

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Problematika zvýšení provozní účinnosti fotovoltaických
panelů**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zbyněk HRABĚ**
Osobní číslo: **E10N0088P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Problematika zvýšení provozní účinnosti fotovoltaických panelů**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište základní typy fotovoltaických panelů, zhodnoťte jejich účinnost včetně závislosti jednotlivých typů panelů na okolních podmínkách a vlivech.
2. Zmapujte národní i mezinárodní trh a popište dostupné fotovoltaické panely včetně kombinovaných (současná výroba elektřiny a tepla) fotovoltaických panelů.
3. Experimentálně ověřte možnost zvýšení účinnosti FV panelu chlazeného vodou oproti identickému panelu bez ochlazování. Analyzujte vliv teploty a průtoku chladicí vody na účinnost FV panelu.
4. Zhodnoťte energetickou a ekonomickou efektivitu chlazení FV panelu.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**


Seznam odborné literatury:

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


Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**


Doc. Ing. Jifí Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Diplomová práce se zabývá problematikou využívání solárních panelů a zvyšování jejich účinnosti. Teoreticky jsou popsány základní druhy solárních panelů i příklady novějších technologií ve fotovoltaice, je zmíněn vliv různých faktorů na účinnost jednotlivých fotovoltaických panelů. Dále je vytvořen přehled hlavních fotovoltaických panelů, které jsou k dispozici na českém i mezinárodním trhu s krátkým popisem jejich typů a vlastností. V rámci praktické části práce jsou provedena měření na hybridním FV/T kolektoru s chlazením a bez něj, je hodnocen vliv chlazení na účinnost fotovoltaické části tohoto kolektoru. Na základě zjištěných údajů je posuzována energetická a ekonomická efektivita využívání FV panelu s chlazením.

Klíčová slova

Solární energie, fotovoltaika, fotovoltaický panel, fotovoltaický článek, monokrystalický článek, polykrystalický článek, amorfní článek, hybridní FV/T kolektor, účinnost, chlazení, teplota, sluneční záření, ekonomická efektivita, energetická efektivita.

Abstract

Diploma work *Problems of increase in efficiency photovoltaic panels* deals with the use of solar panels and problems of increasing their efficiency. It theoretically describes main types of solar panels and also the examples of current technologies in photovoltaics. The influence of several factors on efficiency of individual panels is mentioned. Next, there is an overview of main solar panels available on the Czech and international market with short description of their types and qualities. In the practical part of the work, we perform measurements on hybrid PV/T collector with cooling and without it. We analyze the influence of cooling on the photovoltaic part of the collector. Energetic and economic effectiveness of the use of PV panel with cooling is assessed on the basis of the data gained from measuring.

Key words

Solar energy, photovoltaics, solar panel, photovoltaic cell, mono-crystalline cell, polycrystalline cell, non-crystalline cell, hybrid PV/T collector, efficiency, cooling, temperature, solar radiation, economic effectiveness, energetic effectiveness.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 10.5.2012

Zbyněk Hrabě

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále děkuji Ing. Josefu Ledvinovi za konzultace a zapůjčení zařízení potřebného k měření.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1 SOLÁRNÍ ENERGIE	13
1.1 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ.....	13
1.2 VYUŽÍVÁNÍ SOLÁRNÍ ENERGIE.....	13
1.3 FOTOELEKTRICKÝ JEV	13
2 FOTOVOLTAICKÉ ČLÁNKY A PANELY	15
2.1 FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK	15
2.2 STAVBA SOLÁRNÍHO PANELU	16
2.3 ZÁKLADNÍ DRUHY FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ	17
2.3.1 Panely s monokrystalickými články	17
2.3.2 Panely s polykrystalickými články	18
2.3.3 Panely s amorfními články.....	19
2.4 DALŠÍ TECHNOLOGIE A NOVĚJŠÍ TRENDY VE FOTOVOLTAICE.....	21
2.4.1 Vývoj článků z krystalického křemíku	21
2.4.2 Organické fotovoltaické články.....	21
2.4.3 Moduly CIS a CdTe.....	21
2.4.4 Ohebné tenkovrstvé moduly.....	22
3 ÚČINNOST FV PANELŮ A JEJÍ ZÁVISLOST NA RŮZNÝCH FAKTORECH	23
3.1 VLIV ORIENTACE A SKLONU PANELŮ	23
3.2 VLIV POČASÍ.....	24
3.3 VLIV TEPLoty	25
4 FOTOVOLTAIKA V ČESKÉ REPUBLICE A VE SVĚTĚ	26
4.1 PODMÍNKY V ČESKÉ REPUBLICE	26
4.2 CHARAKTERISTIKA TRHU V ČESKÉ REPUBLICE.....	28
4.3 CHARAKTERISTIKA MEZINÁRODNÍHO TRHU.....	28
4.4 DOSTUPNÉ FOTOVOLTAICKÉ PANELY V ČR I VE SVĚTĚ	29
4.4.1 Schüco.....	29
4.4.2 Sanyo	30
4.4.3 Solartec.....	31
4.4.4 Solarwatt.....	32
4.4.5 Phono Solar	33
4.4.6 ASEC.....	34
4.4.7 Kyocera.....	35
4.4.8 Aleo Solar	36
4.4.9 REC.....	37
4.4.10 Solarworld	38
4.4.11 Suntech	38
4.4.12 SCHOTT.....	40
4.4.13 Shenzhen Topray Solar	41
4.4.14 Sunpower	42
4.4.15 Yingli Solar	43
4.4.16 Kaneka.....	43
4.4.17 Kombinované panely	44
4.4.17.1 Princip hybridního FV/T kolektoru	44
4.4.17.2 Význam chlazení.....	46
4.4.17.3 Energetika hybridního FV/T kolektoru	46
5 PRAKTICKÁ ČÁST – MĚŘENÍ FV PANELU	49

5.1	PODMÍNKY MĚŘENÍ.....	49
5.2	POPIS MĚŘENÉHO PANELU	49
5.3	POUŽITÉ PŘÍSTROJE	52
5.4	SCHÉMATA MĚŘENÍ	54
5.5	POSTUP MĚŘENÍ.....	56
5.5.1	<i>Měření V-A charakteristiky.....</i>	56
5.5.2	<i>Měření FV panelu bez chlazení.....</i>	57
5.5.3	<i>Měření FV panelu s chlazením</i>	58
5.5.4	<i>Výsledky měření.....</i>	59
5.5.5	<i>Závěry měření</i>	63
5.5.5.1	<i>Analýza vlivu teploty a průtoku chladicí kapaliny na účinnost FV panelu</i>	63
6	ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ EFEKTIVITA CHLAZENÍ FV PANELU	65
	ZÁVĚR	68
	POUŽITÉ ZDROJE	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73
	PŘÍLOHY.....	74

Úvod

Fotovoltaika je v současné době velmi diskutovaným odvětvím energetiky. Různým druhům využívání sluneční energie se věnují odborníci po celém světě. Také v České republice funguje velké množství firem, které se zabývají prodejem fotovoltaické techniky nebo instalací fotovoltaických zařízení. Výroba panelů není v ČR zatím příliš rozšířena. Cílem současné fotovoltaiky je samozřejmě vývoj nových technologií, které by využívání sluneční energie zefektivnily a usnadnily.

Tato diplomová práce se zabývá problematikou zvýšení provozní účinnosti fotovoltaických panelů a mapuje jednotlivé druhy panelů dostupných nejen v České republice, ale také ve světě. Hlavním cílem práce je ověření vlivu chlazení, teploty a průtoku chladicí kapaliny na účinnost fotovoltaického panelu. Předpokládáme, že praktické měření na témže fotovoltaickém panelu s chlazením i bez něj povede ke zjištění, že účinnost panelu vlivem přítomnosti chlazení stoupá. Dále předpokládáme, že chlazení vede ke zvýšení energetické i ekonomické efektivity použití panelu.

V první části práce jsou teoreticky představeny základní typy fotovoltaických panelů a jejich charakteristiky. Podrobně je popsán fotovoltaický článek jako základní stavební prvek panelu a následně stavba fotovoltaického panelu jako celku. Jsou zmíněny i některé novější trendy a technologie ve fotovoltaice. Dále je rozebrán vliv různých faktorů, zejména orientace panelu, teploty a počasí, na účinnost fotovoltaických panelů.

V další části práce je vytvořen přehled hlavních fotovoltaických panelů dostupných v České republice i v rámci mezinárodního trhu. Přehled je uspořádán podle názvů výrobců fotovoltaických panelů a u každého jsou vždy uvedeny hlavní druhy a typy panelů, které tento výrobce nabízí. Obsaženy jsou zde panely monokrystalické, polykrystalické, amorfni i kombinované. U některých typů jsou přiloženy tabulky s hlavními technickými údaji.

Poslední část práce se věnuje praktickému měření na hybridním FV/T kolektoru Volther Powervolt, které proběhlo na střeše budovy Fakulty elektrotechnické v Plzni. Cílem je porovnání účinnosti FV části tohoto kolektoru s chlazením a bez něj. Dále je věnována pozornost vlivu teploty a průtoku chladicí kapaliny na účinnost FV panelu. Posledním bodem práce je zhodnocení energetické a ekonomické efektivity měřeného FV panelu s využitím údajů získaných při měření. Chlazení je zde tedy představeno jako jedna z cest zvýšení provozní účinnosti fotovoltaického panelu.

Seznam symbolů a zkratek

FV.....	fotovoltaický
FV/T.....	fotovoltaicko-termický
E.....	energie [J]
ν	frekvence [Hz]
h	Planckova konstanta [J.s]
c	rychlost světla ve vakuu [m.s^{-1}]
λ	vlnová délka [m]
EVA.....	etylen-vinyl-acetát
UMG křemík.....	zušlechtěný hutnický křemík
AM.....	Spektrum slunečního záření
ČHMÚ.....	Český hydrometeorologický ústav
EPIA.....	Evropská fotovoltaická průmyslová asociace
STC.....	standardní testovací podmínky
TUV.....	teplá užitková voda
e	intenzita slunečního záření [W/m^2]
P	elektrický výkon [W]
η	účinnost FV panelu [%]
A	aktivní plocha FV panelu [m^2]
Q_k	tepelný výkon [W]
ρ	hustota chladicí kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
τ	časová konstanta [min]
c_p	měrná tepelná kapacita kapaliny [$\text{KJ.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
t_{2a}	aritmetický průměr výstupní teploty kapaliny [K]
t_{0a}	aritmetický průměr vstupní teploty kapaliny [K]
η_k	účinnost pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla [%]
e_a	aritmetický průměr intenzity slunečního záření [W.m^{-2}]
t_0	teplota vstupní kapaliny [$^{\circ}\text{C}$]
t_1	teplota FV panelu [$^{\circ}\text{C}$]
t_2	teplota výstupní kapaliny [$^{\circ}\text{C}$]
t_4	teplota okolí [$^{\circ}\text{C}$]
P_0	příkon čerpadla [kWh]

Q.....průtok kapaliny [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$]
FVE.....fotovoltaická elektrárna
ZB..... zelený bonus
PP.....přímý prodej
ERÚ.....Energetický regulační úřad

1 Solární energie

1.1 Sluneční záření

Slunce je významným zdrojem energie. Povrch Slunce má teplotu 5500 °C a intenzita jeho záření činí 63000 kW/m². Na Zemi dopadá jen část tohoto záření s energií 219 000 000 miliard kWh ročně. Intenzita záření dopadajícího na Zemi se liší v závislosti na počasí [1].

Na zemský povrch pronikne jen část energie (méně než 1kW při slunečním svitu), zbytek je při průchodu atmosférou pohlcen nebo odražen. Sluneční spektrum se v atmosféře mění, některá pásma zanikají, protože jsou absorbována přítomnými plyny a částicemi. Sluneční záření dopadající na zemský povrch se souhrnně nazývá globální. Skládá se ze záření s různými vlnovými délkami přicházejícího ze všech směrů. Při měření se zjišťuje záření přímé a rozptýlené (difuzní). Pokud je obloha zatažená, přímé záření není vůbec přítomno [2].

1.2 Využívání solární energie

Sluneční energii je možné využívat aktivně nebo pasivně. Pasivní využití je založeno na uplatnění „solární architektury“, tedy práce s umístěním prosklených ploch a tepelně akumulčních stěn, tepelnou izolací a povrchem obvodových zdí. Zahrnuje také využití obnovitelných zdrojů pro energetické zásobování stavby. Tento způsob využití nezahrnuje žádné provozní náklady a není k němu potřeba žádného vnějšího zdroje energie.

Při aktivním využívání sluneční energie je teplo přenášeno dále přidavným technickým zařízením. Tento způsob je náročnější na technické vybavení a vyžaduje vyšší náklady. Sluneční energie může být aktivně využívána dvěma způsoby – k přeměně na teplo nebo na elektrickou energii. Energie přeměněná na teplo se využívá k ohřevu vody (užitkové, v bazénech) a vytápění. K tomuto účelu slouží solární kolektory, které pohlcují sluneční záření. Přeměna na elektrickou energii probíhá na principu tzv. fotovoltaického jevu [7]. Zařízení sloužící k této přeměně se nazývají solární panely (moduly).

1.3 Fotoelektrický jev

Přeměna slunečního záření na elektrickou energii probíhá díky fotoelektrickému jevu. Byl popsán francouzským fyzikem A.E. Becquerelem již v roce 1839, vysvětlit se ho podařilo až Albertu Einsteinovi v roce 1905. Rozlišujeme fotoelektrický jev vnější a vnitřní. Záření se

skládá z fotonů, které se v určitých podmínkách chovají jako vlnění. Energie přenášená fotony je dána vzorcem

$$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

Zde je : E – energie (joule)

ν - frekvence (Hz)

h - Planckova konstanta ($6,625 \cdot 10^{-34}$ joule . s)

c - rychlost světla ve vakuu ($3 \cdot 10^8$ m/s)

λ - vlnová délka (m)

Čím větší je frekvence (kratší vlnová délka) záření, tím větší je energie jeho kvant.

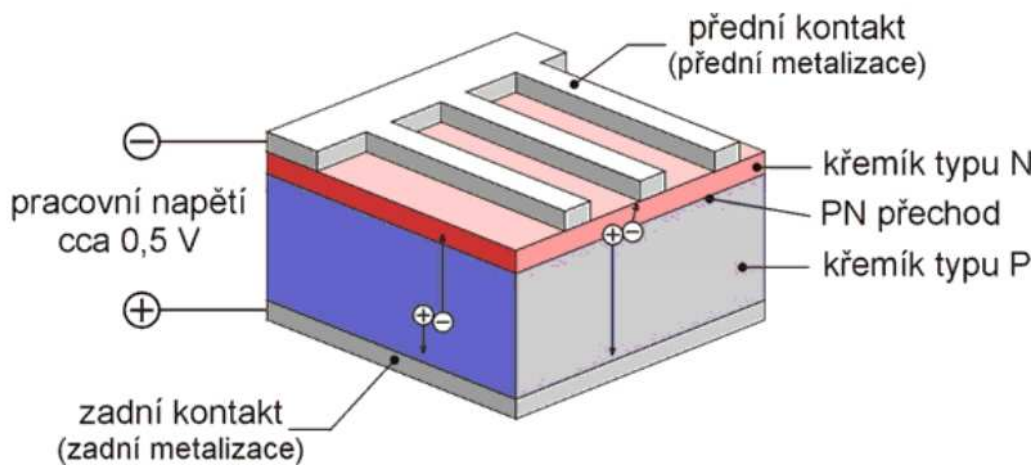
Při vnějším fotoelektrickém jevu vystupují elektrony vlivem záření z povrchu ozářené látky. Roli zde hraje vztah mezi výstupní prací látky E_a a hraniční vlnovou délkou λ_g . Pokud vlnová délka přesahuje hraniční hodnotu, k fotoefektu nedochází. Při kratší vlnové délce však nastává. Vnější fotoelektrický jev není vhodný pro výrobu elektřiny, má hlavně fyzikální význam. Účinnost přeměny záření na energii elektronů je velmi malá.

Naopak vnitřní fotoefekt je k účelu výroby elektrické energie vhodný. Tento efekt má dvě formy – fotovodivost a fotovoltaický jev. Vhodný je zejména fotoefekt na hradlové vrstvě, kdy elektrony neopouštějí látku, ale stávají se volnými nosiči náboje a vytvářejí elektrický proud [4].

2 Fotovoltaické články a panely

2.1 Fotovoltaický článek

Přímá přeměna sluneční energie na elektrickou probíhá ve fotovoltaickém článku. Je to polovodičový prvek tvořený velkoplošnou diodou alespoň s jedním PN přechodem. Při ozáření článku vznikají elektricky nabitě částice (páry elektron – díra). Tyto částice jsou oddělovány elektrickým polem PN přechodu. Vzniká tak napěťový rozdíl mezi kontakty solárního článku. Při zapojení vnějšího obvodu mezi kontakty protéká stejnosměrný elektrický proud přímo úměrný ploše článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření [22].



Obr.2.1 Princip solárního článku [22]

Fotovoltaické články jsou vyráběny z polovodičových materiálů. Vhodnost užití jednotlivých materiálů závisí na šířce jejich zakázaného pásu energií. Ta by se měla pohybovat od 1,1 eV do 1,7 eV. Důležitá je také vysoká pohyblivost a životnost minoritních nosičů náboje. Těmto požadavkům odpovídají např. tyto polovodiče: křemík (Si), arsenid galia (GaAs), telurid kadmia (CdTe), fosfid india (InP), antimonid hliníku (AlSb) a jiné [5].

Protože je napětí jednoho solárního článku (cca 0,5 V) příliš nízké pro další využití. Články jsou proto sériově propojovány a tím je získáno napětí použitelné ve fotovoltaických systémech. Propojením a hermetickým uzavřením článků v krycích materiálech vzniká solární panel [22]. Fotovoltaické panely je možné rozdělit podle různých kritérií, např. struktury materiálu, druhu vrstev a technologie výroby, druhu materiálu a počtu přechodů.

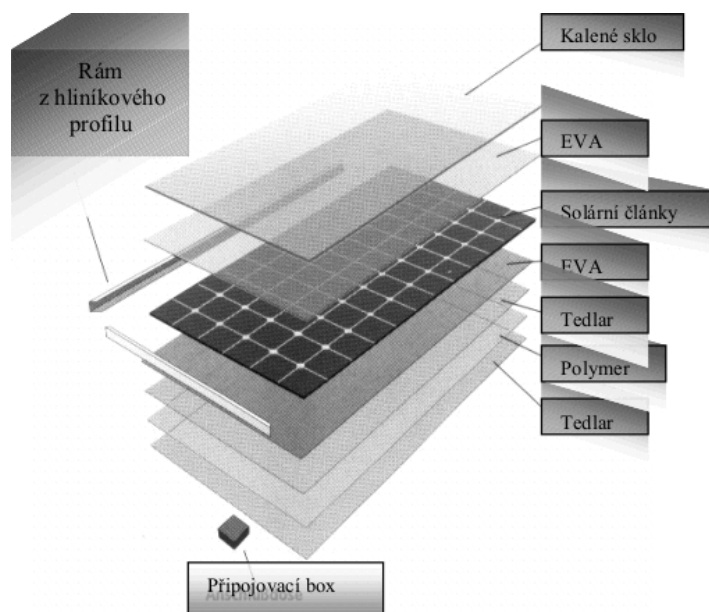
2.2 Stavba solárního panelu

V současné době dosahují obvyklé krystalické solární články hodnoty výkonu až 4 W s typickým napětím článku 0,5 V. Propojením solárních článků v solárním modulu vzniknou větší jednotky s běžným napětím připravené k připojení. Počet článků v modulu je obvykle 36, 48, 54, 60 nebo 72. Jsou spojeny sériově (za sebou) do jedné nebo dvou větví článků. Přední kontakty jednoho článku (záporný pól) se vždy připojují k zadním kontaktům (kladný pól) dalšího článku. Tento proces probíhá v moderních továrnách zcela automaticky. Elektrický vývod z modulu tvoří začátek a konec každé větve. Zapouzdřením 4 nebo 8 řad článků vedle sebe vzniknou obdélníkové rozměry modulů.

Zapouzdření se provádí skleněnou destičkou na přední straně a umělohmotnou fólií (např. tedlar) na zadní straně solárnímu modulu. Kvůli ochraně článků před povětrnostními vlivy, mechanickým namáháním a vlhkostí se oboustranně zapustí do etylen-vinyl-acetátu (EVA).

EVA je průhledná a slouží k elektrické izolaci článků. Při působení tepla a tlaku dochází ke spečení článků se sklem a fólií nebo k jejich laminování a tím jsou odolné proti povětrnostním vlivům a zlomení. Přední sklo je speciální, tvrzené solární sklo, které obsahuje jen malé množství oxidu železa, proto je zvláště propustné pro světlo a odolá i silnému krupobití. Tento modul je nejlevnější a nejlehčí a nazývá se sklo-fólie. Dvojitě skleněné moduly mají i zadní stranu ze skla. Moduly mají obvykle hliníkový rám, který slouží k montáži (viz obr. 2.2) [3].

Na zadní straně je fólie s otvorem, kterým jsou vyvedeny vývody větví článků. V tomto místě se přilepuje připojovací krabice modulu vyrobená z umělé hmoty odolné proti UV záření. Obsahuje obtokové diody a připojovací svorky, kterými je možno solárním vedením propojit několik modulů [3].



Obr. 2.2 Konstrukce FV panelu [22]

2.3 Základní druhy fotovoltaických panelů

2.3.1 Panely s monokrystalickými články

Monokrystalické (z jediného krystalu) křemíkové články mají tvar čtverce nebo čtverce se zaoblenými rohy. Hrana čtvercových článků měří 10, 12,5 nebo 15 centimetrů (4, 5 nebo 6 palců). Délka hrany novějších poločtvercových článků je 15,2 cm. Často obsahují tři vodivé pásy (busbar – sběrnice). Velmi málo se vyrábějí monokrystalické moduly se zaoblenými články s průměrem 6 palců (přibližně 15 cm), protože je v nich méně využitá plocha a mají menší účinnost. Výroba oblých článků vyžaduje menší spotřebu materiálu než u čtvercových článků, protože se řezou z kulatých tyčí. Pro větší využití plochy a menší spotřebu materiálu se vyrábí také šestihranné články.

Povrch článku má tmavomodrou až černou barvu. Mohou dosáhnout účinnosti větší než 21 %, průměrně se pohybuje mezi 15-17 %. Výroba monokrystalického křemíku je založena na tzv. Czokralskiho procesu. Křemík je nejprve roztaven při teplotě 1420 °C. Z křemíkové taveniny se pomalým otáčením vytahuje monokrystalická tyč o průměru až 30 cm a délce několika metrů. Kulatá tyč je oříznuta tak, aby mohla být rozřezána na čtvercové destičky o tloušťce 0,3 mm. Destičky mohou být dále ořezány tak, aby vznikly kruhové, poločtvercové nebo čtvercové články. Destičky obsahují příměs typu p a na ně je napařena tenká vrstva dotovaná difuzí fosforu. Nakonec jsou umístěny zadní kontaktní

vrstvy, kontaktní palec a antireflexní vrstva, díky které se od článku odráží minimum světla. K vyššímu pohlcování světla přispívá také úprava povrchu článku. Obsahuje mikroskopické pyramidální nebo rýhované struktury, které se vytvářejí pomocí laseru, mechanicky nebo chemicky [3].

Tento postup výroby je však energeticky i technicky náročný, objevovaly se proto snahy o její zlevnění. Je možné např. přímým tažením z taveniny získat tenký monokrystalický pásek. Ten lze poté snadněji nařezat na solární články a získaná plocha fotovoltaických článků je dvojnásobná, i když vyrobená ze stejného množství křemíku. Oproti článkům z velkých tyčí křemíku mají tyto články nižší účinnost [2].



Obr. 2.3 Monokrystalický panel [8]

2.3.2 Panely s polykrystalickými články

Polykrystalické (mnohokrystalové) články mají modře se třpytící krystalickou strukturu. Mají čtvercový tvar o délce hrany 4, 5, 6 nebo 8 palců (asi 10, 12,5, 15, 15,6 nebo 21 cm). Jejich účinnost je 13-16 %.

Jsou levnější a vyrábí se snadněji než monokrystalické články. Při výrobě se používá metoda blokového lití. Křemík se zahřeje na teplotu 1500 °C a následně ochlazuje v grafitovém kelímku do blízkosti bodu tání. Vzniknou polykrystalické křemíkové bloky o rozměrech 40 x 40 cm a výšce 30 cm, které se rozřežou na tyče a poté na destičky (méně odpadu než u monokrystalických válců). Další postup výroby je stejný jako u monokrystalických článků [3].

Výhodou těchto článků je levnější surovina pro výrobu a možnost vyrábět články větších rozměrů, obdélníkového nebo čtvercového tvaru. Hranice mezi krystaly jsou viditelné a připomínají leštěný kámen. Nevýhoda těchto článků spočívá v mírně horších elektrických

vlastnostech (nižší účinnost a proud), což je způsobeno větším odporem na styku jednotlivých krystalických zrn [2].



Obr. 2.4 Polykrystalický panel [8]

Pro snížení ztrát materiálu byly vyvinuty různé metody tažení křemíkových pásů k výrobě pásových polykrystalických článků. Z křemíkové taveniny jsou vytažovány folie o tloušťce 0,1 mm. Tato tloušťka již zůstává a z pásů jsou jen nařezány příslušné destičky (pomocí laseru). Díky této technologii se výrazně snižují náklady, vedle úspory energie a materiálu. Jednou z hlavních metod tažení pásu je metoda EFG (Edge-defined Film-fed Growth) firmy ASE. Při ní jsou ztráty materiálu pouze 10 % a vznikají články s účinností 14,5 % [3].

2.3.3 Panely s amorfními články

Amorfní křemík je klasickým materiálem tenkovrstvé technologie. Amorfní články se vyrábějí od roku 1974. Od té doby se používají malé amorfní moduly v kapesních počítačích, hodinkách, kapesních svítilnách atd.

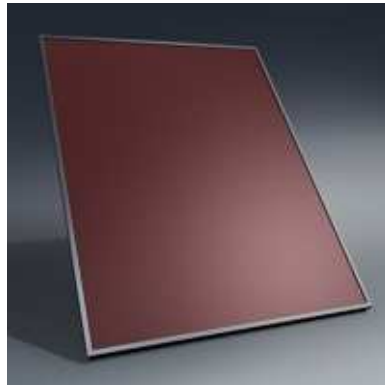
Amorfní křemík se vyrábí chemickým odlučováním při teplotách jen 200 °C z plynného silanu a tvoří neuspořádanou síť. Difuzní vzdálenost dotovaného amorfního křemíku je velmi krátká, došlo by k rekombinaci volných nosičů náboje, proto je výroba proudu nemožná. Používá se vestavba intrinsické (nedotované) vrstvy mezi vrstvy p a n, kde je vyšší životnost nosičů náboje. Dochází zde k absorpci světla a vytváření náboje. Uvolněné nosiče náboje jsou oddělovány elektrickým polem, které vytvářejí vrstvy p a n. Název této struktury je pin.

U amorfních článků je nevýhodou malá účinnost, která stále klesá v důsledku stárnutí v prvních šesti až dvanácti měsících, pak je hodnota stabilní a výrobcem je uváděna jako jmenovitý výkon. Amorfní moduly jsou tedy dodávány s vyšším výkonem (asi o 15 %) než je

jmenovitý výkon. Tandemové články využívají dvě, trojitě články tři nad sebou umístěné struktury pin [3].

V laboratoři nepřesáhne účinnost těchto článků 10 %, v praxi dosahuje 2 až 6 %. Články však mají dostatečnou rezervu výkonu, protože výše zmíněné přístroje, které jsou těmito články napájeny, odebírají jen malý proud. Tyto články tedy pracují prakticky naprázdno [6].

Rekordní účinnosti 10,2 % dosáhla americká firma v roce 1994 s třívrstevným článkovým modulem o velikosti 30 cm x 30 cm. Celková účinnost se zvýšila tím, že každý článek je optimalizován pro jinou barvu slunečního spektra. Moduly mají články bez krycího skla ve fluorové polymerové sloučenině a sloučenině EVA, které jsou nanášeny na ohebné kovové fólii a mohou být upevněny na různé materiály. Firma Uni-Solar používá oddělená velkoplošná pole článků (např. 34 cm x 12 cm) a v každém poli článků je vzájemně propojeno několik pásů článků. Přes obtokové diody jsou pole článků propojena do velkého modulu. Tímto rozdělením a zapojením se optimalizuje tolerance vůči zastínění těchto modulů [3].



Obr. 2.5 Monokrystalický panel [8]

Na technologii amorfního křemíku jsou založeny **mikromorfni fotovoltaické články**. Jedná se o kombinaci amorfního článku a článku mikrokrystalického. U obou článků je struktura PIN a hydrogenovaný materiál. Amorfni křemík absorbuje hlavně viditelnou oblast spektra, zatímco mikrokrystalický účinnost v oblasti tohoto spektra ztrácí, dokáže však absorbovat infračervené záření už od vlnové délky 1100 nm. Účinnost mikromorfni článků je podobná jako u krystalických [9].

2.4 Další technologie a novější trendy ve fotovoltaice

Hlavním cílem vývoje nových technologií je snížení výrobních nákladů tak, aby mohla sluneční energie konkurovat fosilním palivům. Toho je možné dosáhnout zejména zdokonalením výrobních technologií, poklesem spotřeby materiálu a energie a zvýšením účinnosti [3].

2.4.1 Vývoj článků z krystalického křemíku

Jsou vyráběny stále tenčí křemíkové články s tloušťkou menší než 200 μm . Dochází tedy k úspoře materiálu. Vývoj směřuje k výrobě ještě mnohem tenčích křemíkových destiček různými metodami, např. ve vakuu nebo pomocí laseru. Snahy o zlepšení se objevují také v oblasti účinnosti článků, což vyžaduje optimalizaci řady technologických detailů (např. vnitřní textura, pasivace...). Příkladem může být výsledek čínského výzkumu, kdy se podařilo zvýšit účinnost klasického monokrystalického článku až na 18,8 %.

Od roku 2008 jsou na trhu nabízeny články z polykrystalického UMG křemíku (zusušleštěný hutnický křemík). Články jsou vyráběny z přímo čištěného kovového UMG křemíku. Odpadá tak nákladná výroba vysoce čistého křemíku ve vysoké peci. I přes možnost snížení nákladů a menší spotřebu energie mají tyto články nižší účinnost a rychlejší pokles výkonu [3].

2.4.2 Organické fotovoltaické články

Ve vývoji organických solárních článků má význam zejména nízká cena, pružnost a ohebnost článků. Články jsou tedy vyráběny s využitím organických sloučenin. Jedním z typů je fotogalvanický článek s organickým barvivem, který tvoří vrstva vysoce porézního a jemného oxidu titaničitého a v něm je nasáknut vodný roztok elektrolytu obsahující redox dvojici (např. jód/jodid) a vhodné barvivo (organický komplex ruthenia). Rozměry krystalků se měří v nanometrech, tyto články se proto nazývají „nanokrystalické.“ Problém působí kapalný a korozivní elektrolyt (nutnost dokonalého uzavření) a stabilita barviva (musí vydržet sluneční svit a nesmí se rozkládat) [2].

2.4.3 Moduly CIS a CdTe

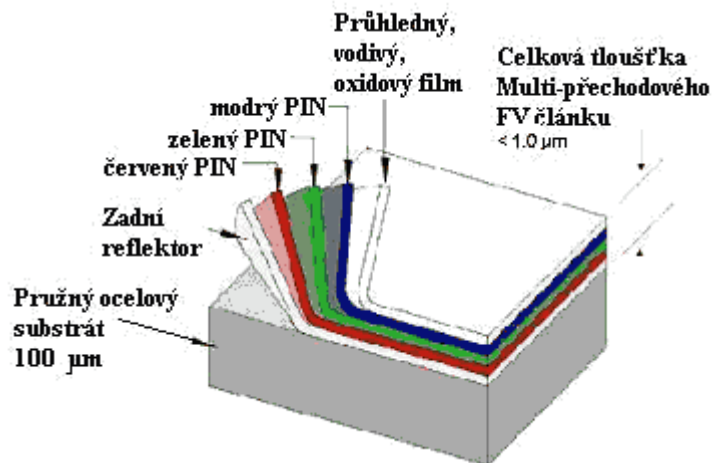
Jsou to články na bázi tenkovrstvých technologií s účinností až 20 %. To je však možné pouze u malých článků, protože je problematické vyrobit větší moduly s homogenními vrstvami článků CIS. CIS moduly jsou vyráběny firmou Würth Solar, která nabízí účinnost

11 %. Některé firmy vyrábí CIS moduly tak, že vrstvy CIS jsou umístěny na maloformátové substráty. Vzniknou články CIS s dobrou účinností o velikosti běžné polovodičové destičky. Destičky se stejně jako křemíkové články propojí do velkého modulu [3].

U materiálu CdTe se udává, že má téměř ideální vzdálenost valenčního a vodivostního pásu (1,44 eV) a velkou absorptivitu pro sluneční záření. Tenkovrstvé články z CdTe lze také vyrábět nízkonákladovými technologiemi [2].

2.4.4 Ohebné tenkovrstvé moduly

Jedná se o články na bázi amorfního a-Si křemíku. Jsou ohebné, tenčí a lehčí než krystalické články. Články nepotřebují žádnou podpěrnou konstrukci, mohou být umístěny přímo na povrch ocelového substrátu a polymerních hydroizolačních folií na bázi etylen-vinyl-acetátu. Firma UNI-SOLAR užívá technologii trojitého přechodu (a-Si Triple Junction), která umožňuje vyžití oboru spektra slunečního záření. V článku jsou na vrstvě z ušlechtilé oceli vakuově nanесeny tři PIN přechody nad sebou tvořené třemi buňkami amorfního křemíku. V porovnání s krystalickou technologií využívají tyto panely také zelenožlutou a modrou složku dopadajícího záření a využívají také difuzní světlo při zastínění a zatažené obloze. Celková účinnost je o 20 až 35% vyšší než u krystalických systémů [10].



Obr. 2.6 Princip ohebného FV modulu [10]

3 Účinnost FV panelů a její závislost na různých faktorech

Účinnost solárního článku nebo modulu určuje maximální elektrický výkon, který vyrobí určitá plocha článku nebo modulu. Výkon solárních článků je ovlivněn vnějšími podmínkami. Vlivem kolísání intenzity slunečního záření bylo pro určení účinnosti stanoveno ozáření 1000 W/m^2 jako referenční hodnota. Závislost výkonu na slunečním spektru a teplotě vedla k určení tzv. standardních zkušebních podmínek ke stanovení elektrických charakteristik. Je to teplota článku nebo modulu $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a spektrum při $AM = 1,5$. Protože v modulech nemohou být články umístěny po celé ploše a přední sklo modulu nepropouští sluneční světlo, je účinnost modulu o něco menší než účinnost článku [3].

Tab. 3.1 Účinnost jednotlivých typů FV panelů [11]

typ	běžná účinnost	max. laboratorní účinnost
Monokrystalický	14-17 %	25 %
Polykrystalický	13-16 %	20 %
Amorfní	5-7 %	12 %

3.1 Vliv orientace a sklonu panelů

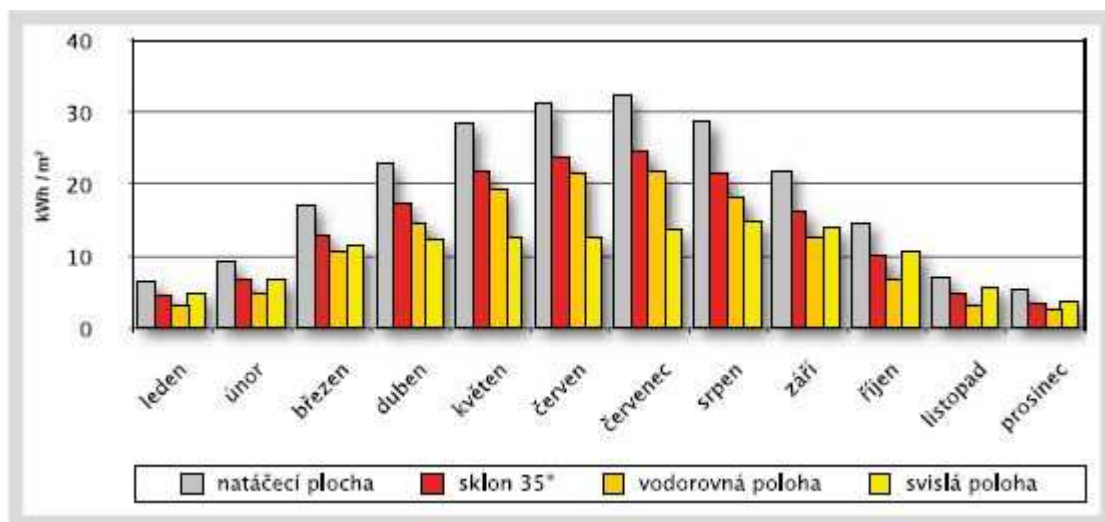
Jedním z faktorů, které ovlivňují účinnost fotovoltaického panelu, je jejich umístění. Panely by měly být orientovány tak, aby na ně dopadalo co největší množství slunečního záření. Nejvhodnější nasměrování je na jih. Orientací panelu na jihovýchod nebo jihozápad se sníží jeho výkon v zimě zhruba o 10 %, v létě asi o 3 %.

Optimální sklon fotovoltaického panelu je v rozmezí $35^\circ - 49^\circ$. Opět závisí na ročním období. V období od března do října je optimální sklon kolem 35° . Při užívání v zimě nebo při celoročním provozu je vhodné zvolit úhel až 49° přímo proti slunci. Tímto sklonem je v létě získán výkon asi o 4 % nižší, výkon v zimě bude naopak asi o 5 % vyšší. Pokud je sklon panelů nižší než 35° nebo vyšší než 49° , dochází ke ztrátám na výkonu v zimě i v létě. Panely je možné umístit i vodorovně, ale pak dochází k velkým ztrátám (březen - říjen asi 13 %, v zimě až 35 %). Při kolmém nastavení jsou ztráty výrazné hlavně v období od března do října, kdy mohou dosahovat až 30 % [12].

Lepší účinnost u monokrystalických panelů dosahujeme po natočení panelu přímo na slunce a při přímém slunečním svitu. Polykrystalické panely lépe zpracovávají sluneční svit i pokud mají větší odklon od optimální pozice a sluneční svit je relativně malý. Při celoročním

provozu fotovoltaických panelů a stabilním umístění se získá zhruba stejný výsledek elektrické energie za kalendářní rok jak z polykrystalických, tak monokrystalických panelů, protože výška slunce vzhledem k horizontu není stabilní a mění se také intenzita slunečního svitu. Při nastavení optimálního náklonu pro letní období získáme relativně větší množství energie, ale v zimním období zase podstatně méně. Při stejném náklonu polykrystalického panelu budou v létě dosahovány horší výsledky, ale v období nižší intenzity slunečního záření naopak výsledky lepší než u monokrystalického panelu [12].

Amorfní fotovoltaické panely zpracovávají mnohem širší spektrum ze slunečního svitu a potřebují asi 2x až 2,5x větší plochu pro dosažení stejného výkonu jako polykrystalické nebo monokrystalické panely. Tyto panely se převážně používají tam, kde nemají správnou orientaci, jsou zastíněné a kde není prostorové omezení. Využívají ve větší míře difuzní záření [15].



Graf. 3.1 Odhad produkce FV panelu [13]

3.2 Vliv počasí

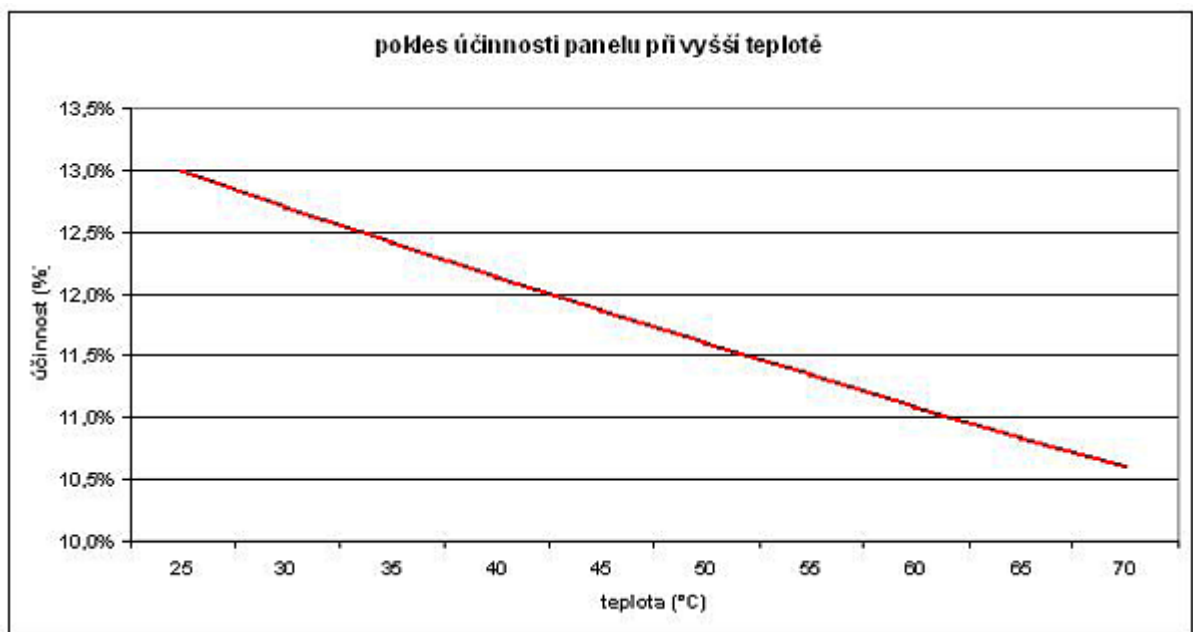
U fotovoltaických panelů jsou změřeny tzv. jmenovité hodnoty při přesně určených světelných a teplotních podmínkách. Ve skutečnosti však právě solární zařízení téměř nikdy v tomto režimu nepracují. Proud, napětí a výkon jsou během celého dne ovlivňovány teplotou a intenzitou ozáření.

Intenzita světla ovlivňuje proud panelu. Při jeho snížení na polovinu dodává panel poloviční proud. Teplota panelu má vliv na jeho napětí. To při nízkých teplotách stoupá (až 20 % nad jmenovitou hodnotu), při vysokých teplotách dochází k poklesu napětí. Zahřátím

panelu tedy klesá účinnost a tím i výkon. Krystalické panely ztrácejí na každý stupeň zvýšení teploty zhruba 0,4 – 0,5 % jmenovitého výkonu. V létě však díky vysokému slunečnímu ozáření vyrobí panely téměř o 80 % energie více než v zimě. Vysoké výnosy energie zajišťuje dobré chlazení panelu [3].

3.3 Vliv teploty

Účinnost se snižuje vlivem rostoucí teploty u panelů s monokrystalickými nebo polykrystalickými články. U amorfních panelů není snížení účinnosti s teplotou tak výrazné. U monokrystalických panelů bylo dokázáno, že lépe pracují s přímým slunečním zářením než s difuzním [14]. Pokles účinnosti se zvyšující se teplotou u monokrystalických panelů znázorňuje následující graf 3.1.



Graf 3.1 Pokles účinnosti monokrystalického panelu v závislosti na teplotě [14]

4 Fotovoltaika v České republice a ve světě

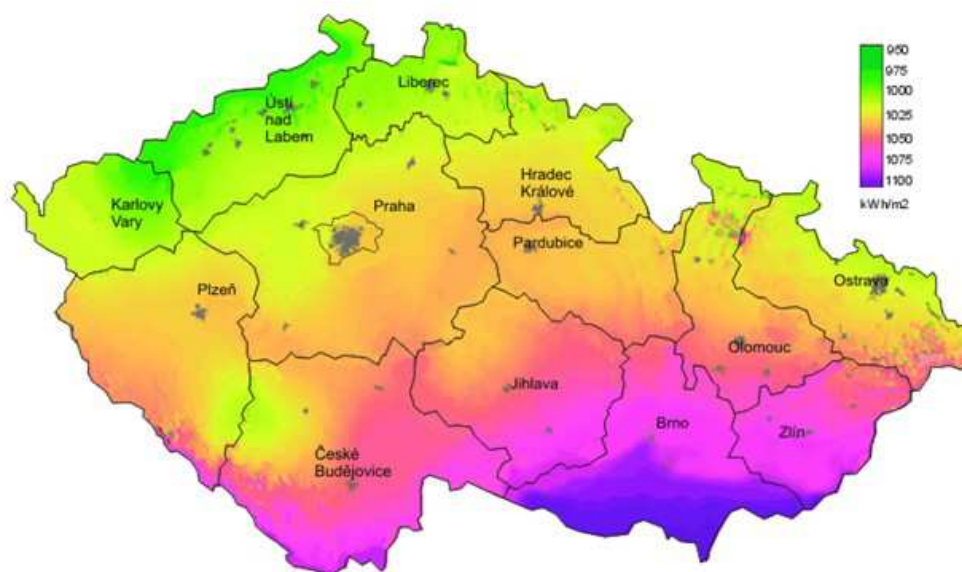
4.1 Podmínky v České republice

V České republice je dostupnost fotovoltaické energie ovlivněna hned několika faktory: zeměpisnou šířkou, ročním obdobím, oblačností a lokálními podmínkami, sklonem plochy, na níž sluneční záření dopadá atd. V České republice dopadne na 1 m² vodorovné plochy přibližně 950 – 1340 kWh energie (viz obr. 4.1). Podle ČHMÚ se roční množství slunečních hodin pohybuje v rozmezí 1331 – 1844 hod (viz obr. 4.2). V odborné literatuře je uvedeno průměrné rozmezí 1600- 2100 hod [16].

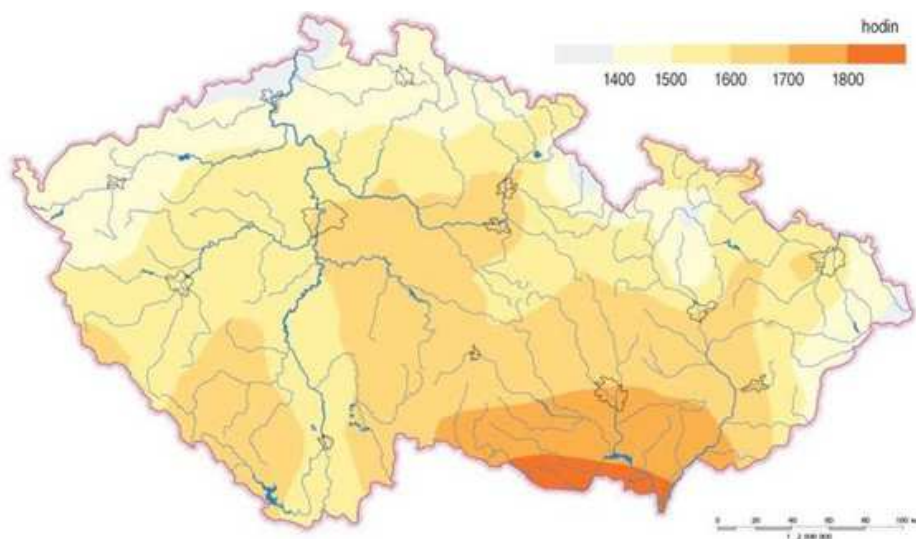
Z fotovoltaické elektrárny o výkonu 1 kWp (asi 8 m² panelů) s panely se sklonem 35° a orientací na jih lze v České republice očekávat roční produkci 800 až 1100 kWh podle lokality umístění. Na takovou plochu panelů dopadne 8 až 11 MWh sluneční energie [18]. Tabulka 4.1 ukazuje průměrné hodnoty elektrické energie [Wh/den], kterou lze získat během jednoho dne ze solárního panelu o výkonu 110 WP dle měsíců [19].

Tab. 4.1 Průměrné hodnoty elektrické energie v jednotlivých měsících [19]

měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
[Wh/den]	80	138	213	302	383	390	408	360	265	179	83	60



Obr. 4.1 Průměrný roční dopad solární energie na povrch země v ČR [17]



Obr. 4.2 Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [17]

Výroba elektřiny ze slunce je také závislá na klimatických podmínkách. Ideálními podmínkami jsou bezmračné nebe a přímé sluneční záření. Výnos elektrárny klesne při oblačné obloze až na jednu třetinu maximálních hodnot, při zatažené obloze představuje desetinu těchto hodnot. Fotovoltaické panely vyrábějí elektřinu i bez přítomnosti přímého slunečního záření (difuzní záření), výnos je však minimální. Výkon elektrárny se bude lišit podle jejího umístění. Může být ovlivněn řadou faktorů – oblačnost, nadmořská výška, ranní mlhy, znečištění ovzduší, úhel dopadu slunečních paprsků, které ovlivňují intenzitu a dobu slunečního záření. S těmito faktory lze počítat při výpočtu množství elektřiny, které je možné získat z fotovoltaických panelů [18].



Obr. 4.3 Průměrný roční počet jasných dnů [16]

4.2 Charakteristika trhu v České republice

Na českém trhu je k dispozici řada fotovoltaických panelů různých značek. Nejlepší panely nabízejí výnos až 1 063 kWh ročně na každý kWp. Kvalitní panely podávají celoročně stabilní výkon. Moduly, které mají krátkodobě vysoký výkon při intenzivním slunečním záření v létě, často mají výrazně horší výkonnost při difuzním osvětlení (podzim, zima). Kvalita fotovoltaických panelů může způsobit rozdíly ve výnosu až 10 % instalovaného výkonu. Kvalitní fotovoltaické panely mají životnost až 30 let a jejich účinnost časem klesá jen mírně. Je uváděno, že i po 25 letech provozu vykazují stále 80% výkonu [18].

4.3 Charakteristika mezinárodního trhu

Evropská fotovoltaická průmyslová asociace (EPIA) uvádí nárůst světové fotovoltaiky v roce 2010 na 16,6 GW instalovaného výkonu a v roce 2011 na 22,7 GW. Největšími fotovoltaickými trhy jsou Německo, Čína, USA, Francie a Japonsko. Přes 75 % celkového výkonu v roce 2011 bylo instalováno v Evropě. Přední místo zaujímá Itálie s instalací až 9000 MW solárních elektráren. Celkový instalovaný výkon ve světě byl na konci roku 2011 67,4 GW, v Evropě 50 GW (viz tab. 4.2 a 4.3). Fotovoltaika zaujímá pozici třetího nejvýznamnějšího obnovitelného zdroje na světě, po vodních a větrných elektrárnách [20].

Tab. 4.2 Přehled hlavních světových fotovoltaických trhů v roce 2011[20]

pořadí	země	nově instalovaný výkon [MW]	celkový instalovaný výkon [MW]
1	Itálie	9 000	12 500
2	Německo	7 500	24 700
3	Čína	2 000	2 900
4	USA	1 600	4 200
5	Francie	1 500	2 500
6	Japonsko	1 100	4 700
7	Austrálie	700	1 200
8	Velká Británie	700	750
9	Belgie	550	1 500
10	Španělsko	400	4 200
11	Řecko	350	550
12	Slovensko	350	500
13	Kanada	300	500
14	Indie	300	450
15	Ukrajina	140	140
	zbytek světa	1 160	6 060
	celkem	27 650	67 350

Pokud se zaměříme blíže na Evropu, podmínky pro fotovoltaiku v jednotlivých státech jsou různé. Na severu Evropy je množství dopadající sluneční energie asi dvakrát nižší než na jihu. Ve státech s nevhodnějšími klimatickými podmínkami jsou také očekávány největší přírůstky instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren. Nejrychleji by se měla rozvíjet fotovoltaika v Německu [21].

Tab. 4.3 Plánované přírůstky instalovaného výkonu fotovoltaiky ve vybraných zemích EU [21]

Stát	Instalovaný výkon celkem MWp				Průměrný přírůstek W/(os.rok)
	2005	2010	2015	2020	
Velká Británie	11	50	1070	2680	4,2
Holandsko	51	92	317	722	3,8
Francie	25	504	2151	4860	6,7
Německo	1980	15784	34279	51753	44,0
Itálie	34	2500	5500	8000	9,1
Česká republika	0	1650	1675	1695	0,4

Podle ERÚ byl na začátku roku 2006 instalovaný výkon fotovoltaiky v České republice 0,15 MWp. Na konci roku 2010 vzrostl na 1952,7 MWp. V roce 2011 dosahoval až 1958,9 MWp. Další odhady jsou nejisté [61].

4.4 Dostupné fotovoltaické panely v ČR i ve světě

4.4.1 Schüco

Panely série SME 1

Jedná se o německé monokrystalické panely (výrobce Schüco International KG) s účinností až 16,8 %. Jsou opatřeny připojovací krabicí se třemi odtokovými diodovými můstky, které zamezují přehřívání solárních článků. Všechny konstrukční součásti panelu jsou certifikovány. Panel je stabilní a odolný vůči korozi díky rámu z elaxovaného hliníku odolného proti zkrutu. Výkon modulů Schüco dosahuje po 25 letech 85 % jmenovitého výkonu. Panely prodává např. firma Wattsun [23].

Tab. 4.4 Elektrické parametry modulů série SME 1 [23]

Elektrické parametry	Výkonnostní řady modulů			
Provozní údaje (kromě NOCT) za standardních testovacích podmínek (STC)*:	SPV 165-SME-1	SPV 170-SME-1	SPV 175-SME-1	SPV 180-SME-1
Jmenovitý výkon (P_{mpp})	165 W	170 W	175 W	180 W
Tolerance výkonu (ΔP_{mpp})	+5 %/-0 %	+5 %/-0 %	+5 %/-0 %	+5 %/-0 %
Garantovaný minimální výkon ($P_{mpp\ min}$)	165 W	170 W	175 W	180 W
Jmenovité napětí (U_{mpp})	34,8 V	35,0 V	35,2 V	35,4 V
Jmenovitý proud (I_{mpp})	4,74 A	4,86 A	4,97 A	5,08 A
Napětí chodu naprázdno (U_{oc})	43,8 V	44,0 V	44,2 V	44,4 V
Zkratový proud (I_{sc})	5,1 A	5,15 A	5,25 A	5,35 A
Účinnost článků	15,4 %	15,9 %	16,3 %	16,8 %
Účinnost modulu	12,9 %	13,3 %	13,7 %	14,7 %
Teplotní koeficient α (P_{mpp})	-0,48 %/°C	-0,48 %/°C	-0,48 %/°C	-0,48 %/°C
Teplotní koeficient β (I_{sc})	+0,055 %/°C	+0,055 %/°C	+0,055 %/°C	+0,055 %/°C
Teplotní koeficient χ (U_{oc})	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C
Teplotní koeficient δ (I_{mpp})	+0,04 %/°C	+0,04 %/°C	+0,04 %/°C	+0,04 %/°C
Teplotní koeficient ϵ (U_{mpp})	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C	-0,37 %/°C
Normální provozní teplota článků (NOCT)**	45°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)	45°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)	45°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)	45°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)
Max. přípustné systémové napětí:	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V

* Intenzita záření 1.000 W/m², vzduchová hmota 1,5, teplota článků 25 °C
 ** Intenzita záření 800 W/m², okolní teplota 20 °C, rychlost větru 1 m/s

4.4.2 Sanyo

Sanyo HIT

Tzv. hit efekt zajišťuje panelům zvýšenou účinnost přeměny dopadajícího záření v závislosti na teplotě panelu. V létě, kdy se panel zahřeje až na teplotu 70 °C, dosahuje zhruba o 12 % vyššího zisku než běžné panely. Solární článek HIT je vyroben z tenkého plátku křemíkového monokrystalu obklopeného ultratenkou vrstvou amorfního křemíku. Díky nejmodernější technologii výroby dosahuje tento produkt ve své oblasti špičkových provozních vlastností. SANYO garantuje provoz solárního panelu po dobu 25 let s účinností min. 80 %. Novinkou, která přišla na trh na začátku roku 2011 je panel HIT – N240SE10 s účinností článku 21,6 %, který tak překonal dosavadní světový rekord v sériové výrobě. Tyto panely jsou dostupné např. u firmy Terms a.s. [24].

Tab. 4.5 Parametry panelů Sanyo Hit [24]

Elektrická data (při STC*)	Modely HIT-NxxxSE10		Elektrická data (při STC*)	Modely HIT-HxxxE01		
	235	230		250	245	
Maximální výkon (Pmax)	[W]	235	230	[W]	250	245
MPP napětí (Vmp)	[V]	43,0	42,3	[V]	34,9	34,4
MPP proud (Imp)	[A]	5,48	5,45	[A]	7,18	7,14
Napětí naprázdno (Voc)	[V]	51,8	51,2	[V]	43,1	42,7
Proud nakrátko (Isc)	[A]	5,84	5,83	[A]	7,74	7,73
Maximální jmenovitý nadproud	[A]	15		[A]	15	
Tolerance výkonu	[%]	+10 / -5		[%]	+10 / -5*	
Maximální napětí systému	[V]	1000		[V]	1000	

*Pozn.: STC = standardní zkušební podmínky, tj. hmotnost vzduchu = 1,5; osvit = 1000 W/m²; teplota článku = 25 °C

*Pozn.: STC = standardní zkušební podmínky, tj. hmotnost vzduchu = 1,5; osvit = 1000 W/m²; teplota článku = 25 °C

4.4.3 Solartec

Solartec je česká firma, která vyrábí monokrystalické křemíkové články a panely. Články jsou tmavě modré, matné, s konverzní účinností 16,5 % - 17,7 %. Navrhuje a vyrábí také pro jednotlivé zákazníky panely pro speciální aplikace (články různých rozměrů, barevné články apod.). Moduly z monokrystalických článků, které Solartec nabízí, obsahují 72 článků.

Společnost dodává také tzv. minipanely, panely řady SPM, které jsou sestaveny z řezů fotovoltaických článků. Je možné je vzájemně propojovat. Tyto panely jsou využitelné např. k dobíjení akumulátorů v mobilních telefonech a noteboocích, napájení radiopřijímačů, vysílaček atd.

Solartec SG-180-5Z

Panely Solartec se skládají z monokrystalických článků o velikosti 125 mm na 125 mm. Panely obsahují speciální tvrzená skla s nízkým obsahem železa. Je tak dosaženo vysoké propustnosti slunečního záření a odolnosti vůči vnějším vlivům. Výkon je garantován na 12 let s maximálním poklesem na 90 % a na 25 let s max. poklesem na 80 %.

Tab. 4.6 Elektrické parametry monokrystalického panelu Solartec SG-180-5Z [25]

Výkon (P_{max})	180 W _p ± 5%
Maximální napětí (V_{max})	36,00 V
Maximální proud (I_{max})	5,00 A
Napětí naprázdno (U_{oc})	43,80 V
Proud nakrátko (I_{sc})	5,47 A
Max. systémové napětí	850 V

Společnost dodává také různé panely z polykrystalických článků (60 kusů), jejichž účinnost dosahuje 15-16 %. Jsou také certifikované: IEC 61215, IEC 61730, CE, UL 1703, požární odolnost min. třída C. Je garantován maximální pokles výkonu na 90 % v období 12-ti let, a pokles maximálně na 80 % po 25 letech [25].

Solartec PG-230-P

Fotovoltaický panel s polykrystalickými články

Tab. 4.7 Parametry panelu Solartec PG-230-P [25]

Délka	1 639 mm
Šířka	982 mm
Tloušťka	42 mm
Hmotnost	21 kg
Počet solárních článků	60 ks
Účinnost solárních článků	16,25%
Účinnost FV panelu	14,40%
Výkon (Pmax)	230 W _p ± 3%
Maximální napětí (Vmax)	29,70 V
Maximální proud (Imax)	7,75 A
Napětí naprázdno (Uoc)	36,90 V
Proud nakrátko (Isc)	8,35 A
Max. systémové napětí	1000 V

4.4.4 Solarwatt

Panely SOLARWATT se navrhují a vyrábějí v Německu a jsou certifikovány pro použití ve státech Evropské unie. V České republice jsou akceptovány finančními institucemi při financování projektů. Tyto panely jsou vysoce kvalitní. Garantovaný výkon je minimálně 90 % původní hodnoty po dobu 12 let a minimálně 80 % původní hodnoty po dobu 25 let. Panely mají speciální vrstvu zvyšující účinnost [56].

Společnost vyrábí solární moduly různých výkonových tříd a zřizuje na klíč vyráběné sluneční elektrárny. V posledních letech SOLARWATT realizovala projekty v Německu, Itálii, Španělsku a v Čechách [26].

Solarwatt M220-60 GET AK

Panely tohoto typu jsou vyrobeny z monokrystalických solárních článků, které mají účinnost až 18 %. Rámy mají dutý komorový profil s odvodňovacím otvorem. Existuje několik výkonových variant [27].

Tab. 4.8 Parametry monokrystalických panelů SOLARWATT M220-60 GET AK [27]

ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI PŘI STC		SOLARWATT M220-60 GET AK black				
Název a označení						
Jmenovitý výkon P_N	225 Wp	230 Wp	235 Wp	240 Wp	245 Wp	250 Wp
Jmenovité napětí U_{mpp}	28,8 V	29,1 V	29,3 V	29,5 V	29,8 V	30,2 V
Jmenovitý proud I_{mpp}	7,82 A	7,92 A	8,03 A	8,15 A	8,22 A	8,28 A
Napětí naprázdno U_{oc}	36,1 V	36,3 V	36,5 V	36,7 V	36,8 V	36,9 V
Zkratový proud I_{sc}	8,32 A	8,48 A	8,62 A	8,76 A	8,90 A	8,98 A
Zatěž.zpět.proudem I_n^*	20 A					

STC: Standardní testovací podmínky (Standard Test Conditions), Podmínky měření: Intenzita ozáření 1000 W/m², Spektrální rozložení AM 1,5, Teplota okolí 25±2 °C, podle EN 60904-3

Tolerance naměřených hodnot P_{max}: ±5%
 *Zatížitelnost zpětným proudem: Provoz panelů při napájení cizím proudem je přípustný pouze při použití stringové pojistky s vybavovacím proudem < 2 x I_{sc} @ STC.

Snížení účinnosti panelu při změně intenzity ozáření z 1000 W/m² na 200 W/m², Teplota 25 °C: 4^{±2} % (relativní) / -0,6^{±0,3} % (absolutní).

Solarwatt P210 – 60 GET AK

Tento polykrystalický modul je k dispozici ve výkonech 225 Wp – 240 Wp. Skládá se ze solárních článků s účinností až 16 %. Je určený pro malé i velké fotovoltaické systémy připojené k síti [27].

Tab. 4.9 Parametry polykrystalického panelu SOLARWATT P210 – 60 GET AK [23]

ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI PŘI STC		SOLARWATT P210-60 GET AK						
Název a označení								
Jmenovitý výkon P_N	210 Wp	215 Wp	220 Wp	225 Wp	230 Wp	235 Wp	240 Wp	245 Wp
Jmenovité napětí U_{mpp}	28,2 V	28,3 V	28,4 V	28,6 V	28,8 V	29,1 V	29,4 V	29,7 V
Jmenovitý proud I_{mpp}	7,45 A	7,61 A	7,76 A	7,87 A	8,00 A	8,08 A	8,17 A	8,25 A
Napětí naprázdno U_{oc}	36,3 V	36,5 V	36,6 V	36,7 V	36,9 V	36,9 V	37,0 V	37,2 V
Zkratový proud I_{sc}	7,98 A	8,16 A	8,30 A	8,42 A	8,50 A	8,56 A	8,61 A	8,67 A
Zatěž.zpět.proudem I_n^*	20 A							

STC: Standardní testovací podmínky (Standard Test Conditions), Podmínky měření: Intenzita ozáření 1000 W/m², Spektrální rozložení AM 1,5, Teplota okolí 25±2 °C, podle EN 60904-3

Tolerance naměřených hodnot P_{max}: ±5%
 *Zatížitelnost zpětným proudem: Provoz panelů při napájení cizím proudem je přípustný pouze při použití stringové pojistky s vybavovacím proudem < 2 x I_{sc} @ STC.

Snížení účinnosti panelu při změně intenzity ozáření z 1000 W/m² na 200 W/m², Teplota 25 °C: 4^{±2} % (relativní) / -0,6^{±0,3} % (absolutní).

4.4.5 Phono Solar

Phono Solar PS

Phonosolar jsou panely české výroby, kterou zastřešuje švýcarská firma Phono Technologies Switzerland. Panely jsou vyráběny ze superčistého křemíku od firmy DAQO. Partnerem pro Phonosolar v regionu Severních Čech je AC SOLAR s.r.o.

Firma nabízí monokrystalické panely s výkonem od 75 Wp do 240 Wp. Panely s menším výkonem mají počet článků 4 x 9, větší panely 6 x 12 [28].

Tab. 4.10 Elektrické údaje monokrystalické panelů Phono Solar PS [28]

Model	Nominální výkon (P _m)	Tolerance	Jmenovitý proud (I _m)	Jmenovité napětí (V _m)	Proud nakrátko (I _{sc})	Napětí naprázdno (V _{oc})
PS75M-12/D	75W	± 3 %	4.37 A	17.2 V	4.75 A	21.6 V
PS80M-12/D	80W	± 3 %	4.60 A	17.4 V	4.95 A	21.8 V
PS85M-12/D	85W	± 3 %	4.83 A	17.6 V	5.15 A	22.0 V
PS90M-12/D	90W	± 3 %	5.06 A	17.8 V	5.35 A	22.2 V
PS160M-24/F	160W	± 3 %	4.63 A	34.6 V	5.05 A	43.8 V
PS165M-24/F	165W	± 3 %	4.71 A	35.0 V	5.10 A	44.0 V
PS170M-24/F	170W	± 3 %	4.80 A	35.4 V	5.15 A	44.2 V
PS175M-24/F	175W	± 3 %	4.89 A	35.8 V	5.20 A	44.4 V
PS180M-24/F	180W	± 3 %	4.98 A	36.2 V	5.25 A	44.6 V
PS185M-24/F	185W	± 3 %	5.06 A	36.6 V	5.30 A	44.8 V
PS190M-24/F	190W	± 3 %	5.14 A	37.0 V	5.35 A	45.0 V
PS210M-20/U	210W	± 3 %	7.30 A	28.8 V	7.85 A	36.7 V
PS215M-20/U	215W	± 3 %	7.42 A	29.0 V	7.95 A	36.9 V
PS220M-20/U	220W	± 3 %	7.54 A	29.2 V	8.05 A	37.0 V
PS225M-20/U	225W	± 3 %	7.66 A	29.4 V	8.15 A	37.1 V
PS230M-20/U	230W	± 3 %	7.78 A	29.6 V	8.25 A	37.3 V
PS235M-20/U	235W	± 3 %	7.90 A	29.8 V	8.35 A	37.5 V
PS240M-20/U	240W	± 3 %	8.00 A	30.0 V	8.45 A	37.6 V

Firma vyrábí také polykrystalické panely s výkonem 75-90 Wp, 160-190 Wp nebo 210-240 Wp složené z 36, 72 nebo 60 článků [28].

4.4.6 ASEC

Panely ASEC splňují povinné německé TÜV testy a také nadstandardní testy pro kanadsko-americký trh. Panely jsou vyráběny na Taiwanu a jsou vysoce kvalitní. Firma ASEC užívá při výrobě německé a japonské technologie a komponenty. Výhradním dovozcem panelů ASEC je firma JOYCE ČR s.r.o.

V rámci monokrystalických panelů jsou k dispozici moduly o výkonu 170-290 Wp. Skládají se ze 48, 60 nebo 72 monokrystalických článků zapojených sériově. Níže (tab. 4.11) je uveden příklad elektrických informací u panelů s 60 články [29].

Tab.4.11 Technické parametry monokrystalických panelů ASEC [29]

PARAMETRY		ASEC 245G6S	ASEC 240G6S	ASEC 235G6S	ASEC 230G6S	ASEC 225G6S
Maximální výkon	[P _{max}]	245 Wp	240 Wp	235 Wp	230 Wp	225 Wp
Napětí při P _{max}	[U _{pm}]	29,49 V	29,38 V	29,27 V	29,19 V	29,08 V
Proud při P _{max}	[I _{pm}]	8,31 A	8,17 A	8,03 A	7,88 A	7,74 A
Napětí naprázdno	[U _{oc}]	37,14 V	37,01 V	36,88 V	36,75 V	36,65 V
Zkratový proud	[I _{sc}]	8,81 A	8,68 A	8,58 A	8,46 A	8,33 A
Účinnost panelu		15,21 %	14,90 %	14,59 %	14,28 %	13,97 %
Toleranční rozsah P _{max}		-1/+3 %				
Množství článků a zapojení		60 v sérii				
Maximální napětí v řetězci		DC 1000 V				

Polykrystalické panely ASEC jsou vyráběny s výkonem 175-290 Wp. Uvádíme příklad technických parametrů u polykrystalických panelů s nejnižším poskytovaným výkonem [29].

Tab. 4.12 Technické parametry polykrystalických panelů ASEC [29]

PARAMETRY		ASEC 195G6M	ASEC 190G6M	ASEC 185G6M	ASEC 180G6M	ASEC 175G6M
Maximální výkon	[P _{max}]	195 Wp	190 Wp	185 Wp	180 Wp	175 Wp
Napětí při P _{max}	[U _{pm}]	23,90 V	23,84 V	23,75 V	23,68 V	23,41 V
Proud při P _{max}	[I _{pm}]	8,16 A	7,97 A	7,79 A	7,61 A	7,48 A
Napětí naprázdno	[U _{oc}]	29,87 V	29,81 V	29,76 V	29,51 V	29,29 V
Zkratový proud	[I _{sc}]	8,48 A	8,35 A	8,23 A	8,15 A	8,03 A
Účinnost panelu		14,95 %	14,57 %	14,18 %	13,80 %	13,42 %

4.4.7 Kyocera

Japonská společnost Kyocera působí již řadu let v oblasti solárních technologií. Výrobní závod pro Evropský trh se nachází v České Republice. Fotovoltaické panely Kyocera jsou odolné vůči rozdílným klimatickým podmínkám. Kyocera vyrábí všechny součásti ve vlastních provozech, nenakupuje polotovary [24].

Kyocera patří mezi největší světové producenty solárních panelů. Základem solárního panelu Kyocera je křemíková podložka, která se skládá z většího počtu menších polykrystalů s účinnostmi od 12 do 14 % (výjimečně až 16 %). Moduly mají flexibilní rozměry s výkony od

50 Wp do 245 Wp. Krycí deska panelu je vyrobena z tvrzeného antireflexního skla s EVA folií, která je odolná proti nežádoucím vlivům počasí. Společnost Kyocera klade značný důraz na testování jednotlivých modulů v těch nejextrémnějších podmínkách. Z testu vychází, že po 23 letech fotovoltaické panely zestárlý na hodnotu 8,6 % (jedná se o průměrnou hodnotu), tj. 91,4 % nominálních hodnot fotovoltaického modulu [30].

Tab. 4.13 Parametry polykrystalického fotovoltaického modulu Kyocera KD245GH-2PU [30]

Jmenovitý výkon	245 Wp
Napětí při jmenovitém výkonu	29,8 V
Proud při jmenovitém výkonu	8,23 V
Napětí na prázdko	36,9 V
Zkratový proud	8,91 A
Max. systémové napětí	1000 V
Účinnost panelu	14,8 %
Rozměry	1662 x 990 x 46
Hmotnost	21 kg
Počet obtokových diod	3

4.4.8 Aleo Solar

Společnost Aleo je jedním ze tří největších evropských výrobců fotovoltaických panelů. Panely se vyrábí v závodech v Německu (pro evropský trh), Španělsku a Číně (pro asijský a australský trh). Aleo vyrábí monokrystalické a zejména polykrystalické panely (90 % produkce). Účinnost monokrystalických článků se pohybuje mezi 13 a 17 %, u polykrystalických článků je 11-14 %. Články pro výrobu společnost nakupuje u renomovaných výrobců [31].

Skutečný výkon panelů Aleo je vždy vyšší než uvedený jmenovitý výkon. Panely jsou velmi odolné vůči změnám počasí (laminát, robustní hliníkový rám). Moduly náležejí do třídy ochrany II a třídy požární odolnosti A, jsou certifikovány podle normy IEC/EN 61215 a IEC/EN 61730 [32].

Polykrystalické panely Aleo

Panely se skládají z 50-ti polykrystalických článků. Solární sklo na přední straně modulu je speciálně upraveno, aby propouštělo co nejvíce světla a chránilo články před povětrnostními vlivy a korozi. Tyto solární moduly mají certifikáty podle platného

evropského a mezinárodního standardu, patří do bezpečnostní třídy II. Solární moduly Aleo se vyrábí ve výkonové třídě od 165 Wp do 185 Wp [33].

Tab. 4.14 Parametry polykrystalických panelů ALEO S_16 185 Wp [33]

Rozměry (DxŠxV)	1660 x 830 x 50 mm
Hmotnost	17 kg
Nominální výkon	185 Wp
Nominální napětí	24 V
Nominální proud	7,7 A
Napětí na prázdko	30,4 V
Zkratový proud	8,2 A
Max. napětí systému	1000 V
Max. počet panelů v sérii	32
Záruka na mechanické vady	10 let
Záruka na výkon	10 let:90%, 25 let: 80%
Výkon dodávaný v rozsahu	-0 / + 4,99 Wp
Přesnost měření panelu	± 3%

Monokrystalické panely Aleo S

Tyto panely Aleo jsou vyrobeny z 50 nebo 72 článků a jsou rozděleny do několika výkonových tříd od 150 Wp do 190 Wp [31].

4.4.9 REC

Společnost REC (Renewable Energy Corporation) je 3. největším výrobcem křemíku pro fotovoltaický průmysl na světě, podílí se na celém výrobním procesu. Panely jsou vyráběny speciálním procesem leptání skla, který zvyšuje jejich výkon. Solární panely REC mají certifikát vyšší odolnosti proti zátěži. Standard je 2400 Pa, REC je odolný až do 5400 Pa. REC panely jsou masivnější a odolnější. Společnost REC je skandinávskou firmou se sídlem v Norsku, její výroba je celosvětově rozšířená. Čistý křemík je vyráběn v USA, křemíkové destičky a křemíkové články v Norsku a solární panely jsou vyráběny ve Švédsku [34].

Panely REC série AE

Tyto polykrystalické panely tvoří 60 článků v sériovém zapojení. Panely mají různý výkon (viz tab. 4.15).

Tab. 4.15 Parametry panelů REC série AE [35]

ELEKTRICKÉ ÚDAJE @ STC	REC205AE	REC210AE	REC215AE	REC220AE	REC225AE	REC230AE
Jmenovitý výkon - P_{MAX} (Wp)	205	210	215	220	225	230
Tolerance výkonových tříd - P_{TOL} (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tolerance výkonových tříd - P_{TOL} (%)	0/+2	0/+2	0/+2	0/+2	0/+2	0/+2
Maximální napětí - V_{MPP} (V)	276	279	28.2	28.5	28.7	29.0
Maximální proud - I_{MPP} (A)	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0
Napětí naprázdno - V_{OC} (V)	35.8	36.1	36.3	36.5	36.7	36.9
Zkratový proud - I_{SC} (A)	8.2	8.3	8.3	8.4	8.5	8.6
Účinnost modulu (%)	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9
Hodnoty za standardních podmínek STC (tlak vzduchu AM1.5, ozáření 1000 W/m ² , teplota článku: 25 °C)						

4.4.10 Solarworld

Polykrystalické panely Solarworld

Německé panely SolarWorld mají výkony od 200 Wp do 225 Wp. Průběžně nanášeným silikonem je pevně spojen modulový rám a zarámované sklo, proto je zaručena vynikající stabilita modulu, která zabraňuje např. uvolnění rámu při sesouvání sněhu. Zatížení přední strany až do 5,4 kN/m², které bylo úspěšně testováno podle IEC 61215, potvrzuje schopnost modulu odolat větším nánosům sněhu a ledu [36].

Tab. 4.16 Elektrické parametry panelů SOLARWORLD [23]

Chování při standardních testovacích podmínkách		SW 200	SW 205	SW 210	SW 215	SW 220	SW 225
Jmenovitý Výkon	P_{max}	200 Wp	205 Wp	210 Wp	215 Wp	220 Wp	225 Wp
Napětí naprázdno	V_{oc}	36,1 V	36,2 V	36,4 V	36,5 V	36,6 V	36,8 V
Napětí v bodě max. výkonu	V_{mpp}	28,3 V	28,5 V	28,7 V	28,9 V	29,2 V	29,5 V
Zkratový proud	I_{sc}	7,70 A	7,80 A	7,90 A	8,00 A	8,08 A	8,17 A
Proud v bodě max. výkonu	I_{mpp}	7,07 A	7,20 A	7,32 A	7,44 A	7,54 A	7,63 A

4.4.11 Suntech

Firma vyrábí monokrystalické a polykrystalické křemíkové moduly s jmenovitým výkonem do 180 Wp, 210 Wp nebo 280 Wp. Jedná se o čínské panely, které splňují všechny certifikace nutné pro provoz v zemích EU. Jsou vhodné zejména pro sestavy s velkým instalovaným výkonem.

Monokrystalické panely Suntech STP

Tyto křemíkové moduly mají jmenovitý výkon od 170 Wp do 185 Wp. Jsou certifikované - IEC 61215, IEC 61730, CE třída ochrany II, TÜV Rheinland. Dále jsou to monokrystalické panely se jmenovitým výkonem 190 Wp a 195 Wp s účinností až 15,3 % a vynikajícím výkonem při slabém osvětlení. Se stejnou účinností dále společnost vyrábí monokrystalické panely s výkonem 245 Wp a 250 Wp [37].

Tab. 4.17 Elektrické údaje monokrystalických panelů Suntech STP [37]

Elektrické údaje					
Jmenovitý výkon	P_n	185 W _p	180 W _p	175 W _p	170 W _p
Napětí v bodě max. výkonu	U_{mpp}	36,4 V	36 V	35,8 V	35,6 V
Proud v bodě max. výkonu	I_{mpp}	5,09 A	5 A	4,9 A	4,8 A
Napětí naprázdno	U_o	45 V	44,8 V	44,7 V	44,4 V
Zkratový proud	I_{sc}	5,43 A	5,29 A	5,23 A	5,15 A
Účinnost modulu (plocha 1,28 m ²)	η_m	14,5 %	14,1 %	13,7 %	13,3 %
Objednávací číslo		A-101-18p	A-101-17p	A-101-16p	A-101-15p

Elektrické údaje			
Jmenovitý výkon	P_n	190 W _p	195 W _p
Napětí v bodě max. výkonu	U_{mpp}	36,5 V	36,6 V
Proud v bodě max. výkonu	I_{mpp}	5,20 A	5,33 A
Napětí naprázdno	U_o	45,2 V	45,4 V
Zkratový proud	I_{sc}	5,62 A	5,69 A
Účinnost modulu (plocha 1,28 m ²)	η_m	14,9 %	15,3 %
Objednávací číslo		A-101-19m	A-101-50m

Polykrystalické panely Suntech STP

Polykrystalické křemíkové FV moduly Suntech jsou vyráběny s výkonem 205 Wp, dále 225 a 230 Wp – ty jsou vhodné pro výkonné výrobní elektřiny připojené k síti. Panely s výkonem od 225 do 230 Wp jsou velmi mechanicky a tepelně odolné a jsou dodávány s plusovou tolerancí výkonu. Totéž platí pro panely se jmenovitým výkonem 230 a 235 Wp, které dosahují účinnosti až 14,4 %. Nejvyšší výkon, který u polykrystalických panelů společnost nabízí, je od 280 do 290 Wp. Účinnost těchto modulů dosahuje až 14,9 % [37].

Tab. 4.18 Elektrické údaje polykrystalických panelů Suntech STP [37]

Elektrické údaje				
Jmenovitý výkon	P_n	280 W _p	285 W _p	290 W _p
Napětí v bodě max. výkonu	U_{mpp}	35,2 V	35,4 V	35,6 V
Proud v bodě max. výkonu	I_{mpp}	7,95 A	8,06 A	8,15 A
Napětí naprázdno	U_o	44,8 V	44,9 V	45,0 V
Zkratový proud	I_{sc}	8,33 A	8,37 A	8,42 A
Účinnost modulu (plocha 1,94 m ²)	η_m	14,4 %	14,7 %	14,9 %
Objednávací číslo		A-101-23p	A-101-235p	A-101-24p

Teplotní součinitelé	
Proud (I_{sc})	0,055 % / °C
Napětí (U_o)	- 0,33 % / °C
Výkon (P_n)	- 0,44 % / °C

Limity	
Systémové napětí	1000 V _{DC}
Teplota	- 40°C do + 85°C

El. údaje měřeny při standardních testovacích podmínkách (STC): intenzita záření 1000 W/m², teplota 25 °C, spektrum AM 1,5

4.4.12 SCHOTT

Dceřiná společnost SCHOTT Solar CR německé společnosti SCHOTT Solar AG patří k předním světovým výrobcům v oblasti solární energie. Moduly jsou konstruovány na zatížení 550 kg/m^2 , aby odolaly například vichřici nebo extrémní sněhové zátěži. Procházejí dvakrát přísnějšími klimatickými testy, než předepisuje standardní norma IEC. Chrání životní prostředí, protože neobsahují kadmium [38].

Monokrystalické panely Schott Protect

Panely mají jmenovitý výkon od 180 do 190 Wp. Účinnost panelů dosahuje až 14,5 %, přináší optimální výnosy na malých plochách.

Tab. 4.19 Elektrické údaje monokrystalických panelů Schott Protect [38]

Elektrické údaje				
Jmenovitý výkon [Wp]	P_n	180	185	190
Napětí v bodě max. výkonu [V]	U_{mpp}	36,2	36,3	36,4
Proud v bodě max. výkonu [A]	I_{mpp}	4,97	5,10	5,22
Napětí naprázdno [V]	U_o	44,8	45,0	45,2
Zkratový proud [A]	I_{sc}	5,40	5,43	5,46
Účinnost modulu [%] (plocha $1,31 \text{ m}^2$)	η_m	13,7	14,1	14,5
Objednávací číslo		A-102-15m	A-102-16m	A-102-17m

Polykrystalické panely Schott Perform

Jsou vyráběny technologií vrstev sklo-folie. Jsou vhodné pro menší a střední instalace. Výrobce je garantováno, že jejich výkon se meziročně nesníží více jak o 0,7 % a po uplynutí 25ti let bude dosahovat min. 80,2 % nominální hodnoty. Tyto polykrystalické panely se vyrábějí o výkonech od 225 Wp do 245 Wp [38].

Tab. 4.20 Elektrické a technické údaje polykrystalických panelů Schott Perform [38]

Elektrické údaje					Technické údaje		
Jmenovitý výkon [Wp]	P_n	230	235	240	245	Rozměry	1685 x 993 x 50 mm
Napětí v bodě max. výkonu [V]	U_{mpp}	30,0	30,2	30,4	30,6	Váha	20 kg
Proud v bodě max. výkonu [A]	I_{mpp}	7,66	7,78	7,90	8,02	Články	60 ks, 156 x 156 mm
Napětí naprázdno [V]	U_o	36,9	37,1	37,3	37,5	Připojení	kabely s konektory TYCO IP67
Zkratový proud [A]	I_{sc}	8,33	8,42	8,52	8,62	Ochrana	3 ks překlenovacích diod
Účinnost modulu [%] (plocha $1,67 \text{ m}^2$)	η_m	13,7	14,0	14,3	14,6		
Objednávací číslo		A-102-26p	A-102-27p	A-102-28p	A-102-29p		

Elektrické údaje měřeny při standardních testovacích podmínkách (STC):
intenzita záření 1000 W/m^2 - spektrum AM 1,5 - teplota $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tolerance výkonu 0/+5W_p

Polykrystalické panely Schott Protect

Tyto panely jsou vyráběny ze dvou vrstev skla. Výrobce zaručuje, že výkon modulu se meziročně nesníží více jak o 0,5 % a po 30ti letech bude dosahovat minimálně 82,5 % nominální hodnoty. Jmenovitý výkon těchto panelů se pohybuje od 175 do 185 Wp.

Tab. 4.21 Elektrické údaje polykrystalických panelů Schott Protect [38]

Elektrické údaje				
Jmenovitý výkon [Wp]	P_n	175	180	185
Napětí v bodě max. výkonu [V]	U_{mpp}	23,31	23,35	23,38
Proud v bodě max. výkonu [A]	I_{mpp}	7,51	7,71	7,92
Napětí naprázdno [V]	U_o	29,13	29,17	29,23
Zkratový proud [A]	I_{sc}	8,11	8,25	8,45
Účinnost modulu [%] (plocha 1,34 m ²)	η_m	13,05	13,42	13,80
Objednávací číslo		A-102-70p	A-102-71p	A-102-72p

Amorfní panely Schott ASITM

Tyto křemíkové tenkovrstvé moduly přináší vysoký energetický výnos v rozličných klimatických podmínkách. Je možné rychle a levněji zapojit více modulů do série díky nízkému napětí modulu a maximálnímu systémovému napětí 1000V. Jmenovitý výkon panelů je od 100 do 107 Wp. Moduly jsou vyráběny technologií zdvojeného skla [38].

Tab. 4.22 Elektrické údaje amorfních panelů Schott ASITM [38]

Elektrické údaje									
		stab.	poč.	stab.	poč.	stab.	poč.	stab.	poč.
Jmenovitý výkon [Wp]	P_n	≥100	122,0	≥103	125,6	≥105	128,0	≥107	130,5
Napětí v bodě max. výkonu [V]	U_{mpp}	30,4	33,7	30,4	33,8	30,5	33,9	30,5	33,9
Proud v bodě max. výkonu [A]	I_{mpp}	3,29	3,62	3,39	3,72	3,44	3,78	3,50	3,85
Napětí naprázdno [V]	U_o	40,9	42,6	41,1	42,8	41,1	42,8	41,3	43,0
Zkratový proud [A]	I_{sc}	3,93	4,05	4,00	4,12	4,05	4,18	4,10	4,23
Účinnost modulu [%] (plocha 1,45 m ²)	η_m	6,9 %		7,1 %		7,2 %		7,4 %	
Objednávací číslo		A-102-62t		A-102-63t		A-102-64t		A-102-65t	

4.4.13 Shenzhen Topray Solar

Jeden z největších čínských výrobců fotovoltaických modulů a fotovoltaických systémů je společnost Shenzhen Topray Solar Co. Ltd., která je schopna ročně produkovat až 50 MW amorfních modulů. Výroba splňuje náročné požadavky norem ISO 9001 a ISO 14001 certifikované společností TÜV [39].

Jedná se o solární amorfní panely o výkonu 5, 10, 15, 36, 40 Wp. Jsou vhodné pro chaty, chalupy, penzióny, karavany a jachty. Moduly jsou odolné proti vysokým teplotám, mrazu, vodě, otřesům a prachu (pracují za každého počasí). Pro zvýšení výkonu existuje možnost spojování jednotlivých panelů [40].

Tab. 4.23 Parametry amorfního panelu TPS113-40W [40]

Základní údaje:		Maximální výkon	40W _p
Šířka	643 mm	Napětí naprázdno	29V
Výška	1 253 mm	Proud na krátko	2,3A
Tloušťka	37 mm	Optimální proud	2,0A
Hmotnost	14,7 kg	Optimální napětí	18V
		Max. systémové napětí	600V _{DC}
		Testovací parametry	AM1.5; 1000W/m ² ; 25°C
		Výst. kabel	4mm ² ; 1m
Provozní teplota	- 40 až + 85°C	Proudový teplotní koeficient	$\alpha(I_{sc})+0,09\%/^{\circ}C$
Skladovací teplota	- 40 až + 85°C	Napěťový teplotní koeficient	$\beta(V_{oc})-0,28\%/^{\circ}C$
		Výkonový teplotní koeficient	$\gamma(W_p)-0,19\%/^{\circ}C$

4.4.14 Sunpower

Sunpower je americká společnost, která vyrábí jedny z nejefektivnějších solárních článků a panelů. Články mají účinnost v průměru 22% a umožňují tak výrazně vyšší produkci energie.

Sunpower SPR 225 WHT

Tento monokrystalický panel patří k panelům s největší účinností v ČR (18,1 %). Jeho výkon je o třetinu vyšší než u běžných FV modulů. Obsahuje 72 monokrystalických článků s účinností 17-18 %. Panel je vyvinutý pro malé i velké fotovoltaické systémy připojené k síti [41].

Tab. 4.24 Parametry monokrystalického panelu SUNPOWER SPR 225 WHT [41]

Rozměry (DxŠxV)	1559 x 798 x 46 mm
Hmotnost	15 kg
Nominální výkon	225 Wp
Nominální napětí	41 V
Nominální proud	5,49 A
Napětí na prázdno	48.5 V
Zkratový proud	5.87 A
Max.tolerance provozního napětí	± 5%
Max. napětí systému	1000 V
Max. počet panelů v sérii	20

SunPower Série E19

Monokrystalický panel tohoto typu poskytuje nejvyšší množství energie po dobu své životnosti. Jsou v něm užity články s vysokou účinností a je zmenšena neaktivní plocha mezi nimi. Tím se zvyšuje účinná plocha panelu [42]. Parametry panelu viz. příloha A.

Sunpower 238E

Tento monokrystalický panel dosahuje účinnosti 19,1 % díky inovační technologii vodivých spojů (eliminace rušivých odrazů od kovových kontaktů na přední straně) a stabilní konstrukci. Panel má nízký koeficient závislosti napětí na teplotě, účinně reaguje na částečnou zátěž při slabém slunečním záření [42]. Parametry panelu viz příloha B.

4.4.15 Yingli Solar

Panely čínské společnosti Yingli Green Energy Holding Co. patří mezi nejlépe hodnocené panely na světě. Jedná se o polykrystalické panely, které se užívají zejména pro elektrárny v Německu, Španělsku, Itálii i u nás. Výrobní proces a jednotlivé části panelů jsou pečlivě kontrolovány. Produkty firmy mají také mezinárodní certifikáty - UL, IEC & certifikáty TÜV.

Firma vyrábí polykrystalické panely s výkonem od 175 do 290 Wp a také 60-ti článkové monokrystalické panely o výkonu 245-265 Wp [43]. Parametry polykrystalických a monokrystalických panelů Yingli Solar viz příloha C.

4.4.16 Kaneka

Hybridní (amorfní a mikrokrystalická technologie) moduly japonské společnosti Kaneka Corporation se používají tam, kde je dostatek místa, kterého je v porovnání s krystalickými moduly při stejném výkonu potřeba cca 2x více. Při obdobných investičních nákladech je roční výnos přibližně o 10 % vyšší. Fotovoltaické moduly Kaneka jsou šetrné k životnímu prostředí. Dobře pracují při vysokých teplotách i v oblastech s méně příznivými slunečními podmínkami. V porovnání s krystalickými panely se při výrobě spotřebuje malé množství křemíku. Na spoje je použito bezolovnaté pájení [46].

Tab. 4.25 Elektrické údaje hybridního modulu Kaneka HB 100-110 [46]

Elektrické údaje						Teplotní součinitelé		
Jmenovitý výkon	P_n	100	105	110	W_p	Proud (I_{sc})	+0,10	%/K
Napětí v bodě max. výkonu	U_{mpp}	53,5	53,5	54	V	Napětí (U_o)	-248	mV/K
Proud v bodě max. výkonu	I_{mpp}	1,87	1,96	2,04	A	Výkon (P_n)	-0,33	%/K
Napětí naprázdno	U_o	71	71	71	V	Limity		
Zkratový proud	I_{sc}	2,25	2,4	2,5	A	Systémové napětí	600 V _{DC}	
Účinnost modu (plocha 1,22 m ²)	η_m	8,2	8,6	9	%			

El. údaje měřeny při standardních testovacích podmínkách (STC): intenzita záření 1000 W/m², teplota 25 °C, spektrum AM 1,5

Kaneka G-EA060

Amorfní křemíkový fotovoltaický modul s jmenovitým výkonem 60 W_p [47].

Tab. 4.26 Elektrické údaje amorfního modulu Kaneka G-EA060 [47]

Elektrické údaje				Teplotní součinitelé		
Jmenovitý výkon	P_n	60	W_p	Proud (I_{sc})	0,075	%/K
Napětí v bodě max. výkonu	U_{mpp}	67	V	Napětí (U_o)	-280	mV/K
Proud v bodě max. výkonu	I_{mpp}	0,9	A	Výkon (P_n)	-0,23	%/K
Napětí naprázdno	U_o	92	V	Limity		
Zkratový proud	I_{sc}	1,19	A	Systémové napětí	530 V _{DC}	
Účinnost modu (plocha 0,95 m ²)	η_m	6,3	%			

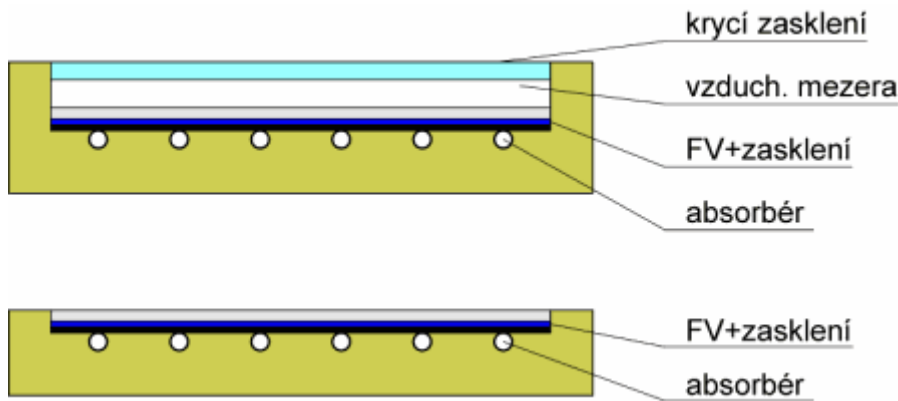
El. údaje měřeny při standardních testovacích podmínkách (STC): intenzita záření 1000 W/m², teplota 25 °C, spektrum AM 1,5

4.4.17 Kombinované panely

4.4.17.1 Princip hybridního FV/T kolektoru

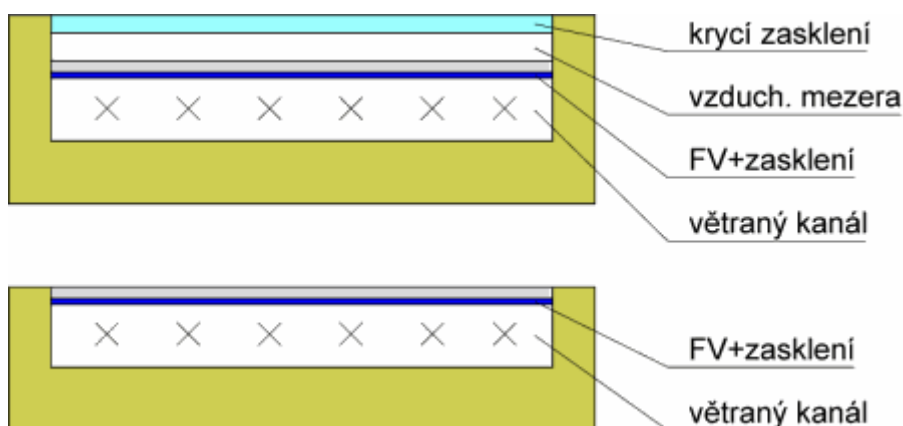
Podle typu teplotnosné látky je možné hybridní kolektory rozdělit na vzduchové a kapalinové. Kolektory mohou být zasklené nebo nezasklené.

Povrch systému kapalinového FV/T kolektoru tvoří čirá tvrzená antireflexní vrstva, které chrání fotovoltaické články umístěné pod ní. Pod nimi je vrstva termoelektrického materiálu a následuje vrstva s plastovými trubicemi. Tato vrstva odvádí ohřivanou vodu a současně ochlazuje vrstvy s fotovoltaickými články. Poslední vrstvu tvoří tvrzený plast. V článcích probíhá přeměna slunečního záření na elektrickou energii a solární energie je předána na proudící teplou vodu, která se dá dále využívat [57].



Obr. 4.4 Typické konfigurace geometrie FV/T kapalinového kolektoru (zasklený, nezasklený) [57]

Systém hybridního kolektoru může být také tzv. vzduchový. Nejprve byly takové hybridní systémy umísťovány na fasády a měly vzduchové kanály na zadní straně FV modulů. Přirozené proudění vzduchu ale nechladi FV modul dostatečně. Hybridní moduly tedy využívají tzv. nucené cirkulace. Kvůli nízké tepelné kapacitě vzduchu je potřeba odvádět teplo velkými průtoky, tedy potrubím velkých rozměrů, které není vždy možné dobře umístit do konstrukce budovy. Pohon ventilátorů by neměl spotřebovat velké množství energie, aby zůstal dostatečný vlastní zisk energie vlivem chlazení článků. Teplo odvedené z FV panelů nachází využití pro předehřev větracího vzduchu, pro cirkulační teplovzdušné vytápění nebo hypokaustické sálavé vytápění. Tento typ hybridního systému je vhodný zejména pro chladnější oblasti, kde je dostatečně nízká teplota pro chlazení i v létě. Vysoké teploty totiž brání účinnému chlazení FV modulů a využitelnost ohřátého vzduchu je také nízká [57].



Obr. 4.5 Typické konfigurace geometrie FV/T vzduchového kolektoru (zasklený, nezasklený) [57]

4.4.17.2 Význam chlazení

Chlazení je vhodný prostředek zvýšení účinnosti fotovoltaického panelu, protože ta se snižuje vlivem zvyšující se teploty panelu. Panel je ohříván zbytkovým teplem, které zbývá při přeměně sluneční energie na elektrickou. Zvláště pokud jsou panely integrovány do obálek budov, je nárůst jejich teploty vyšší, protože je omezeno přirozené chlazení vzduchem. Tento jev je také příčinou snížení účinnosti FV článků. Vzniká nadměrné tepelné zatížení vnitřního prostoru modulu, které může vést k jeho poškození.

Tento problém vedl k vytvoření konceptu hybridního solárního fotovoltaicko-tepelného kolektoru. Celková produkce energie je zde vyšší než u odděleného řešení při stejné ploše, protože je společně vyráběna elektrická energie a nízkopotenciální teplo. Tento jev se nazývá solární kogenerace. Množství produkovaného tepla může výrazně převyšovat množství vyrobené elektrické energie [57].

4.4.17.3 Energetika hybridního FV/T kolektoru

Teplo vznikající ve FV člancích je odstraňováno a konvertováno na užitečnou tepelnou energii termickým kolektorem. FV/T moduly tedy vyrobí více energie na jednotku plochy než samostatné FV panely a kolektory.

Tepelné ztráty do okolí jsou omezeny díky transparentnímu sklu na povrchu. Zlepšuje se tak tepelná účinnost při vysoké teplotě kolektoru. FV/T kolektory je možné užít v kombinovaných solárních systémech, které produkují teplo pro ohřev TUV a vytápění a elektřinu s nižší účinností než běžné fotovoltaické panely. Tepelná účinnost FV/T kolektoru je o něco nižší než u fototermického kolektoru kvůli nižší absorpci solární energie. Účinnost klesá prudčeji s rostoucí teplotou kolektoru jako důsledek větších tepelných ztrát do okolí.

Obecně vedou k využívání fotovoltaicko-termických kolektorů např. tyto důvody:

- zvýšení celkové účinnosti běžného FV systému – využití odpadního tepla, technologie a kvalita zpracování článku,
- dostatečné chlazení fotovoltaických článků – zvýšení účinnosti přeměny slunečního záření na elektrickou energii,
- možnost využít elektrickou energii pro pohon čerpadla kapaliny termální soustavy nebo větrání při chlazení vzduchem,
- lepší estetický vzhled celého systému [58].

ExoSol EU21

ExoSol je první hybridní solární kolektor vyrábějící souběžně teplo a elektřinu. Obsahuje fotovoltaický panel z CIS laminátu (vysoký stupeň účinnosti, dobrý teplotní koeficient a široké světelné spektrum). ExoSol EU21 vyrábí kromě tepelné energie také elektřinu pro pohon čerpadla solárního okruhu. Proudění solární tekutiny v systému je ovlivněno intenzitou slunečního záření, není potřeba externí řídicí jednotka ani připojení do elektrické sítě. Systém obsahuje čerpadlo na stejnosměrný proud a zařízení pro větrání, regulaci proudění apod. [48]. Parametry panelu a čerpadla viz příloha D.



Obr. 4.6 Hybridní solární kolektor ExoSol [48]

Volther

Tyto hybridní kolektory byly vyvinuty tureckou společností Solimpeks. Jsou založeny na využití slunečního světla a neviditelného tepla. Zároveň jsou šetrné k životnímu prostředí, úsporné a mají široké využití. Kolektory Volther získaly řadu certifikátů od různých institucí.

Kolektor Volther Powertherm je určen pro výrobu tepelné energie (170 WP/ 610 WT) a dosahuje výkonu 80 % standardního slunečního kolektoru. Souběžně vyrábí i elektrickou energii. Uplatnění najde zejména v zařízeních jako jsou např. koupaliště, plovárny, aquaparky, tedy tam, kde je hlavním cílem výroba tepla, ale také významná spotřeba elektrické energie. Kolektor Volther Powervolt bude podrobněji popsán v praktické části práce [54].

Tab. 4.27 Technické údaje hybridního kolektoru Volther Powertherm [54]

Technické údaje	Volther® Powertherm
Rozměry [mm]	870 x 1640 x 105
Hmotnost[kg]	34,4
Objem tekutiny [l]	1,2
Typ článků	monokrystalické
Počet článků [ks]	72
Rozměry článků[mm]	125 x 125
Jmenovitý výkon W [Wp]	175
Jmenovitý proud I_{mp} [A]	4,93
Zkratový proud I_{sc} [V]	5,2
Jmenovitý proud V_{mp} [V]	32,7
Napětí naprázdno V_{oc} [V]	45,2
Výměník tepla	měď
Vnitřní potrubí	měď
Průtok [l/h]	65
Zkušební tlak [Bar]	20
Provozní tlak [Bar]	10
Krycí sklo	Extra solární sklo
Těsnění	EPDM/Silisium
Maximální teplota [°C]	110
Plášť	hliník
Zadní strana	hliník
Záruka	10 let
Záruka výkonu	90% ≤ 10 / 80% ≤ 20 let

5 Praktická část – měření FV panelu

V rámci praktické části práce bylo provedeno měření na hybridním FV/T kolektoru Volther Powervolt. Cílem měření bylo zjistit vliv přítomnosti chlazení na účinnost FV panelu, který tvoří fotovoltaickou část hybridního kolektoru. Pro tento účel bylo nutné naměřit hodnoty u panelu bez chlazení a následně s chlazením. Hodnoty získané měřením byly využity ke zhodnocení energetické a ekonomické efektivity FV panelu s chlazením a bez něj. Postup tohoto měření je popsán níže.

5.1 Podmínky měření

Přípravné práce proběhly v areálu Intersekce s.r.o., kde bylo také prováděno cvičné měření. Další měření se uskutečnila v areálu Fakulty elektrotechnické v Plzni na kolektoru umístěném na střeše budovy. Kolektor Volther poskytla k provedení experimentu společnost Intersekce s.r.o. se sídlem v Plzni. Měření probíhala ve dvou dnech měsíce dubna – 26. a 27., v době vysoké intenzity slunečního záření. Teploty se v tyto dny pohybovaly přibližně mezi 20 a 28 °C. Obloha byla po většinu času měření jasná. FV/T kolektor byl nasměrován na jih pod úhlem 45°, byl očištěn od prachu a nečistot. Většinu přístrojů a komponentů k měření dodala firma Intersekce s.r.o., jiné nebyly pro měření k dispozici.

5.2 Popis měřeného panelu

Měření probíhalo na hybridním kolektoru Volther Powervolt 190/500 vyvinutém společností Solimpeks. Jedná se o zařízení umožňující současně produkci tepelné a elektrické energie. Volther se skládá z fotovoltaického panelu, pod nímž je umístěna termická jednotka (kolektor). Viditelné sluneční záření umožňuje výrobu elektrického proudu a absorber pod panelem pohlcuje neviditelné infračervené částice světla. Výkon výroby elektrické energie kolektoru Powervolt je 190 Wp, výkon tepelné energie dosahuje 460 Wp.

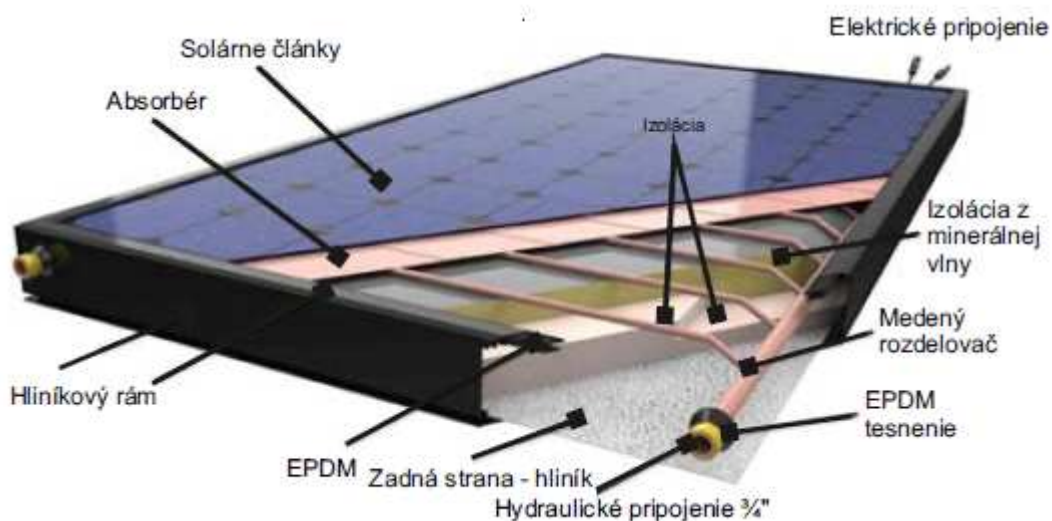
Díky této technologii je minimalizován problém výkonových ztrát vlivem vysokých teplot. U hybridního FV/T kolektoru Volther je teplo odváděno termickou částí zařízení k nádrži a fotovoltaický panel je tak neustále ochlazován. Teplota panelu nikdy nepřesáhne 70 °C a je tedy v horkých dnech schopen produkovat až o 50 % více elektrické energie než běžný fotovoltaický panel. Teplo odváděné termickou částí kolektoru je možné využít několika způsoby – doplňkové vytápění, náhrada za centrální vytápění v přechodném období nebo na přípravu užitkové teplé vody. Získané teplo je teplonosnou kapalinou přenášeno

pomocí čerpadla do výměníku, kde je odevzdáno do nádrže s užitkovou vodou [59]. Pro potřeby našeho měření nebyl výměník použit.

Termická část zařízení vykonává v zimě opačnou činnost než v letních měsících. Tedy dodává panelu teplo k tomu, aby nedošlo k vytvoření sněhové vrstvy, takže panel může fungovat v průběhu celého roku. Další výhodou je ušetření prostoru při instalování tohoto zařízení, pro něj je vyvinut speciální montážní set [59].

Jak ukazuje následující obrázek 5.1, kolektor se skládá ze dvou vrstev. Na povrchu je fotovoltaické sklo, pod nímž se nacházejí monokrystalické články. Články využívají viditelné sluneční záření (do frekvence 700 nm) k výrobě jednosměrného proudu, který je měničem přeformován na střídavý elektrický proud. Další vrstvou je absorbér, který zachytává neviditelné infračervené záření nad frekvenci 700 nm a z něj získává teplo a odevzdává ho teponosné kapalině [59].

Solární vyhřívací systém je konstruován z měděných trubek a tepelného výměníku. V něm koluje nemrznoucí směs. Celá konstrukce je uzavřena v hliníkovém rámu. Společnost Solimpeks udává, že 25 m² hybridních panelů Volther pokryje spotřebu horké vody i elektřiny pro běžný dům v Severní Evropě [60].



Obr. 5.1 Schéma hybridního kolektoru Powervolt [59]

Hlavní výhody kolektoru Volther Powervolt jsou tedy tyto:

- ze solární energie současně vyrábí elektrickou a termickou energii,
- potřebuje menší střešní plochu,
- vyrábí více elektrické energie až o 40 %,

- systém s vysokou kvalitou,
- má monokrystalické články, tj.nejefektivnější strukturu,
- zvyšuje účinnost pomocí intenzivního chlazení,
- tiché a k přírodě šetrné zařízení,
- kvalita je zaručena odbornými certifikáty [54].

Tab. 5.1 Technické údaje panelu Volther Powervolt 190/500 [54]

Technické údaje	Volther® Powervolt
Rozměry [mm]	828 x 1601 x 90
Hmotnost[kg]	24,4
Objem tekutiny [l]	1,2
Typ článků	monokrystalické
Počet článků [ks]	72
Rozměry článků[mm]	125 x 125
Jmenovitý výkon W [Wp]	190
Jmenovitý proud I_{mp} [A]	4,93
Zkratový proud I_{sc} [V]	5,2
Jmenovitý proud V_{mp} [V]	36,5
Napětí naprázdno V_{oc} [V]	45,2
Výměník tepla	měď
Vnitřní potrubí	měď
Průtok [l/h]	65
Zkušební tlak [Bar]	20
Provoznítlak [Bar]	10
Krycí sklo	PV sklo
Těsnění	EPDM/Silisium
Maximálníteplota [°C]	110
Plášť	hliník
Zadní strana	hliník
Záruka	10 let
Záruka výkonu	90% ≤ 10 / 80% ≤ 20 let

5.3 Použité přístroje

- a) **FV/T kolektor** Volther Powervolt – sériové číslo 120222003
- b) **čerpadlo** Pedrollo PKm 65 – jednofázové, výkon 800W, otáčky 2900/min + nádoba na kapalinu (objem kapaliny 25 litrů)
- c) **kapalina** v nádrži Tyfocor LS (viz tab. 5.2) – speciální teplonosná kapalina na bázi 1,2 – propylenglykolu.

Tab. 5.2 Charakteristické údaje kapaliny Tyfocor LS [55]

Charakteristické údaje	
Vzhled	čirá, červeně fluoreskující kapalina
Hustota při 20 °C	1,032 – 1,035 g/cm ³
Index lomu nD20	1,380 – 1,384
Hodnota pH	9,0 – 10,5
Alkalita	min. 20 ml 0,1 n HCl
Viskozita (20 °C)	4,5 – 5,5 mm ² /s
Bod varu	102 – 105 °C
Bod vznícení	žádný
Obsah vody	55 – 58 %
Mrazuvzdornost	do -28 °C

- d) **plovákový průtokoměr** Tacanova Setter
- e) **digitální multimetr** DMM 3800-18 (ampérmetr) – inventární číslo 45297
- f) **digitální multimetr** DMM 3800-18 (voltmetr) – inventární číslo 33885
- g) **reostat** – měnitelný odpor (max. 13 Ω, 500 V, 6,3 A)
- h) **digitální teploměr** Greisinger GMH 3230 – dva vstupy pro připojení teplotních snímačů, rozlišení teplot 0,1 °C až 1 °C, pracovní teplota -25 až +50 °C
- i) **rtuťový teploměr** pro měření venkovní teploty
- j) **bezdotykový teploměr** Würth S0704001 pro snímání teploty povrchu panelu
- k) **měřič spotřeby elektrické energie** Energy Logger 3500 pro odečet celkové spotřeby energie čerpadla

Následující fotografie a obrázky zobrazují některé použité přístroje a zařízení. Další fotografie viz příloha K.



Obr. 5.2 Nádoba s čerpadlem



Obr. 5.3 Rtuťový teploměr



Obr. 5.4 Digitální multimetr [52]



Obr. 5.5 Průtokoměr [49]



Obr. 5.6 Digitální multimetr [50]



Obr. 5.7 Reostat [51]

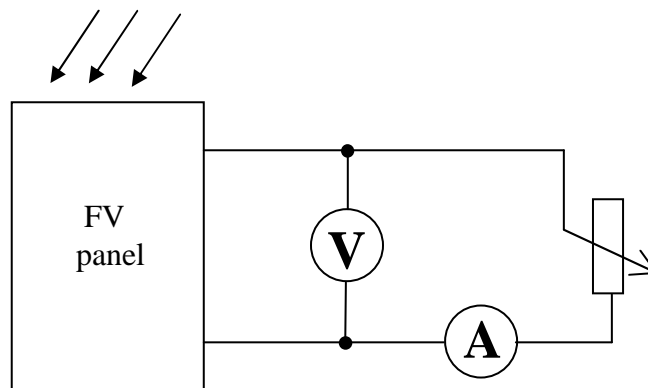


Obr. 5.8 Měřič spotřeby energie [53]

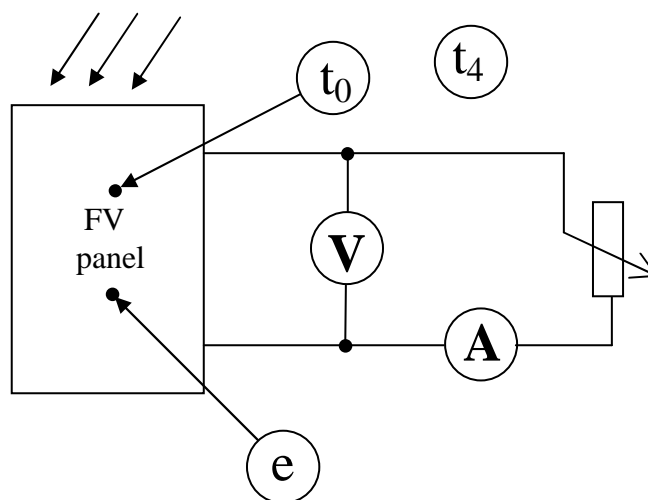


Obr. 5.9 Měřený kolektor Volther

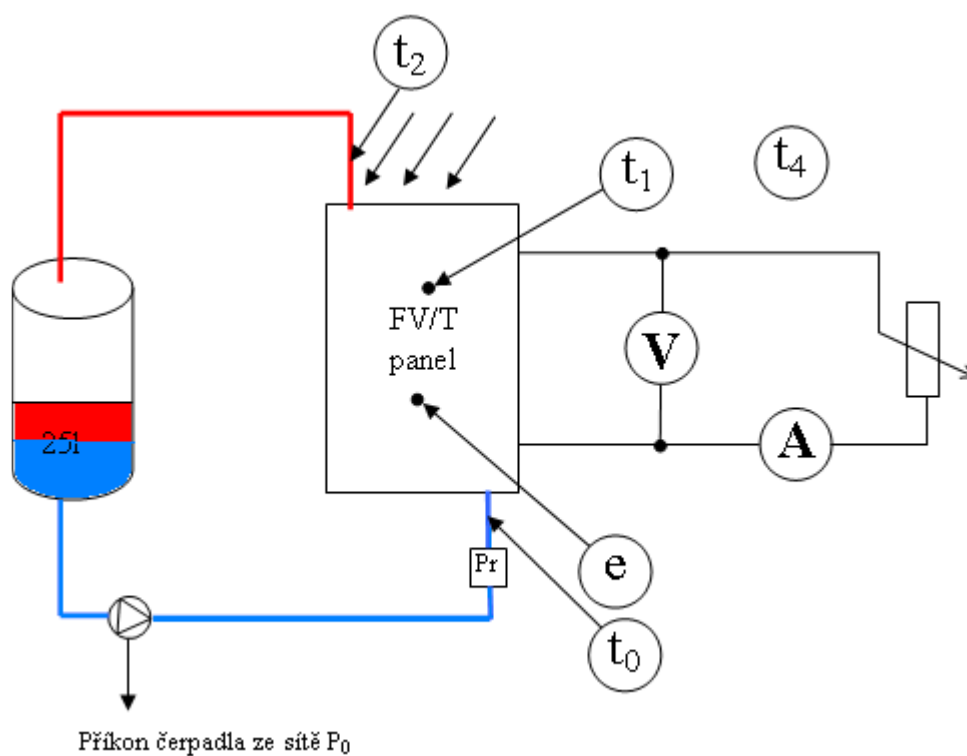
5.4 Schémata měření



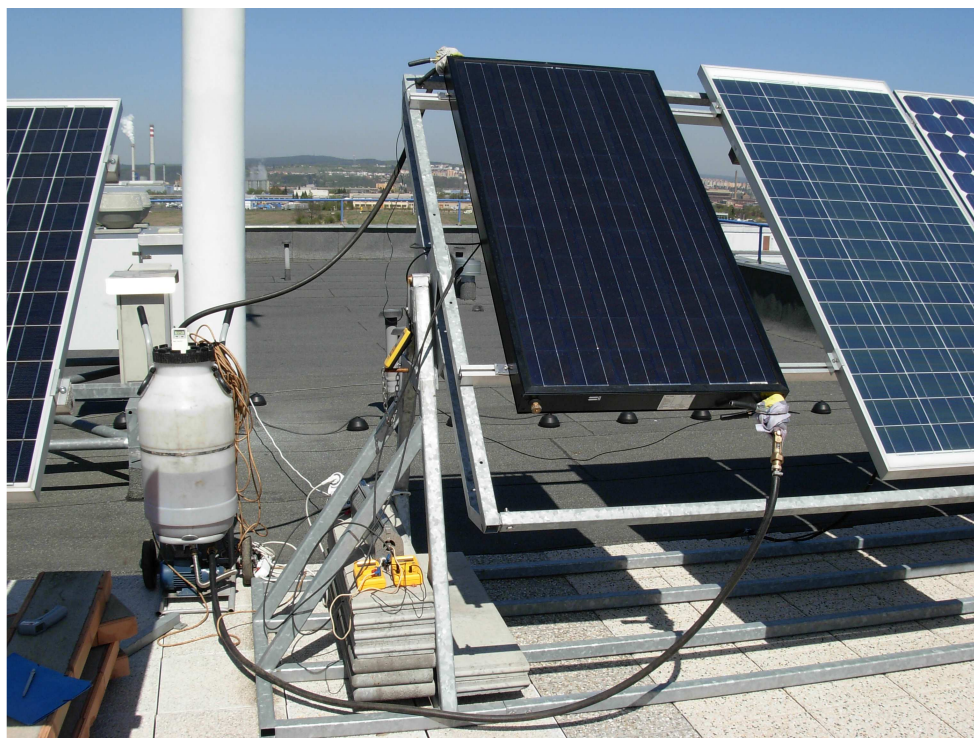
Obr. 5.10 Zapojení pro měření voltampérové charakteristiky



Obr. 5.11 Zapojení pro měření FV panelu bez chlazení



Obr. 5.12 Zapojení pro měření hybridního FV/T kolektoru



Obr. 5.13 Fotografie měřící sestavy

5.5 Postup měření

5.5.1 Měření V-A charakteristiky

Nejprve bylo provedeno zapojení podle obrázku 5.10. Jezdec reostatu byl nastavován do různých poloh a bylo odečítáno napětí a proud z voltmetru a ampérmetru. Toto měření se provádělo pro intenzitu slunečního záření 800 W/m^2 a 1000 W/m^2 . Z naměřených hodnot napětí a proudu byl vypočítán výkon FV panelu. Naměřené údaje ukazují následující tabulky

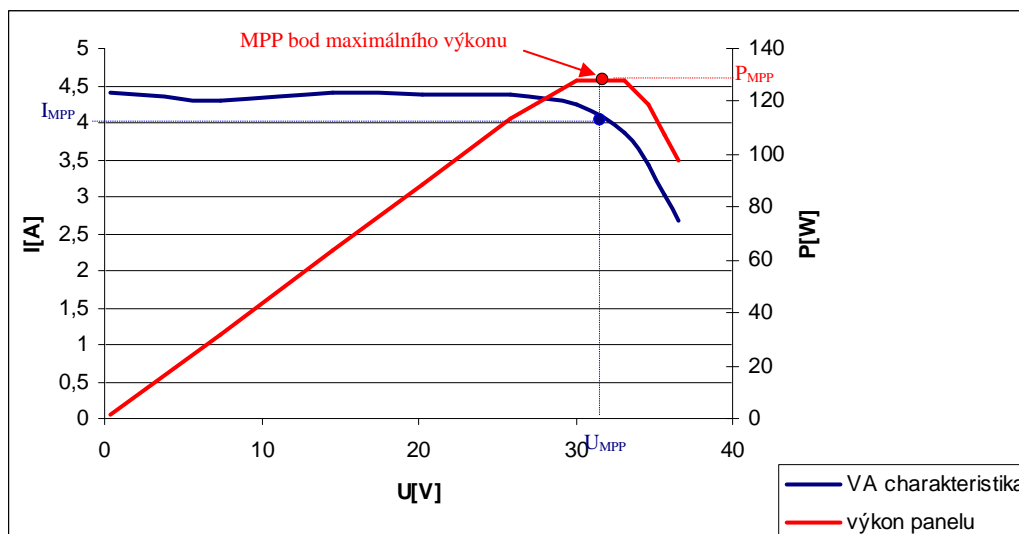
Tab. 5.3 Naměřené údaje 1

e = 800 W/m^2		
U[V]	I[A]	P[W]
0,4	4,41	1,764
7,4	4,31	31,894
14,5	4,41	63,945
20,2	4,37	88,274
25,9	4,38	113,442
30,1	4,25	127,925
33,1	3,86	127,766
34,7	3,43	119,021
35,7	3,02	107,814
36,5	2,68	97,82

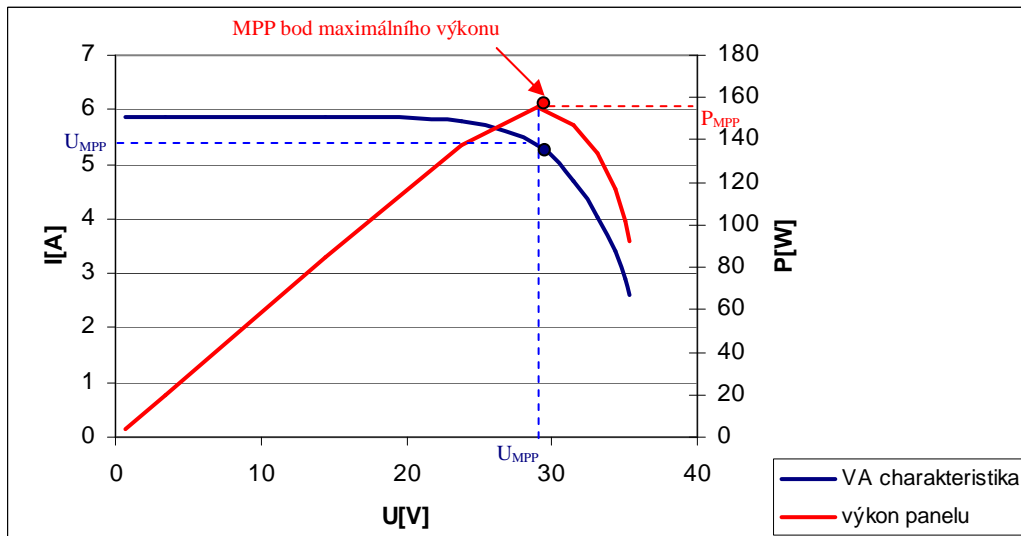
Tab. 5.4 Naměřené údaje 2

e = 1000 W/m^2		
U[V]	I[A]	P[W]
0,7	5,85	4,095
3,4	5,86	19,924
14,5	5,85	84,825
23,8	5,78	137,564
29	5,36	155,44
31,5	4,68	147,42
33,1	4,04	133,724
34,3	3,42	117,306
35,1	2,9	101,79
35,3	2,62	92,486

Voltampérová charakteristika a výkon FV panelu byly pro každou intenzitu zakresleny do grafu. V grafech je možné vidět maximální hodnotu výkonu při dvou různých intenzitách.



Graf 5.1 V-A a výkonová charakteristika FV panelu při intenzitě slunečního záření 800 W/m^2 .



Graf 5.2 V-A a výkonová charakteristika FV panelu při intenzitě slunečního záření 1000 W/m^2 .

5.5.2 Měření FV panelu bez chlazení

Byl zvolen maximální bod výkonu pro aktuální intenzitu slunečního záření. Každé tři minuty byla odečítána teplota FV panelu pomocí bezdotykového teploměru přibližně ve středu plochy panelu. Z displeje voltmetru a ampérmetru bylo odečítáno napětí a proud. Teplota okolí byla zjišťována ze stupnice rtuťového teploměru. Intenzita slunečního ozáření v aktuálním okamžiku byla odečítána z počítače v budově fakulty, který ukazoval hodnoty snímané z plochy 1 m^2 . Z počítače bylo možné zpětně zjistit hodnoty slunečního záření v intervalech 10 minut, viz příloha I. Naměřené údaje jsou uvedeny v příloze E.

Bylo nutné dopočítat hodnotu výkonu FV panelu pro všechny tříminutové intervaly. Dále byla spočítána účinnost panelu v jednotlivých okamžicích.

Příklad výpočtu:

$$P = U \cdot I = 30,8 \cdot 4,49 = 138,29 \text{ W}$$

$$A = 72 \cdot a^2 = 72 \cdot 0,125^2 = 1,125 \text{ m}^2$$

$$\eta = \frac{P}{A \cdot e} = \frac{138,29}{1,125 \cdot 815} = 15,08\%$$

kde P – elektrický výkon [W]

U – napětí [V]

I – proud [A]

A – aktivní plocha panelu [m²]

a – strana fotovoltaického článku [m]

η – účinnost FV panelu [%]

e – intenzita slunečního záření [W/m²]

5.5.3 Měření FV panelu s chlazením

Zde se postupovalo stejně jako u panelu bez chlazení. Navíc byla pomocí digitálního teploměru měřena teplota vstupní a výstupní kapaliny proudící do termické části FV/T kolektoru a z ní. Na měřiči byla odečítána spotřeba elektrické energie čerpadla v kWh. Toto měření bylo prováděno pro tři hodnoty průtoku kapaliny, které byly nastaveny na průtokoměru po přibližně stejných časových intervalech. Výpočty byly provedeny podle stejných vztahů jako u FV panelu bez chlazení (viz příklad níže). V příloze F jsou umístěny tabulky s naměřenými hodnotami.

Příklad výpočtu:

$$P = U \cdot I = 33,2 \cdot 4,76 = 158,14 \text{ W}$$

$$A = 72 \cdot a^2 = 72 \cdot 0,125^2 = 1,125 \text{ m}^2$$

$$\eta = \frac{P}{A \cdot e} = \frac{158,14}{1,125 \cdot 786} = 17,88\%$$

kde P – elektrický výkon [W]

U – napětí [V]

I – proud [A]

A – aktivní plocha panelu [m²]

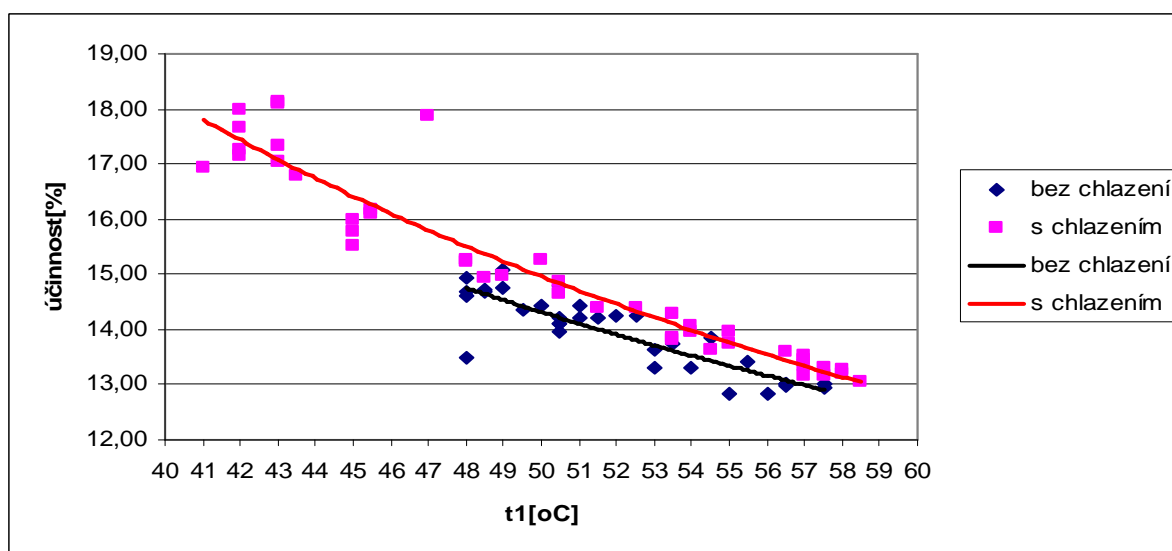
a – strana fotovoltaického článku [m]

η – účinnost FV panelu [%]

e – intenzita slunečního záření [W/m²]

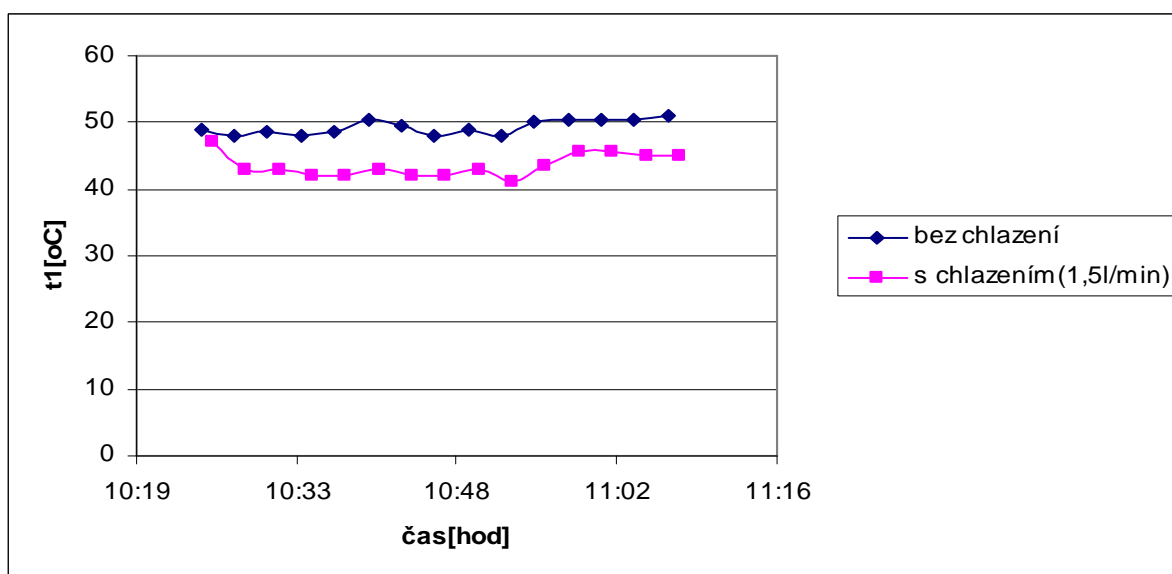
5.5.4 Výsledky měření

Z následujícího grafu je patrný pokles účinnosti se zvyšující s teplotou FV panelu s chlazením i bez něj. Nepřesnosti vznikaly, protože nebylo možné odečítat přesně všechny hodnoty ve stejný okamžik a namířit bezdotykový teploměr pokaždé do stejného bodu na povrchu panelu.

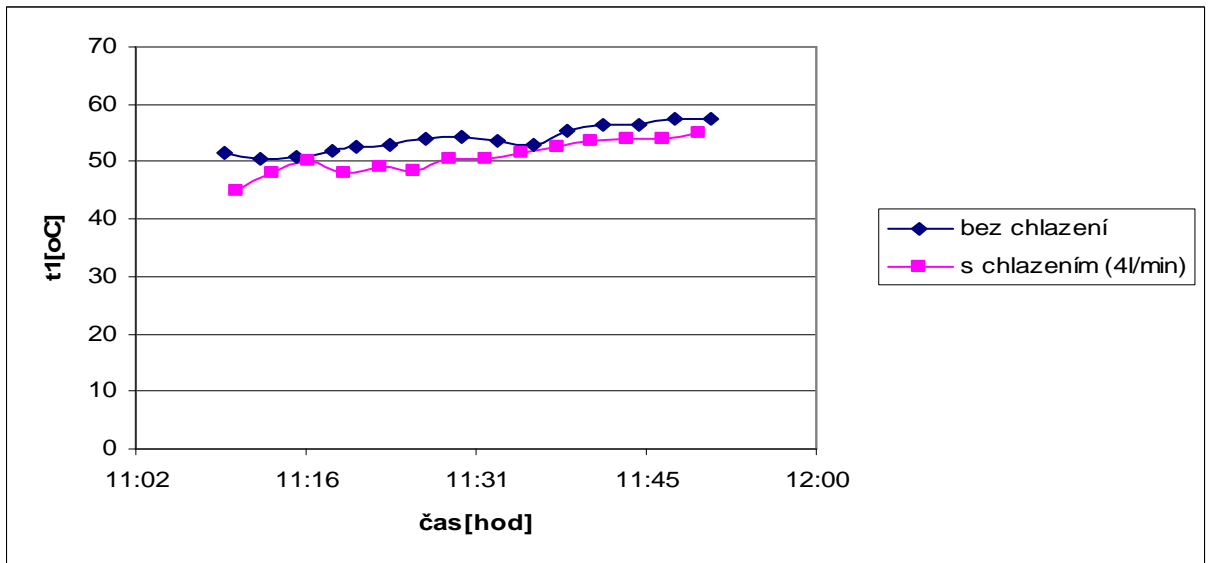


Graf 5.3 Závislost účinnosti na teplotě FV panelu s chlazením a bez chlazení

Následující grafy ukazují, že při podobné teplotě okolí a intenzitě ozáření jsou teploty FV panelu s chlazením nižší. Jsou porovnávány hodnoty naměřené u panelu bez chlazení a panelu s chlazením při dvou různých průtocích chladicí kapaliny (1,5 a 4 l/min).

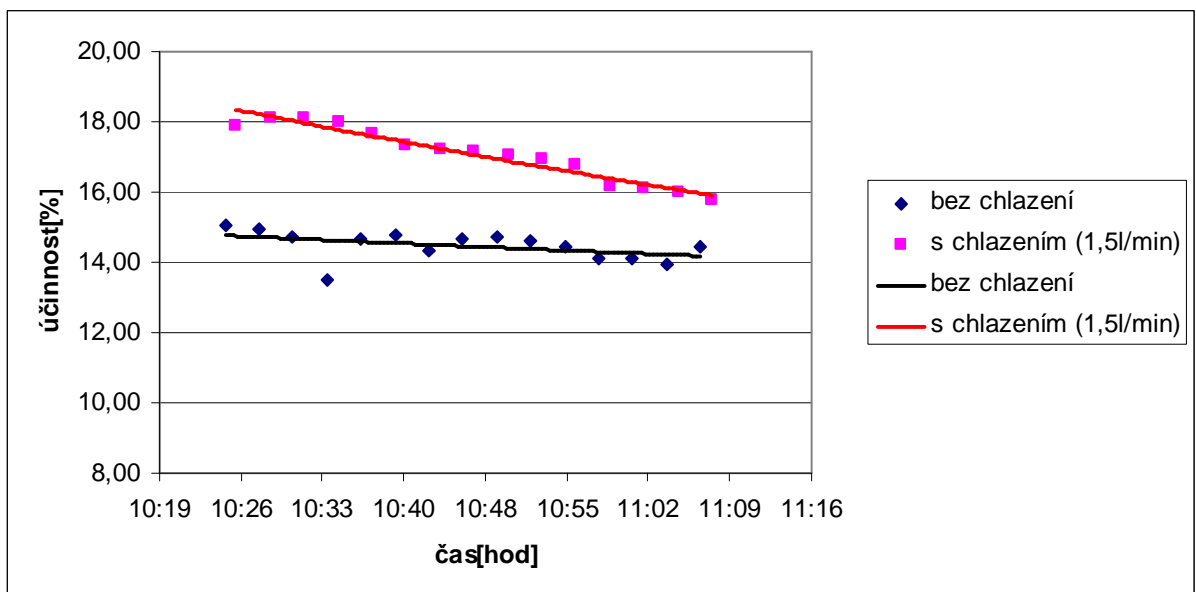


Graf 5.4 Závislost teploty FV panelu na čase (u panelu s chlazením je průtok 1,5 l/min)

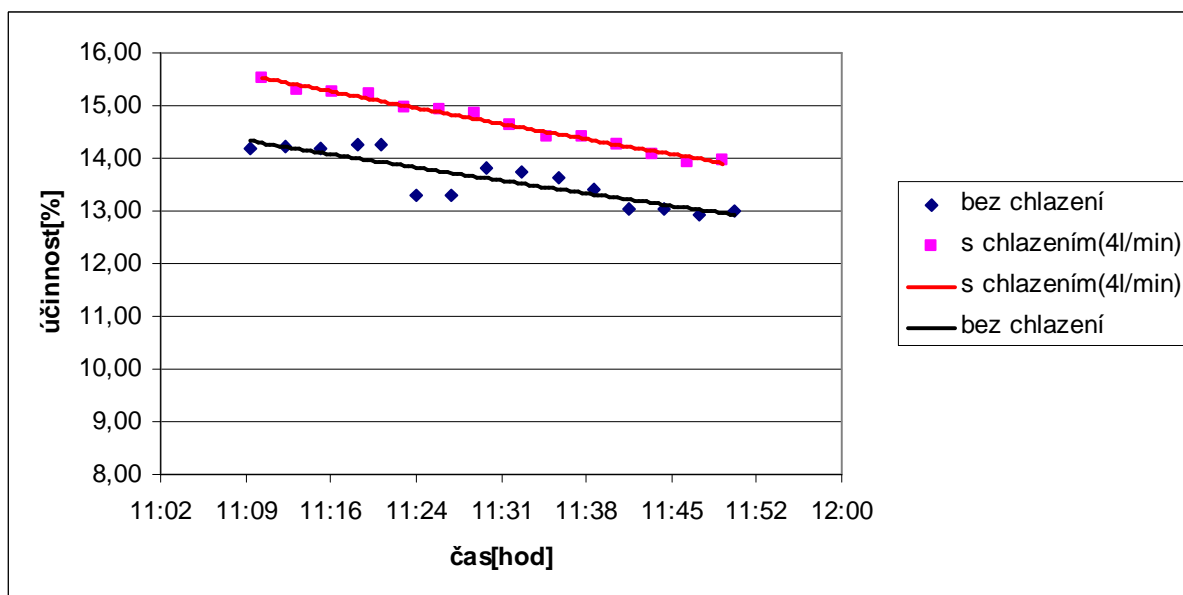


Graf 5.5 Závislost teploty FV panelu na čase (u panelu s chlazením je průtok 4 l/min)

Při podobných podmínkách bylo zjištěno, že při průtoku 1,5 l/min by bylo možné dosáhnout přibližně o 3 % vyšší účinnosti u FV panelu s chlazením než u panelu bez přítomnosti chlazení, jak je vidět v grafu 5.6. Při průtoku 4 l/min bylo dosaženo u panelu s chlazením o 1,5 % vyšší účinnosti než u panelu bez chlazení (viz graf 5.7). Tento rozdíl byl však ovlivněn vysokou teplotou chladicí kapaliny, která se v průběhu měření zahřála tak, že chlazení ztrácelo efektivitu. Rozdíl teploty mezi začátkem měření a momentem, kdy byl změněn průtok, byl 13 °C.

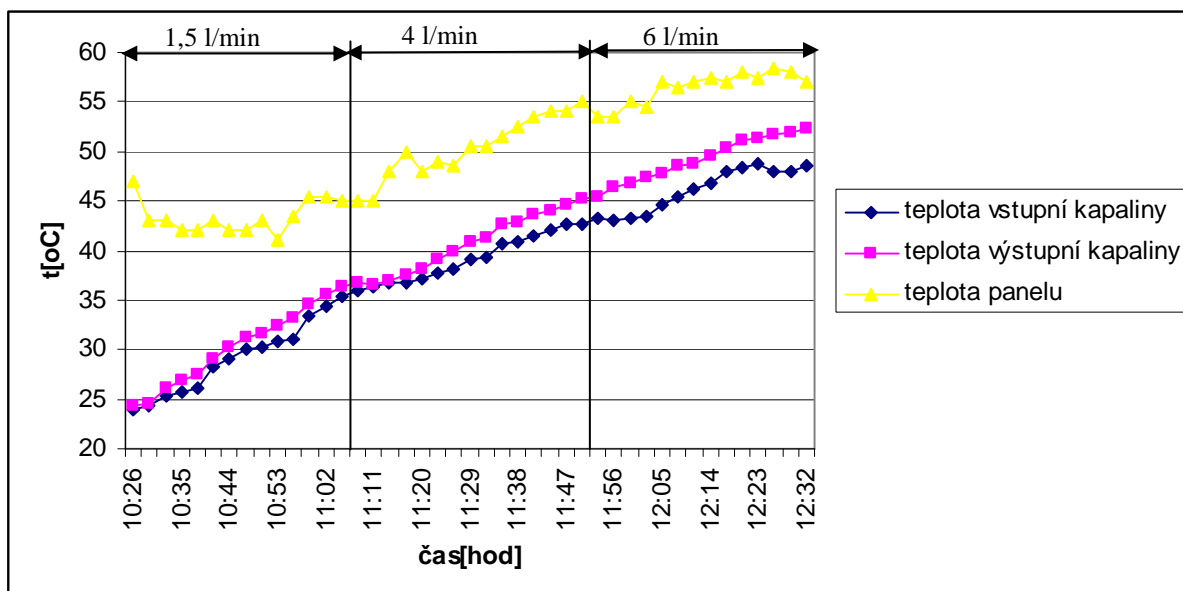


Graf 5.6 Závislost účinnosti FV panelu na čase (u panelu s chlazením je průtok 1,5 l/min)



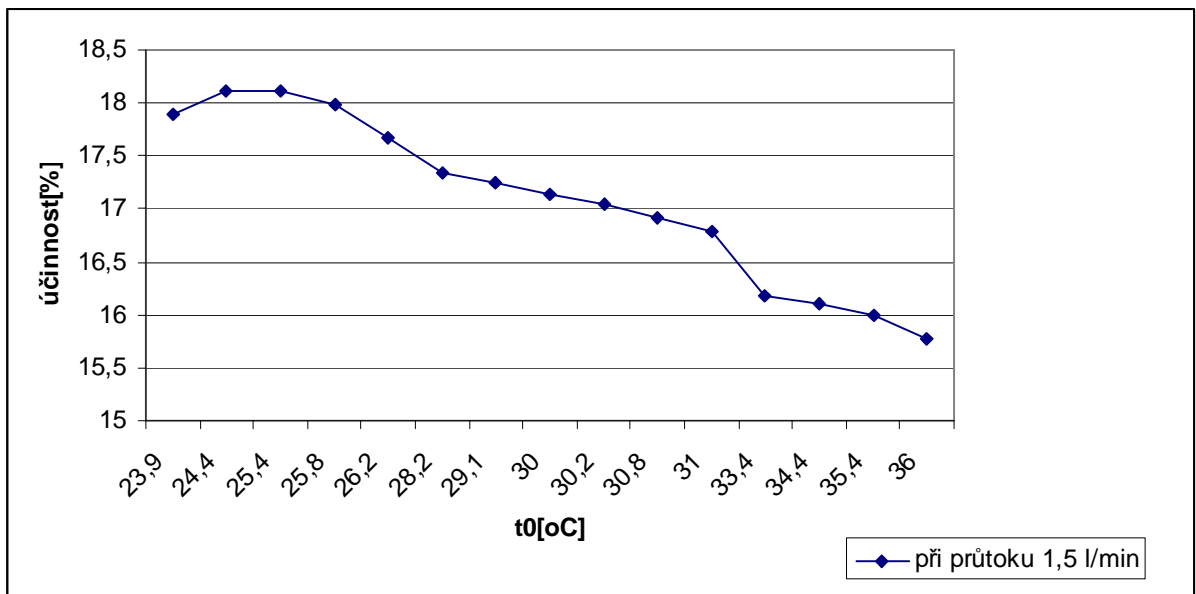
Graf 5.7 Závislost účinnosti FV panelu na čase (u panelu s chlazením je průtok 4 l/min)

Změny teplot u FV panelu s chlazením naznačuje graf 5.8. Jak bylo řečeno výše, je zde vidět, že teploty vstupní i výstupní kapaliny se v průběhu měření zvyšovaly, míra chlazení FV panelu klesala a tím stoupala teplota jeho povrchu. Tomuto jevu nebylo možné v daných podmínkách měření zabránit.

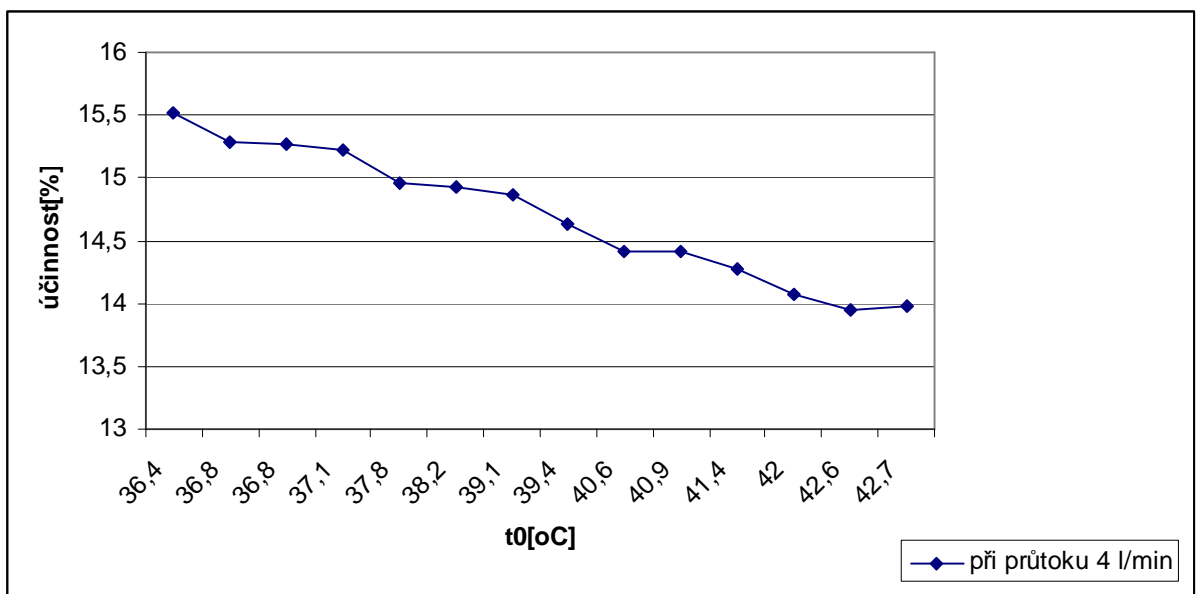


Graf 5.8 Změny teplot na FV panelu s chlazením v závislosti na čase

V grafech 5.9 a 5.10 je naznačen průběh účinnosti FV panelu na teplotě vstupní kapaliny pro dva různé průtoky. Jeho účinnost je také závislá na teplotě chladicí kapaliny. Při prováděném měření se kapalina postupně ohřívala a z grafů je vidět, že s její rostoucí teplotou klesala účinnost panelu. Z grafů je patrné, že křivka poklesu účinnosti panelu při průtoku 1,5 l/min klesá strměji než křivka pro průtok 4 l/min. Je tedy pravděpodobné, že vyšší průtok zpomaluje pokles účinnosti FV panelu.

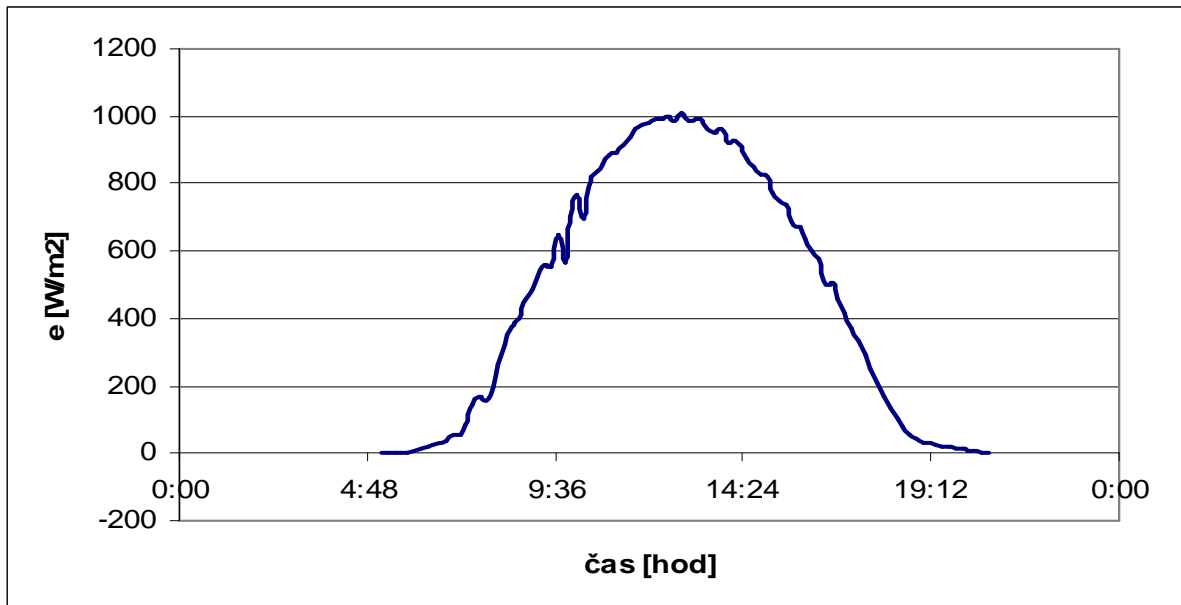


Graf 5.9 Závislost účinnosti FV panelu na vstupní teplotě chladicí kapaliny při průtoku 1,5 l/min.



Graf 5.10 Závislost účinnosti FV panelu na vstupní teplotě chladicí kapaliny při průtoku 4 l/min

V grafu 5.11 vidíme průběh intenzity slunečního záření ze dne 26.4.2012. Z grafu vyplývá, že nejvyšší intenzita byla v době kolem poledne a dosahovala 1012 W/m^2 . Od rána k poledni hodnoty postupně stoupají a po dosažení maxima rovnoměrně klesají. Graf je sestaven z hodnot v příloze J.



Graf 5.11 Průběh intenzity slunečního záření ze dne 26.4.2012

5.5.5 Závěry měření

Zde je nutné poznamenat, že pro přesnější zhodnocení požadovaných výsledků by bylo potřeba získat údaje z dlouhodobého měření. To však nebylo možné vzhledem k nedostatku času a nepříznivým klimatickým podmínkám. Kolektor byl pro měření k dispozici pouze v omezeném čase, a nebylo tak možné pracovat s ním dlouhodobě. V průběhu měření bylo také zjištěno, že poskytnuté čerpadlo je pro malé průtoky kapaliny příliš výkonné. Nejnižší průtok, který se podařilo nastavit, byl $1,5 \text{ l/min}$.

5.5.5.1 Analýza vlivu teploty a průtoku chladicí kapaliny na účinnost FV panelu

Z výše uvedených údajů vyplývá, že chlazení napomáhá snížení teploty FV panelu a tedy zvýšení jeho účinnosti. To však platí jen do doby, než se chladicí kapalina v nádrži ohřeje tak, že panel už není chlazen dostatečně. Pokud by se podařilo udržet teplotu FV panelu na hodnotě $43 \text{ }^\circ\text{C}$, bylo by možné dosáhnout velmi dobré účinnosti až 18%, jak je patrné z tabulky v příloze F. Při měření FV panelu bez chlazení byla maximální naměřená účinnost 15%. Rozdíl se tedy pohybuje okolo tří procent.

Vzhledem k uspořádání systému pro kombinovanou výrobu nebylo možné přesně stanovit vliv průtoku na účinnost kvůli variabilitě všech veličin. Toto by bylo možné v případě udržení stálé teploty chladicí kapaliny, pokud by se uvažoval čistě FV provoz. V tom případě by byl průtok úměrný intenzitě slunečního záření.

Lze předpokládat, že při vyšším průtoku, kdy bude voda přiváděna do kolektoru rychleji, bude účinnost fotovoltaické části vyšší. Při nižším průtoku se totiž bude kapalina v kolektoru zdržovat delší dobu a tím se více zahřeje. Zvýší se tak celková teplota FV panelu a sníží se tím pádem jeho účinnost. Vliv průtoku však bude nejspíše zanedbatelný.

6 Energetická a ekonomická efektivita chlazení FV panelu

Zhodnocení efektivity využití FV panelu bylo uvažováno při sestavení fotovoltaického systému z deseti kusů kolektorů Volther Powervolt. Je uvažován případ ostrovního systému. Počítá se s údajem globálního ozáření v Plzeňském kraji - 1156,63 kWh/m².rok. Deset modulů by zabralo plochu 13,70 m² a dosáhly by maximálního elektrického výkonu 1,90 kWp. Ekonomická efektivita byla spočítána pomocí programu společnosti Intersekce s.r.o. (viz přílohy H, CH).

Pro zhodnocení energetické efektivity FV panelu jsou brány v úvahu nejvyšší účinnosti naměřené při experimentu na FV panelu s chlazením a bez něj. U panelu bez chlazení to byla účinnost 15 %, za přítomnosti chlazení 18 %. Po započtení všech údajů z tabulek v přílohách H a CH bylo dosaženo těchto výsledků:

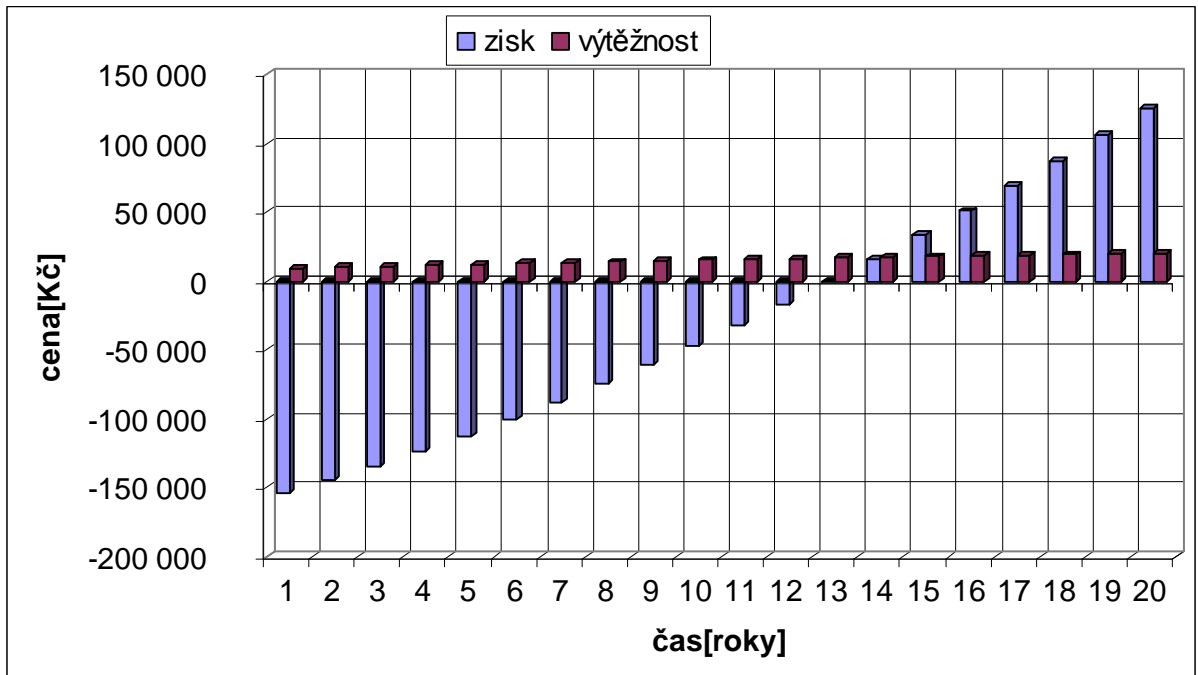
Tab. 6.1 Energetické zisky

	Roční energetický zisk	Poměr ročního energetického zisku a instalovaného výkonu
FV/T panel bez chlazení	2144 kWh	1128,55 kWh/kWp
FV/T panel s chlazením	2573 kWh	1354,26 kWh/kWp
Rozdíl	429 kWh	225,71 kWh/kWp

Z tabulky vyplývá, že využitím FV panelu s chlazením by energetický zisk vzrostl o 429 kWh/rok, což je navýšení zhruba o 17 %.

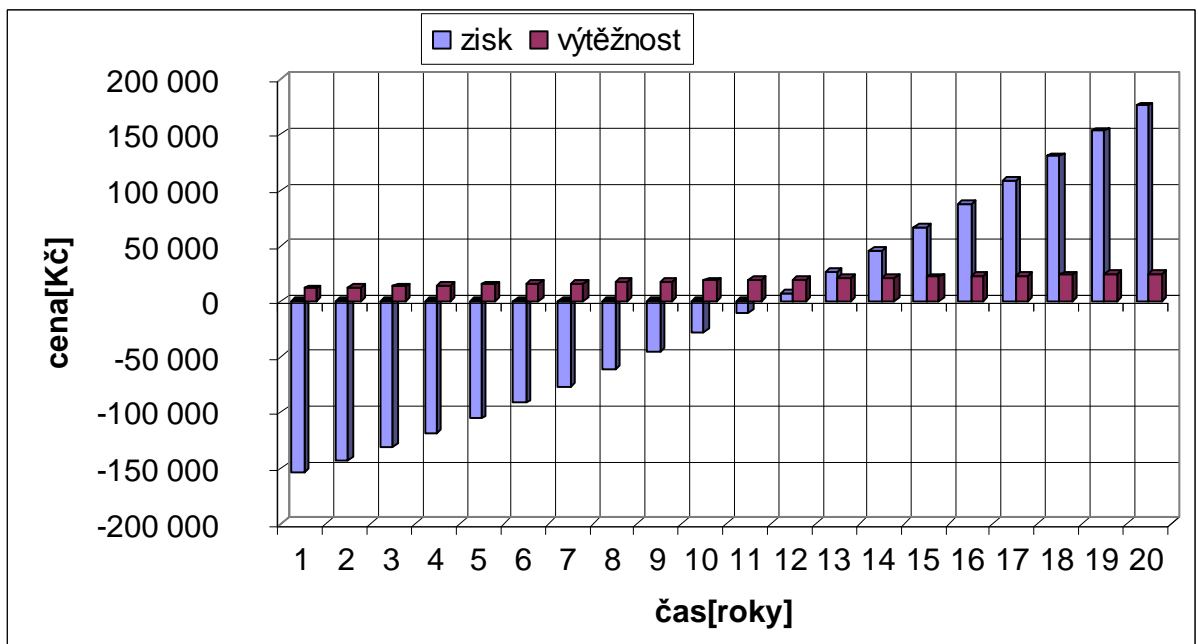
Z hlediska ekonomické efektivity lze ušetřit již při výrobě hybridních FV/T kolektorů. U hybridního FV/T kolektoru budou nižší výrobní náklady, protože je použit jednotný rám modulu.

Pokud uvažujeme ceny komponentů fotovoltaického systému dle tabulek Intersekce (viz příloha H), byla by cena technologie systému z panelů bez chlazení zhruba 146 300 Kč. K nákladům je potřeba připočítat výdaje spojené s instalací fotovoltaického systému, což je v našem případě zhruba 16 150 Kč. Celkové pořizovací náklady u panelů bez chlazení by tedy byly 162 450 Kč. Výdaje se vrátí zhruba za 13 let (viz graf 6.1). Zákonná záruka na připojení fotovoltaického systému je 20 let. Po této době je předpokládán zisk 126 032 Kč. Přehled výtěžností a zisků v jednotlivých letech je uveden v tabulce v příloze H.



Graf 6.1 Předpokládaná návratnost a zisk fotovoltaického systému bez chlazení

U panelů s chlazením je výše základních nákladů stejná, ale je potřeba navíc započítat cenu čerpadla a náklady na jeho provoz. Roční náklady na provoz čerpadla by činily zhruba 500 Kč. Celkové pořizovací náklady by činily 164 350 Kč. Návratnost výdajů by byla za 11-12 let (viz graf 6.2) a předpokládaný zisk ve výrobě elektřiny po 20 letech 175 828 Kč.



Graf 6.2 Předpokládaná návratnost a zisk fotovoltaického systému s chlazením

U panelů s chlazením je tedy díky dosažení vyšší účinnosti rychlejší návratnost výdajů a zisk ve výrobě elektřiny je vyšší, ale rozdíl není tak výrazný. Po dvaceti letech je rozdíl zhruba 50 000 Kč.

Po zhodnocení výše uvedených údajů je možné dojít k závěru, že využívání FV panelu s chlazením není ztrátové. Je možné dosáhnout většího energetického zisku a dřívější návratnosti vložených nákladů. Pokud bychom uvažovali, že další výhodou celého FV/T kolektoru je současný zisk tepelné energie, tato výhoda by se na hodnocení energetické a ekonomické efektivity celého modulu pozitivně projevila. Pro účely této práce se však brala v úvahu pouze část fotovoltaická, tedy pouze FV panel. Níže je uveden vztah pro výpočet účinnosti kombinované výroby elektrické energie a tepla.

Příklad výpočtu účinnosti kombinované výroby elektřiny a tepla

Data byla použita ze dne 26.4.2012, viz příloha E.

$$Q_k = Q \cdot \rho \cdot \tau \cdot c_p \cdot (t_{2a} - t_{0a})$$

$$Q_k = 0,0015 \cdot 1033 \cdot 42 \cdot 3,7 \cdot (303,86 - 302,76)$$

$$Q_k = 264,9 \text{ KJ} = 264900 \text{ J} = 105,1 \text{ W za 42 minut}$$

Kde Q_k – tepelný výkon odváděný teplonosnou kapalinou z kolektoru [W]

Q – průtok kapaliny [$\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]

ρ – hustota Tyfocoru LS je 1033 [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

τ – časová konstanta [min]

c_p – měrná tepelná kapacita Tyfocoru LS při 20°C je 3,7 [$\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

t_{2a} – aritmetický průměr výstupní teploty kapaliny za 42 min je 303,86 [K]

t_{0a} – aritmetický průměr vstupní teploty kapaliny za 42 min je 302,76 [K]

$$\eta_k = \frac{P + Q_k}{e \cdot A} \cdot 100 = \frac{161,72 \cdot 105,1}{843 \cdot 1,125} \cdot 100 = 28\%$$

Kde η_k - účinnost pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla [%]

P – elektrický výkon [W]

Q_k - tepelný výkon odváděný teplonosnou kapalinou z kolektoru [W]

e_a – aritmetický průměr intenzity slunečního záření za 42 min [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

A - aktivní plocha panelu [m^2]

Závěr

V této diplomové práci jsem teoreticky představil hlavní druhy fotovoltaických panelů, jejich vlastnosti a popsal jsem stavbu solárního panelu obecně. Uvedl jsem také některé novější trendy ve fotovoltaice. Dále jsem shrnul, jaké faktory mohou ovlivňovat účinnost fotovoltaických panelů. Jedná se zejména o orientaci panelu, klimatické podmínky a teplotu. Stručně jsem představil český a mezinárodní fotovoltaický trh a vytvořil jsem přehled hlavních panelů na nich dostupných. K dispozici jsou zejména panely monokrystalické a polykrystalické, menší zastoupení mají amorfní panely a panely kombinované se na trh teprve postupně dostávají, jejich výroba není zatím rozšířena. Pozornost jsem věnoval nejvíce rozšířeným značkám panelů od světových výrobců. České firmy se zaměřují spíše na prodej fotovoltaické techniky a realizaci fotovoltaických systémů.

Praktická část práce byla založena na měřeních provedených na hybridním FV/T kolektoru Volther Powervolt, která byla zaměřena na zjišťování účinnosti fotovoltaické části tohoto panelu (monokrystalický panel). Výsledky měření byly ovlivněny nepříznivými klimatickými podmínkami a časově omezenou prací s kolektorem, v některých případech také nepřesností měřicích přístrojů. Měření provedená v laboratorních podmínkách by přinesla spolehlivější výsledky.

FV panel jsem měřil za přítomnosti chlazení a bez něj. Z naměřených údajů jsem vypočítal výkon a účinnost FV panelu. Na základě porovnání výsledků obou měření jsem zjistil, že chlazení může zvýšit účinnost FV panelu až o 3%. Při měřeních bylo dosaženo účinnosti 18%, nejvyšší naměřená účinnost FV panelu bez chlazení byla 15%. Nejlepších výsledků účinnosti by bylo dosaženo, pokud by se udržela stálá teplota chladicí kapaliny (podle našich měření to bylo kolem 43 °C). Čím více se kapalina ohřívá, tím vyšší je také teplota FV panelu a tím rychleji klesá účinnost.

Podle měření se vliv průtoku chladicí kapaliny projevuje tak, že při vyšších průtocích je křivka průběhu účinnosti méně strmá. Předpokládá se tedy, že vyšší průtok by pravděpodobně více zpomalil proces ohřívání FV panelu. Přesně by se dal tento vliv zjistit při měřeních provedených za stálé intenzity slunečního záření, teploty okolí a teploty chladicí kapaliny. To však nebylo v našich podmínkách možné provést.

Dále jsem zhodnotil energetickou a ekonomickou efektivitu pro příklad ostrovního systému z deseti hybridních FV/T kolektorů. Při analýze energetické efektivnosti FV panelu s chlazením jsem zjistil, že jeho roční energetický zisk je 2573 kWh, zatímco u panelu bez

chlazení je to 2144 kWh. Roční nárůst energetického zisku činí 429 kWh. Pokud je tedy FV panel chlazen, lze dosáhnout 17% navýšení ročního energetického zisku. Celkové pořizovací náklady panelu s chlazením byly 164 350 Kč, u panelu bez chlazení 162 450 Kč. Rozdíl by se lišil podle typu zvoleného čerpadla. Návratnost výdajů u panelu bez chlazení je zhruba 13 let, u chlazeného panelu je už za 11-12 let. U panelu s chlazením lze také dosáhnout vyššího zisku ve výrobě elektřiny, po dvaceti letech by byl 175 828 Kč, zatímco u panelu bez chlazení 126 032 Kč.

Z provedených měření tedy vyplývá, že z ekonomického hlediska není panel s chlazením tak výhodný, jak by se dalo předpokládat. Pokud by byl hodnocen také přínos termické části kolektoru, bylo by dosaženo jiných výsledků.

Použité zdroje

Knihy:

- [1] THEMESSEL, Armin a WEISS, Werner. *Solární systémy*. Praha : Grada, 2005, 116s.
- [2] MURTINGER, Karel, BERANOVSKÝ, Jiří a TOMEŠ, Milan. *Fovoltaika: elektřina ze slunce*. Vyd. 1., Brno: ERA 2007, 81 s.
- [3] HASELHUHN, Ralf. *Fovoltaika: Budovy jako zdroj proudu*. Vyd. 1., Ostrava: nakladatelství HEL, 2010. 176s.
- [4] KARAMANOLIS, Stratis. *Sluneční energie: Východisko z ekologicko-energetické krize*. Praha: Sdružení MAC,s.r.o., 1996. 238s.
- [5] CENEK, Miroslav a kol. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha : FCC Public, 2001. 208 s.
- [6] KRIEG, Bernhard, *Elektřina ze Slunce: Solární technika v teorii a praxi*. Ostrava: vyd. nakladatelství HEL,1993. 223s.

Internetové zdroje:

- [7] <http://www.zelenezpravy.cz/solarni-energie-a-jeji-vyuziti/>
- [8] <http://www.isolar.cz/solarni-panely.html>
- [9] <http://www.umel.feec.vutbr.cz/VIT/images/pdf/aktuality/bousek-fovoltaika.pdf>
- [10] <http://www.tzb-info.cz/4251-pruzne-fovoltaicke-moduly-ano-ci-ne>
- [11] <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>
- [12] <http://www.solarnimoduly.cz/jake-fovoltaicke-panely.html>
- [13] [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/fovoltaicka_zarizeni/\\$FILE/oued-fovoltaika_graf1-20100315.jpg](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/fovoltaicka_zarizeni/$FILE/oued-fovoltaika_graf1-20100315.jpg)
- [14] <http://fovoltaika.ekowatt.cz/ucinnost-panelu.php>
- [15] <http://www.infratopeni-ekoekotop.cz/Fovoltaika.html>
- [16] <http://www.energotherm.cz/uvod-do-fovoltaiky/fovoltaika-v-r>
- [17] http://www.es-systems.eu/fovoltaika_princip.php
- [18] <http://www.energetickyporadce.cz/data/.../OZE/Fovoltaika/brozura.pdf>
- [19] http://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf
- [20] <http://www.solarninovinky.cz/2010/index.php?rs=4&r1=2012020603&rm=15>

- [21] <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/fotovoltaika-narodni-akcni-plany-pro-oze-vybranych-zemi-eu>
- [22] <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>
- [23] <http://www.wattsun.cz/fotovoltaicke-panely.php>
- [24] <http://solar.terms.eu>
- [25] <http://www.solartec.cz/cs/vyroba/panely.html>
- [26] <http://www.hbsolar.cz/fve/4-Panely-Solarwatt>
- [27] http://www.solarwatt.de/fileadmin/user_upload/pdf/datenblaetter/datenblaetter_tschechisch/SOLARWATT_M220-60_GET_AK_black_cz.pdf
- [28] <http://www.phonosolar.cz/phonosolar/fotovoltaicke-moduly-phonosolar/>
- [29] <http://www.joyce-energie.cz/produkty/fotovoltaicke-panely/>
- [30] <http://www.mtechsolar.cz>
- [31] <http://www.solar-aleo.cz>
- [32] <http://www.aleo-solar.cz/vyrobky/solarni-moduly>
- [33] http://www.nemakej.cz/ALEO-S_16-185-Wp-Polykrystal-n21939
- [34] <http://www.etlsolar.cz/o-spolecnosti-rec.asp>
- [35] <http://www.soleg.cz/fotovoltaika/fv-velkoobchod/produkty/fotovoltaicke-moduly.html>
- [36] http://www.soleg.cz/fileadmin/user_upload/CZ/Downloads/FV_velkoobchod/Moduly_fotovoltaika/Solarworld/Datove_listy/SW%20datov%C3%BD%20list%20poly.pdf
- [37] <http://www.gbc-montaze.cz/index.php?nid=6348&lid=cs&oid=2023875>
- [38] <http://www.gbc-montaze.cz/index.php?nid=6348&lid=cs&oid=2023874>
- [39] <http://www.sorbi.cz/topray-solar>
- [40] <http://eshop.micronix.cz/solarni-technika/solarni-panely>
- [41] <http://www.nemakej.cz/SUNPOWER-SPR-225-WHT-n21894>
- [42] <http://solar.terms.eu/cs/component/sunpower>
- [43] <http://www.isolar.cz/solarni-panely-yingli-solar.32.html>
- [44] <http://cz.krannich-solar.com/cz/produkty/solarni-panely/yingli.html>
- [45] http://www.gsenenergy.eu/doc/yingli/datasheets/Panda_265_Series_EU_EN.pdf
- [46] <http://www.nemakej.cz/Kaneka-HB-110-n21938>
- [47] <http://www.gbc-montaze.cz/file.php?nid=6348&oid=1369567>
- [48] <http://www.euronom.cz/solarni-kolektory/solarni-kolektory-ExoSol-EU21>
- [49] <http://www.tzb-info.cz/4473-taconova-moderni-komponenty-pro-vytapeni-chlazeniklima-a-zdravotechniku>

- [50] <http://www.gme.cz/cz/digitalni-multimetr-metex-m-3800-p722-055/>
- [51] <http://pepinator.tym.cz/online/fyzika/elektrotechnicke-znacky/menitelny-odpor-reostat.php>
- [52] <http://www.laboratorni-potreby.cz/teplomery-digitalni-kapesni/digitalni-teplomer-greisinger-gmh-3230/>
- [53] http://smrcne.cz/wiki/index.php/Měření_výkonu
- [54] <http://www.sevelasro.cz/kolektory.html>
- [55] <http://www.opc15.com/download/tyfocor.pdf>
- [56] <http://www.sunlux.cz/cs/produkty/fv-panely>
- [57] <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/5964-multifunkcni-solarni-kolektory-pro-integraci-do-budov>
- [58] <http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2007/15/Kukuczka.pdf>
- [59] <http://hybridnekolektory.sk/Katalog-Solimpeks.pdf>
- [60] <http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/hybridni-solarni-panely-voda-i-elektrina-v-jednom>
- [61] <http://www.eru.cz>
- [62] <http://www.4t.cz/termika/kolektory/specialni-kolektory/hybridni-kolektor-powervolt-190500/>

Seznam příloh

Příloha A – Elektrické parametry panelu SunPower Série E19

Příloha B – Elektrické parametry panelu Sunpower 238E

Příloha C – Elektrické parametry panelů Yingli Solar

Příloha D – Hybridní solární kolektor ExoSol EU21

Příloha E – Naměřené hodnoty na panelu bez chlazení ze dne 26.4.2012

Příloha F – Naměřené hodnoty na panelu s chlazením ze dne 27.4.2012

Příloha G – Katalogový list měřeného hybridního kolektoru Volther Powervolt

Příloha H – Tabulky navržené společností Intersekce s.r.o. v programu Microsoft Office Excel - pro energetickou a ekonomickou efektivitu panelu bez chlazení

Příloha CH – Tabulky navržené společností Intersekce s.r.o. v programu Microsoft Office Excel - pro energetickou a ekonomickou efektivitu panelu s chlazením

Příloha I – Příklad vyhodnocených dat z programu PV Enlargement

Příloha J – Hodnoty intenzit slunečního záření ze dne 26.4.2012

Příloha K – Fotografie z měření

Přílohy

Příloha A - Elektrické parametry panelu SunPower Série E19 [42]

Electrical Data		
Measured at Standard Test Conditions (STC): Irradiance 1000W/m ² , AM 1.5, and cell temperature 25° C		
Nominal Power (+5/-3%)	P_{nom}	238 W
Efficiency	η	19.1 %
Rated Voltage	V_{mpp}	40.5 V
Rated Current	I_{mpp}	5.88 A
Open Circuit Voltage	V_{oc}	48.5 V
Short Circuit Current	I_{sc}	6.25 A
Maximum System Voltage	IEC	1000 V
Temperature Coefficients	Power (P)	-0.38% / K
	Voltage (V_{oc})	-132.5mV / K
	Current (I_{sc})	3.5mA / K
NOCT		45° C +/-2° C
Series Fuse Rating		20 A
Limiting Reverse Current (3-strings)	I_r	15.6 A

Příloha B - Elektrické parametry panelu Sunpower 238E [42]

Electrical Data		
<small>Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C</small>		
Peak Power (+5/-3%)	P_{max}	318 W
Efficiency	η	19.5 %
Rated Voltage	V_{mpp}	54.7 V
Rated Current	I_{mpp}	5.82 A
Open Circuit Voltage	V_{oc}	64.7 V
Short Circuit Current	I_{sc}	6.20 A
Maximum System Voltage	UL	600 V
Temperature Coefficients	Power (P)	-0.38% / K
	Voltage (V_{oc})	-176.6mV / K
	Current (I_{sc})	3.5mA / K
NOCT		45° C +/-2° C
Series Fuse Rating		15 A

Příloha C - Elektrické parametry panelů Yingli Solar [44]

a) polykrystalické

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module name			YGE 245	YGE 240	YGE 235	YGE 230	YGE 225
Module type			YL245P-29b	YL240P-29b	YL235P-29b	YL230P-29b	YL225P-29b
Power output	P_{max}	W	245	240	235	230	225
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	-0 ~ +5				
Module efficiency	η_m	%	15.0	14.7	14.4	14.1	13.8
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	30.2	29.5	29.5	29.5	29.5
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.11	8.14	7.97	7.80	7.63
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	37.8	37.5	37.0	37.0	36.5
Short-circuit current	I_{sc}	A	8.63	8.65	8.54	8.40	8.28

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Ave. efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

b) monokrystalické

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module name			PANDA 265	PANDA 260	PANDA 255	PANDA 250	PANDA 245
Module type			YL265C-30b	YL260C-30b	YL255C-30b	YL250C-30b	YL245C-30b
Power output	P_{max}	W	265	260	255	250	245
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	-0 ~ +5				
Module efficiency	η_m	%	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0
Voltage at P_{max}	V_{mpp}	V	31.0	30.8	30.6	30.5	30.4
Current at P_{max}	I_{mpp}	A	8.55	8.46	8.33	8.20	8.07
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	39.0	38.6	38.2	38.1	38.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	8.93	8.91	8.85	8.71	8.59

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Ave. efficiency reduction of 2% at 200W/m² according to EN 60904-1.

Příloha D - Hybridní solární kolektor ExoSol EU21 [48]

PV-modul (fotovoltaický)	
Jmenovitý výkon	16,0 W
Jmenovité napětí	17,0 V
Jmenovitý proud	0,92 A
Napětí naprázdno	21,4 V
Proud nakrátko	1,1 A
Napětí naprázdno při -10°	23,5 V
Nominální napětí při +70°	14,6 V
Typ panelu	CIS
Teplotní koeficient napětí naprázdno	-0,29 %/°C
Teplotní koeficient za provozu	-0,36 %/°C
Délka	1200 mm
Šířka	150 mm
Výška	17,75 mm
Váha	2,86 kg
Materiál obalu	Sklo/Sklo
Propojení	Kabel, 1 m
Čerpadlo Euronom-AMK EU21	
Maximální provozní teplota	110 °C
Maximální provozní tlak	8 bar
Materiál	Mosaz
Materiál ostatních komponentů	Nerezová ocel, mosaz, plast/EPP
Typ skla	Borosilikát
O-kroužky	EPDM
Těsnění	Materiál speciálně odolný vysokým teplotám
Izolační materiál	EPP
Norma závit	ISO 228
Přesnost	10 %
Solární kapalina	Tyfocor® - polypropylen-glykol s inhibitorem odpařovaným při stagnaci
ExoSol	
Délka	1700 mm
Šířka	1250 mm
Výška včetně rámu	97 mm
Hrubá plocha kolektoru	2,13 m ²
Aktivní absorbční plocha 360°	2,5 m ²
Aperturyta	1,72 m ²
Hmotnost	48 kg
Absorbér, 360°	Borosilikat 3.3
Materiál rámu	Hliník
Absorbér / selektivní	9-vrstev alu-nitrit/hliník/ocel
Konektory	6 x 3/4"
Objem kapaliny	3,1 l
Připustný provozní tlak	10 bar
Doporučený průtok	1,1 l/modul/min.
Teplný výkon/rok	Max 659 kWh/m ² (dle SP)

Příloha E- Naměřené hodnoty na panelu bez chlazení ze dne 26.4.2012

čas[hod]	t_1 [°C]	t_4 [°C]	e [W.m ⁻²]	U[V]	I[A]	P[W]	η [%]
10:25	49	20	815	30,8	4,49	138,29	15,08
10:28	48	20	820	30,8	4,47	137,68	14,92
10:31	48,5	20	825	30,7	4,45	136,62	14,72
10:34	48	20,5	850	29,7	4,34	128,90	13,48
10:37	48,5	20,5	838	30,9	4,48	138,43	14,68
10:40	50,5	20,5	840	31	4,51	139,81	14,79
10:43	49,5	20,5	874	31,2	4,52	141,02	14,34
10:46	48	20,5	855	31,2	4,53	141,34	14,69
10:49	49	20,5	855	31,3	4,53	141,79	14,74
10:52	48	20,5	870	31,4	4,55	142,87	14,60
10:55	50	20,5	880	31,4	4,55	142,87	14,43
10:58	50,5	20,5	889	31,1	4,54	141,19	14,12
11:01	50,5	20,5	900	31,4	4,55	142,87	14,11
11:04	50,5	21	880	30,9	4,47	138,12	13,95
11:07	51	21	890	31,6	4,57	144,41	14,42
11:10	51,5	21	906	31,6	4,58	144,73	14,20
11:13	50,5	21	910	31,7	4,59	145,50	14,21
11:16	51	21	920	31,8	4,62	146,92	14,19
11:19	52	21	915	31,8	4,61	146,60	14,24
11:21	52,5	21	915	31,8	4,61	146,60	14,24
11:24	53	21	936	31,8	4,4	139,92	13,29
11:27	54	21,5	935	31,1	4,5	139,95	13,30
11:30	54,5	21,5	940	31,8	4,6	146,28	13,83
11:33	53,5	21,5	938	31,6	4,59	145,04	13,74
11:36	53	21,5	949	31,7	4,59	145,50	13,63
11:39	55,5	22,5	959	31,6	4,58	144,73	13,41
11:42	56,5	22,5	980	31,5	4,56	143,64	13,03
11:45	56,5	23	980	31,5	4,56	143,64	13,03
11:48	57,5	23,5	979	31,4	4,54	142,56	12,94
11:51	57,5	23,5	980	31,6	4,54	143,46	13,01
11:54	55	23,5	1010	31,8	4,58	145,64	12,82
11:57	56	23,5	998	31,7	4,54	143,92	12,82
12:00	56,5	23,5	980	31,6	4,53	143,15	12,98
průměr	52,00	21,35	909,42	31,36	4,54	142,24	13,90

Příloha F- Naměřené hodnoty na panelu s chlazením ze dne 27.4.2012

čas[hod]	t ₀ [°C]	t ₁ [°C]	t ₂ [°C]	t ₄ [°C]	e[W.m ⁻²]	U[V]	I[A]	P[W]	P ₀ [W]	Q[l/min]	η[%]
10:26	23,9	47	24,4	21,5	786	33,2	4,76	158,14	0,043	1,5	17,88
10:29	24,4	43	24,6	21,5	790	33,5	4,81	161,01	0,099	1,5	18,12
10:32	25,4	43	26,1	21,5	795	33,6	4,82	161,97	0,143	1,5	18,11
10:35	25,8	42	26,8	22	805	33,7	4,84	162,94	0,167	1,5	17,99
10:38	26,2	42	27,5	22	820	33,7	4,84	162,94	0,192	1,5	17,66
10:41	28,2	43	29,1	22	835	33,7	4,84	162,94	0,233	1,5	17,35
10:44	29,1	42	30,3	22	840	33,7	4,84	162,94	0,299	1,5	17,24
10:47	30	42	31,3	22,5	845	33,7	4,84	162,94	0,338	1,5	17,14
10:50	30,2	43	31,6	22,5	850	33,7	4,84	162,94	0,351	1,5	17,04
10:53	30,8	41	32,5	23	856	33,7	4,84	162,94	0,403	1,5	16,92
10:56	31	43,5	33,2	23	863	33,7	4,84	162,94	0,429	1,5	16,78
10:59	33,4	45,5	34,6	23	885	33,5	4,81	161,01	0,481	1,5	16,17
11:02	34,4	45,5	35,6	23	883	33,4	4,79	160,05	0,52	1,5	16,11
11:05	35,4	45	36,3	23	889	33,4	4,79	160,05	0,559	1,5	16,00
11:08	36	45	36,8	23	902	33,4	4,79	160,05	0,585	1,5	15,77
11:11	36,4	45	36,6	23	906	33,2	4,76	158,14	0,636	4	15,52
11:14	36,8	48	36,9	23	920	33,2	4,76	158,14	0,673	4	15,28
11:17	36,8	50	37,6	23,5	921	33,2	4,76	158,14	0,698	4	15,26
11:20	37,1	48	38,1	24	923	33,2	4,76	158,14	0,723	4	15,23
11:23	37,8	49	39,2	24	934	33,1	4,75	157,19	0,774	4	14,96
11:26	38,2	48,5	40	24,5	936	33,1	4,75	157,19	0,824	4	14,93
11:29	39,1	50,5	40,8	24,5	940	33,1	4,75	157,19	0,861	4	14,86
11:32	39,4	50,5	41,3	25	955	33,1	4,75	157,19	0,874	4	14,63
11:35	40,6	51,5	42,6	25,5	958	32,9	4,72	155,30	0,924	4	14,41
11:38	40,9	52,5	42,9	25,5	958	32,9	4,72	155,30	0,974	4	14,41
11:41	41,4	53,5	43,7	26	961	32,8	4,71	154,35	0,986	4	14,28
11:44	42	54	44,1	26	969	32,7	4,69	153,41	1,024	4	14,07
11:47	42,6	54	44,6	26	972	32,6	4,68	152,48	1,049	4	13,94
11:50	42,7	55	45,3	26	976	32,7	4,69	153,41	1,099	4	13,97
11:53	43,3	53,5	45,4	26,5	979	32,6	4,68	152,48	1,149	6	13,84
11:56	43	53,5	46,4	26,5	980	32,6	4,68	152,48	1,185	6	13,83
11:59	43,2	55	46,8	26,5	986	32,6	4,68	152,48	1,222	6	13,75
12:02	43,5	54,5	47,3	26,5	989	32,5	4,66	151,54	1,271	6	13,62
12:05	44,6	57	47,7	26,5	990	32,4	4,65	150,61	1,308	6	13,52
12:08	45,5	56,5	48,6	26,5	992	32,5	4,66	151,54	1,344	6	13,58
12:11	46,2	57	48,7	26,5	995	32,4	4,65	150,61	1,381	6	13,45
12:14	46,8	57,5	49,5	26,5	1000	32,3	4,63	149,68	1,405	6	13,31
12:17	48	57	50,4	26,5	1005	32,2	4,62	148,76	1,454	6	13,16
12:20	48,3	58	51,1	27	1002	32,2	4,62	148,76	1,502	6	13,20
12:23	48,8	57,5	51,3	27,5	1005	32,2	4,62	148,76	1,527	6	13,16
12:26	48	58,5	51,8	27,5	1020	32,3	4,63	149,68	1,588	6	13,04
12:29	47,9	58	52	27,5	1008	32,4	4,65	150,61	1,624	6	13,28
12:32	48,5	57	52,4	27,5	1010	32,5	4,66	151,54	1,648	6	13,34
průměr	38,18	50,07	40,09	24,59	926,37	33,00	4,73	156,30			15,00

Příloha G – Katalogový list měřeného hybridního kolektoru Volther Powervolt [62]



4T, a.s. - Průmyslová 566/5, 108 00 Praha 10, Česká republika

DIČ:CZ27135641, spisová značka: B 9233 vedená u rejstříkového soudu v Praze

provozovna : 4T, a.s. - Vančurova 113, 277 13 Kostelec nad Labem

T: +420.326.734.964, F: 326.734.965, E: info@4T.cz, www.4T.cz

ISO 9001: 2000



NÁZEV ZBOŽÍ : Hybridní kolektor

ČÍSLO ZBOŽÍ : SO190500

TYP : Powervolt 190/500

POPIS : Deskový hybridní kolektor pro současnou výrobu tepelné i elektrické energie, plášť z Al, trubky a absorber z Cu, povrch absorberu Monokrystalický, vhodný pro celoroční provoz. Powervolt výkon – FVE 190 Wp, Termika 500 W / 1 kolektor

	Volther kolektor hybridní	Volther kolektor hybridní
Typ	Powervolt 190/500	Powertherm 170/750
Rozměry	828x1655x90 mm	860x1660x105 mm
Váha	24 kg	34,4 kg
Obsah kapaliny	1,2 l	1,2 l
Absorber	Monokrystalický	Monokrystalický
Počet článků	72	72
Rozměry článků	125x125 mm	125x125 mm
Nominální výkon	190 W	170
Nominální proud	5,2 A	5,2 A
Zkratový proud	5.6A	5.6A
Optimální provozní napětí	36.5V	36.5V
Napětí na prázdno	45.2V	45.2V
Teplotní výměník	Měď	Měď
Vnitřní potrubí	Měď	Měď
Průtok	65 l/h	65 l/h
Zkušební tlak (bar)	20	20
Provozní tlak (bar)	10	10
Vrchní sklo	PV sklo	Extra Solar sklo
Těsnění	EPDM&Silicon	EPDM & Silisyum
Maximální teplota	<110 °C	<110 °C
Rám	Hliník	Hliník
Zadní strana	Hliník	Hliník
Záruka	10 let	10 let
Záruka výkonu	90% < 10 let	90% < 10 let
Záruka účinnosti	80% < 20 let	90% < 20 let



Radiace	1000	W/m2	η
ΔT%10°C	Q=55 l/h/m2		
T out	Wth/m2	We/m2	Wth/m2
10°C	>680	146,00	>82,0%
20°C	680	138	81%
40°C	557	123	68%
60°C	475	108	58%
80°C	370	96	46%

Příloha H – Tabulky navržené společností Intersekce s.r.o. v programu Microsoft Office Excel - pro energetickou a ekonomickou efektivitu panelu bez chlazení

Lokalita:	dle poptávky	⇒	Plzeňský kraj
Globální záření:			1156,63 kWh/m ² .rok
Typ modulu:	Powervolt 190/500	monokrystal	
Výkon modulu	190	Wp	
Výška modulu:	1,655	m	
Šířka modulu:	0,828	m	
Plocha modulu:	1,370	m ²	
Počet modulů:	10	ks	
Plocha modulů:	13,70	m ²	
PV maximální výkon:	1,90	kWp	
Účinnost modulu:	15	%	
Teplotní koeficient:	-0,43	%/°C	
Účinnost vlivem sklonu a odchylkou od jihu:	100	%	dle poptávky
Ztráta vlivem teploty	3,870	%	
Ztráta reflexí	3,0	%	
Ztráta vedením	1	%	
Účinnost modulů	92,31	%	
Účinnost měničů	97,7	%	
Roční energetický zisk:	2 144	kWh	
Poměr ročního energetického zisku a instalovaného výkonu:	1 128,55	kWh/kWp	

Položka	Kč/Wp	Cena celkem (Kč)
Technologie FVE		
FV moduly	55,00	104 500
Měniče (invertory)	10,00	19 000
AL-konstrukce	9,00	17 100
AC/DC kabely a konektory	1,00	1 900
Drobný instalační materiál	2,00	3 800
Cena technologie FVE celkem	77,00	146 300

Ostatní náklady, které nejsou zahrnuty v ceně technologie		
Projednání připojení k distribuční síti, prováděcí projektová dokumentace, přípojka mezi střídačem a místem měření, revize	0,00	0
Montáž FVE, zprovoznění, zkoušky	8,50	16 150
Příplatek za nestandardní provedení (rozložení FV modulů do několika bloků na střeše, uložení FV modulů na nosné konstrukce pod žadáním úhlem)	0,00	0
Cena za ostatní náklady celkem	8,50	16 150
CELKEM ZA INSTALACI bez DPH	85,50	162 450

Poznámky: ceny jsou uvedeny bez DPH

Roční energetický zisk:	2 144	kWh		
Celkové náklady:	162 450	Kč		
Provozní náklady:	1 000	Kč	např. pojištění	
Finanční výnos PP:	0	Kč	0,00	Kč/kWh
Finanční výnos ZB: (samospotřeba 0 %)	0	Kč	0,00	Kč/kWh
Finanční výnos ZB *3	9 649	Kč	při ceně nakupované elektřiny	
při samospotřebě X (%): 100			4,5	Kč/kWh

rok (ode dne spuštění)	* výtěžnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	9 649	-163 450	-153 801	-153 801
2	10 334	-1 000	9 334	-144 467
3	11 006	-1 000	10 006	-134 460
4	11 666	-1 000	10 666	-123 795
5	12 312	-1 000	11 312	-112 482
6	12 946	-1 000	11 946	-100 536
7	13 567	-1 000	12 567	-87 970
8	14 175	-1 000	13 175	-74 795
9	14 770	-1 000	13 770	-61 026
10	15 352	-1 000	14 352	-46 674
11	15 921	-1 000	14 921	-31 753
12	16 477	-1 000	15 477	-16 275
13	17 021	-1 000	16 021	-254
14	17 552	-1 000	16 552	16 297
15	18 070	-1 000	17 070	33 367
16	18 575	-1 000	17 575	50 941
17	19 067	-1 000	18 067	69 008
18	19 546	-1 000	18 546	87 554
19	20 012	-1 000	19 012	106 566
20	20 466	-1 000	19 466	126 032

* je započteno průměrné meziroční stárnutí článků (max. 1%) a průměrná valorizace zelených bonusů, dále také meziroční zvyšování ceny odebírané elektřiny

Příloha CH – Tabulky navržené společností Intersekce s.r.o. v programu Microsoft Office Excel - pro energetickou a ekonomickou efektivitu panelu s chlazením

Lokalita:	dle poptávky	⇒	Plzeňský kraj	
Globální záření:			1156,63	kWh/m ² .rok
Typ modulu:	Powervolt 190/500	monokrystal		
Výkon modulu	190	Wp		
Výška modulu:	1,655	m		
Šířka modulu:	0,828	m		
Plocha modulu:	1,370	m ²		
Počet modulů:	10	ks		
Plocha modulů:	13,70	m ²		
PV maximální výkon:	1,90	kWp		
Účinnost modulu:	18	%		
Teplotní koeficient:	-0,43	%/°C		
Účinnost vlivem sklonu a odchylkou od jihu:	100	%	dle poptávky	
Ztráta vlivem teploty	3,870	%		
Ztráta reflexí	3,0	%		
Ztráta vedením	1	%		
Účinnost modulů	92,31	%		
Účinnost měničů	97,7	%		
Roční energetický zisk:	2 573	kWh		
Poměr ročního energetického zisku a instalovaného výkonu:				
	1 354,26	kWh/kWp		

Položka	Kč/Wp	Cena celkem (Kč)
Technologie FVE		
FV moduly	55,00	104 500
Měniče (invertory)	10,00	19 000
AL-konstrukce	9,00	17 100
AC/DC kabely a konektory	1,00	1 900
Drobný instalační materiál	3,00	5 700
Cena technologie FVE celkem	78,00	148 200

Ostatní náklady, které nejsou zahrnuty v ceně technologie		
Projednání připojení k distribuční síti, prováděcí projektová dokumentace, přípojka mezi střídačem a místem měření, revize	0,00	0
Montáž FVE, zprovoznění, zkoušky	8,50	16 150
Příplatek za nestandardní provedení (rozložení FV modulů do několika bloků na střeše, uložení FV modulů na nosné konstrukce pod žádaným úhlem)	0,00	0
Cena za ostatní náklady celkem	8,50	16 150
CELKEM ZA INSTALACI bez DPH	86,50	164 350

Poznámky: ceny jsou uvedeny bez DPH

Roční energetický zisk:	2 573	kWh		
Celkové náklady:	164 350	Kč		
Provozní náklady:	1 500	Kč	např. pojištění	
Finanční výnos PP:	0	Kč	0,00	Kč/kWh
Finanční výnos ZB: (samospotřeba 0 %)	0	Kč	0,00	Kč/kWh
Finanční výnos ZB *3	11 579	Kč	při ceně nakupované elektřiny	
při samospotřebě X (%): 100			4,5	Kč/kWh

rok (ode dne spuštění)	* výtěžnost	náklady	r. výsledek	zisk
1	11 579	-165 850	-154 271	-154 271
2	12 401	-1 500	10 901	-143 370
3	13 208	-1 500	11 708	-131 662
4	13 999	-1 500	12 499	-119 163
5	14 775	-1 500	13 275	-105 889
6	15 535	-1 500	14 035	-91 854
7	16 280	-1 500	14 780	-77 074
8	17 009	-1 500	15 509	-61 564
9	17 723	-1 500	16 223	-45 341
10	18 422	-1 500	16 922	-28 419
11	19 105	-1 500	17 605	-10 813
12	19 773	-1 500	18 273	7 459
13	20 425	-1 500	18 925	26 385
14	21 062	-1 500	19 562	45 947
15	21 683	-1 500	20 183	66 130
16	22 289	-1 500	20 789	86 920
17	22 880	-1 500	21 380	108 300
18	23 455	-1 500	21 955	130 255
19	24 015	-1 500	22 515	152 769
20	24 559	-1 500	23 059	175 828

* je započteno průměrné meziroční stárnutí článků (max. 1%) a průměrná valorizace zelených bonusů, dále také meziroční zvyšování ceny odebírané elektřiny

Příloha I - Příklad vyhodnocených dat z programu PV Enlargement (intenzita slunečního záření je vždy druhá hodnota v řádku č. 2)

0; 15; 11:10:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 719,96; 704,96; 652,41; 22,73; 22,42; 22,21;
2; 913,51; 892,82; 816,55; 51,67; 49,31; 46,86; 52,03; 51,50; 50,75; 257,32; 242,66; 228,61; 7,98;
7,52; 6,88; 1866,01; 1823,79; 1674,72;
3; 1705,29; 1670,92; 1537,55;
4; 1055,04;
5; 78,00;
0; 15; 11:20:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 757,88; 721,79; 578,65; 22,53; 22,42; 22,29;
2; 959,79; 913,47; 725,62; 49,92; 48,70; 47,22; 51,83; 51,40; 50,91; 306,59; 239,75; 202,16; 8,70;
7,76; 0,03; 1970,94; 1860,03; 7,67;
3; 1801,29; 1702,88; -3,76;
4; 1055,04;
5; 79,00;
0; 15; 11:30:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 775,80; 743,09; 625,53; 23,05; 22,63; 22,33;
2; 977,49; 936,78; 772,29; 54,69; 51,65; 47,97; 54,89; 53,33; 51,83; 251,30; 238,80; 226,35; 8,57;
7,93; 6,60; 1964,77; 1893,99; 1562,04;
3; 1798,13; 1733,41; 1436,27;
4; 156,36;
5; 63,00;
0; 15; 11:40:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 773,04; 763,39; 677,23; 23,80; 23,50; 23,05;
2; 974,27; 961,54; 846,72; 56,00; 54,90; 53,62; 57,31; 56,44; 54,89; 251,30; 237,63; 226,35; 8,49;
8,08; 7,21; 1939,30; 1920,05; 1698,06;
3; 1774,92; 1756,31; 1558,65;
4; 180,36;
5; 62,00;
0; 15; 11:50:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 786,83; 775,50; 735,82; 23,68; 23,55; 23,33;
2; 988,35; 975,25; 913,11; 55,84; 54,23; 52,03; 57,75; 56,93; 56,00; 300,82; 237,02; 204,41; 9,06;
8,16; 0,02; 1966,23; 1932,11; 6,51;
3; 1798,13; 1766,63; -3,76;
4; 201,36;
5; 62,00;
0; 15; 12:00:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 814,40; 781,58; 578,65; 23,76; 23,54; 23,37;
2; 1019,74; 977,97; 676,13; 54,17; 52,28; 50,56; 56,00; 54,46; 53,89; 250,55; 236,42; 223,09; 8,88;
8,24; 5,34; 2044,57; 1947,44; 1320,94;
3; 1865,64; 1779,81; 1204,18;
4; 225,36;
5; 62,00;
0; 15; 12:10:00; 26.04.2012; 1GC20;
1; 808,20; 793,30; 498,00; 24,32; 23,67; 23,29;
2; 1015,31; 992,69; 596,86; 60,02; 56,13; 50,56; 58,27; 55,73; 54,17; 245,66; 235,95; 222,47; 8,83;
8,34; 5,07; 2004,98; 1968,70; 1190,47;
3; 1828,72; 1798,85; 1097,63;
4; 249,36;
5; 63,00;

Příloha J – Hodnoty intenzit slunečního záření ze dne 26.4.2012

čas [hod]	e [W/m ²]	čas [hod]	e [W/m ²]
5:10	-0,7	13:00	986,59
5:20	-0,67	13:10	992,97
5:30	-0,61	13:20	989,82
5:40	0,03	13:30	961,67
5:50	1,85	13:40	950,63
6:00	5,99	13:50	964,8
6:10	11,89	14:00	920,13
6:20	18,14	14:10	926,67
6:30	23,9	14:20	914,62
6:40	28,86	14:30	874,09
6:50	39,06	14:40	847,87
7:00	53,24	14:50	825,7
7:10	52,36	15:00	823,25
7:20	85,12	15:10	773,94
7:30	146,34	15:20	749,01
7:40	168,81	15:30	738,96
7:50	156,7	15:40	675,58
8:00	195,34	15:50	673,44
8:10	263,61	16:00	634,25
8:20	324,1	16:10	599,96
8:30	376,05	16:20	580,07
8:40	401,82	16:30	501,63
8:50	458,32	16:40	503,87
9:00	485,8	16:50	457,28
9:10	522,82	17:00	415,11
9:20	557,8	17:10	372,19
9:30	551,6	17:20	336,5
9:40	648,47	17:30	293,69
9:50	564,7	17:40	249,53
10:00	699,89	17:50	208,4
10:10	764,83	18:00	170,22
10:20	696,93	18:10	133,54
10:30	819,73	18:20	102,22
10:40	839,05	18:30	77,09
10:50	854,64	18:40	57,91
11:00	883,81	18:50	40,79
11:10	892,82	19:00	30,2
11:20	913,47	19:10	28,51
11:30	936,78	19:20	24,77
11:40	961,54	19:30	20,56
11:50	975,25	19:40	18,32
12:00	977,97	19:50	15,62
12:10	992,69	20:00	13,34
12:20	990,99	20:10	9,48
12:30	997,34	20:20	5,41
12:40	986,28	20:30	1,65
12:50	1012,34	20:40	-0,06

Příloha K - Fotografie z měření

