životnosti teplotě 1500 °C.

Přímé přeměny chemické energie paliva v elektřinu, odehrávající se ve vysokoteplotních palivových člancích, mohou v kombinaci se zplyňovacím cyklem zvýšit celkovou účinnost přeměny na 50%.^[2]

3.1.3 Účinnost a spotřeba Tepelných elektráren

Reálná účinnost tepelných elektráren na území ČR je nižší. Proto je výpočet pro zjištění množství potřebného uhlí na výrobu jedné MWh obtížný. Na jednu MWh je v ideálním případě potřeba 3,6 GJ energie.

Zjistit přesnou spotřebu uhlí na jednu vyrobenou MWh je obtížné, neboť skupina ČEZ disponuje 15 různými tepelnými elektrárnami. V oficiálních zdrojích se uvádí průměrná hodnota 900 kg na MWh. S touto hodnotou budeme počítat jak pro hnědé, tak pro černé uhlí.

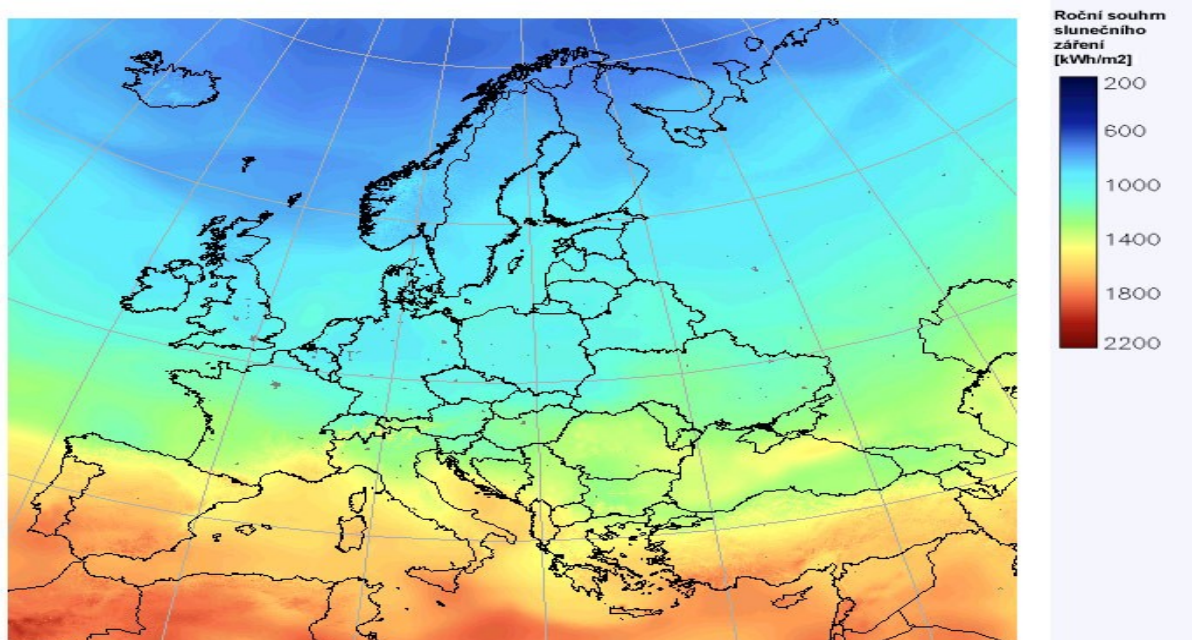
3.2 Fotovoltaika

Získávání energie ze slunce pomocí fotovoltaického panelu patří k nečistšímu způsobu výroby energie. Představuje největší potenciál, který lidstvo ovšem není schopno prozatím využít. V současné době lze však získat z jednoho metru čtverečního aktivní plochy maximálně pouze 110 kWh elektrické energie za rok.

Sluneční výkon 40 bilionkrát přesahuje teoretickou spotřebu lidstva. Dnes však z něj dokážeme využít pouze část. Množství energie, které dnes získáváme z celkové energie slunečního záření, je zanedbatelné. I když současný podíl fotovoltaiky na celkové produkci elektrické energie ve světě představuje pouze asi 0,01%, technologie využívání slunečního záření mají velký růstový potenciál a vyspělé státy s tímto obnovitelným zdrojem do budoucna počítají. Rozvoj v této oblasti je přímo úměrný vývoji stále nových aplikací, jejichž přínosem je především výrazně vyšší energetická účinnost. ^[3]

3.2.1 Fotovoltaika ve světě

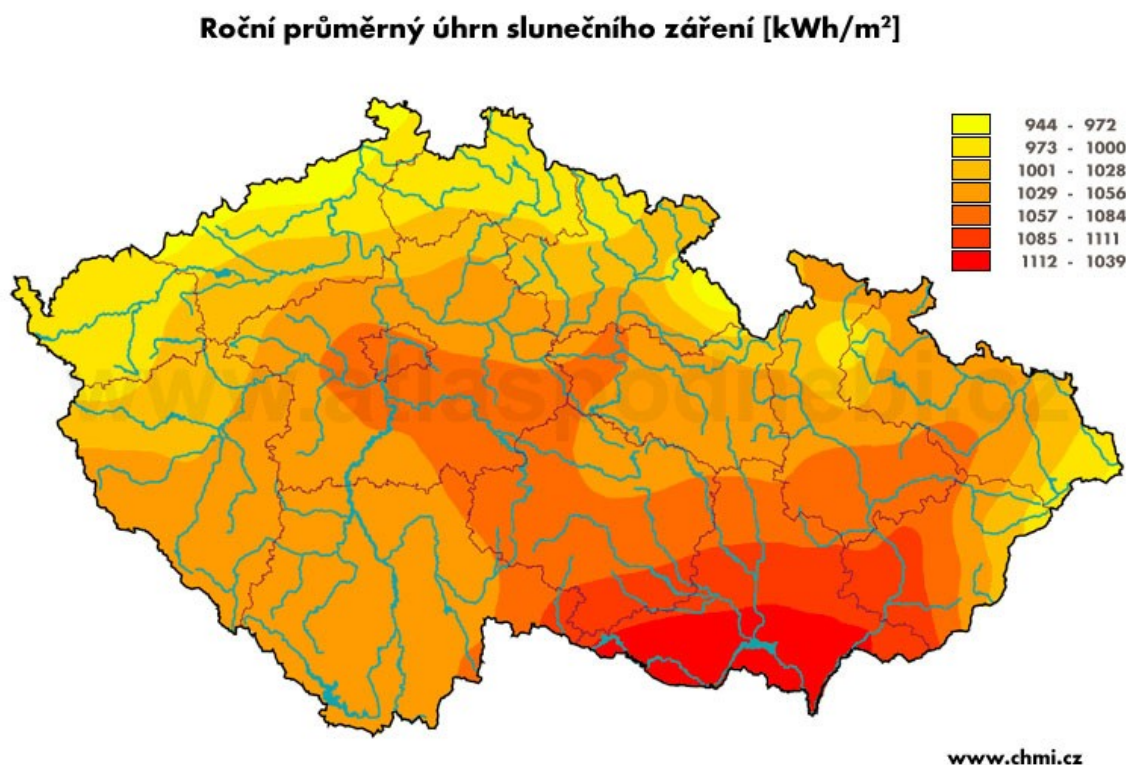
Fotovoltaika má ve světě větší potenciál především díky vyššímu dopadu fotonů, a tudíž je zde vyšší ziskovost v přepočtu na kWh/m². Na obrázku 3 je znázorněno množství dopadajících fotonů, přepočteny na kWh/m². Z hlediska Evropy je největší výnos ve Španělsku, kde souhrn slunečního záření za rok dosahuje hodnot 1800 kWh/m².



Obrázek 3 - pokrytí Evropy slunečním zářením

3.2.2 Fotovoltaika v ČR

Fotovoltaika před několika lety prožívala v ČR neuvěřitelný vzestup, který byl zapříčiněný především politikou tohoto státu, který se snažil do ČR dostat zájem o způsob získávání energie z tohoto obnovitelného zdroje. V tuto chvíli je stále získávání energie nákladné, ale se zvyšující se účinností tohoto systému se bude zvedat i podíl na celkové produkci energie v ČR.



Obrázek 4 - pokrytí České republiky slunečním zářením

Fotovoltaika je v republice ovlivněna zeměpisnou šířkou, sklonem dopadajícího světla a oblačností. Informace se liší publikace od publikace. V zásadě ale platí, že v České republice dopadne na 1 m² vodorovné plochy zhruba 950 – 1340 kWh energie.

Z hlediska praktického využití pak platí, že z jedné instalované kilowaty běžného systému lze za rok získat v průměru 800 – 1100 kWh elektrické energie.^[9]

3.3 Skleníkový efekt

Skleníkový efekt je proces, při kterém atmosféra způsobuje ohřívání planety tím, že snadno propouští sluneční záření, ale tepelné záření o větších vlnových délkách zpětně vyzařované z povrchu planety účinně absorbuje a brání tak jeho okamžitému úniku do prostoru. Mars, Venuše a ostatní nebeská tělesa s atmosférou (jako například Titan) také vykazují skleníkový efekt, pro zjednodušení se však zbytek tohoto článku vztahuje především k Zemi.

Skleníkový efekt se vyskytuje přirozeně na Zemi téměř od jejího vzniku. Bez výskytu skleníkových plynů by průměrná teplota při povrchu Země (určovaná jen radiální bilancí) byla $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Skleníkový efekt je nezbytným předpokladem života na Zemi.

Antropogenní skleníkový efekt je označení pro příspěvek lidské činnosti ke skleníkovému efektu. Je způsoben spalováním fosilních paliv, kácením lesů a globálními změnami krajiny. Antropogenní skleníkový efekt přispívá ke globálnímu oteplování. Přestože většina vědců považuje vliv lidského konání na klima za prokázáný, je předmětem sporu míra tohoto vlivu.^[4]

3.3.1 Skleníkové plyny

Vodní páry (H_2O) způsobují asi 60% zemského přirozeného skleníkového efektu. Ostatní plyny ovlivňující tento efekt jsou oxid uhličitý (kolem 26%), methan (CH_4), oxid dusný (N_2O) a ozón- O_3 -(asi 8%). Souhrnně tyto plyny nazýváme skleníkovými plyny.

Vlnové délky světla absorbovaného plyny lze určit pomocí kvantové mechaniky podle vlastností molekul různých plynů. Je prakticky pravidlem, že heteronukleární dvou-, tří- a víceatomové molekuly plynů silně absorbují v infračervené oblasti, zatímco homonukleární dvouatomové molekuly ne. To je důvodem, proč H_2O a CO_2 jsou skleníkovými plyny, zatímco hlavní složky atmosféry (N_2 a O_2) ne.^[4]

4 Části autonomního světla

V této části práce budou popsány a dále rozvedeny dvě složky systému. V první řadě to bude hardware a následovat bude software.

4.1 Hardware

Zde budou specifikovány a rozebrány hmotné části zařízení.

4.1.1 Baterie

Do naší aplikace byl zvolen gelový olověný akumulátor. Hlavní výhodou je jeho nulová údržba, která je nejdůležitější, aby celý systém byl pokud možno bez nutnosti jakékoli údržby. Další zásadní vlastnosti jsou např. vysoká schopnost vybíjení do hloubky a následná dobrá obnova z takřka nulového stavu. Výhodou je i skladování těchto baterií. Můžeme je skladovat v nabitém stavu klidně i měsíc. V našem obvodu bude úschova pouze denní záležitost. Gelové akumulátory mají elektrolyt tvořený gelovou směsí a nedochází tak ke vzniku sulfátů a vrstvení elektrolytu. Koroze elektrod je také velmi nízká. Gelová konstrukce navíc snižuje vibrace, které mohou způsobit poškození desek.

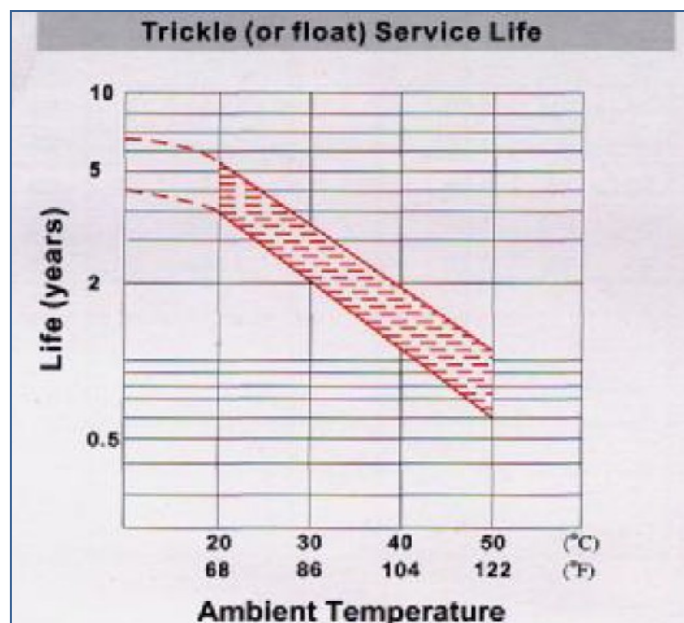
4.1.1.1 Výběr baterie

Výběr naší baterie byl celkem jednoduchý. Potřebovali jsme co největší kapacitu s přijatelnou cenou a rozměry. Náš výběr padl na baterii o kapacitě 26 Ah. Specifikace baterie ukazuje tabulka 1.

parametr	hodnota	jednotka
Napětí	12	V
Kapacita	26	Ah
Výrobce	Kung Long	-
Provozní teplota	-15 ... 40	°C
Váha	9,53	kg
Rozměry	125x175x166	mm
Konektory	šrouby a matice	-

Tabulka 1 – parametry baterie

Svémi parametry přesně odpovídá našim požadavkům. Díky možnosti polohování baterie ji nebude problém umístit ve strojní skříni tak, aby kabeláž nepřekážela dalším komponentům.

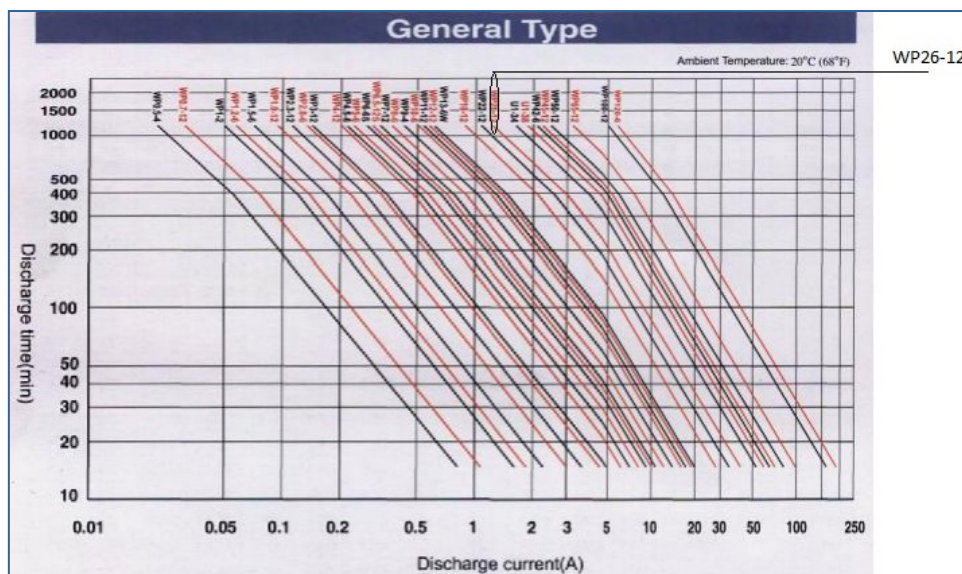


Obrázek 5 - Závislost životnosti baterie na okolní teplotě

Pokud bude baterie užita při pokojové teplotě, její životnost dosahuje dle obrázku 5 od čtyř do šesti a půl roku. Ovšem její kapacita se bude postupem času zmenšovat. Hodnotu snižování kapacity baterie nejsme schopni zjistit, neboť to záleží na počtu nabíjecích cyklů, okolní teplotě a hodnotě procentuálního vybití (záleží na čase v provozu).

4.1.1.2 Odhadovaná výdrž baterie

Vybíjení baterie a její celková výdrž bude záviset na celkovém čase provozu všech světel. To znamená, že záleží na množství osob a jejich čase stráveném v okolí zařízení. Počítejme výdrž baterie pro maximální vybíjecí výkon. V tomto případě poběží celý systém, tudíž bude svítit 9 LED diod. Za tohoto předpokladu bude odebírán proud o velikosti 1,5 A. Z obrázku 6 lze vyčíst dobu, kterou baterie při své plné kapacitě dokáže obvod napájet.



Obrázek 6 - doba vybíjení baterie

Z obrázku 6 vyplývá, že obvod by za plného výkonu měl vydržet v provozu kolem 1000 minut, což odpovídá 16,667 hodin.

4.1.2 Světelný zdroj

Jako světelný zdroj jsme si vybrali LED diody z důvodu velmi vysoké účinnosti, efektivity a dlouhé životnosti.

zdroj světla	životnost {hodiny}
žárovka	1 000
úsporná žárovka	1 200 - 20 000
LED	35 000

Tabulka 2 – životnosti světelných zdrojů

4.1.2.1 LED

Název LED je odvozen z názvu Light Emitting Diode, což v překladu znamená dioda vyzařující optické záření.

Je u ní využíváno principu elektroluminiscence, při které je PN přechodem vyzařováno optické záření. Základní princip činnosti je stejný jako u klasické usměrňovací diody. Přiložením napětí v propustném směru dochází k injekci minoritních nosičů elektrického náboje přes PN přechod. Při přechodu elektrických nábojů přes přechod dochází k rekombinaci elektronů s děrami. Vlivem přiloženého elektrického pole přešly elektrony na nejvyšší energickou hladinu.

Elektron zůstane na vyšší hladině různou dobu, a to podle toho jak stabilní bude jeho stav. Dříve nebo později však vyšší hladinu opustí a vyzáří elektromagnetické kvantum. ^[1]

4.1.2.2 Srovnání LED x žárovka

Obecně platí, že LED svítidla jsou efektivní způsob svícení. LED diody mají spoustu výhod. Od velké životnosti, až po nízkou spotřebu. Bohužel k těmto výhodám přistupuje nevýhoda, a tou je především cena těchto součástek, která snižuje rychlost návratnosti pořizovací ceny systému. Proto při pořizování je nutno zohlednit rychlost možné návratnosti, jestli se pořízení osvětlení s LED vyplatí, nebo by měl uživatel zvolit halogenovou, úspornou nebo wolframovou žárovku.

Přesto, že LED diody spotřebují podstatně méně energie svým vyzařovaným světelným tokem, vydávají při nižší spotřebě mnohem více lm/W.

Typ žárovky	Světelný tok
Klasická wolframová 25 W	230 lm
Klasická wolframová 40 W	380 lm
Klasická wolframová 60 W	710 lm
Klasická wolframová 75 W	920 lm
Klasická wolframová 100 W	1340 lm
Halogenová 25 W	210 lm
Halogenová 40 W	420 lm
Halogenová 100 W	1400 lm
Halogenová 300 W	4600 lm
Fluorescenční 7 W	300 lm
Fluorescenční 20 W	895 lm
LED 1,5 W (bílá denní)	180 lm
LED 3,3 W (bílá denní)	462 lm
LED 8,2 W (bílá denní)	645 lm
LED 13,2 W (bílá denní)	1050 lm
LED 19,5 W (bílá denní)	1500 lm

Obrázek 7 - porovnání světelných zdrojů

4.1.2.3 Výběr LED

Našemu projektu jsme vybrali vysokovýkonné LED diody o výkonu v rozpětí 1-5 W a s rozpětím vyzařovacího úhlu od 160 – 45 °. Diody jsme nakoupili a v laboratoři VUT otestovali. Data jsme zapsali do tabulky. V kombinaci parametrů a příjemnosti barevné teploty zdroje jsme jako nejvhodnější vybrali 3W LED diodu s vyzařovacím úhlem 45 ° s příjemnou barvou světla 3300 K.

4.1.3 Fotovoltaický panel

4.1.3.1 Historie

Objev fotovoltaického jevu se přisuzuje experimentu Alexandra Edmonda Becquerelova roku 1839. První fotovoltaický článek byl sestaven roku 1883 Charlesem Frittsem který potáhnul polovodičový selen velmi tenkou vrstvou zlata. Takto vzniklý fotovoltaický článek však dosahoval pouze 1% účinnosti.

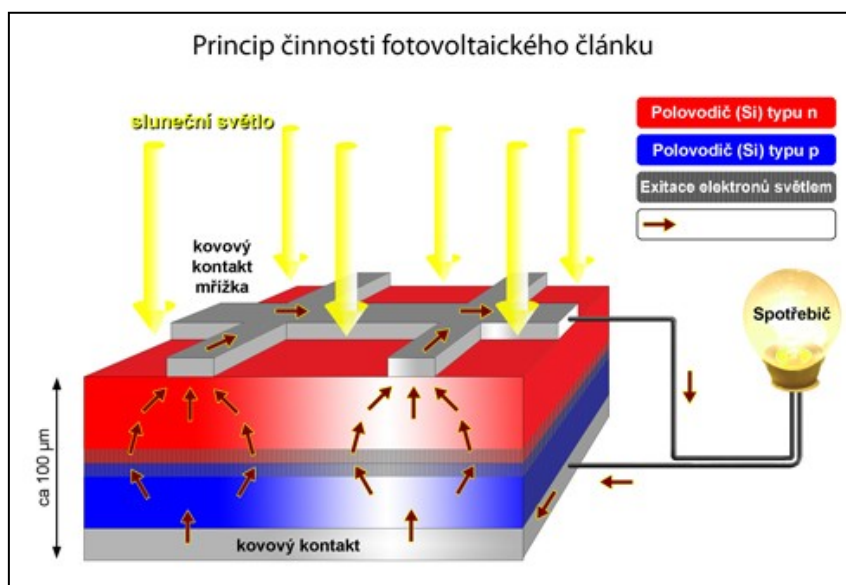
Roku 1904 Albert Einstein fyzikálně popsal podstatu fotovoltaického jevu, za kterou mu byla v roce 1921 udělena Nobelova cena.

První patent na solární článek pak byl podán v roce 1946 Russellem Ohlem, který také stál na počátku rozvoje křemíkových solárních článků (1941). První skutečný fotovoltaický článek s 6% účinností byl vyroben z krystalického křemíku v roce 1954 v Bellových laboratořích (G. L. Pearson, Daryl Chapin, Calvin Fuller).^[6]

4.1.3.2 Princip

Solární článek je polovodičový velkoplošný prvek s alespoň jedním PN přechodem (v podstatě jde o polovodičovou diodu). Na rozhraní materiálů P a N vzniká přechodová vrstva P-N, v níž existuje elektrické pole vysoké intenzity. Toto pole pak uvádí do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla. Vzniklý elektrický proud odvádějí z článku elektrody.

V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabitě částice (pár elektron - díra). Některé elektrony a díry jsou poté separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi "předním" (-) a "zadním" (+) kontaktem solárního článku. Zátěží (elektrospotřebičem) připojenou mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, který je přímo úměrný ploše solárních článků a intenzitě dopadajícího slunečního záření.^[8]



Obrázek 8 - Princip činnosti fotovoltaického článku

4.1.3.3 Třídění dle typu

Fotovoltaické panely se dělí podle technologie způsobu výroby, která je k výrobě použita. Rozdíl mezi těmito způsoby výroby je především v nákladech na výrobu a v ziskovosti energie.

* technologie tenkých vrstev –

solární panely s amorfními články: tato technologie spočívá v napařování tenké vrstvy amorfního křemíku, díky čemuž je dosaženo nižší výrobní ceny na úkor účinnosti, tyto fotovoltaické články dosahují účinnosti přibližně asi 4-8%.

* technologie tlustých vrstev –

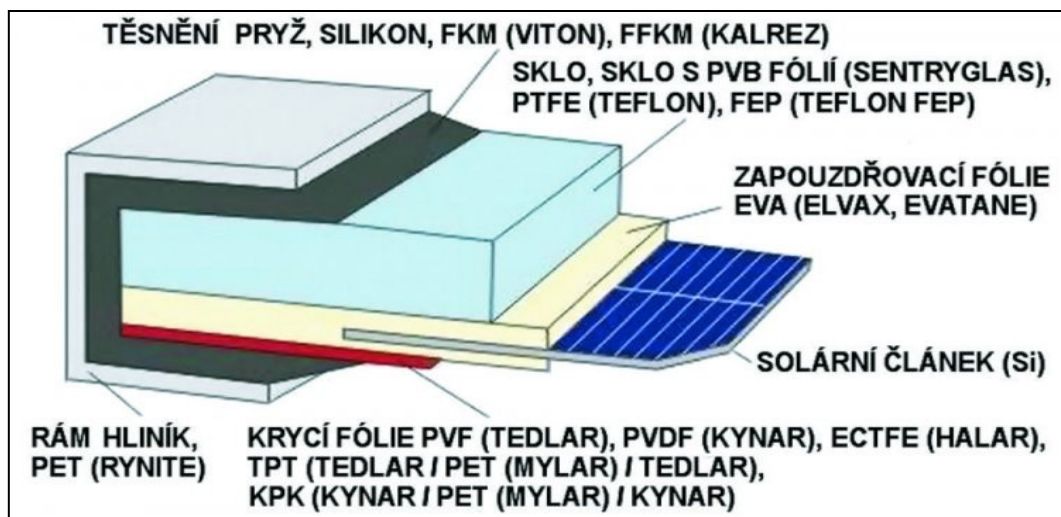
s monokrystalickými články: solární panely s monokrystalickými články jsou v našich podmínkách používané nejvíce. Krystaly křemíku jsou větší než 10 cm a vyrábí se na bázi chemického procesu – tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřežou na tenké plátky, tzv. podložky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17%.

s polykrystalickými články: základem je, stejně jako u monokrystalických panelů, křemíková podložka s tím rozdílem, že solární články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost polykrystalických článků se pohybuje od 12 do 14% (výjimečně až 16%). Jejich výroba je ale v porovnání s monokrystalickými panely mnohem jednodušší, tedy i levnější a rychlejší.

Speciálním příkladem jsou nekřemíkové technologie. Na rozdíl od předešlých dvou se pro konverzi světla na elektrickou energii nepoužívá tradiční P-N polovodičový přechod. Používají se různé organické sloučeniny, polymery a podobně. Tyto technologie jsou většinou ve stadiu výzkumů. ^{[6][7]}

4.1.3.4 Složení panelu

Fotovoltaický panel je jednoduchým zařízením jen na první pohled, jeho výroba je poměrně komplikovaná a na kvalitě jednotlivých surovin a preciznosti celkového provedení závisí jak účinnost, tak celková trvanlivost a časová stabilita panelu. Následující obrázek zobrazuje řez krystalickým panelem a nejčastěji používané materiály.



Obrázek 9 – složení panelu

4.1.3.5 Náš panel

Hlavními hledisky pro výběr panelu byly rozměry, daný výkon, aby byl polykrystalický a to především kvůli nižší pořizovací ceně. Ideálním se jeví panel značky Lux s výrobním označením Pro DSP 50P. Účinnost tohoto modulu dosahuje 15,02%, což je u tohoto typu panelu nadprůměr.

parametr	hodnota	jednotka
Označení	DSP 50P	-
Rozměry (VxHxD)	608x669x35	mm
Hmotnost	4,88	kg
Technologie	Poly	-
Počet článků	36	-
Max. výkon	50	W
Max. napětí	18	V
Max. proud	2,78	A
Napětí naprázdno	22,50	V
Zkratový proud	3,03	A
Účinnost panelu	15,02	%

Tabulka 3 – parametry našeho panelu

4.1.4 Vývoj plošného spoje

Pro návrh zapojení jsme použili běžně dostupnou demoverzi programu Eagle. V tomto vývojovém prostředí byla námi vytvořená tzv. matrice, která byla vytisknuta pomocí laserové tiskárny. Dále byla matrice položena na desku plošných spojů, která na povrchu obsahuje fotocitlivou vrstvu. Po dobu 6 minut byla deska přikrytá matricí vystavena ultrafialovému záření. Po expozici byla exponovaná deska ponořena do roztoku NaOH, čímž se chemickou reakcí oddělila exponovaná fotocitlivá vrstva. Následovalo leptání v chloridu železitém. Oxidačně redukčními reakcemi se odloučila vrstva mědi, na které se nenacházela fotocitlivá vrstva. Po dokončení tohoto procesu se deska řádně umyla vodou a navrtaly se dírký pro uchycení součástek. Následně se smyla zbylá fotocitlivá vrstva. Spoje se zalakovaly ochranným lakem.

4.2 Software

Software byl implementován do mikrokontroléru od firmy Atmel. Má označení ATmega644p.

4.2.1 Mikrokontrolér

Je to hlavní součástka celého našeho projektu. Jedná se o osmi bitový mikrokontrolér, který pochází od firmy Atmel. Jeho instrukční soubor obsahuje 131 instrukcí. Dále má 32 datových registrů a jeho taktování může být až do frekvence 16 MHz. Paměť Flash má velikost 32Mb.

označení	ATmega644p
typ	8 bitový
Vel. instrukčního souboru	131 instrukcí
Počet registrů	32
Max. takt	20 MHz
Flash	64 MB
EEPROM	2 kB
A/D převodník	8 kanálů; 10 bitový
čítač	2x 8 bitový; 1x 16 bitový
Vstupně výstupní porty	4 porty; 64 registrů
Operační napětí	2,7V - 5,5V
RAM	4 kB
Počet pinů	40

Tabulka 4 – základní výčet z datasheetu mikrokontroléru

4.2.2 Vývojové prostředí

Pro tvorbu programu jsme si vybrali vývojové prostředí AVR Studio 4, a jeho programovací jazyk C.

4.2.3 Části programu

Program se skládá z 6 základních částí. Hlavním úkolem programu je, že se stará o co největší úsporu energie.

Části programu:

- zjišťování osvětlení fotorezistoru
- sledování pohybu pomocí PIR čidla
- měření okamžitého stavu baterie
- měření okamžitého výkonu
- zajištění úspory
- obsluha nabíjení akumulátoru

4.2.3.1 Vyhodnocování osvětlení fotorezistoru

Fotorezistor jsme zapojili do obvodu s potenciometrem pro změnu citlivosti a pomocí děliče napětí porovnává mikrokontrolér hodnoty z interních AD převodníku. Pokud se výstupní hodnota nachází v testovaném rozmezí, zařízení se sepne a rozsvítí se jedno ze tří světel. Pokud výstupní hodnota neodpovídá testované, zařízení se vypne.

4.2.3.2 Sledování pohybu pomocí PIR čidla

Pro sledování pohybu jsme zvolili PIR čidlo s pulzním výstupem. Pokud senzor zaznamená pohyb, na výstupu se po dobu 0,5 sekundy vyskytuje logická 1. Senzor je napájen 5 volty, proto je logická 1 rovna v našem případě 5 V. Analogový komparátor mikrokontroléru sleduje změny na výstupu čidla a zaznamená-li nástupnou hranu a hodnotu větší než 1,75V, což je vnitřní reference analogového komparátoru, rozsvítí se pomocí PWM další dvě další světla.

4.2.3.3 Měření okamžitého stavu baterie

Tahle procedura je zajištěna pomocí AD převodníku, který porovnává hodnotu z děliče napětí, který je na svorkách baterie v poměru 10:2. Hodnota napětí děliče se porovnává s vnitřní referencí převodníku, což je 2,56 V, a následně se pomocí konstanty přepočte na skutečnou hodnotu baterie.

4.2.3.4 Měření okamžitého výkonu

Hlavní částí této funkce je opět AD převodník. Po stisknutí tlačítka funkce zjišťuje úbytek napětí na výkonovém rezistoru, který je připojen na zem. Rezistor má zároveň velmi přesnou hodnotu a pomocí Ohmova zákona se vypočítá okamžitý proud. Funkce si pak načte napětí baterie a na displej se vypíše hodnota okamžitého výkonu.

4.2.3.5 Zajištění úspory

Program se snaží v několika krocích ušetřit energii. Například když v určité fázi programu není potřeba pro chod aplikace určitá periferie, program ji odpojí. Dále v programu, který je zjednodušeně popsán v části 4.2.3.2 si program načítá stav baterie a pokud poklesne pod určitou hodnotu, rozsvítí se pouze jedno ze dvou světel, popřípadě pokud je stav baterie příliš nízký, nerozsvítí se ani jedno. Program zjišťuje z obvodu RTC (Real Time Clock) aktuální čas a pokud je kupříkladu čas v rozmezí 00:00 až 3:00, je zbytečné, aby světlo svítilo, proto se vypne.

4.2.3.6 Obsluha nabíjení akumulátoru

Mikrokontrolér zjišťuje napětí na výstupu panelu a podle zjištěné hodnoty přepíná mezi přímým dobíjením z panelu pomocí FET tranzistoru. Pokud je napětí na panelu nižší než 13 V, program zvolí nabíjení pomocí Step-up obvodu.

5 Výpočty

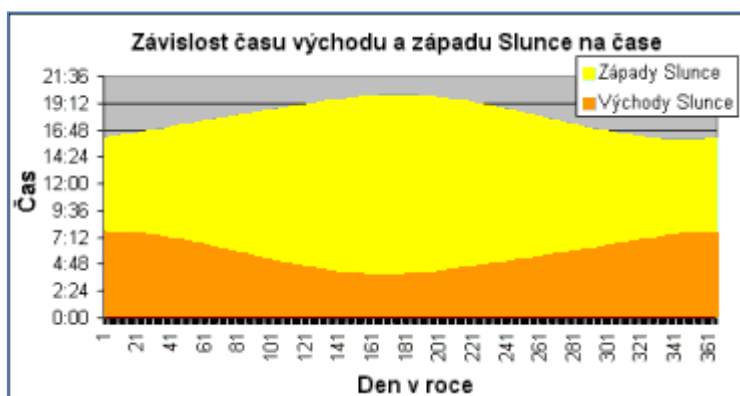
Naše LED dioda s výkonem 3 W má světelný tok 170lm s vyzařovacím úhlem 45 stupňů. V obvodu je 9 těchto LED diod. V momentu sepnutí všech LED se světelný tok sečte, což odpovídá světelnému toku $9 \cdot 170 = 1530$ lm se spotřebou $3 \cdot 9 = 27$ W.

Světelný tok LED diod odpovídá klasické žárovce o spotřebě 114,5 W; úsporu zjistíme porovnáním této imaginární žárovky a LED diod.

S hodnotou spotřeby normální žárovky budeme počítat pro zjištění úspory neobnovitelných zdrojů energie a rychlost návratnosti nákladů za pořízení zařízení, neboť záměrem je výměna těchto žárovek za naše samostatné zařízení.

5.1 Roční spotřeba energie

Jelikož návratnost zařízení nebude otázkou okamžiku, při počítání návratnosti jsme si zvolili jednotku času 1 rok. Pro zjištění přibližné spotřeby je zapotřebí zjistit dobu svitu zařízení, proto budeme vycházet ze statistických údajů o délce noci:



Obrázek 10 – východ a západ slunce během roku

Z obrázku 10 použijeme průměrnou délku noci 12 hodin. Zahrneme tedy tento údaj do výpočtu spotřeby energie obyčejné žárovky.

$$t = \text{dny v roce} \cdot \text{hodin noci}$$

$$P_r = \text{spotřeba za rok}$$

$$P = 114,5 \text{ W}$$

$$t = 365 \cdot 12$$

$$P_r = P \cdot t$$

$$P_r = 114,5 \cdot 12 \cdot 365$$

$$P_r = 501\,510 \text{ Wh}$$

Spotřeba energie žárovky s výkonem 114,5 W za rok je $P_r = 501\,510$ Wh.

5.2 Úspora neobnovitelných surovin

V této části bude propočítána neekonomická část naší práce a vliv úspory v oblasti vypouštění CO₂ a možné ušetření neobnovitelné suroviny černého a hnědého uhlí.

5.2.1 Výpočet úspory uhlí

Podle již zmíněných informací jsme zjistili, že pro výrobu 1 MWh je zapotřebí asi 900 kg uhlí. Na výrobě elektřiny se uhlí podílí z 54,66%. Přesněji černé z 7,04% a hnědé uhlí z 47,62%.

$$P = 1MWh = 1\,000\,000\,Wh$$

Pro černé uhlí:
$$\frac{501\,510 \cdot 7,04}{100} = 35306,3$$

Pro hnědé uhlí:
$$\frac{501\,510 \cdot 47,62}{100} = 238819,1$$

Roční podíl je 35 306,3 Wh z černého uhlí a 238819,1 Wh z hnědého uhlí.

$$m_m = \text{hmotnost uhlí na MWh} = 900\,kg$$

$$P = \text{výkon ze spálení uhlí}$$

$$P_t = 1\,MWh$$

- $$m = \frac{P \cdot m_m}{P_t}$$

Pro černé uhlí:
$$m = \frac{35\,306,3 \cdot 900}{1\,000\,000}$$

$$m = 31,78\,kg$$

Pro hnědé uhlí:
$$m = \frac{238819 \cdot 900}{1\,000\,000}$$

$$m = 214,94\,kg$$

Z výpočtů vyplívá, že výměnou žárovky za naše zařízení by se ušetřilo ve spotřebě neobnovitelných zdrojů. U černého uhlí by úspora činila kolem **31,78 kg** za rok a u uhlí hnědého by se úspora pohybovala kolem **214,94 kg**.

5.2.2 Výpočet úspory CO₂

Výroba energie spočívá ve spalování uhlí, v našem případě výše vypočítaného množství uhlí, proto v rámci vybudování soběstačného zařízení zamezíme spalování a následnému vypuštění CO₂ do ovzduší.

Pro propočtení hmotnosti vzniklého CO₂, které vzniká při spalování uhlí a následné generaci energie, jsme využili údaje vyhledané na internetu, které jsou potřebné pro naše počítání.

Využijeme i již vypočítané hodnoty. Konkrétně hmotnost spáleného uhlí potřebného k výrobě elektrické energie. Hmotnosti jsou pro černé uhlí 31,78 kg a pro hnědé uhlí 214,94 kg. Tyto spotřeby jsou za rok, proto i hodnoty hmotnosti CO₂ vztáhneme na rok provozu aplikace.

Jelikož v elektrárnách nedochází ke spalování čistého uhlí, musíme užít následující informace.

Hnědé uhlí 0,36 t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva Černé uhlí 0,33 t CO ₂ /MWh výhřevnosti paliva
--

Dále využijeme následující přepočtení:

$$1 \text{ GJ} = 277,8 \text{ kWh} = 55,6 \text{ kg hnědé uhlí} = 32,7 \text{ kg černého uhlí}$$

5.2.2.1 Postup

Postup při počítání bude vypočítání podílu jednoho kg uhlí na množství energie. Následně vztahování výsledku na hodnoty spotřeby uhlí a převod hodnot z GJ na MWh. Tyto hodnoty vynásobíme hmotností CO₂ na MWh.

Výpočet:

- $E_{kg} = \frac{1}{m}$

Pro černé uhlí:

$$E_{kg} = \frac{1}{32,7}$$

$$E_{kg} = 0,0305 \text{ GJ}$$

Pro hnědé uhlí:

$$E_{kg} = \frac{1}{55,6}$$

$$E_{kg} = 0,018 \text{ GJ}$$

Kde m je hmotnost jednotlivého druhu uhlí na 1 GJ a E_{kg} je energie z jednoho kg uhlí v GJ.

- $E_r = E_{kg} * m_r$

Pro černé uhlí: $E_r = 0,0305 * 31,78$

$$E_r = 0,9693GJ$$

Pro hnědé uhlí: $E_r = 0,018 * 214,94$

$$E_r = 3,8689GJ$$

Kde E_r je energie ze spáleného uhlí pro naše zařízení a m_r je hmotnost tohoto uhlí.

- $1MWh = 3,6 GJ$

$$P_r = \frac{E_r}{3,6}$$

Pro černé uhlí: $P_r = \frac{0,9693}{3,6}$

$$P_r = 0,272 MWh$$

Pro hnědé uhlí: $P_r = \frac{3,8689}{3,6}$

$$P_r = 1,076 MWh$$

P_r je výhřevnost paliva za rok.

- $m_{co2} = P_r * m_{co2/MWh}$

Pro černé uhlí: $m_{co2} = 0,272 * 0,33$

$$m_{co2} = 0,0897 t = \mathbf{89,7 kg}$$

Pro hnědé uhlí: $m_{co2} = 1,076 * 0,36$

$$m_{co2} = 0,3874 t = \mathbf{387,4 kg}$$

$m_{co2/MWh}$ je hmotnost CO₂ na jednu MWh a m_{co2} je výsledná hmotnost CO₂, kterou ušetří náš systém za rok.

5.2.3 Přepočet na objem CO₂

Pro převod hmotnosti na objem, použijeme součet hmotností CO₂ z obou druhů uhlí. Tuto hodnotu doplníme do trojčlenky spolu s vypočítaným látkovým množstvím.

$$m_{\text{CO}_2} = m_1 + m_2$$

$$m_{\text{CO}_2} = 89,7 + 387,4$$

$$m_{\text{CO}_2} = 477,1 \text{ kg} = 477\,100\text{g}$$

$$n = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M}$$

$$n = \frac{477\,100}{44}$$

$$n = 10840 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol CO}_2 \dots\dots\dots 22,4 \text{ dm}^3$$

$$10840 \text{ mol CO}_2 \dots\dots\dots X \text{ dm}^3$$

$$X = 242820 \text{ dm}^3$$

$$242820 \text{ dm}^3 = 242820 \text{ l}$$

Výsledný ušetřený objem CO₂ je **242820 litrů**.

5.3 Návratnost

Možnou návratnost jsme vypočítali pomocí online kalkulačky ceny energie od dodavatele ČEZ.

světla	369,00 Kč
strojní skříň	1 463,00 Kč
baterie	1 300,00 Kč
fotovoltaický panel	2 027,00 Kč
elektro	500,00 Kč
LED diody	1 296,00 Kč
čidla	900,00 Kč
materiál	100,00 Kč

Tabulka 5 - tabulka cen materiálu

V tabulce číslo 5 je znázorněna cena jednotlivých komponentů. Jejich součet nám dává výslednou cenu zařízení a bude základem pro výpočet rychlosti návratnosti.

$$369 + 1\,463 + 1\,300 + 2\,027 + 500 + 1\,296 + 500 + 1\,296 + 900 + 100 = 7\,955$$

Cena zařízení je tedy **7 955 Kč**.

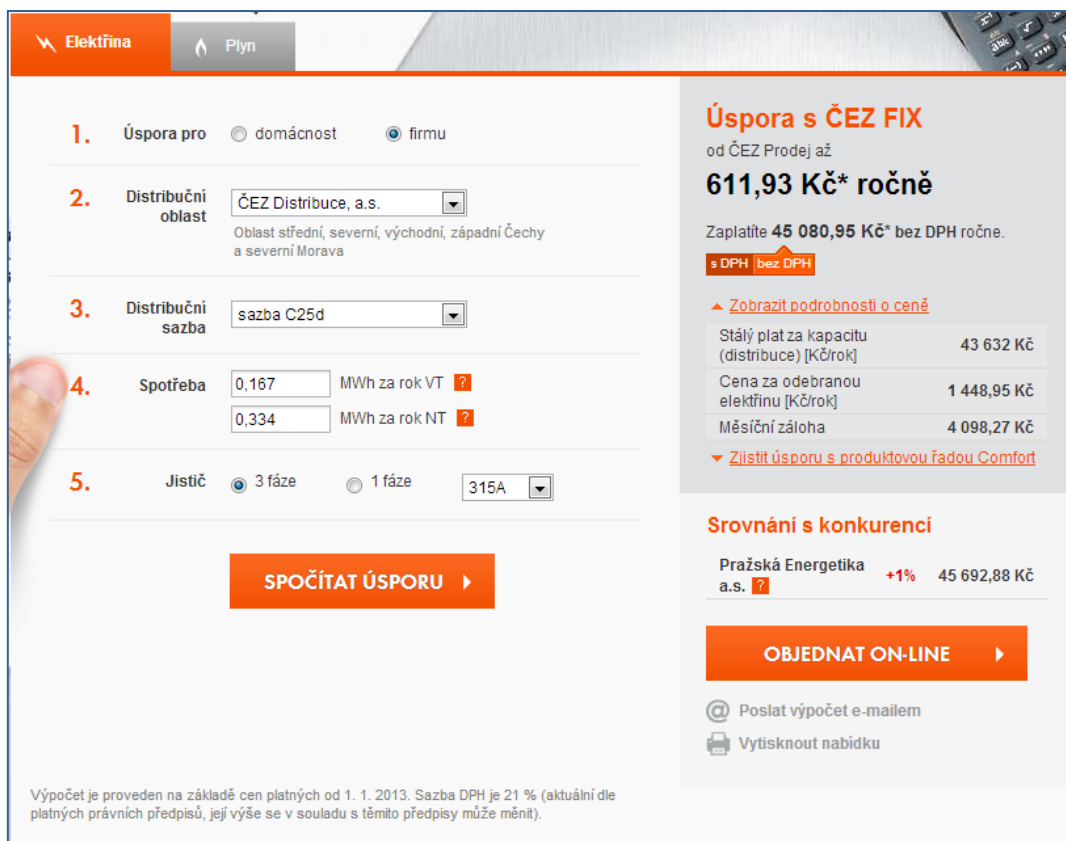
Plán pro využití zařízení je na naší škole, proto jsme museli zohlednit různé sazby cen elektrické energie. Purkyňovo gymnázium spadá do tarifu C25d. Tento tarif obsahuje ve své nabídce až 8 hodinový nízký tarif (NT). Díky tomu z průměrné doby 12 hodin svícení, připadá právě 8 na nízký tarif a zbylé 4 hodiny spadají do tarifu vyššího (VT).

$$\frac{501\,510}{12} = 41792,2$$

pro VT platí: $41792,2 * 4 = 167\,170$

pro NT platí: $41792,2 * 8 = 334\,340$

Z výsledků jde zjistit, že pro NT vychází spotřeba 334 340 W a pro VT 167 170 W. Tyto hodnoty jsme zadali do internetové kalkulačky pro výpočet ceny spotřebované elektrické energie.



Obrázek 11 – kalkulátor ceny energie

Z obrázku č. 11 zjistíme cenu energie, která činí 1448,95 Kč za rok. Z podílu ceny zařízení a ceny energie zjistíme návratnost zařízení v letech.

$$\frac{7\,955}{1\,448,95} = 5,49 \text{ let}$$

Návratnost zařízení při náhradě zařízení za svítidlo/svítidla o stejném světelném toku, v dané cenové sazbě, vychází na 5,49 roku. Tento čas je ale pouze za předpokladu, že za tuto dobu nebude nutná oprava nebo výměna nějakého komponentu.

LED diody by svou životností měly vysoce převýšit dobu návratnosti, v případě enormní ztráty kapacity baterie by se návratnost prodloužila. Při výběru náhradní baterie se stejnou cenou by se návratnost prodloužila o: $\frac{1\,300}{1\,448,95} = 0,897 \text{ roku}$.

Závěr

V závěru naší práce bychom chtěli zmínit využití tohoto zařízení, shrnout poznatky naší práce a podat informace o přínosu této práce pro nás.

Koncept naší práce je směřován na místa s nepřetržitým provozem osvětlení. Je tedy cílen na zastávky a veřejné prostory. Toto zařízení je samočinným zdrojem světla, což umožňuje mimo jiné využití i v místech bez zavedeného elektrického proudu, jako je tomu například u chat nebo jiných malých přístřešků. Pro tyto prostory lze konfiguraci našeho systému upravit, aby bylo dosaženo co nejmenších pořizovacích nákladů.

Z ekologického hlediska jsme se přesvědčili, že úspora neobnovitelných zdrojů rozhodně vzniká. Hmotnost možného ušetřeného uhlí je 31,78 kg černého a 214,94 kg hnědého uhlí na jedno zařízení za rok. Tato úspora se může sice v globálním měřítku zdát nízká, ale kdyby se vyvinulo sériově vyráběné zařízení za přijatelnou cenu, u které by byla možná návratnost, potom by se tato úspora projevila ve větším měřítku. Množství CO₂, které se nedostane do ovzduší, je přímo úměrné spotřebě uhlí při výrobě energie. Po propočtech jsme zjistili, že objem CO₂, které se naším zařízením ušetří je 242820 litrů na jedno zařízení za rok.

Rychlost návratnosti je dle našich předpokladů 5,49 roku. S předpokladem, že zařízení bude po tuto dobu fungovat bezporuchově, vzniká možnost ušetřit neobnovitelné zdroje a zlepšit ovzduší bez ztráty finančních prostředků.

Celkově pro nás byl tento projekt velkým přínosem. Získali jsme znalosti o řešení osvětlení, fotovoltaických systémech, ekologii, programování a mohli jsme realizovat náš zájem o obor. Námi zjištěné informace nám daly povědomí o výrobě energie a možnostech vývoje budoucích trendů. Zároveň jsme vytvořili zařízení, které může sloužit lidem a není jen teoretickým dílem.

Vytvořený prototyp bude umístěn v prostorách školy a bude tak sloužit věci, ke které byl vytvořen.

Zdroje

Knižní

- [1] DOLEČEK, J. *Moderní učebnice elektroniky - 3. díl Optoelektronika a optoelektronické prvky*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2007. ISBN 80-7300-184-5

Internetové

- [2] <http://www.vodni-tepelne-elektarny.cz/moderni-tepelna-elektarna.htm>
- [3] <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektarny/obnovitelne-zdroje/slunce/informace-o-slunecni-energetice.html>
- [4] http://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C3%ADkov%C3%BD_efekt
- [5] <http://www.nechci-drahe-teplo.cz/vyroba-elektarny>
- [6] http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=38133
- [7] <http://www.sunnypower.cz/cs/fotovoltaika/fotovoltaika---technologie>
- [8] <http://www.bestservis.cz/fotovoltaika.htm>
- [9] <http://www.lintech-solar.cz/prirodni-podminky-v-cr>

Obrázky

Obrázek 1 - <http://www.nechci-drahe-teplo.cz/editor/filestore/Image/graf.jpg>

Obrázek 2 - <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0078/007840o1.gif>

Obrázek 3 - <http://www.nazeleno.cz/Files/FckGallery/solar1.zip/graf.jpg>

Obrázek 4 - http://www.solarenavi.cz/assets/img-content/img_uhrn-slunecniho-zareni.jpg

Obrázek 5 - <http://www.gme.cz/dokumentace/540/540-056/dsh.540-056.1.pdf>

Obrázek 6 - <http://www.gme.cz/dokumentace/540/540-056/dsh.540-056.1.pdf>

Obrázek 7 - <http://www.svitidla-led-lighting.cz/img/galerie/tabulka-lumeny.jpg>

Obrázek 8 - <http://www.bestservis.cz/img/schema.jpg>

Obrázek 9 - <http://www.roadenergy.eu/pdf/image1.jpeg>

Obrázek 10 - <http://www.shaman.cz/img/vychod-zapad-slunce-01.gif>

Obrázek 11 - <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina/porovnejte-si-ceny.html>

Obrázek 12 - měření LED na VUT v Brně

Obrázek 13 - měření LED na VUT v Brně

Obrázek 14 - budoucí umístění aplikace

Obrázek 15 - možné další místo pro zařízení

Obrázek 16 – matrice plošného spoje pro nabíjení baterie

Obrázek 17 – matrice procesorové části

Obrázek 18 – matrice plošného spoje s názvem silovka

Obrázek 19 – měření okamžitého výkonu a napětí baterie

Obrázek 20 – kopule jednoho světla

Obrázek 21 – krabička s čidly

Obrázek 22 – elektronika systému

Obrázek 23 – kompletní zařízení

Tabulky

Tabulka 1 – parametry baterie

Tabulka 2 – životnosti světelných zdrojů

Tabulka 3 – parametry našeho panelu

Tabulka 4 – základní výčet z datasheetu mikrokontroléru

Tabulka 5 – tabulka cen materiálu

Grafy

Graf 1 – spotřeba elektřiny od roku 2003 na Purkyňově gymnáziu

Graf 2 – spotřeba elektřiny v průběhu roku

Přílohy

Obrázky



Obrázek 12 - měření LED na VUT v Brně



Obrázek 13 - měření LED na VUT v Brně

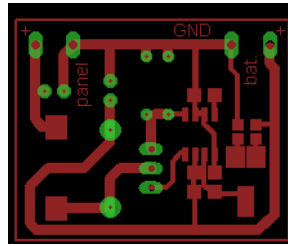


Obrázek 14 - budoucí umístění aplikace

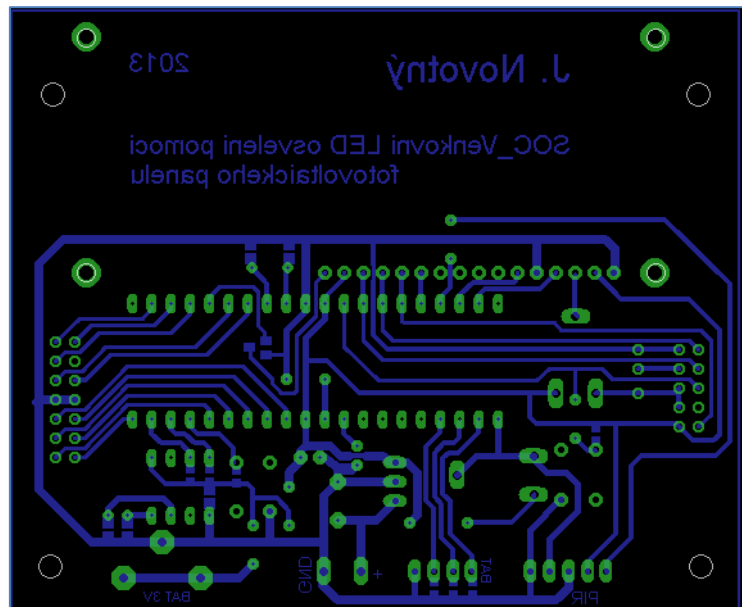


Obrázek 15 - možné další místo pro zařízení

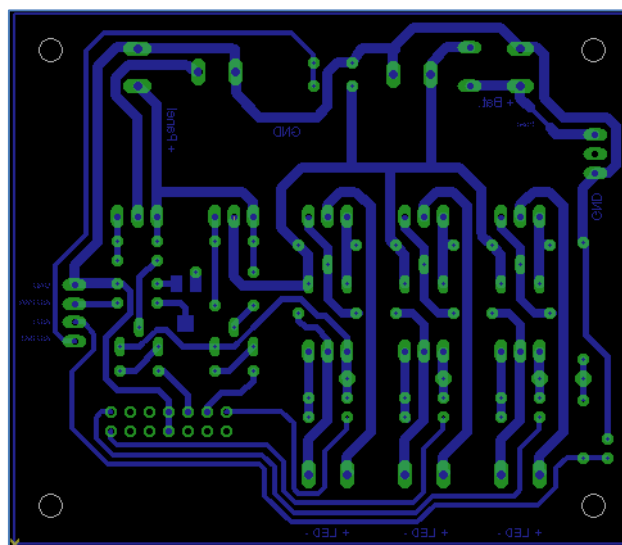
Venkovní LED osvětlení pomocí fotovoltaického panelu



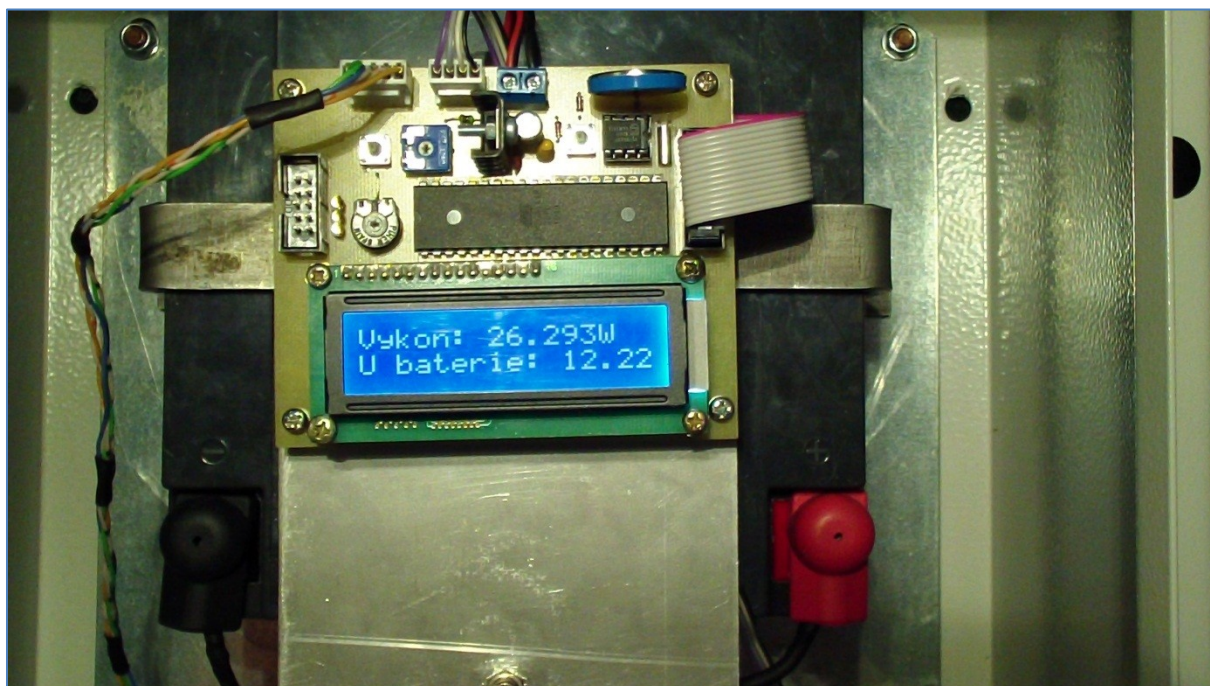
Obrázek 16 – matrice plošného spoje pro nabíjení baterie



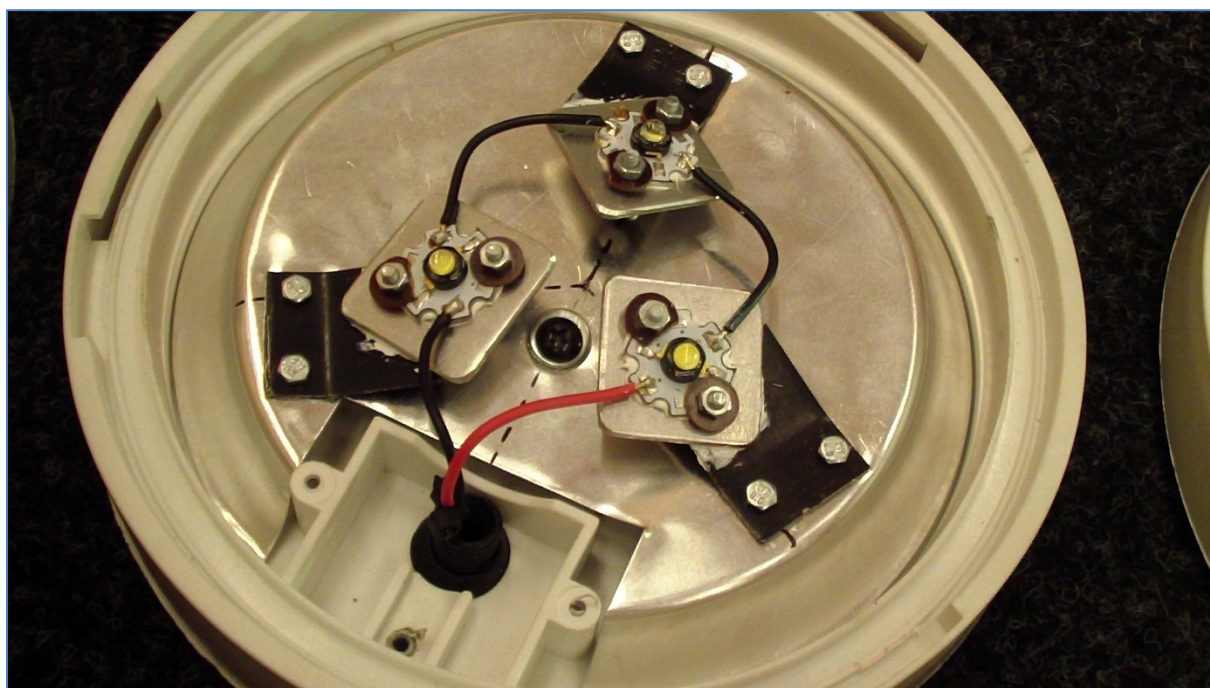
Obrázek 17 – matrice procesorové části



Obrázek 18 – matrice plošného spoje s názvem silovka



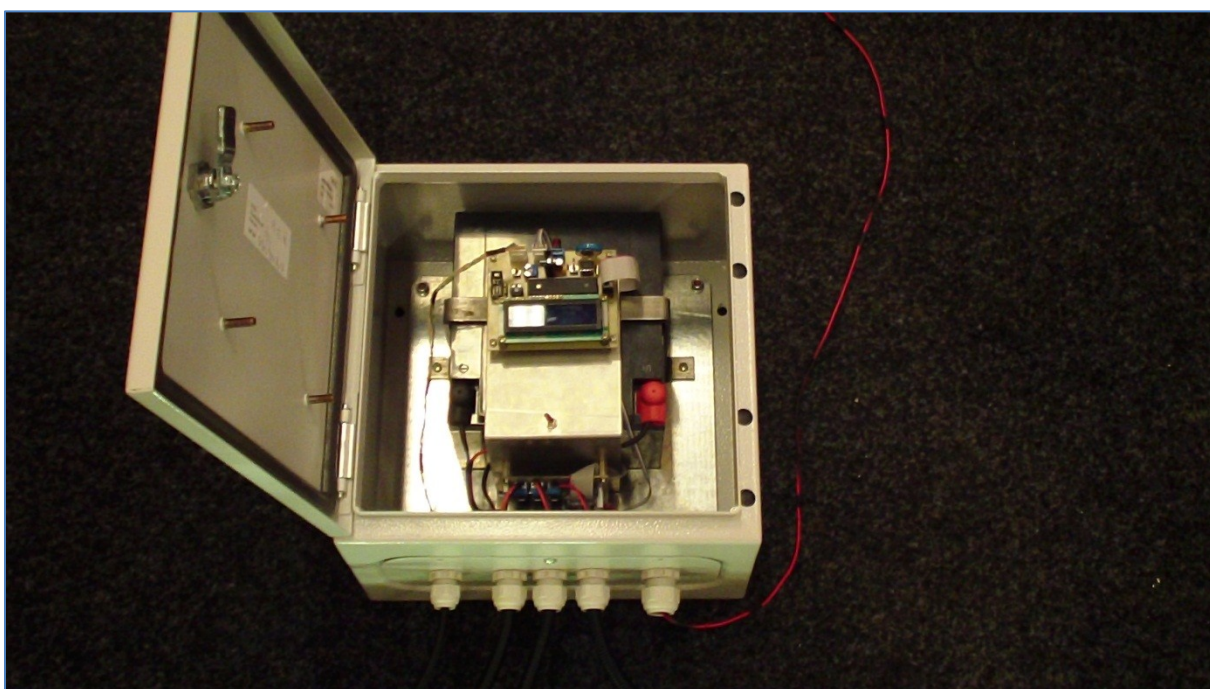
Obrázek 19 – měření okamžitého výkonu a napětí baterie



Obrázek 20 – kopule jednoho světla



Obrázek 21 – krabička s čidly



Obrázek 22 – elektronika systému



Obrázek 23 – kompletní zařízení