

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ**

**KATEDRA TECHNICKÉ VÝCHOVY**

**Fotovoltaický ostrovní systém, parametry a měření**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Michaela Juráčková**

*Učitelství pro základní školy, obor Učitelství technické výchovy pro  
základní školy*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Krotký, Ph.D.

**Plzeň 2022**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 27. 6. 2022

.....

vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Tímto bych velice ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Mgr. Janu Krotkému Ph.D. za výborné vedení mé bakalářské práce, odbornost, ochotu a mimo jiné i cenné rady a připomínky, které bezpochyby vedly k dokončení bakalářské práce. Dále mu děkuji za možnost využití solárního panelu a dosažení výsledků k praktické části.

**OBSAH**

|  |    |
|--|----|
| SEZNAM ZKRATEK .....                                       | 4  |
| ABSTRAKT.....  | 5  |
| ÚVOD .....   | 6  |
| 1 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA .....                           | 7  |
| 1.1 STŘÍDAČE .....   | 7  |
| 1.2 ZELENÝ BONUS .....                                     | 8  |
| 1.3 NÁVRATNOST FINANČÍ .....                               | 8  |
| 2 FOTOELEKTRICKÝ JEV .....                                 | 9  |
| 3 ROZDĚLENÍ PANELŮ .....                                   | 10 |
| 3.1 PRVNÍ GENERACE.....                                    | 10 |
| 3.2 DRUHÁ GENERACE.....                                    | 10 |
| 3.3 TŘETÍ GENERACE .....                                   | 10 |
| 4 VÝROBA FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ .....                      | 11 |
| 4.1 KŘEMÍKOVÉ MONOKRYSTALICKÉ ČLÁNKY .....                 | 11 |
| 4.2 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY Z POLYKRYSTALICKÉHO KŘEMÍKU ..... | 11 |
| 4.3 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY Z AMORFNÍHO KŘEMÍKU .....         | 11 |
| 5 FOTOVOLTAICKÝ PANEL NA PRINCIPU PEROVSKITŮ .....         | 12 |
| 5.1 UDRŽITELNÁ VARIANTA.....                               | 12 |
| 5.2 PEROVSKIT A JEHO ÚČINNOST .....                        | 12 |
| 6 FOTOVOLTAICKÝ PANEL A JEHO SLOŽENÍ.....                  | 13 |
| 6.1 SLOŽENÍ FOTOVOLTAICKÉHO PANELU A JEHO VRSTVY .....     | 13 |
| 6.1.1 Sklo .....   | 14 |
| 6.1.2 Ethylen vinyl acetát kopolymer .....                 | 14 |
| 6.1.3 Aktivní vrstva .....                                 | 14 |
| 6.1.4 Kontaktní vrstvy .....                               | 14 |
| 6.1.5 Anireflexní vrstva .....                             | 14 |
| 6.1.6 Substrát .....                                       | 15 |
| 6.1.7 Hliníkový rám .....                                  | 15 |
| 6.2 NAVÝŠENÍ VÝKONU PANELU.....                            | 15 |
| 6.3 OBOUSTRANNÝ FOTOVOLTAICKÝ PANEL .....                  | 15 |
| 7 FOTOVOLTAICKÁ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE .....            | 16 |

---

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 7.1    | DOTAČNÍ PROGRAM .....  | 16 |
| 8      | FOTOVOLTAICKÁ ENERGIE VE SVĚTĚ .....                                 | 18 |
| 9      | MOŽNOSTI UKLÁDÁNÍ SOLÁRNÍ ENERGIE .....                              | 19 |
| 9.1    | AKUMULÁTOROVÉ BATERIE .....  | 19 |
| 9.2    | TEPELNÉ ZÁSOBNÍKY .....  | 20 |
| 10     | KONTROLA ČLÁNKŮ PV PANELU POMOCÍ TERMOKAMERY .....                   | 21 |
| 10.1   | FLIR E8 XT .....   | 21 |
| 10.2   | HTI HT-301 .....   | 21 |
| 10.3   | PARROT ANAFI 4K THERMAL DRONE.....                                   | 22 |
| 10.4   | SEEK THERMAL REVEALPRO .....   | 22 |
| 11     | ENVIRONMENTÁLNÍ A BEZPEČNOSTÍ DOPAD .....                            | 24 |
| 11.1   | RECYKLACE.....   | 25 |
| 11.2   | FINANCE NA RECYKLACI.....  | 25 |
| 11.3   | POVINNOST RECYKLACE .....  | 25 |
| 11.4   | FIRMY ZAJIŠŤUJÍCÍ RECYKLACI .....                                    | 25 |
| 12     | VÝROBCI TIER 1 .....   | 26 |
| 12.1   | CANADIAN SOLAR .....   | 26 |
| 12.2   | LONGI.....   | 26 |
| 12.3   | JA SOLAR .....   | 26 |
| 12.4   | TRINA SOLAR .....  | 26 |
| 13     | PRAKTICKÁ ČÁST .....   | 27 |
| 13.1   | PARAMETRY PANELU A EXPERIMENTÁLNÍHO SYSTÉMU .....                    | 27 |
| 13.2   | SCHÉMA EXPERIMENTU .....   | 30 |
| 13.3   | MĚŘENÍ .....   | 31 |
| 13.3.1 | Měření pro panel postavený na šířku (normální postavení panelu)..... | 31 |
| 13.3.2 | Měření pro panel postavený na výšku .....                            | 33 |
| 14     | DIDAKTICKÉ POMŮCKY .....   | 36 |
| 14.1   | FISCHERTECHNIK.....  | 36 |
| 14.2   | ELEKTRONICKÁ STAVEBNICE BOFFIN 750.....                              | 37 |
| 14.3   | LEGO EDUCATION .....   | 39 |
| 14.4   | HORIZON SCIENCE EDUCATION .....                                      | 39 |
| 14.5   | SOLARBOT 6V1 .....   | 40 |

---

|   |     |
|---|-----|
| ZÁVĚR.....                                      | I   |
| RESUMÉ.....                                     | III |
| SEZNAM LITERATURY .....                         | IV  |
| SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ ..... | VII |

**SEZNAM ZKRATEK**

PV – fotovoltaický

DC – stejnosměrný proud

DPH – daň z přidané hodnoty

MW – megawatt

EVA-ethylen vinylacetát kopolymer

PVB – polyvinylbutyral

TPS-termoplast silikonového elastomeru

PVDF – polyvinylidenfluorid

PETP – polyethyltereftalát

TPT-tedlar (polyvinylidenfluorid) - polymer (polyethyltereftalát ) – tedlar  
(polyvinylidenfluorid)

Wp – watt-peak

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na fotovoltaický systém. Toto téma jsem si zvolila pro jeho aktuálnost, jelikož se v poslední době klade vyšší nárok na formu výroby elektrické energie z hlediska dopadu na životní prostředí. V první části se zabývám generačními vývoji fotovoltaických článků a jejich výrobou. Dopadem na životní prostředí a následnou recyklací. Je zde i srovnání fotovoltaické energie v České republice a ve světě a k tomu aktuální dotační program pro Českou republiku. V praktické části se věnuji měření na fotovoltaickém panelu, kde zkoumám hodnoty proudu a napětí při naklápění panelu za Sluncem pod určitým úhlem.

**Klíčová slova**

Solární panel, fotovoltaická elektrárna, solární článek, elektřina, sluneční záření, recyklace

**Abstract**

The bachelor thesis is focused on photovoltaic system. I have chosen this topic because of its topicality, since recently more demands have been placed on the form of electricity generation in terms of environmental impact. In the first part, I discuss the generational development of photovoltaic cells and their production. The environmental impact and subsequent recycling. There is also a comparison of photovoltaic energy in the Czech Republic and the world and the current subsidy programme for the Czech Republic. In the practical part, I take measurements on a photovoltaic panel, where I investigate the current and voltage values when the panel is tilted behind the sun at a certain angle.

**Key words**

Solar panel, photovoltaic power plant, solar cell, electricity, solar radiation, recycling



## ÚVOD

Pro zpracování své bakalářské práce jsem si zvolila téma Fotovoltaický ostrovní systém jeho parametry a měření. Toto téma jsem si zvolila díky jeho aktuálnosti, jelikož se v dnešní době pozornost obrací především k obnovitelným zdrojům energie, které mají za úkol méně zatěžovat životní prostředí. Obnovitelné zdroje představují poměrně menší závislost a více šetří životní prostředí. Alternativních zdrojů se na trhu nyní pohybuje několik, jedním z nich je i fotovoltaický systém, který Vám blíže popíšu ve své bakalářské práci. Díky fotovoltaiice dochází k přeměně slunečního záření na elektrickou energii.

V rámci první části bakalářské práce se věnuji obecně fotovoltaiické elektrárně, jejíž princip fungování se snažím vysvětlit v příslušné kapitole. Rozeberu témata týkající se střídačů proudu a návratnosti financí za pořízený panel. Dále tematizuji pojem fotoelektrický jev, na tento pojem navazuji popisem generačního vývoje solárních článků. Dále jsem zařadila kapitolu ohledně materiálového složení panelu a recyklačního procesu. Přechod mezi teoretickou a praktickou částí je tvořena krátkou kapitolou zabývající se výrobci fotovoltaiických panelů.

V druhé části se zaměřím na praktickou část, soustředím se na měření proudu a napětí na fotovoltaiickém panelu. Pro účely měření jsem využila sundaný panel ostrovního systému v rodinném domě. Tento panel je nakláněn za Sluncem pod určitými úhly, k tomu sloužila pomocná špejle, která ukazovala stín dopadu slunečních paprsků. Dle změřených velikostí stínu se následně vypočítal úhel dopadu, pomocí sinové věty, pod kterým se panel nacházel v závislosti na slunečním záření. Poslední kapitola druhé části zkoumá didaktické pomůcky do výuky, které nám mohou pomoci v edukačním procesu. Žákům zodpoví otázky týkající se obnovitelných zdrojů energie v mém případě fotovoltaiického systému. Zohledněná je i cena těchto produktů, která je závislá na jejich zpracování a technických parametrech. Využit je i experiment se stavebnicí Fisher Technik a didaktickou pomůckou se solárním panelem. Ze stavebnice je postavena loď, na které je provedeno měření rychlosti v závislosti na slunečním záření.

V závěru práce je zhodnoceno měření na fotovoltaiickém panelu.

# 1 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA

Elektrárna je složena z fotovoltaických panelů, konstrukcí, střídačů, elektroměrů, zálohovacích akumulátorů, regulátorů dobíjení, propojovacích vodičů, konektorů a transformátorů. Pokud zohledníme provozní režim, můžeme rozlišit dva typy elektráren:

- Ostrovní systém (není připojen na elektrickou síť).
- Elektrárna je připojena na elektrickou síť.
- Elektrárna je připojena na elektrickou síť při využití zeleného bonusu.

## 1.1 STŘÍDAČE

PV panely vyrábí stejnosměrný proud. Pro další využití, případné připojení na distribuční síť musíme tento stejnosměrný proud přeměnit na střídavý, což má za úkol zařízení, které se nazývá střídač nebo také invertor. Střídač ale neslouží jen na přeměnu elektrického proudu, ale slouží k regulaci napájení sítě. Je doplněn o ochranné prvky, které odpojí PV panel od sítě v případě poruchy. Moderní střídače jsou doplněny displejem, který nám ukazuje okamžitý výkon, okamžité napětí, vyprodukovanou energii. Účinnost moderních měničů se pohybuje okolo 97 až 98 %. Zbývající 2 až 3 % jsou tepelné ztráty. Životnost střídačů je okolo 20 let. Záruka bývá nejčastěji na 5 let, případně si ji můžeme za finanční příplatek prodloužit až na 20 let.

Střídače rozdělujeme dle výkonu na jednofázové, dvoufázové a třífázové. Připojení fotovoltaické elektrárny na dvě nebo tři fáze se provádí v případě větší elektrárny.

Dále je můžeme rozdělit podle technologie na transformátorové a bez transformátorové. Výhoda využití transformátorového měniče spočívá v galvanickém oddělení celé elektrárny od sítě. Nevýhodu spatřujeme ve snížení účinnosti o 1 až 2 %. Výhoda bez transformátorového střídače je větší účinnost, naopak nevýhodou pro nás může být, že nemá žádné galvanické oddělení, které ochraňuje fotovoltaickou elektrárnu před poškozením.

Podle zapojení se střídače dělí na centrální, řetězové a individuální. Pro centrální zapojení je využit jeden střídač, do něj je zaveden vstup z celé elektrárny. Řetězové zapojení můžeme chápat jako zapojení pomocí několik střídačů. Do jednotlivých střídačů vstupuje výkon, který odpovídá jedné řadě sériově zapojených panelů. Centrální a řetězové zapojení má využití na pozemních plochách, jako jsou pole nebo louky. Individuální zapojení je zapojení, které má stejný počet střídačů jako fotovoltaických panelů. Jednotlivý fotovoltaický panel má svůj výstup zapojený do svého střídače a výstup ze všech střídačů se centruje do jednoho

uzlu. Individuální zapojení má své využití u rodinných domů. (ceska-solarni.cz, greenczech.cz, 2022)

## **1.2 ZELENÝ BONUS**

Princip zeleného bonusu spočívá v tom, že přebytečnou energii, kterou dodáme do sítě si účtujeme výkupní cenu, která je dotovaná a odvíjí od datumu uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu. Ze zeleného bonusu nám pak plyne výhodnost provozování takového domu. Výkupní cenu nám garantuje stát na 20 let od doby uvedení elektrárny do provozu.

Pokud chceme mít elektrárnu o výkonu 1 kWp je potřeba mít plochu o rozměru 8 m<sup>2</sup>. Fotovoltaika o výkonu 1 kWp, kdy panely budou mít sklon 35° a budou orientovány na jih, bude mít roční produkci 900 až 1000 kWh.

## **1.3 NÁVRATNOST FINANČÍ**

Díky sériové výrobě panelů klesá jejich cena, ale i energetická náročnost jejich výroby. Na stranu druhou se stále zvyšuje účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii. Energií, kterou potřebujeme pro výrobu a další životní cyklus běžného panelu vyrobí tento panel za 3-4 roky. Životnost panelů je 30 let.

Ceny energií, které jsou vyrobeny cestou z neobnovitelných zdrojů se zvyšují. Proto je na řadě hledání alternativy výroby elektřiny. Výroba elektrické energie ze Slunce je ekologicky, ale také ekonomicky výhodná. (enviweb.cz, 2022)

## 2 FOTOELEKTRICKÝ JEV

Fotoelektrický jev = jev, při kterém dopadá sluneční záření na panel. Při tomto jevu dochází k přeměně záření na tepelnou a elektrickou energii. Sluneční energii lze přímo přeměnit na elektrickou energii solárními články.

Rozlišujeme vnitřní a vnější fotoelektrický jev. K vnějšímu fotoelektrickému jevu dochází, pokud látka, na kterou dopadají sluneční paprsky toto záření pohltí. Bezprostředně po dopadu dochází k emisi valenčních elektronů. Aby se tato emise mohla uskutečnit musí být splněna podmínka, která je závislá na energii záření a také na materiálu ozářené látky. Energie souvisí s vlnovou délkou záření. Čím větší máme hodnotu vlnové délky, tím větší budeme mít energii záření. Minimální energii záření nazýváme výstupní práce. Tato energie je dána rovnicí pro fotoelektrický jev:  $E = h * f = h * c / \lambda$ , kde E = energie záření, h = Planckova konstanta, f = frekvence, c = rychlost světla ve vakuu,  $\lambda$  = vlnová délka.

Tato zařízení mají ve fázi provozu prakticky nulové emise škodlivin, lze je tedy považovat za optimálního kandidáta pro náhradu fosilních paliv při výrobě elektřiny.

Nejvyužívanější materiál pro výrobu panelů je křemíkový polovodič s přechodem PN. Můžeme využít i jiné materiály, ovšem musí být založeny na stejném principu. Minimální výstupní hodnota pro polovodičový křemík je 1,12 eV. Tato hodnota odpovídá vlnové délce infračerveného záření přibližně 1100 nm. Pro solární elektrárnu jsou významné fotony s dostatečnou energií. Když se absorbuje záření dojde ke generaci páru elektron-díra, které umožňuje vedení elektrického proudu. (Libra, Poulek, 2009; Beranovský, 2007)

## 3 ROZDĚLENÍ PANELŮ

### 3.1 PRVNÍ GENERACE

První generace článků využívá jako svůj základ křemíkové desky. Tato technologie je dnes jednou z nejrozšířenějších technologií, dosahuje i celkem vysoké účinnosti (16-24 %). Začaly se prodávat v sedmdesátých letech. I přes vysokou cenu, díky krystalickému křemíku budou na trhu ještě nějakou dobu dominovat.

### 3.2 DRUHÁ GENERACE

Druhá generace se snažila o snížení výrobních nákladů – úsporou křemíku. Mají 100 krát až 1000 krát aktivní absorbující polovodičovou vrstvu (thin-film). Dosahovaná účinnost je nižší než v první generaci – okolo 10 %. Tyto články se začaly komerčně prodávat v polovině osmdesátých let.

### 3.3 TŘETÍ GENERACE

Třetí generace představuje pokus o „fotovoltaickou revoluci“. Hlavním cílem je snaha o maximalizaci absorbovaných fotonů, ale i maximalizace využití energie dopadajících fotonů. Ve výzkumu je věnována pozornost především:

- *„Vícevrstvé solární články (z tenkých vrstev),*
- *články s vícenásobnými pásy,*
- *články, které by využívaly „horké“ nosiče náboje pro generaci více párů elektron-díra,*
- *termofotonická přeměna, kde absorbér je nahrazen elektroluminiscencí,*
- *články využívají kvantových jevů v kvantových tečkách nebo kvantových jamách,*
- *prostorově strukturované články vznikající samoorganizací při růstu aktivní vrstvy,*
- *organické články (např. na bázi objemových heteropřechodů).“ (publi.cz, 2022)*

## 4 VÝROBA FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

Fotovoltaické články jsou zařízení produkující elektřinu, které se mohou lišit v polovodičových materiálech, velikostech a tvarech. Když je mnoho solárních článků vzájemně elektricky propojeno a namontováno na nosný rám, utváří PV modul. Více modulů lze propojit a vytvořit pole. PV moduly a pole produkují stejnosměrný proud (DC) a jsou jen jednou částí PV systému. (altestore.com, 2022)

Dnes jsou nejčastěji používány fotovoltaické (PV) panely na bázi křemíku. Křemík je zastoupen v zemské kůře, je relativně levný, snadno dostupný, není jedovatý. V přírodě se vyskytuje především ve formě křemene, v takové formě je mechanicky odolný a chemicky stálý.

### 4.1 KŘEMÍKOVÉ MONOKRYSTALICKÉ ČLÁNKY

Základní a nejstarší typ článků se vyrábí z monokrystalického křemíku. Vyrábí se z ingotů (tyčí) pomalým tažením krystalu z taveniny čistého křemíku.

Ingoty se rozřezou drátovou pilou na plátky silné přibližně 0,25 až 0,35 mm.

Polovodičový P-N přechod se tvoří přidávkem fosforu, který na povrchu destičky vytvoří vrstvu s vodivostí typu N.

### 4.2 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY Z POLYKRystalického KŘEMÍKU

Nejběžnější typ článků. Vyrábí se odléváním čistého křemíku a řezáním vzniklých ingotů na tenké plátky. Odlévání je jednodušší forma než tažení, ale takto vyrobené články mají horší vlastnosti (účinnost, nižší proud), kvůli většímu odporu při styku krystalických zrn.

Výhodou těchto článků je, že se mohou vyrábět ve větších rozměrech s obdélníkovým nebo čtvercovým tvarem. Jejich vzhled připomíná leštěný kámen.

### 4.3 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY Z AMORFNÍHO KŘEMÍKU

Spotřeba materiálu je výrazně menší než u předchozích typů, jsou zřetelně levnější. Vyrábí se rozkladem vhodných sloučenin ve vodíkové atmosféře. Takto se dají připravit velmi tenké vrstvy křemíku na skleněné, plastové či jiné podložce.

Vrstva, kterou nanese se je amorfni, tzn. nemá pravidelnou strukturu a obsahuje určité množství vodíku. Při tloušťce 1  $\mu\text{m}$  pohltí vrstva až 90 % slunečního záření. Můžeme vyrábět velmi tenké a ohebné fotovoltaické články a moduly, které dále použijeme jako krycí fólie nebo je lze našít na oblečení. (publi.cz, 2022)

## **5 FOTOVOLTAICKÝ PANEL NA PRINCIPU PEROVSKITŮ**

### **5.1 UDRŽITELNÁ VARIANTA**

Solární panely stále ještě nejsou udržitelnou variantou. K jejich recyklaci se používá mechanická, termická a FRELP recyklace. Změnit by to mohla výroba panelů z recyklovaného perovskitu.

### **5.2 PEROVSKIT A JEHO ÚČINNOST**

Materiál, který se na Zemi vyskytuje jako tvrdý minerál. V přírodě ho není velké množství, ale narazit na něj můžeme i v České republice.

První technologie s použitím perovskitu byla představena v roce 2009. Její účinnost byla jen 4 %. Zvýšit účinnost na 15 % se povedlo vědcům z Oxfordské univerzity o 4 roky později. Abychom ale mohli tyto panely srovnat s křemíkovými bylo potřeba dosáhnout dvojnásobku této hodnoty.

Ukázkový solární článek předvedla Oxford Photovoltaics v roce 2018. Byla to kombinace křemíku a perovskitu. Jeho účinnost byla 26,7 %. Uvedení těchto článků na trh proběhlo již v roce 2020. Účinnost článků na trhu by měla být minimálně 22 %. (elektřina.cz, 2021)

## 6 FOTOVOLTAICKÝ PANEL A JEHO SLOŽENÍ

Panel potřebuje stabilní a odolnou podpěru, která podpírá PV moduly a naklání panely směrem ke slunci. Taková struktura je nucena tyto panely chránit před vnějšími vlivy jako je vítr, déšť nebo vlhkost. Systémy jsou obvykle vyrobeny z hliníku. Nezbytnou součástí fotovoltaického systému je střídač, který přeměňuje stejnosměrnou elektřinu na střídavou. Viz 1.1.

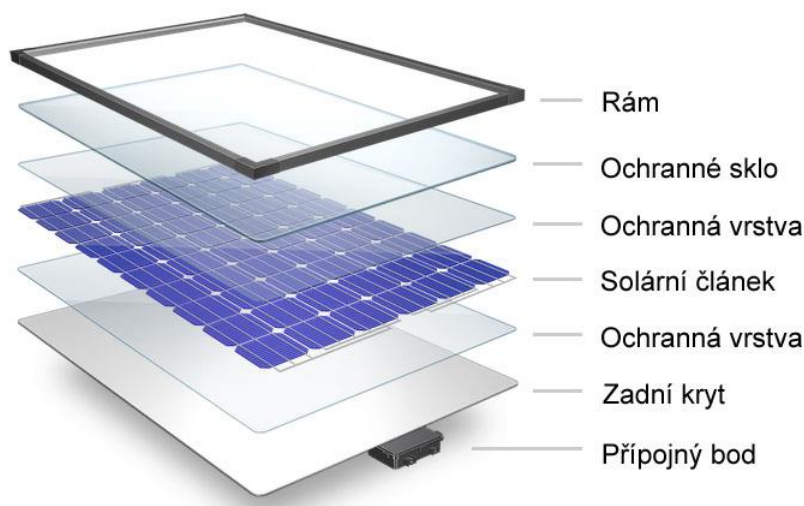
Skladovacím systémem jsou baterie, které jsou nezbytné pro skladování energie zejména pro vlastníky fotovoltaické elektrárny, kteří nemají snadný přístup k elektrické síti z důvodu špatné geografické polohy nebo vysokých nákladů na připojení k síti.

Dalšími součástkami jsou kabely, konektory a podpěry. Slučovač je nezbytnou součástí systému, který nám umožňuje paralelní připojení více solárních modulů. (altestore.com, 2022)

### 6.1 SLOŽENÍ FOTOVOLTAICKÉHO PANELU A JEHO VRSTVY

PV panel se fyzicky skládá z vrstev – zadní strana (tvořena z vrstev polymerů). Na ni je vrstva propojených PV článků (natřená antireflexní vrstvou). Přední stranu tvoří kalené sklo, které chrání PV články před vnějšími vlivy. Dále je tvořen z ochranného rámu, ochranného skla, ochranné vrstvy. Solárního článku příslušných rozměrů a kapacity. Zadní ochranná vrstva, která chrání solární panel. Zadní kryt a přípojný boj k propojení dalšího panelu.

Obrázek 1 Složení fotovoltaického panelu



Zdroj 1 [www.fvesystemy.cz](http://www.fvesystemy.cz)



### 6.1.1 SKLO

Temperované sklo je umístěné na přední straně. Mechanickou odolnost zajišťuje speciální konstrukce. Sklo má nízký obsah oxidu železa a tím je zajištěna vysoká propustnost pro světlo. (Jungbluth, 2005).

Dvojitý skleněný modul se nazývá v případě, že máme sklo i na zadní straně. (Haselhuhn, 2010).

### 6.1.2 ETHYLEN VINYL ACETÁT KOPOLYMER

Ethylen vinyl acetát kopolymer-EVA kopolymer. Používá se u panelů pro zapouzdření. Jedná se o průhlednou fólii, která se umísťuje z obou stran PV článků. Fólie se roztaví a tím odstraní vzduch a vyplní mezery, zabrání degradaci solárních článků. Využívá se především pro ekonomickou dostupnost, chemickou odolnost nebo toxickou nezávadnost. K degradaci dochází po několika letech provozu, ta se projevuje žloutnutím. To snižuje výkon PV panelů. Snižit to můžeme, pokud přidáme stabilizátory. Jako další zapouzdřovací materiál se používá polyvinylbutyral (PVB) nebo termoplast silikonového elastomeru (TSPE), nejsou tak ekonomicky výhodné. (Hintersteiner a kol., 2014).

### 6.1.3 AKTIVNÍ VRSTVA

Aktivní vrstva je tvořena PV články, u kterých závisí na bázi polovodiče. Typy PV článků jsou popsány výše v kapitolách 4. 1. - 3.

### 6.1.4 KONTAKTNÍ VRSTVY

Elektrody jsou nejčastěji vyráběny ze stříbra. Kontakty, které se nachází na zadní straně, jsou tvořeny stříbrem, povrch je často pokrytý tenkou vrstvou hliníku. U tenkovrstevných článků se využívá molybden. (Radziemska a kol., 2009).

### 6.1.5 ANIREFLEXNÍ VRSTVA

Antireflexní vrstva má několik složek, které snižují odrazivost. Mezi hlavní složky patří oxid tantalitý, oxid titaničitý, oxid křemičitý, oxid křemnatý, nitrid křemíku, oxid hlinitý. Pro zkvalitnění výsledků se přidává ještě sulfid zinečnatý, fluorid hořečnatý. (Radziemska a kol., 2009).

Nejpoužívanější vrstva je ITO (cínem dotovaného oxidu india). Další varianty jsou ZTO (oxid cínu dotovaný zinkem), ZIO (oxid india dotovaný zinkem). Všechny fólie mají dobré elektrické, optické, ale i chemické vlastnosti. (Jain a kol., 2010).

### 6.1.6 SUBSTRÁT

Jako substrát se využívá kombinace umělohmotných fólií. Kompozice tohoto substrátu (TPT) je tedlar (polyvinylidenfluorid), pod ním polymer (polyethylentereftalát) a znovu tedlar (polyvinylidenfluorid).

- Polyvinylidenfluorid (PVDF) má skvělou tepelnou a chemickou odolnost. Je odolný vůči olejům, kyselinám i mírným zásadám. Odolává i účinkům povětrnosti bez velkého poškození. Proto nemusí být ochrana proti korozi a stabilitě materiálu.
- Polyethylentereftalát (PETP) je významný termoplastický polyester. Jeho přednosti jsou odolnosti vůči zahřívání a nízkým teplotám, stálost na světle. PEPT je čirý a má výborné elektroizolační vlastnosti. Téměř nepropouští vlhkost. (Ducháček, 2006)

Jako substrát můžeme využít i sklo. Potom se tento model nazývá dvojitý skleněný modul. (Haselhuhn, 2010)

### 6.1.7 HLINÍKOVÝ RÁM

Pro ochranu skla se využívá hliníkový rám, který je zároveň využíván i k montáži. Fotovoltaické panely jsou zadělané do instalačního boxu pomocí montážních šroubů. Pokud je modul bezrámový označujeme ho jako laminát. (Haselhuhn, 2010).

## 6.2 NAVÝŠENÍ VÝKONU PANELU

Čím větší účinnost fotovoltaického panelu tím větší množství vyrobené energie. Účinnost závisí na výrobě fotovoltaického panelu. Zvýšení účinnosti můžeme dosáhnout větší intenzitou slunečního záření. Využívá se několik metod pro zvýšení intenzity slunečního záření:

- Antireflexní vrstvy,
- Oboustranné fotovoltaické panely,
- Natočení PV panelů za Sluncem.

## 6.3 OBOUSTRANNÝ FOTOVOLTAICKÝ PANEL

Pro navýšení výkonu se využívají také oboustranné fotovoltaické panely. Na tento panel dopadá světlo z obou stran. Abychom získali co nejvíce energie z panelu, tak se například natírá střecha na bílou nebo stříbrnou barvu. Poté je nainstalován panel na tuto natřenou střechu a tímto získáme o 30 % více vyrobené energie. Oboustranné panely se využívají na stojanu, který otáčí panel za Sluncem. (Beranovský, 2007)

## 7 FOTOVOLTAICKÁ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE

První PV elektrárna v České republice byla vybudována v roce 2006 v areálu Mravenečník. Měla výkon 10 kW a napětí 2 x 440 V, 50 Hz. Dnes je tato elektrárna přesunuta do areálu Dukovany. Největší problém u těchto elektráren je zabírání zemědělské půdy, u které může dojít k poškození a tím dojde k narušení celkového rázu krajiny. Na principu PV jsou založeny parkovací automaty a aplikace v dopravě, například komunikační, registrační a měřicí zařízení. V roce 2010 rozhodla Evropská unie, že musíme získávat více energie z obnovitelných zdrojů, abychom ochránili životní prostředí. Podporou pro rozvoj fotovoltaického systému byl program Slunce do škol, který vznikl v roce 2000. Následně pak v roce 2001 proběhla instalace systému z programu Slunce do škol a k tomu zvýhodněná sazba 5 % DPH na komponenty PV systémů. Program od Ministerstva životního prostředí vytváří podporu pro domácí ohřev vody a topení, díky využití obnovitelných zdrojů u rodinných domů a bytů. Pokud umístíme panel o ploše 1,76 m<sup>2</sup> na střechu rodinného domu bude mít účinnost přibližně 80 %, za rok vytvoří 700–930 kW energie. (Kutal a Šenkapoul, 2010; Weiss a kol., 2012).

### 7.1 DOTAČNÍ PROGRAM

Nová zelená úsporám má jeden z dotačních programů v nabídce od 1.6.2022, který je určen pro rodinné domy. Podpora programu se poskytuje na pořízení a instalaci nového fotovoltaického systému, který musí být propojen s vnitřními rozvody elektrické energie, a především s distribuční soustavou. Systémy, které nemají propojení s distribuční soustavou jsou podporovány pouze v případě, že toho nepřipojení má svůj důvod například z technických důvodů, kdy provozoval distribuční soustavy toto připojení nedovoluje. Pro odhad úspor a ekonomickou návratnost je k dispozici výpočetní nástroj na webových stránkách programu.

Maximální výše podpory na jeden rodinný dům je 200 000 Kč. Jednotkovou výši stanovuje přiložená tabulka.

Tabulka 1 výše podpory z dotace

| <b>Instalované části</b>   | <b>Výše podpory v korunách</b> |
|--|--------------------------------|
| Instalace o minimálním výkonu 2 kWp                                  | 40 000                         |
| Instalace o minimálním výkonu 2 kWp<br>s hybridním měničem           | 60 000                         |
| Instalace o minimálním výkonu 2 kWp<br>s využitím tepelného čerpadla | 100 000                        |
| Každý 1 kWp nad výkon 2 kWp  | 10 000                         |
| Za 1 kWh s akumulátory na bázi lithia                                | 10 000                         |

Zdroj 2 vlastní zpracování dle [www.novazelenausporam.cz](http://www.novazelenausporam.cz)

Podporu dostaneme pouze do výkonu 10 kWp, vztahuje se jen na nové systémy. Dotační program nelze využít na rozšíření nebo úpravy systému stávajícího. Hybridní měnič musí být vybaven zároveň bateriovým i fotovoltaickým vstupem a musí umožňovat ostrovní provoz. Minimální účinnost systému by se měla být 18 % pro panely složené z monokrystalických či polykrystalických článků. Účinnost pro moduly z tenkovrstvých amorfních článků je pak 12 %.

Při využití bateriového systému je minimální kapacita v kWh určena na jednonásobek a maximální podporovaná kapacita na dvojnásobek podporovaného výkonu fotovoltaických modulů v kWp. V programu nejsou podporovány akumulátory na bázi olova, Ni-MH či Ni-Fe. Podrobnější podmínky jsou vypsány na webových stránkách dotačního programu. (novazelenausporam.cz, 2022)

## 8 FOTOVOLTAICKÁ ENERGIE VE SVĚTĚ

Dosud největší solární elektrárna se nachází ve Španělsku s výkonem 23 MW. V rozvojových zemích Afriky nebo Asie se vytváří PV systémy, které slouží pro napájení čerpadel. Největší solární park se staví v zemích jižní Afriky. PV má nejrůznější využití, například pro ohřev vody, vytápění nebo chlazení. Využit lze i v architektuře, kde tvoří opláštění budov. To je tvořené průhlednými panely, které vytvářejí elektrickou energii. Světlo projde skleněnou stěnou a dopadne na tmavou obvodovou stěnu budovy. Vznikne zde meziprostor, který slouží ke koloběhu vzduchu. V letních měsících má meziprostor využití pro chlazení, naopak v zimě je pro výhřev budov. Je to velmi prospěšné pro funkci PV článků, jelikož mají při nižší teplotě vyšší výkon. (Cenek, 2001; Motlík, 2003).

Další využití je v dopravě. Skvělým příkladem je automobil na fotovoltaický pohon, kdy se elektrická energie mění na energii mechanickou, ta se poté uplatňuje při pohonu automobilu. Na střeše automobilu jsou zabudované PV články. Navíc je také doplněn o možnost dobíjení akumulátorů za pomoci PV článků. Jako první využil tuto technologii výrobce značky Ford. Vozidlo má také 2 litrový spalovací motor a elektromotor. (Grohmann, 2014).

V Německu využili PV články pro pohon tramvaje. Od roku 1994 jezdí ve městě Bad Schandau tramvaj, která je poháněna energií z PV článků umístěných na vozovně dopravního podniku. Plocha, kterou panely zabírají je 325 m<sup>2</sup>. Dále třeba v Berlíně využívají loď, která využívá fotovoltaickou energii. Na palubu lodi se vejde až 50 cestujících a bez slunečního záření vydrží i 10 hodin. Tato loď se pohybuje na vodě bez hluku, ale především bez smogu ze spalin. Motorům dodávají energii PV moduly, které jsou umístěné na střeše kabiny a ve středu lodi. (Slavíková a Slavík, 2010).

Využití najdeme i v kosmickém výzkumu. Potřebnou dodávku energie zajišťují PV panely, kterými jsou vybaveny výzkumné stanice. (Cenek, 2001).

## 9 MOŽNOSTI UKLÁDÁNÍ SOLÁRNÍ ENERGIE

Mezi nejrozšířenější systémy patří tzv. off-grid systémy, které nepotřebují ke svému provozu veřejnou elektrickou síť. Naopak on-grid systémy jsou spojeny s elektrickou sítí. Existuje ale také tzv. hybrid systém, který pracuje dle potřeby jako on-grid nebo off-grid systém. V případě funkčnosti veřejné elektrické sítě funguje jako on-grid, přebytky energie z fotovoltaiky nekončí ve veřejné síti, ale jsou ukládány do baterií. Pokud veřejná síť nefunguje pak pracuje jako off-grid, při nedostatku sluneční energie je využívána energie naakumulována v bateriích. Při dlouhodobém výpadku nebo nedostatku energie v bateriích je dodávána energie ze záložního zdroje, tím může být například benzínová elektrocentrála.

Pokud se rozhodneme zainvestovat do solární elektrárny mělo by být naším cílem využít co největší množství vyrobené energie na pokrytí vlastní spotřeby. Pro nejefektivnější způsob spotřeby energie z fotovoltaického systému bychom se měli snažit spotřebovat jen takové množství energie, které je v dané době v solární elektrárně vyrobeno. Toto je bohužel nerealizovatelné. Spotřeba domácnosti kolísá, jiná spotřeba bude přes víkend a jiná přes pracovní den, tak kolísá i výroba energie, která je závislá na slunečním záření.

V případě, že vlastníme on-grid systém může naše elektřina skončit ve veřejné síti, při jejím nedostatku si ji ze sítě načerpáme. Další možností v případě přebytku je uchování energie v akumulátorových bateriích, případně přeměna elektrické energie na tepelnou (zásobník vody).

Pokud se chystáme realizovat si doma fotovoltaickou elektrárnu máme k dispozici dva způsoby uskladnění energie – akumulátorové baterie nebo zásobník teplé užitkové vody.

### 9.1 AKUMULÁTOROVÉ BATERIE

Energii akumulujeme, pokud vyrobená energie ve fotovoltaické elektrárně převyšuje naši aktuální spotřebu. Hlavním ukazatelem je kapacita, ta udává, jaké množství můžeme do akumulátoru uložit.

Fotovoltaické panely jsou spojeny a akumulátorem přes tzv. regulátory nabíjení. Ty jsou schopny zajistit optimální nabití a s tím spojenou životnost akumulátoru.

Čerpání energie z akumulátoru v případě, že je snížena intenzita slunečního záření. Akumulátor je zdrojem stejnosměrného napětí s výstupním napětím 12, resp. 24 V. Pokud máme v domácnosti nainstalován samostatný rozvod 12, resp. 24 V, je možné napájet

spotřebiče přímo z baterie. V opačném případě, že máme v domácnosti střídavé napětí můžeme toto stejnosměrné napětí transformovat pomocí tzv. měničů napětí.

Jednou z hlavních výhod akumulátorových baterií jsou využití přebytky elektrické energie, které nekončí ve veřejné síti.

Naopak nevýhoda těchto baterií spočívá v jejich životnosti, která se pohybuje od 5 do 15 let. Životnost je určena především typem akumulátoru, druhem regulátoru nabíjení a klimatickými podmínkami pro akumulátor. Optimální klimatickou podmínkou rozumíme ne příliš vysoká okolní teplota, která zkracuje životnost. Kapacita akumulátoru je závislá na jeho věku.

## **9.2 TEPELNÉ ZÁSOBNÍKY**

Další využití na uskladnění elektrické energie je ve formě tepelné energie v tzv. tepelných zásobnících. Přebytečná energie, kterou nedokážeme okamžitě spotřebovat je automaticky směřována do zásobníku. Tam je pomocí elektrické odporové spirály přeměněna na tepelnou energii. V případě nedostatku je ohřev vody automaticky odpojen a priorita je postavena na zásobování domácnosti elektrickou energií. Odporová spirála, která zajišťuje přeměnu elektrické energie na tepelnou může být vyrobena na napájení stejnosměrným nebo standardně střídavým elektrickým napětím (musíme využít měnič napětí).

V kombinaci velké fotovoltaické elektrárny a velkého zásobníku vody je možné takto vytápět i objekty. Pokud máme v zásobníku naakumulováno dostatečně velké teplo, je možné ohřátou vodu využít nejen jako užitkovou, ale i jako vodu na vytápění objektů.

Výhodu shledávám v maximálním využití vyrobené elektrické energie. Vyrobené přebytky nekončí ve veřejné elektrické síti, ale uskladníme je v tepelném zásobníku.

Jedinou nevýhodou tohoto systému vidím v prostorové náročnosti v závislosti na velikosti tepelného zásobníku. Dále není možné přeměnit zpět tepelnou energii na elektrickou energii. (viessmann.cz, 2022)

## 10 KONTROLA ČLÁNKŮ PV PANELU POMOCÍ TERMOKAMERY

Internetový článek „*4 Best Thermal Imaging Cameras for Inspecting Solar Panels*“ hodnotí termokamery pro použití se solárními panely po všech stránkách, od kvality obrazu po výdrž baterie a softwarové funkce.

Pro kontrolu solárních panelů pomocí termokamery existují 3 hlavní kritéria, které je potřeba dodržet. Pro kontrolu panelu s termokamerou nám musí svítit Slunce. Sluneční svit nám zajistí spuštění solárních článků, a to nám zajistí větší tepelný kontrast. Pokud by foukal silný vítr, ten bude články ochlazovat a my nebudeme mít dostatečně vysoký kontrast viditelný na termokameře. Dále je potřeba namířit termokameru přímo na solární panel. Po pořízení snímku z termokamery jsou viditelné vadné články. Poškozené články poznáme podle toho, že budou teplejší než ostatní. Pokud zjistíme jinou teplotu u solárního modulu, může se jednat o problém s propojením.

### 10.1 FLIR E8 XT

Tepelné rozlišení této termokamery je 320 x 240, to nám nabízí 76 800 tepelných pixelů. Díky němu můžeme najít případné závady, jelikož si solární články podrobně a zblízka prohlédneme. Výsledek na kameře vypadá ostře a přesně. Výdrž baterie se pohybuje okolo 4 hodin, celý kryt termovizního systému je téměř zcela vodotěsný. Stupňové rozmezí pro měření je od -20 °C do 550° C. Pořízené snímky je možno přenášet pomocí vestavěného připojení Wi-Fi do telefonu skrz aplikaci Flir Tools. Fotografie jsou ve formátu JPG s příslušnými radioetrickými údaji, které se nám mohou hodit pro následnou analýzu, jelikož na rozpálené střeše nemůžeme strávit příliš mnoho času.

### 10.2 HTI HT-301

Jedná se o termokameru pro chytrý telefon. Představit si to můžeme jako malé zařízení, které je obohaceno infračerveným snímačem. S telefonem ho propojíme pomocí USB-C nebo micro USB. Bohužel iPhone není pro tuto kameru kompatibilní. K samotnému používání si musíme nainstalovat aplikaci ThermViewer. Výhoda této kamery spočívá ve vyšším rozlišení, které dosahuje 110 592 pixelů, nevýhodu můžeme spatřit ve využívání baterie z kapacity mobilního telefonu. I jako předchozí kamera i tato zaznamenává data pro následnou analýzu.



### **10.3 PARROT ANAFI 4K THERMAL DRONE**

Parrot Anafi 4K Thermal Drone už podle názvu napovídá, že se jedná o dron, konkrétně o bezpilotní. Díky jeho přesnosti a stabilitě se dostaneme velmi blízko k fotovoltaickému systému. Jeho užitečnost nacházíme především při kontrole oblasti s velkým počtem solárních panelů. Snímky jsou zaznamenávány na SD kartu. Rozsah měření dronu je od -10 °C až do 400° C. Zápornou stránkou dronu je malá kapacita baterie, která vydrží jen okolo 25 minut.

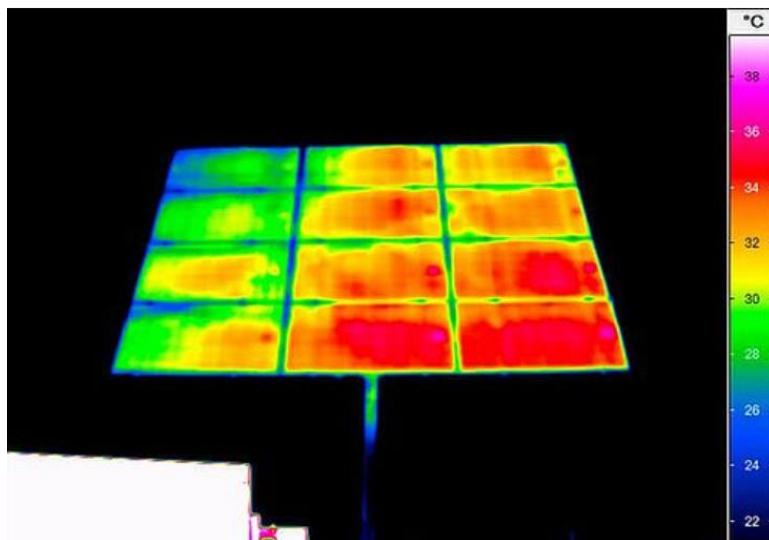
### **10.4 SEEK THERMAL REVEALPRO**

Je ruční kamera, kterou můžeme využít i pro kontrolu solárních panelů. Teplotní rozsah měření je od -40 °C do 330 °C. Výdrž baterie je okolo 4 hodin a do paměti o velikost 4 GB lze pořídit více než 4000 fotografií. Snímky jako u předchozích termokamer obsahují data pro následnou analýzu. Nevýhoda spočívá v malém displeji.

Nejlépe hodnocená je kamera Flir E8-XT, pro její vysokou přesnost, rozlišení. Silnou stránku nalezneme v tepelné citlivosti, která nám umožní změřit i velmi malé teplotní rozdíly mezi jednotlivými solárními články. Pro elektrárny je ideální dron, ale pokud se potřebujeme dostat k fotovoltaickým modulům zblízka, připadá volba na E8-XT. Domácí uživatelé ocení levnou a dobrou alternativu v podobě Hti-301, i s ním získáme vysoké rozlišení, které je potřeba. (industrial-reviews.com, 2022)

Pro představu o špatném propojení panelu a jeho špatné svítivosti přikládám fotografii.

Obrázek 2 panel s přehřívajícími se články



Zdroj 3 [www.infratec.eu](http://www.infratec.eu)

## 11 ENVIRONMENTÁLNÍ A BEZPEČNOSTÍ DOPAD

Fukorazi, Kim, Fu, Latunussa a kol. zkoumali články 1. generace. V úvahu brali všechny oddělené procesy, od výroby metalurgického křemíku až po výrobu panelů včetně jejich instalace a uvedení do provozu. Hranice takového systému byla definovány jako fáze předvýroby, výroby, použití a samotné likvidace.

Environmentální dopad byl vypočítán jako acidifikační potenciál (AP), eutrofizační potenciál (EP), potenciál poškozování ozonové vrstvy (ODP), fotochemický potenciál tvorby ozonu (POCP) a potenciál toxicity pro člověka (HTP), od extrakce materiálů až po výrobu modulů. V potaz nebyl brán konec životnosti, jelikož není dostatek přesných údajů o fázi a likvidaci PV panelů.

V porovnání dopadů jednotlivých procesů na životní prostředí bylo zjištěno, že nejvíce přispívá výroba solární třídy, a to více než 50 %, další jsou výrobní procesy článků a modulů. Bylo dokázáno, že snížení spotřeby elektrické energie a s tím související snížení spotřeby hliníku během fáze montáže modulu, snížení spotřeby skla by vedlo k viditelnému snížení environmentálních dopadů fotovoltaických panelů. (ijsgce.com, sciencedirect.com, 2022)

Do druhé generace spadají solární články o nízké tloušťce, které jsou vyrobené nanášením polovodičových vrstev na pevné a levné substráty ze skla, plastu nebo kovu.

Hou a kolektiv zkoumali tento dopad na výrobu elektřiny. Dostali se k výsledku, že přibližně 84 % spotřeby energie a celkové emise skleníkových plynů pochází z výrobního procesu fotovoltaických panelů.

Zabývali se typem materiálu, samotným fotovoltaickým systémem, velikostí modulu, geografickou polohou.

Třetí generace fotovoltaických článků se týká všech inovativních solárních článků bez křemíku. Tyto články byly vyvinuty pro překonání závislosti na tradičních polovodičích pro výrobu elektřiny z fotovoltaického systému. Cílem těchto technologií je dosažení vyšší účinnosti. Nevýhodou třetí generace je využívání plastu a oceli. (sciencedirect.com, 2022)

## 11.1 RECYKLACE

Povinnost recyklovat solární panely mají majitelé solárních elektráren a dovozci panelů. Panely je možné recyklovat, protože jsou vyrobené především z křemíkových modulů (98 %).

*„U krystalických modulů má největší hmotnost sklo (70 %), až poté hliníkový rám (20 %). Technologie na zpracování jsou schopny vytěžit až 100 % hmotnosti u hliníku a 95 % hmotnosti u skla.“* (solarniasociace.cz, 2022) Dále se v panelu nachází stříbro, indium, měď, s těmito prvky není při recyklaci problém. Zbytek panelu je tvořen plastem, ten lze recyklovat bez větších problémů. Další dvě procenta solárních elektráren tvoří v ČR tenkovrstvé panely, které mohou obsahovat kadmium – nebezpečný prvek. Tento prvek je v panelu ve formě sloučeniny, která se ale i při poškození modulu nemůže dostat do biologického řetězce. Výrobci tenkovrstvých panelů garantují zpětný odběr a následnou recyklaci zdarma. Nezůstává žádný nebezpečný odpad, který bychom nebyli schopni zpracovat.

## 11.2 FINANCE NA RECYKLACI

*„Studie ČVUT potvrzuje výhodnost zpracování vysloužilých panelů. Náklady na recyklaci se zaplatí při získání stříbra nebo mědi. Vzácné prvky jsou tak výhodou. Z PV panelů je možné využít sklo nebo plast do stavebních materiálů.“* (solarniasociace.cz, 2022)

## 11.3 POVINNOST RECYKLACE

V Česku se aktuálně nachází elektrárny, které jsou v první třetině své životnosti. Zatím není potřeba je obměnit. Výrobci garantují životnost 25 let, ale odhad odborníků je 40 až 50 let. Klíčová motivace pro recyklaci je to, že se proces recyklace ekonomicky vyplatí. Recyklaci jsou povinni zajistit ze zákona výrobci nebo dovozci. Ale pokud již někdo má doma solární elektrárnu, která byla uvedena do provozu do konce roku 2012 je povinen zaplatit recyklaci majitel.

## 11.4 FIRMY ZAJIŠŤUJÍCÍ RECYKLACI

V Česku jsou kolektivní systémy pro zpětný odběr elektrozařízení, jsou autorizovány od Ministerstva životního prostředí. Výhradně pro solární panely je jich na trhu přibližně deset. Například REsolar, který byl založen Solární asociací, ten zajišťuje plnění zákonných povinností pro více než 2,5 tisíce provozovatelů. Počet vyřazených panelů bude stoupat a tím stoupne i zájem zpracovatelských zařízení o tento obchod. Zatím kvůli velké životnosti panelů takový zájem není. (solarniasociace.cz, 2021)

## 12 VÝROBCI TIER 1

Do výrobců Tier 1 řadíme společnosti, které jsou ve čtvrtletním výhledu energetického trhu Bloomberg New Finance (BNEF). Řazeny jsou podle roční výroby energie, a to v MW za rok. Na takové společnosti nespadá insolvenční řízení. BNEF říká: „*Výrobci modulů tier 1 jsou výrobci, kteří v posledních dvou letech poskytli produkty vlastní značky a vlastní výroby na šest různých projektů, které byly financovány bez postihu šesti různými bankami.*“ Projekty musí mít kapacitu větší než 1,5 MW, zároveň značka, která má finanční problémy, kterými může být například bankrot bude odebrána z Tier 1.

Tyto výrobce jsem vybrala především proto, že jsou to zástupci různě preferovaných technologií. (solarity.cz, 2022)

### 12.1 CANADIAN SOLAR

Společnost, která byla založena v Kanadě v roce 2001. V posledních 18 letech dodala přes 38 GW modulů do celého světa. Nyní dodává do více než 150 zemí po celém světě. Svým zákazníkům nabízí velmi efektivní řešení využití solární energie.

### 12.2 LONGI

Společnost LONGI vsadila na monokrystalickou technologii. Na trhu se nachází od roku 2000. Dodává po celém světě více než 30 GW účinných modulů. Jedná se o čtvrtinu celosvětové poptávky. Základní hodnoty společnosti jsou udržitelný rozvoj a inovace. Je považována za nejcennější společnost v oblasti solární technologie a má nejvyšší tržní hodnotu.

### 12.3 JA SOLAR

Byla založena v roce 2005. Vyrábí nejen celé fotovoltaické systémy, ale i křemíkové destičky, články nebo moduly. Produkty jsou distribuovány do 135 zemí světa. Vzhledem k velmi dobře zavedené prodejně a servisní síti je společnost uznávána jako světový výrobce vysoce výkonných fotovoltaických produktů.

### 12.4 TRINA SOLAR

Gao Jifan založil v roce 1997 Trina Solar. Jelikož byla společnost průkopníkem solární energie pomohla tím změnit solární průmysl. Světový lídr z Číny dosáhl svého milníku v roce 2020, kdy byly produkty uvedeny na šanghajskou burzu. (nanosun.cz, 2022)

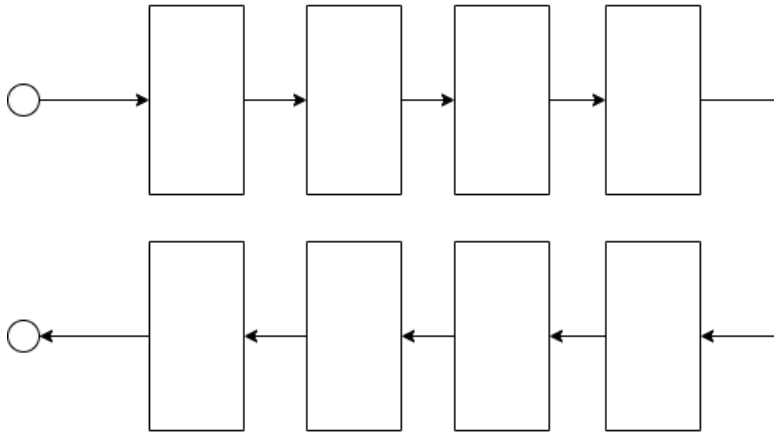
## 13 PRAKTICKÁ ČÁST

### 13.1 PARAMETRY PANELU A EXPERIMENTÁLNÍHO SYSTÉMU

Solární ostrovní systém, na kterém bylo provedeno měření má následující parametry. Systém je složen celkem z 8 panelů. Rozměr jednoho panelu je 1684x1002x35 mm. Hmotnost je 19 kilogramů. Maximální provozní proud, který protéká panelem je 9,87 A. Maximální napětí je 34,5 V. Napětí na prázdko ( $V_{oc}$ ) za příznivých slunečních podmínek je 40,6 V. Proud ve zkratu pak 11 A ( $I_{sc}$ ). Výkon za ideálních podmínek je pak 340 Wp.

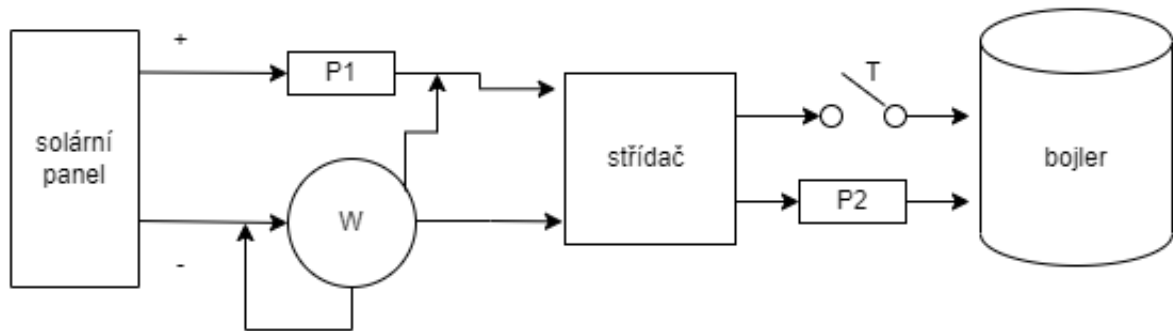
V jedné sérii pak může být zapojeno tolik panelů, jejichž napětí nepřesahuje 1500 V a celkový proud obvodem (stringem) není vyšší než 15 A. (zdroj: výrobní štítek panelu)

Obrázek 3 Schéma zapojení solárního systému (1 string)



Zdroj 4 vlastní zpracování

Obrázek 4 Obrázek 3 Schéma zapojení ostrovního systému



Zdroj 5 vlastní zpracování

P1, P2 – pojistky

W – wattmetr

T – termostat

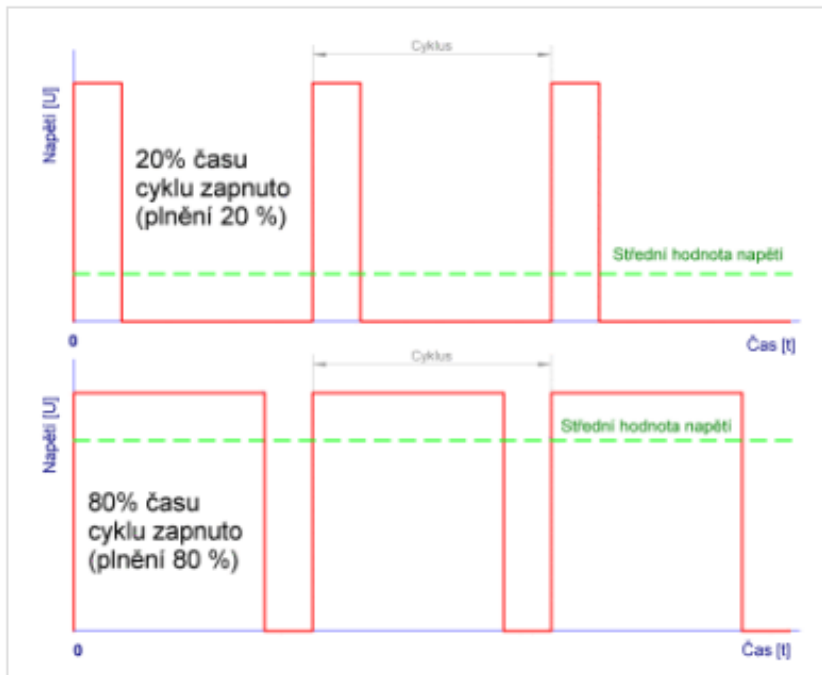
Střídač – blíže popsán v kapitole 1.1

Vyrobená elektrická energie ve formě stejnosměrného proudu a napětí se může přímo měnit na energii tepelnou v topné spirále bojleru, která má zpravidla 2 kW. Topná spirála je obvykle tvořena odporovým drátem izolovaným keramikou. Této konstrukci je jedno zda jí proudí proud stejnosměrný nebo střídavý. Problém může nastat u maximálního napětí, které je na svorky spirály pouštěno. S prakticky konstantním odporem spirály může při vyšším než jmenovitém napětí procházet spirálou vyšší proud, který může spirálu poškodit. Obvyklé jmenovité napětí na spirále není vyšší než 250 V (fázové napětí) nebo 400 V (sdružené napětí mezi fázemi), dle konstrukce i zapojení spirály. Uvedený string 8 panelů v sérii může mít za určitých podmínek i přes 320 V s proudem téměř 10 A.

Zásadním problémem je ovšem spínání stejnosměrného proudu, které je při uvedených parametrech destruktivní pro běžné spínací prvky, včetně spínacích kontaktů klasického bimetalového termostatu. Proto je vhodné do obvodu zařadit prvek ve formě střídače, který z napětí stejnosměrného vytvoří napětí střídavé, které svým průběhem v určené frekvenci klesá v čase k nule. V tomto okamžiku se oblouk mezi kontakty neudrží a zhasíná.

V případě naší aplikace, tedy odporového spotřebiče, nemusíme řešit tvar průběhu napětí (v síti sinusové), ale vystačíme si s jednoduchými pulzy od napětí nulového po napětí maximální. Pro tento způsob regulace výkonu lze s výhodou využít pulzně šířkovou modulaci (PWM), kde zvyšujeme přenesený výkon časem sepnutí a vypnutí pulzu.

Obrázek 5 pulzně-šířková modulace



Zdroj 6 [www.robodoupe.cz](http://www.robodoupe.cz)

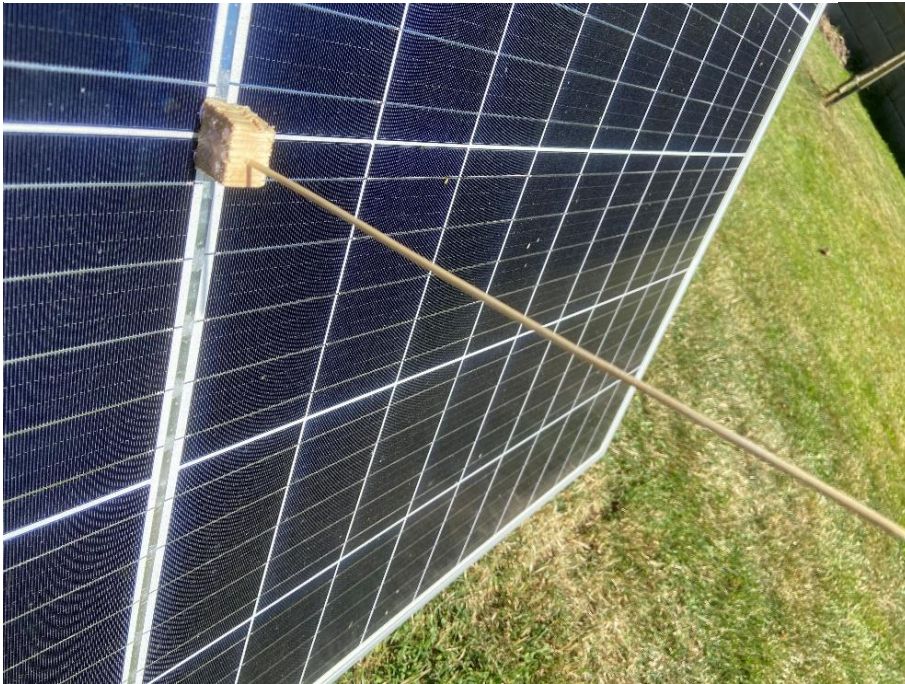
Výhodou tohoto řešení je značná úspora nákladů, neboť jednoduchý střídač PWM představuje desetinové náklady oproti střídačům s modifikovaným nebo čistým sinusovým průběhem. Tento systém využívají i průmyslová řešení typu Solar Kerberos nebo regulátor napájení bojleru ze solárních panelů MR4316AC NG ([bel-shop.eu](http://bel-shop.eu), 2022) Další výhodou je průběžné přizpůsobování dodávaného výkonu měnícímu se zisku PV panelů.



### 13.2 SCHÉMA EXPERIMENTU

Měření probíhalo při venkovní teplotě 30° Celsia v 15:00. Teplota panelu byla 50° Celsia. Pro měření byla využita špejle, která byla přidělána na panel pomocí tavné pistole. Zasazena pak byla do malého pomocného hranolu. Tato špejle sloužila jako stínítko, které nám ukazovalo, pod jakým úhlem dopadají sluneční paprsky, a tedy pod jakým úhlem je tento panel naklopen. Na obrázku můžeme vidět i stín, který nám vrhá tato špejle na panel. Viz přiložená vlastní fotografie.

Obrázek 6 panel se špejlí



Zdroj 7 vlastní fotografie

Dalším měřícím přístrojem kromě fotovoltaického panelu byl ampérmetr, voltmetr a k tomu příslušné propojovací kabely. Dále jsem potřebovala úhelník na změření kolmosti připevněné špejle. Nezbytnou součástí bylo také pravítko, kterým se měřila vzdálenost vrženého stínu. V neposlední řadě byl potřeba papír a tužka na zapisování získaných dat.

### 13.3 MĚŘENÍ

Pro montáž existuje dvojí pozice panelu, panel na šířku a na výšku. V měření jsme se rozhodli ověřit parametry u obou montážních pozic.

#### 13.3.1 MĚŘENÍ PRO PANEL POSTAVENÝ NA ŠÍŘKU (NORMÁLNÍ POSTAVENÍ PANELU)

$U = V_{oc}$  (napětí na prázdko)

$I = I_{sc}$  (proud ve zkratu)

$U$  – napětí, jednotkou je Volt (V)

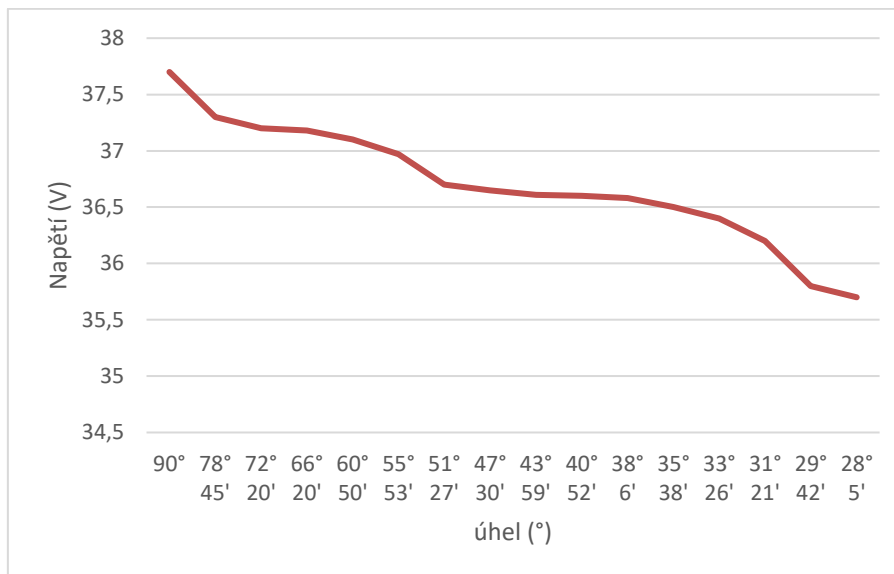
$I$  – proud, jednotkou je Ampér (A)

Tabulka 2 měření pro panel na šířku

| U(V)  | I(A)  | úhel (°) |
|-------|-------|----------|
| 37,7  | 10,4  | 90°      |
| 37,3  | 10,33 | 78° 45'  |
| 37,2  | 10,17 | 72° 20'  |
| 37,18 | 9,8   | 66° 20'  |
| 37,1  | 9,45  | 60° 50'  |
| 36,97 | 9     | 55° 53'  |
| 36,7  | 8,6   | 51° 27'  |
| 36,65 | 8,17  | 47° 30'  |
| 36,61 | 7,7   | 43° 59'  |
| 36,6  | 7,37  | 40° 52'  |
| 36,58 | 7     | 38° 6'   |
| 36,5  | 6,5   | 35° 38'  |
| 36,4  | 6     | 33° 26'  |
| 36,2  | 5,8   | 31° 21'  |
| 35,8  | 5,3   | 29° 42'  |
| 35,7  | 4     | 28° 5'   |

Zdroj 8 vlastní zpracování dle naměřených hodnot

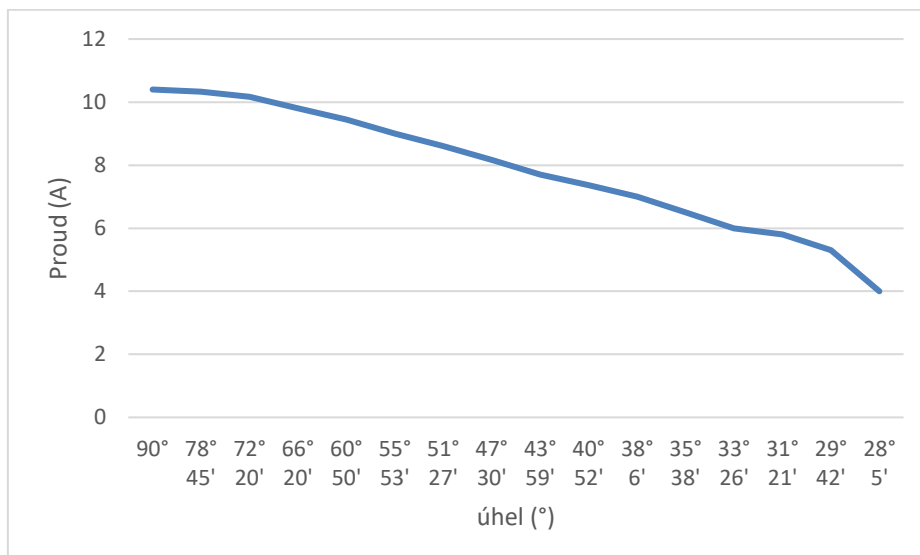
Obrázek 7 Graf závislosti napětí na úhlu dopadu slunečních paprsků



Zdroj 9 vlastní zpracování dle naměřených hodnot

Výše bylo zmíněno, že maximálního napětí, kterého může dosáhnout tento panel (40,6 V) nebylo dosaženo, jak je patrné z přiloženého grafu. Nejvyšší naměřené napětí bylo 37,7 V. Je potřeba zohlednit podmínky, při kterých samotné měření probíhalo (viz výše).

Obrázek 8 Graf závislosti proudu na úhlu dopadu slunečních paprsků



Zdroj 10 vlastní zpracování dle naměřených hodnot

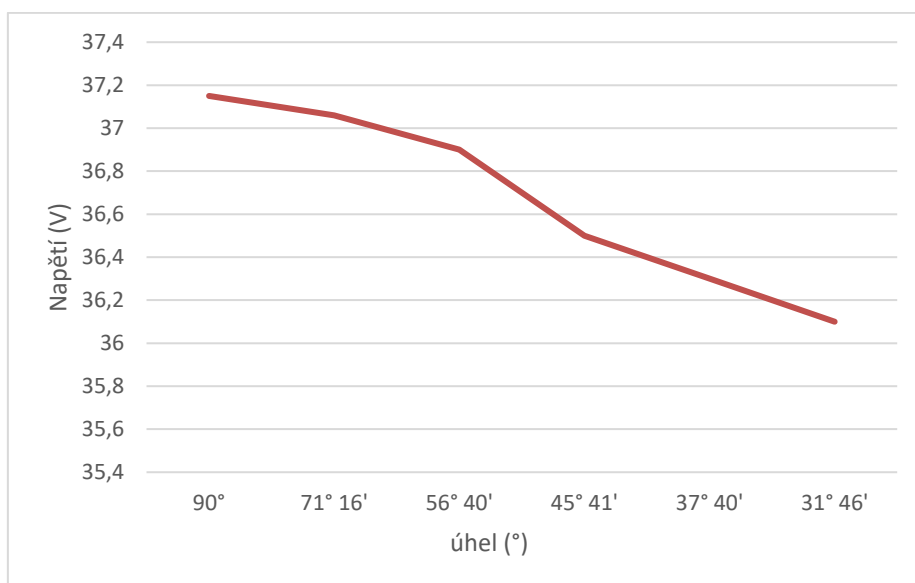
### 13.3.2 MĚŘENÍ PRO PANEL POSTAVENÝ NA VÝŠKU

Tabulka 3 měření pro panel na výšku

| U(V)  | I(A)  | úhel (°) |
|-------|-------|----------|
| 37,15 | 10,42 | 90°      |
| 37,06 | 10,08 | 71° 16'  |
| 36,9  | 9,07  | 56° 40'  |
| 36,5  | 7,77  | 45° 41'  |
| 36,3  | 6,8   | 37° 40'  |
| 36,1  | 5,6   | 31° 46'  |

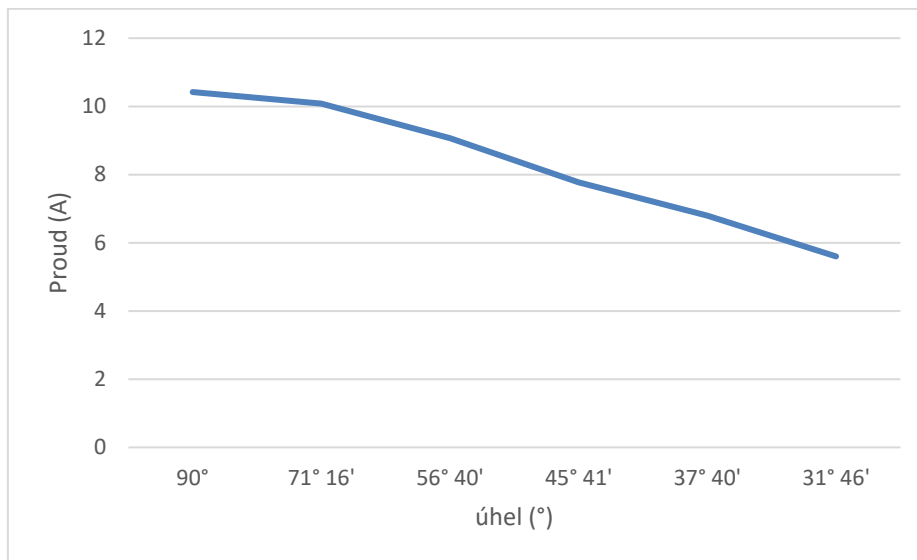
Zdroj 11 vlastní zpracování dle naměřených hodnot

Obrázek 9 Graf závislosti napětí na úhlu dopadu slunečních paprsků (panel na výšku)



Zdroj 12 vlastní zpracování dle naměřených hodnot

Obrázek 10 Graf závislosti proudu na úhlu dopadu slunečních paprsků (panel na výšku)



Zdroj 13 vlastní zpracování dle naměřených hodnot

Lze říct, že postavení panelu v horizontální pozici je pro napětí i proud optimální. Výsledky měření dokazují, že v postavení ve vertikální pozici dosahujeme nižších hodnot měření. Pokud je panel v postavení kolmý ke slunci, což může být ve vztahu s pevným montážním úhlem panelů kolem jedné hodiny denně, dosahujeme nejvyšších hodnot. V horizontální pozici se jedná o 37,7 V a 10,4 A. Ve srovnání s vertikální pozicí je to 37,15 V a 10,42 A.

Měření lze využít i v edukačním procesu. Za použití špejle, solárního panelu a dalších, již zmíněných prvků, toto měření lze provádět na zkušebním panelu i v hodinách technické výchovy. Není potřeba čekat celý den na posun Slunce na obloze (změnu úhlu dopadu), ale lze si měření urychlit naklápěním panelu a dosáhnout tak výsledků rychleji. Tento experiment se žáky nezabere více jak hodinu přímého měření. Další vyučovací hodinu lze věnovat analýze a zpracování výsledků, stanovení závěrů.

Kromě porovnání dosažených parametrů u panelů různých výrobců, různých technologií (monokrystalické versus polykrystalické) nám nedává fotovoltaické téma mnoho dalších možností na další měření realizovatelná ve školním (amatérském) prostředí.

Zajímavou možností může být porovnání energetického zisku mezi systémem fotovoltaickým a systémem teplovodním, a to za srovnatelných venkovních podmínek. Ukázaly by se tak vlastnosti těchto dvou systémů, včetně snížení výkonu PV systému za

růstu teploty panelu (dokázali jsme našim měřením) a naopak zvyšování výkonu systému teplovodního za stejných podmínek.

Výhodou měření na reálných PV panelech je autentičnost elektrických jevů. Například rozpojení obvodu panelu měřeného na krátko vytváří intenzivní elektrický oblouk, což je ideálním podnětem pro téma bezpečnosti práce, spínání stejnosměrných i střídavých elektrických obvodů a regulaci.

Zajímavou alternativou, jak demonstrovat funkce PV panelů a efektivitu PV systémů je využít některých prodávaných didaktických pomůcek, které jsou uzpůsobeny přímo pro práci s dětmi. Obvykle disponují velmi slabým PV panelem a spotřebičem vyrobené energie ve formě motoru, elektronického obvodu nebo světelného prvku.

## 14 DIDAKTICKÉ POMŮCKY

V následující kapitole jsou uvedeny různé didaktické stavebnice, které mají pomáhat při edukačním procesu k lepšímu pochopení fungování fotovoltaického systému, případně i v otázce obnovitelných zdrojů. Některé stavebnice považuji za přínosné z hlediska zpracování. Konkrétně již první zmíněná je oproti dalším ukázkám lépe konstruovaná a obsahuje více propracovaných dílčích částí. Čím více od edukačního materiálu očekáváme, tím výše se pohybuje pořizovací cena. Dalším aspektem výběru těchto pomůcek je očekávání pedagoga ohledně technických parametrů. Dalším kladným aspektem je i fakt, že s pomocí didaktických pomůcek máme možnost si vyzkoušet tvorbu energie v miniaturní podobě.

### 14.1 FISCHERTECHNIK

Je německý výrobce stavebnic, které mohou sloužit i jako vyučovací pomůcky. Příkladem je stavebnice Solar: beginner. Tato stavebnice je ideální demonstrací využití solární energie. Pomocí výroby energie ze solárního panelu můžeme pohánět auta a lodě na solární pohon.

Solární modul, který je využit pro tuto stavebnici se skládá ze čtyř solárních článků, které jsou zapojené do jedné série. Dodávané napětí je 2 V a maximální proud 200 mA.

Součástí je i podrobný manuál, který obsahuje výukové materiály, úlohy a jejich řešení. V příloženém balení jsou i instrukce na provedení experimentů. Zaujal mě například experiment, kterým máme zjistit, jaký typ světelné energie nám rozběhne motor a kolik takového světla je za potřebí. Dále je přiložena i tabulka se zdroji světla, které máme vyzkoušet jako například: žárovka, led žárovka, úsporná žárovka, halogenový reflektor, slunce. (fishertechnik.de, 2022)

Experiment, který jsem vyzkoušela na lodi poháněné solární energií spočívá na principu toho, za jak dlouho ujede vzdálenost 1 metru při slunečním svitu a při částečném zastínění solárního panelu. Loď ujela naměřenou vzdálenost 6 metrů za 54 sekund při plném slunečním svitu ve 14 hodin odpoledne. Při částečném zastínění pak ujela tuto vzdálenost za 1 minutu a 15 sekund.

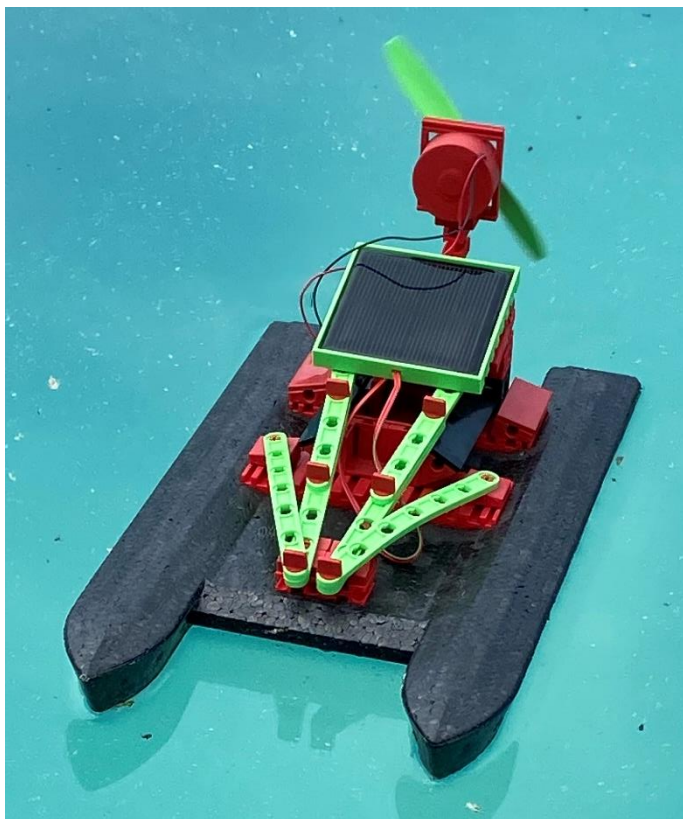
Pokud chceme zjistit jakou rychlostí se loď pohybuje v kilometrech za hodinu postupujeme následovně.

$$6 \text{ metrů} / 54 \text{ sekund} = 0,1111 \text{ m/s}$$

$$0,1111 * 3,6 = 0,399 \text{ km/h}$$

Pro ověření výsledku můžeme provést zkoušku. Zjištění je následovné, loď se pohybuje rychlostí 0,4 km/h.

Obrázek 11 Fishertechnik



Zdroj 14 vlastní fotografie

## 14.2 ELEKTRONICKÁ STAVEBNICE BOFFIN 750

Elektronická stavebnice Boffin 750 je kreativní stavebnice, rozvinující technické myšlení žáků. Dle přiloženého návodu je možné postavit několik stovek projektů, nebo si vymyslet projekt vlastní. Barevně odlišené součástky můžeme vzájemně kombinovat. Vše je kompatibilní s ostatními stavebnicemi Boffin. Základním stavebním prvkem každého projektu je deska, na kterou se přidělávají jednotlivé komponenty. V návodu jsou instrukce k sestavení projektu a k následnému zhodnocení, zda nám projekt funguje a co je od něj možné očekávat. Sloužit může i jako kontrola, zda vše funguje správně. Je možné sestavit například kompas, maják, detektor lži a různé projekty se solárním panelem. Stavebnici lze připojit i k počítači. (iqhracky.cz, 2022)

Projektů se solárním článkem je k dispozici hned několik. Projekt s názvem „*Druhy výstupu*“ nám ukazuje různé druhy výstupu z elektrického obvodu. Hodnota měřícího přístroje musí být nastaven na velmi nízkou hodnotu – LOW. Takový obvod využívá



všechny formy výstupu stavebnice, jimiž jsou reproduktor (zvuk), žárovka (světlo), LED dioda (světlo), motor (pohyb), sedmsegmentový displej (světlo) a měřicí přístroj (pohyb ručičky).

„*Nastavitelný měřič energie*“ má za úkol žáky seznámit s pojmem solární energie. Článkem se pohybuje okolo různých světelných zdrojů a nastavují se odlišné hodnoty odporu. Článek se zakrývá listem papíru a sleduje se pohyb na měřiči, dokud měřič nenaměří nulovou hodnotu.

Cílem projektu „*Diodový zázrak*“ je princip fungování diody. Tento obvod nám ukazuje, jaké napětí je potřeba pro rozsvícení několika diod, které jsou propojené sériově.

„*Solární napájení*“ má za cíl seznámit děti se solárním napájením. Zjištění v tomto úkolu je následovné: který druh světelných zdrojů způsobuje nejintenzivnější svit diody? Je zřejmé, že solární články fungují primárně nejlépe za slunečního svitu. Světlo, které nám dodává žárovka funguje také dobře. Například stropní svítidla nefungují tak dobře jako solární články. Žáci jsou seznámeni s tím, že elektřina vyráběná články vydrží tak dlouho, dokud bude svítit Slunce. Zároveň neznečišťují životní prostředí a nikdy se nevyčerpají.

Obrázek 12 Schéma zapojení elektronické stavebnice Boffin 750



Zdroj 15 [www.stavebnice-boffin.cz](http://www.stavebnice-boffin.cz)

### 14.3 LEGO EDUCATION

LEGO education 9688 je stavebnice zabývající se obnovitelnými zdroji energie. Jedná se o doplňkovou sadu stavebnice 45544 EV3. Obsahuje následující díly – energetický displej, který nám ukazuje vstupní a výstupní veličiny, kterými jsou napětí, proud, výkon. Poté je k dispozici zásobník energie o kapacitě 150 mAh. Solární panel, ten nám napájí motor v modelu. E-motor – dosahuje až 800 otáček za minutu. Zdroj světla, vrtuli a v neposlední řadě také návod na 6 modelů energetických zařízení z reálného světa. (theohry.cz, 2022)

Obrázek 13 Lego education



Zdroj 16 [www.theohry.cz](http://www.theohry.cz)

### 14.4 HORIZON SCIENCE EDUCATION

Jedná se o vědeckou sadu pro obnovitelné zdroje, která byla vyvinuta ve Spojených státech amerických. Tato didaktická pomůcka nám demonstruje, jak funguje energetická technologie v malém měřítku. Můžeme například vyrábět elektřinu pro obvod pomocí solárního panelu nebo větrnou turbínu. Sada je komplexním úvodem do principů mikro sítí. Součástí této sady je také materiál až na 10 vyučovacích hodin zaměřený na obnovitelné zdroje. Nalezneme zde experimenty jako použití solárního panelu k napájení LED modulu nebo napájení kolového motoru pomocí solární energie.

Ve srovnání s ostatními stavebnicemi je tato sada poměrně cenově nákladná. (horizoneducational.com, 2022)

Obrázek 14 Sada Horizont education



Zdroj 17 [www.teachersource.com](http://www.teachersource.com)

### 14.5 SOLARBOT 6V1

Stavebnice, která se skládá z 6 modelů v jednom balení. Součástí balení je návod, jak si vytvořit např. letadlo, loď, mlýn, robota, vozítko a vznášedlo. Pro rozvíjení jemné motoriky u dětí mladšího školního věku je tato pomůcka akceptovatelná. Jako didaktickou pomůcku do výuky bych tuto stavebnici nezvolila už jen z hlediska toho, že výsledné modely jsou v miniaturní velikosti a jsou dost nepraktické už z hlediska samotného skládání konstrukce. V porovnání s ostatními didaktickými pomůckami je tato stavebnice cenově dostupnější než výše zmíněné. Pořizovací cena se pohybuje kolem 150 korun českých. Z pedagogického hlediska, jak jsem již zmiňovala výše, tento druh stavebnice rozvíjí jemnou motoriku, která je u dětí mladšího školního věku sice důležitá, ale zároveň je zde potřeba i praktičnost pomůcky jako takové. Z tohoto hlediska bych Solarbot nevolila jako vhodný vyučovací prostředek. (supergift.cz, 2022)

Obrázek 15 Solarbot 6v1



Zdroj 18 [www.supergift.cz](http://www.supergift.cz)

## ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabírala principem přeměny světelného záření na energii elektrickou. Dále jsem popsala generační vývoj panelů a jeho výrobu. Podrobně je popsán materiálové složení, panel se skládá především ze skla, ochranného rámu a solárního článku. V práci také nalezneme kapitolu ohledně vývoje fotovoltaického systému v České republice a ve světě. Pro rodinné domy jsou vypsány na portálu novazelenausporam.cz dotační programy, výměr dotace je popsán v tabulce číslo 1. V další kapitole první části jsou zmíněny i možnosti pro ukládání vyrobené solární energie, mezi které patří akumulátorové baterie a tepelné zásobníky. Pomocí akumulátorových baterií můžeme využít energii zpětně. Díky uložení energie do tepelných zásobníku přeměníme energii na ohřátou vodu, pomocí ní můžeme vytápět i objekty.

Zmíněné jsou i firmy, které vyrábí solární panely, například největším producentem je Longi Solar, která dodává na trh více než jednu čtvrtinu celosvětové poptávky panelů. Po ukončení životnosti fotovoltaického panelu se musí zlikvidovat v rámci environmentálního dopadu na životní prostředí. K dispozici jsou firmy, které na recyklaci určuje Ministerstvo životního prostředí. Přínosnou informací do mé práce je fakt, že systémy zapojené do roku 2012 nemá za povinnost recyklaci zaplatit firma nýbrž samotný majitel tohoto fotovoltaického systému, který je povinen zaplatit recyklaci na vlastní náklady.

V praktické části mi bylo umožněno měřit na fotovoltaickém panelu, který byl k dispozici od Mgr. Jana Krotkého Ph.D. Provedeno bylo měření s panelem na šířku a s panelem na výšku. Za pomoci špejle přidělané na panelu pomocí tavné pistole se měřil stín dopadnu slunečních paprsků a pomocí něj se následně vypočítal úhel naklonění fotovoltaického panelu vůči slunečnímu záření. Zjištění tohoto měření nám dokazuje, že panel postavený na šířku, jak tomu již na příslušném rodinném domu je, je výkonnější, než panel postavený na výšku.

Ve výuce se dají využít různé didaktické pomůcky, jejichž výrobce jsem zmínila v poslední kapitole. Nejpřínosnější pro mě byla stavebnice Fisher Technik, na které jsem provedla experiment. Naopak za velmi nevhodnou pomůcku do výuky považuji Solarbor 6v1, jeho provedení mi nepřipadá praktické do výuky, neboť obsahuje velmi malé částice. Jeho cena odpovídá kvalitě i výkonu.

Dále jsem provedla experiment pro didaktickou stavebnici Fisher Technik, který byl popsán v návodu. Pro tyto účely jsem využila zapůjčenou loď se solárním panelem, který vyrábí

elektřinu a tím roztáčí vrtuli. Experiment se týkal ujetí vzdálenosti a následného vypočítání této vzdálenosti v km/h. Pro pokus byly využity dvě měření, jedno s plným slunečním svitem na solární panel a druhé s částečným zastíněním tohoto panelu. Měření bylo provedeno několikrát pro přesnější a věrohodnější výsledky.

Nové poznatky, které jsem při psaní této práce získala hodnotím kladně. Velmi přínosné pro mě bylo měření s panelem, jelikož budeme pořizovat fotovoltaický systém i k nám domů. Viděla jsem jeho zapojení a příslušný výkon, který je dostačující pro využití na ohřev vody pro čtyřčlennou rodinu.

**RESUMÉ**

Tato bakalářská práce pojednává o problematice fotovoltaického ostrovního systému. Práce je rozdělena na dvě části. V první části, a to teoretické se zabývám vymezením pojmů spojených s tématem fotovoltaické elektrárny. Věnuji se také jejich recyklaci a uložení solární energie do akumulátorových baterií případně do tepelného zásobníku. V praktické části se zaměřuji na měření na fotovoltaickém panelu, kde je měřen jeho proud a napětí v závislosti na postavení panelu (šířka nebo výška) a také na závislosti jeho naklonění vůči slunečnímu záření. Naklonění a s tím spojené počítání velikosti úhlu je spojené s využitím špejle, která nám ukazuje velikost stínu po dopadu slunečních paprsků na panel. Dále zkoumám rychlost příslušné didaktické pomůcky do výuky. Pro tento experiment je využita loď se solárním panelem od výrobce Fisher Technik.

This bachelor thesis deals with the problem of photovoltaic island system. The thesis is divided into two parts. In the first part, namely the theoretical part, I deal with the definition of terms related to the topic of photovoltaic power plant. I also deal with their recycling and the storage of solar energy in batteries or in a thermal storage tank. In the practical part, I focus on the measurements on the photovoltaic panel, where its current and voltage are measured depending on the position of the panel (width or height) and also on the dependence of its tilt with respect to the solar radiation. The tilt, and the associated calculation of the magnitude of the angle, involves the use of a skewer to show us the size of the shadow after the sun's rays hit the panel. Next, I investigate the speed of the relevant didactic teaching aid. For this experiment a solar panel boat from Fisher Technik is used.

## SEZNAM LITERATURY

4 Best Thermal Imaging Cameras for Inspecting Solar Panels. *Industrial Reviews* [online]. 2021 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://industrial-reviews.com/thermal-imaging-camera-for-solar-panels/>

AltEstore. *AltEstore* [online]. Boxborough, 2022 [cit. 2022-06-24]. Dostupné z: <https://www.altestore.com/>

Bateriové uložiče pro FOTOVOLTAIKU GREENCZECH. *GREENCZECH* [online]. Paskov, 2022 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.greenczech.cz/bateriove-uloziste/>

BERANOVSKÝ, Jiří. *Fotovoltaika. Elektřina ze slunce*. Praha: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-133-5.

*Boffin 750* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-06-24]. Dostupné z: <https://elektronicke-stavebnice.heureka.cz/boffin-750/#specifikace/>

Cirkulární solární energetika: Co potřebujete vědět o recyklaci solárních panelů. *Solární Asociace* [online]. Praha: Odpadové fórum, 2021 [cit. 2022-06-06]. Dostupné z: <https://www.solarniasociace.cz/cs/aktualne/21557-cirkularni-solarni-energetika--co-potrebuje-vedet-o-recyklaci-solarnich-panelu>

*Česká solární, systémy pro Váš dům* [online]. Libeň, 2022 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.ceska-solarni.cz/>

DISTRIBUCE SOLÁRNÍCH KOMPONENT. *Nanosun* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://nanosun.cz/cs/index.html#our-products>

Energy Payback Time and CO<sub>2</sub> Emissions of 1.2 kWp Photovoltaic Roof-Top System in Brazil. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy* [online]. 2013 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <http://www.ijsgce.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=29&id=95>

Evaluation of the environmental performance of sc-Si and mc-Si PV systems in Korea. *ScienceDirect* [online]. Amsterdam, 2013 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X13004684?via%3Dihub>



Fotovoltaika - investice, která ušetří. *Enviweb* [online]. Praha, 2009 [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/78458>

Fotovoltaická elektrárna - pojmy. *FVESYSTÉMY* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: [https://www.fvesystemy.cz/Terminologie-a5\\_0.htm](https://www.fvesystemy.cz/Terminologie-a5_0.htm)

Fotovoltaické panely na principu perovskitů. Co může nová technologie nabídnout?. *Elektrina.cz* [online]. Praha: Tereza Málková, 2021 [cit. 2022-06-03]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/fotovoltaicke-panely-na-principu-perovskitu-co-muze-nova-technologie-nabidnout>

*Horizon Renewable Energy Education Set 2.0* [online]. Bethel, 2022 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.teachersource.com/product/horizon-renewable-energy-education-set-2>

CHMEL, Ladislav a Ivo HAMERNÍK. *Fotovoltaika, fototermika* [online]. Brno, 2016 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/91/Impresum.html>

Life cycle analysis of organic tandem solar cells: When are they warranted?. *ScienceDirect* [online]. Amsterdam, 2013 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024813004716?via%3Dihub>

LEGO Education 9688 doplňková souprava - Obnovitelná energie. *TheoHry* [online]. Chrustenice, 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://www.theohry.cz/p/font-color-000000-face-times-new-roman-size-3-font-p-style-margin-0cm-0cm-0pt-font-color-000000-face-calibri-size-3-ke-zkoumani-energeticky-zdroju-zpusoby-prenosu-akumulace-premeny-a-spotreby-energie-font-p-p-style-margin-0cm-0cm-0pt-font-size-3-fo/>

LIBRA, Martin a POULEK, Vladislav. *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie*. 1. vyd. Praha: ILSA, 2009. 160 s. ISBN 978-80-904311-0-2

Možnosti skladování energie u fotovoltaiky (baterie a TUV). *Viessmann* [online]. Chrást'any, 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/skladovani-energie-fotovoltaika.html>

MURTINGER, Karel, BERANOVSKÝ, Jiří a TOMEŠ, Milan. Fotovoltaika, elektřina ze slunce. 1. vyd. Brno: ERA, 2007. vii, 81 s. 21. století. ISBN 978-80-7366-100-7

Pulzně-šířková modulace. *RoboDoupe* [online]. Praha, 2016 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <http://robodoupe.cz/2016/pulzne-sirkova-modulace/>

Seznam výrobců solárních panelů TIER 1 – vše co potřebujete vědět. *Solarity* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: <https://solarity.cz/cs/blog/seznam-vyrobcu-solarnich-panelu-tier-1-vse-co-potrebuje-vedet/>

Solar: Beginner. *Fischertechnik* [online]. Waldachtal, 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://www.fischertechnik.de/en/service/elearning/teaching/solar-beginner>

Solarbot 6v1. *SuperGift* [online]. Kameničky, 2018 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://supergift.cz/produkt/solarbot-6v1/>

Thermographic Cameras For Use on Wide Variety of Photovoltaic Installations. *InfraTec* [online]. 2022 [cit. 2022-06-28]. Dostupné z: <https://www.infratec.eu/thermography/industries-applications/photovoltaic-inspection/>

Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory - Rodinné domy. *Nová zelená úsporám* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/dokument/2532>

## SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

|  |  |
|--|--|
| Obrázek 1 Složení fotovoltaického panelu.....  | 13                                     |
| Obrázek 2 Špatně svítící fotovoltaický panel.....  | <b>Chyba! Záložka není definována.</b> |
| Obrázek 3 Schéma zapojení solárního systému (1 string).....                              | 27                                     |
| Obrázek 4 Obrázek 3 Schéma zapojení ostrovního systému.....                              | 28                                     |
| Obrázek 5 pulzně-šířková modulace .....  | 29                                     |
| Obrázek 6 panel se špejlí.....   | 30                                     |
| Obrázek 7 Graf závislosti napětí na úhlu dopadu slunečních paprsků .....                 | 32                                     |
| Obrázek 8 Graf závislosti proudu na úhlu dopadu slunečních paprsků .....                 | 32                                     |
| Obrázek 9 Graf závislosti napětí na úhlu dopadu slunečních paprsků (panel na výšku) .... | 33                                     |
| Obrázek 10 Graf závislosti proudu na úhlu dopadu slunečních paprsků (panel na výšku).    | 34                                     |
| Obrázek 11 Fishertechnik.....  | 37                                     |
| Obrázek 12 Schéma zapojení elektronické stavebnice Boffin 750 .....                      | 38                                     |
| Obrázek 13 Lego education.....   | 39                                     |
| Obrázek 14 Sada Horizont education .....   | 40                                     |
| Obrázek 15 Solarbot 6v1 .....  | 41                                     |
| <br>   |  |
| Tabulka 1 výše podpory z dotace .....  | 17                                     |
| Tabulka 3 měření pro panel na šířku .....  | 31                                     |
| Tabulka 4 měření pro panel na výšku.....   | 33                                     |