

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

*ENERGETICKÝ ÚSTAV*

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

*ENERGY INSTITUTE*

## ***FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM PRO OSTROVNÍ PROVOZ***

*PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS FOR STAND-ALONE APPLICATIONS*

*BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

*BACHELOR'S THESIS*

*AUTOR PRÁCE*

AUTHOR

*LUKÁŠ HRŇA*

*VEDOUCÍ PRÁCE*

SUPERVISOR

*ING. JIŘÍ HEJČÍK*

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Lukáš Hrňa

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Fotovoltaický systém pro ostrovní provoz**

v anglickém jazyce:

### **Photovoltaic power systems for stand-alone applications**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ostrovní fotovoltaické systémy jsou takové, které nejsou napojeny k distribuční síti a jejich produkce slouží k přímé spotřebě či akumulaci energie pro pozdější využití. Tyto systémy jsou zpravidla budovány v odlehlých oblastech, kde není vybudována distribuční soustava, popř. v místech, kde není napojení na distribuční soustavu možné (např. chráněné krajinné oblasti).

Cíle bakalářské práce:

Provést rešerši řešení fotovoltaického systému pro ostrovní provozní režim. Na základě získaných poznatků navrhnout fotovoltaický systém pro rekreační objekt.

Seznam odborné literatury:

[www.hw.cz](http://www.hw.cz)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Hejčík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 12.11.2009

L.S.

---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je popis fotovoltaických systémů a jejich částí. Práce se blíže věnuje popisu ostrovního fotovoltaického systému a zabývá se jeho výstavbou na konkrétním objektu. Charakterizuje základní komponenty pro výstavbu, hlavní aspekty volby té či oné součásti a náročnosti údržby fotovoltaického systému z dlouhodobého hlediska.

## ABSTRACT

Topic of Bachelor's thesis is descriptions photovoltaic power systems and their parts. It describes photovoltaic power system for stand-alone applications. In Bachelor's thesis make photovoltaic power system for cottage. It characterizes basic components for build-up, basic aspect for determination right component and talk about immunity photovoltaic power system in long time.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Ostrovní solární systém, obnovitelné zdroje energie, fotovoltaika, solární energie, sluneční energie, elektrický proud, solární panel, fotovoltaický článek

## KEYWORDS

Stand-alone applications, renewable resources, photovoltaic, solar energy, sun energy, electric current, solar panel, photovoltaic cell

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HRŇA, L. *Fotovoltaický systém pro ostrovní provoz*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Hejčík.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Fotovoltaický systém pro ostrovní provoz** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

28.května 2010

.....

Lukáš Hrňa

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval všem lidem, kteří mi poskytli cenné informace a podporu potřebnou pro řešení problémů souvisejících s tvorbou bakalářské práce, zejména pak vedoucímu práce Ing. Jiřímu Hejčíkovi za vstřícnost při konzultacích a poskytnutí jeho odborných rad.



## Obsah:

1)Úvod	11
2) Fotovoltaické systémy	12
2.1) Fotovoltaický jev	12
2.2) Tvary solárních panelů	12
2.3) Vliv natočení solárního systému na účinnost solárního panelu	13
2.4) Vliv solární výtěžnosti podle lokality umístění solárních panelů	15
2.5) Vliv aktuálního počasí na sluneční záření	15
2.6) Základní typy solárních systémů	16
3)Díly pro ostrovní solární systém	18
4)Návrh ostrovního solárního systému pro rekreační objekt	20
4.1)Výběr vhodného objektu	20
4.2)Návrh elektrických spotřebičů v chatě	21
4.3) Návrh elektrosoustavy	23
4.4) Návrh solárních panelů	23
4.5)Návrh solárních akumulátorů	28
4.6)Volba regulátoru nabíjení-(vybíjení)	29
4.7) Návrh elektrospotřebičů a elektrorozvodů	30
4.8) Návrh měniče napětí	30
5) Kalkulace konečné ceny solární soustavy ostrovního systému	30
6) Závěr	32
7) seznam použitých zdrojů	33
8) Seznam použitých symbolů	36



## 1) Úvod:

Můžeme si položit otázku, proč se zabývat v současnosti nákladným, málo produktivním a krajně nestálým zdrojem výroby elektrické energie. Vždyť je kolem nás spousta jiných elektráren, které nám vyrobí přesně tolik energie, kolik si budeme přát a nemusíme čekat na to, až vyjde slunce, zajde mrak, přestane pršet nebo dokonce až skončí zima.

Myslím si, že je důsledné ptát se, proč si kupovat takhle drahé technologie solární výroby energie, aniž by jsme se na ně další den či týden mohli s jistotou plně spolehnout.

Odpověď není vůbec snadná. Můžeme ji hledat v podobě dobrého skutku přírodě, nebo ještě donedávna zlatého dolu v podobě státních dotací. Někdo si pořídí fotovoltaické panely možná kvůli následnému dobrému vzhledu budovy, ale ten zásadní důvod je možná trochu jinde.

Postupem času jsem si začal uvědomovat, že to co nabízí tento zdroj elektrické energie je do jisté míry energetická nezávislost na okolí a to už na osobní úrovni.

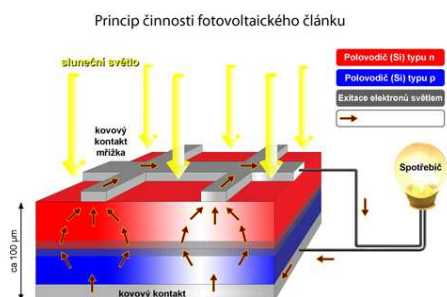
V současné době se o velkých výhodách slunečních elektráren v souvislosti s regulací výkonu do komerčních sítí moc mluvit nedá, spíše způsobují regulační problémy, ale vývoj pokračuje, takže se dá očekávat lepší začlenění do vyvíjející se energetické sítě.

V této práci se budu zabývat ostrovním solárním systémem a budu jej aplikovat na chatu v přírodní krajině, kde není přívod elektrické energie. Tento ekologický systém bude tím správným řešením.

## 2) Fotovoltaické systémy

### 2.1) Fotovoltaický jev:

Funkce fotovoltaického jevu je prostá. Na polovodičový p-n přechod dopadají fotony. V tomto místě dochází k hromadění volných elektronů a pokud polovodičový p-n přechod doplníme dvěma elektrodami katodu a anodu, můžeme volné elektrony odebírat - což nám vlastně vytváří elektrický proud.



obr.[4] Fotovoltaický článek

Nejpoužívanějším technickým materiálem pro tvorbu solárních článků je křemík a to buď jako monokrystal nebo polykrystalická struktura. Běžná velikost jednoho solárního článku je 12x12cm. Při maximálním výkonu slunečního svitu (v ČR počítáno ozáření 1000W/m<sup>2</sup>) nám vyrobí napětí 0,5 V a proud až 3 A.

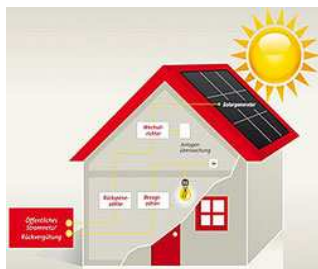
Protože jsou to hodnoty nízké s ohledem na provozní výkony běžných elektrických spotřebičů, spojujeme solární články do skupin na vyšší a relativně zpracovatelný proud. V běžném solárním panelu je 36 článků o výstupním napětí 12 V, nebo 72 článků o výstupním napětí 24 V.



obr.[5] solární panel

### 2.2) Tvary solárních panelů:

Pokud pomineme rozměrovou i výkonovou variabilitu, nejběžnějším typem solárních panelů jsou obdélníkové komerční desky, které se ukládají na střechy nebo na kovové konstrukce. Vedle těchto nápadných instalací však existují instalace v podobě střešních tašek nebo střešních šindelů, které víceméně napodobují standardní střešní krytinu a jsou tak běžným pohledem lidského oka nezpozorovatelné. V současnosti mají tyto produkty nižší účinnosti výroby elektřiny z jmenovitého množství světla a vyšší ceny než standardní komerční panely, ale rozdíl se postupně snižují. Na obrázcích je znázorněno, jak takové alternativy vypadají.



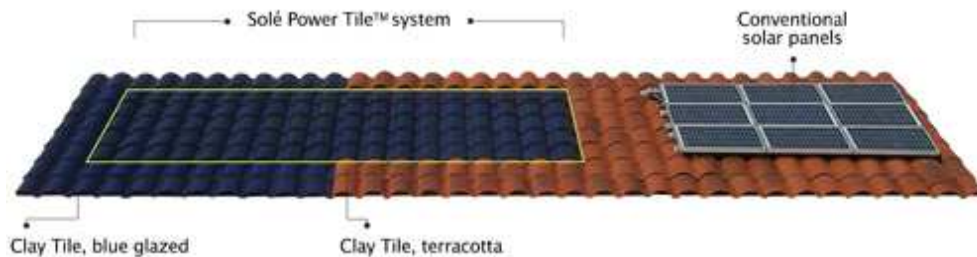
Běžné solární panely



tenkovrstvé solární články (šindele)

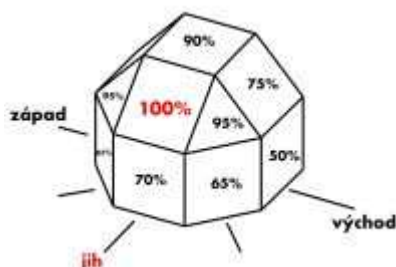


Zvlněné fotovoltaické střešní tašky



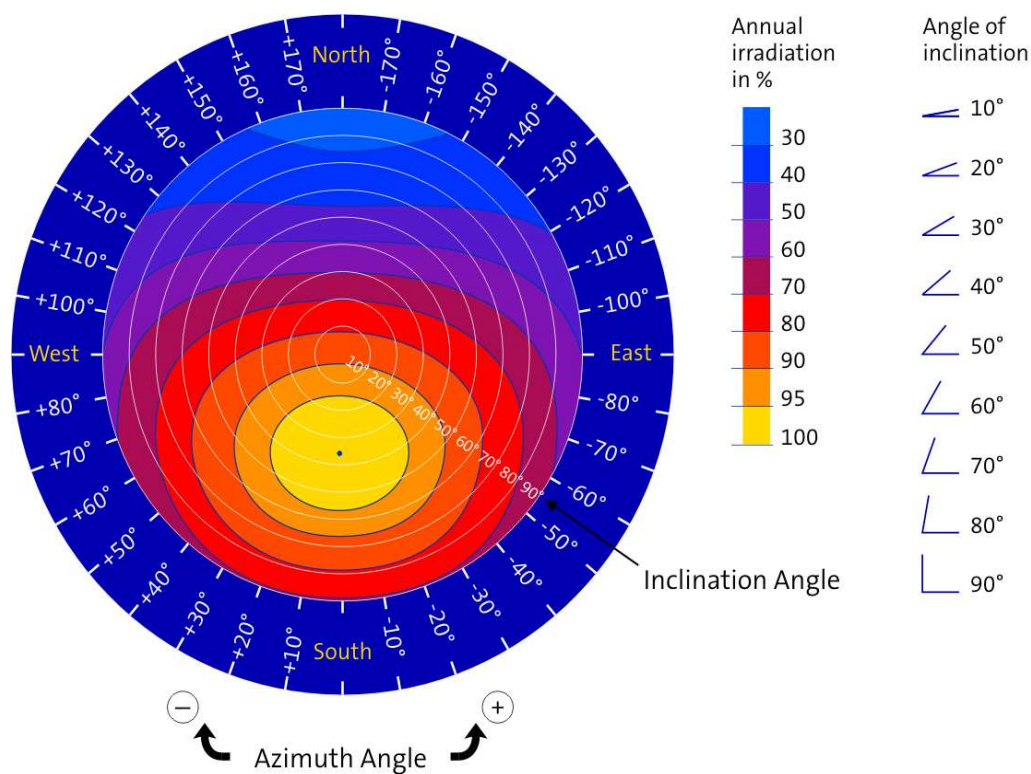
obr.[6] [7] [8] tvary fotovoltaických krytin

### 2.3) Vliv natočení solárního systému na účinnost solárního panelu:

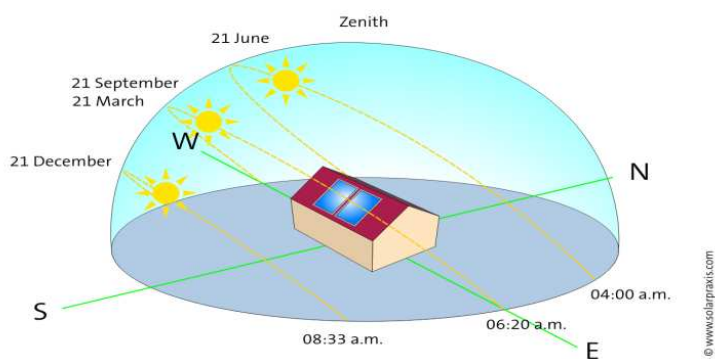


Natočení fotovoltaických panelů by měla být co nejvíce orientováno na jih. Vhodným řešením je i mírné natočení na jihovýchod a jihozápad. Sklon panelů s vodorovnou rovinou by měl být pro maximalizaci výtěžnosti okolo 32° (více naležato) ovšem pokud se bude jednat o ostrovní solární systém vhodné je panel umístit na střechu v uhlu 49° a více (více nakolmo) čímž se zrovnoměří přísun el. energie v průběhu celého dne.

obr.[9] vliv natočení solárního systému na účinnost solárního panelu



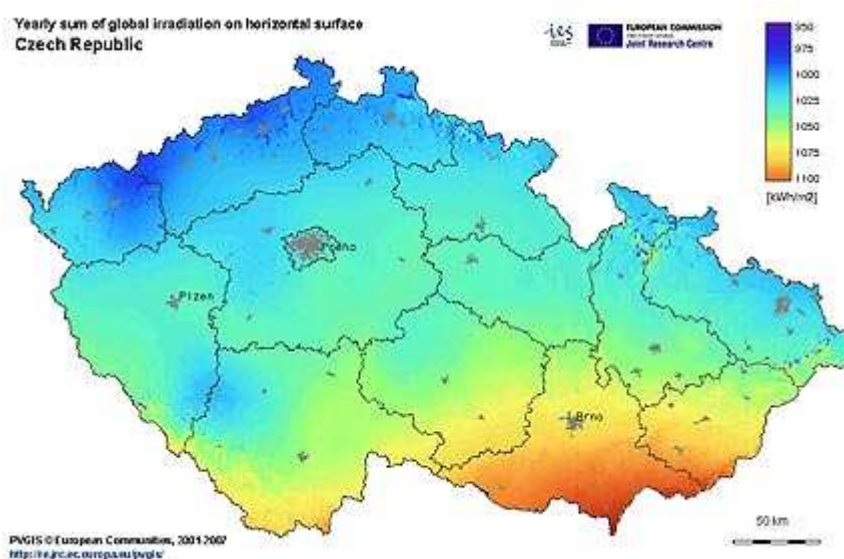
obr.[10] Obrázek popisuje různorodost natočení panelů na světové strany a různorodost úhlu sklonu panelu s vodorovnou rovinou. Každému natočení přísluší výkonnostní hodnota.



obr.[11] poloha slunce v různých ročních dobách

## 2.4) Vliv solární výtěžnosti podle lokality umístění solárních panelů:

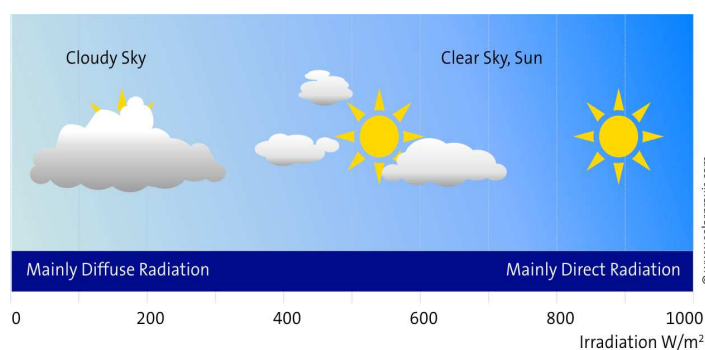
Je známo, že nejvíce slunečního záření dopadá v rovníkových oblastech naší zeměkoule a intenzita se snižuje s postupem na Sever nebo Jih. Vedle tohoto intenzitu záření ovlivňují i velikost a lokalita ozonové díry, pohoří, lesy, vodní plochy a jiné. Abychom nemuseli intenzitu slunečního záření počítat z těchto zdrojů, byly navrženy a zkonstruovány solární mapy na základě dlouhodobých měření v daných lokalitách. Pokud tedy budeme potřebovat znát průměrné množství slunečního záření na daném území, vyčteme konečnou hodnotu právě zde. Jistým rozšířením solární mapy je program PVGIS, podporovaný Evropskou unií, který nám vedle solární výtěžnosti poskytne i informace v podobě optimálních úhlů natočení solárních panelů, množství vyrobené energie v jednotlivých dnech v průběhu roku a mnoho dalších informací.



obr.[13] Solární mapa ČR

## 2.5) Vliv aktuálního počasí na sluneční záření:

Na výtěžnost solárních panelů má vliv i konkrétní počasí nad fotovoltaickými panely. I když aktuální stav oblohy má na výtěžnost panelů výrazný vliv, ve výpočtech jej nezahrnujeme neboť počítáme s průměrnými měsíčními, týdenními či denními hodnotami slunečního záření.



obr.[12] vliv počasí na sluneční záření

## 2.6) Základní typy solárních systémů:

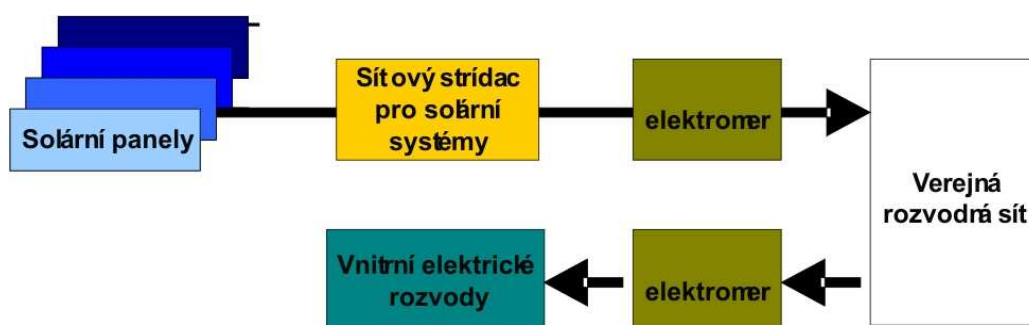
Výroba elektrické energie nekončí jen položením fotovoltaických panelů na střechu, ale je třeba je zakomponovat do celého systému s elektrospotřebiči. Podle způsobu provozu podle připojení nebo nepřipojení k elektrické veřejné síti rozlišujeme dva základní solární systémy:

- 1) Fotovoltaický systém připojený do elektrické sítě (grid-on)
- 2) Fotovoltaický systém nepřipojený do elektrické sítě – ostrovní provoz (grid-off)

ad 1) Fotovoltaický systém připojený do sítě

Tyto systémy jsou využívány v oblastech s hustou sítí elektrických rozvodů a dodávají energii do rozvodné sítě. Pokud slunce svítí dostatečně, všechny elektrické spotřebiče jsou napájeny z vlastní sluneční elektrárny, v případě nižší produkce než je spotřeba je tok elektrické energie obrácený. Tento systém pracuje zcela automaticky pomocí počítače. Pro oba druhy průchodů jsou nainstalovány elektroměry pro záznam množství spotřebované a vyrobené el. energie. Připojení elektrárny k síti podléhá schvalovacímu řízení. Velikost výkonu fotovoltaické elektrárny se stanovuje podle špičkového výkonu solárních panelů a pohybuje se v řádech  $\text{kW}_p$  -  $\text{MW}_p$ .

Schéma fotovoltaického systému připojeného do sítě. Solární panely vyrábějí ze slunečního záření stejnosměrný proud. Z tohoto stejnosměrného proudu je vyroben proud střídavý a ten je přes elektroměr dodáván do rozvodné sítě. Pokud jsou v areálu elektrárny elektrické spotřebiče, pak k jejich napájení je využíván proud z rozvodné sítě.



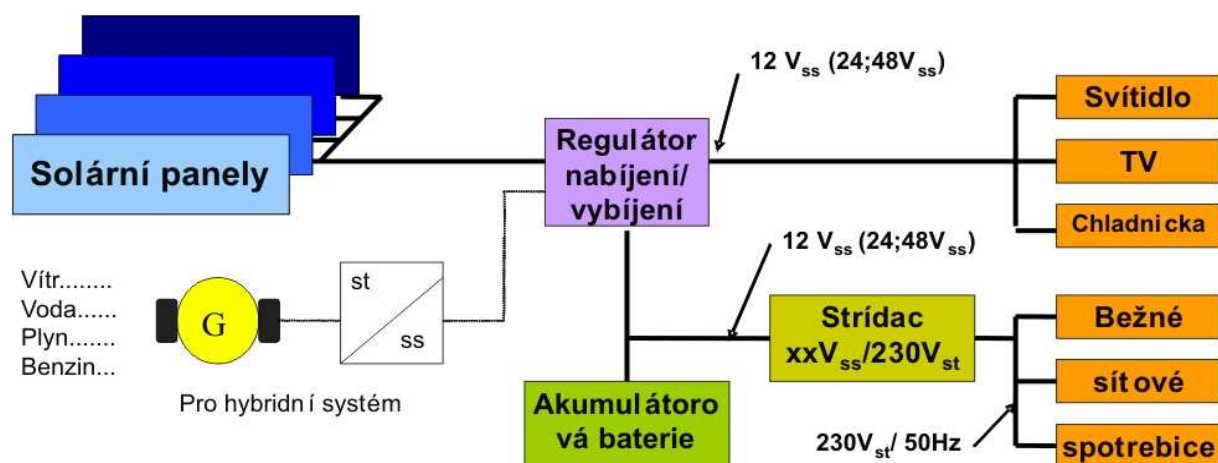
obr. [14] schéma solárního systému zapojeného do sítě



## ad 2) Fotovoltaický systém nepřipojený do elektrické sítě – ostrovní provoz (grid-off)

Tento ostrovní systém se používá tam, kde rozvodná síť je vzdálena natolik, že by se nevyplatila investice do vybudování přípojky a poplatků za provoz. To je především na chatách, karavanech, jachtách, maríngotkách pro zařízení pro komunikaci, osvětlení reklam a jiné. V literatuře se uvádí minimální vzdálenost od energetické sítě 500-1000m nutno však posoudit individuálně. Tento systém se také užívá v chráněných krajinných oblastech, kde je složité získat povolení k připojení na elektrickou síť. [1]

Pro ostrovní solární systém jsou základem solární panely. Zde se jejich sluneční výkon navrhuje podle elektrických spotřebičů, které bude sloužit. Energie vyrobená ze solárních panelů putuje do regulátoru, který hlídá optimální nabíjení baterií (uložiště energie na dobu kdy sluneční panely nepracují, například v noci). Pokud budeme chtít akumulovanou energii spotřebovat, energie bude putovat z baterií přes regulátor vybíjení ke konečnému spotřebiči. V ostrovním solárním systému je účelné používat jedno stejnosměrné napětí. Běžně se používá 12 nebo 24 V. Tedy pokud nám solární panel vyrábí 12V nabíjíme baterii o napětí 12V a svítíme žárovkami s napětím 12V. Protože se množství dodané energie mění s ročním obdobím a v zimních měsících je toto množství nejmenší, systém může být rozšířen o záložní zdroj v podobě elektrocentrály.



obr.[15] Schéma ostrovního solárního systému

### 3) Díly pro ostrovní solární systém:

Zde popíšu jednotlivé díly pro ostrovní solární systém dle výše uvedeného schématu.

- Solární panely- zajišťují přísun elektrické energie v závislosti na množství slunečního záření na nich dopadajícího. Jejich výkonovou velikost volíme s ohledem na to, kolik energie budeme v domácím systému využívat. Pokud budeme chtít používat solární systém i v zimních měsících jejich velikost se bude muset podstatně zvětšit v důsledku nižší výtěžnosti v tomto období.

- Regulátor nabíjení (vybíjení) – je mozkiem celého systému. Je zapojen mezi solárními panely a baterií. Zajišťuje optimalizované nabíjení a vybíjení akumulátorů. Chrání akumulátor před nadměrným nabitím a vybitím. Regulátory jsou vybaveny i spoustou nadstandardních funkcí jako jsou například ochrana proti přepólování, možnosti programovatelných funkcí, priority napájení spotřebičů při nedostatku energie či jiné bezpečnostní funkce. Regulátor volíme podle napětí dodávaného ze solárních článků 12 nebo 24V a dodávaným maximálním proudem. Zde je vhodné opomenout, že pokud bychom se v budoucnu rozhodly solární systém rozšířit, je vhodné zvolit regulátor nabíjení-vybíjení pro vyšší proud.
- Akumulátory se používají pro zálohu elektrické energie na dobu pozdější. Nejběžnějším typem akumulátorů jsou akumulátory olověné o kapacitách 80-230 Ah. Tyto akumulátory se ovšem liší od běžných akumulátorů do automobilů (startovací) svými vlastnostmi. Nejpodstatnější vlastnost solárních od automobilních je ta, že pokud chceme využít všechnu energii z akumulátoru, musíme ho hluboce vybit. To však podstatně snižuje životnost automobilního akumulátoru na cca 200 cyklů. U solárních se běžně setkáváme s 2000 cykly. Další přednosti solárních akumulátorů je dlouhá životnost daná množstvím nabíjecích cyklů, nízký minimální nabíjecí proud, nízké samovybíjení, nízké emise nabíjecího plynu a nižší údržba než u startovacích baterií.[16]
- Měnič napětí použijeme tam, kde chceme připojit elektrospotřebič s napětím 230V a nemáme možnost tento elektrospotřebič zakoupit pro nominální provozní napětí 12/24V. To se může dít například u ledničky, televize, rádia, vysavače, počítač a jiné. Volba měniče se odvíjí od maximálního výkonu spotřebiče, který budeme v systému používat. Moderní měniče napětí eliminují i zvýšené špičkové napětí spotřebiče na začátku provozu. To znamená, že měnič napětí navrhujeme s ohledem na provozní výkon spotřebiče.
- Záložní zdroj energie do systému přidáme v případě vyššího odběru elektrické energie než nám solární systém dodává, například pokud systém máme umístěný na chatě a čas od času chceme na elektrické pile pořezat pár kousků dřeva, bylo by neekonomické navrhovat solární systém na tyto vysoké výkony, když by jsme pak po zbytek roku měli energie přebytek. Tuto funkci nám můžou zajistit záložní zdroje energie, jako jsou například elektrocentrály. V současnosti se dají koupit i elektrocentrály s výstupem 12V čímž může navíc v zimních měsících dobíjet baterie.

- Elektrické spotřebiče na 12V

Tyto spotřebiče byly navrženy speciálně pro využívání stejnosměrného proudu 12V. Uvádím krátký přehled spotřebičů.

fotografie	Popis zboží
	<p>Náhrada klasické žárovky LED technologií integrováno 6 ks 1W supersvítivých čipů vestavěná řídicí elektronika, závit E27, svítivost jako 60W žárovka, napájení 12V, spotřeba 6W, životnost 30 000 hodin</p> <p>[17]</p>
	<p>Nízkonapěťová LED žárovka, napájení 12V spotřeba 2,4W 36 bílých LED diod teplé světlo patice MR16</p> <p>[18]</p>
	<p>Úsporná žárovka napětí 12V, výkon 11W, svítivost jako 75W žárovka, závit E27</p> <p>[19]</p>
	<p>nízkonapěťové LED svítidlo příkon 5W-12V, integrovaný vypínač na tělese svítivost 360lm</p> <p>[20]</p>
	<p>Ponorné čerpadlo napájecí napětí 12VDC výkon 20 l/min, výtláčná výška 11m příkon 35-45W určeno pro styk s pitnou vodou,</p> <p>[21]</p>

#### 4) Návrh ostrovního solárního systému pro rekreační objekt:

##### 4.1) Výběr vhodného objektu:

Pro návrh ostrovního systému jsem zvolil chatu bez elektrického proudu. Chata u Matějovského rybníka se nachází asi 5km od Žďáru nad Sázavou. Elektrická síť není do chaty zavedena a ani se nenachází v blízkém okolí. V současnosti je v chatě používána elektřina převážně ke svícení. Systém je založen na napájení z velké olověné baterie s měničem na 230V a v případě vybití se nastartuje elektrocentrála k opětovnému dobití. Tato chata je pronajímána pro relaxační a odpočinkové účely.



lokality chaty na mapě České Republiky

Obr.[22] fotky chaty a okolí

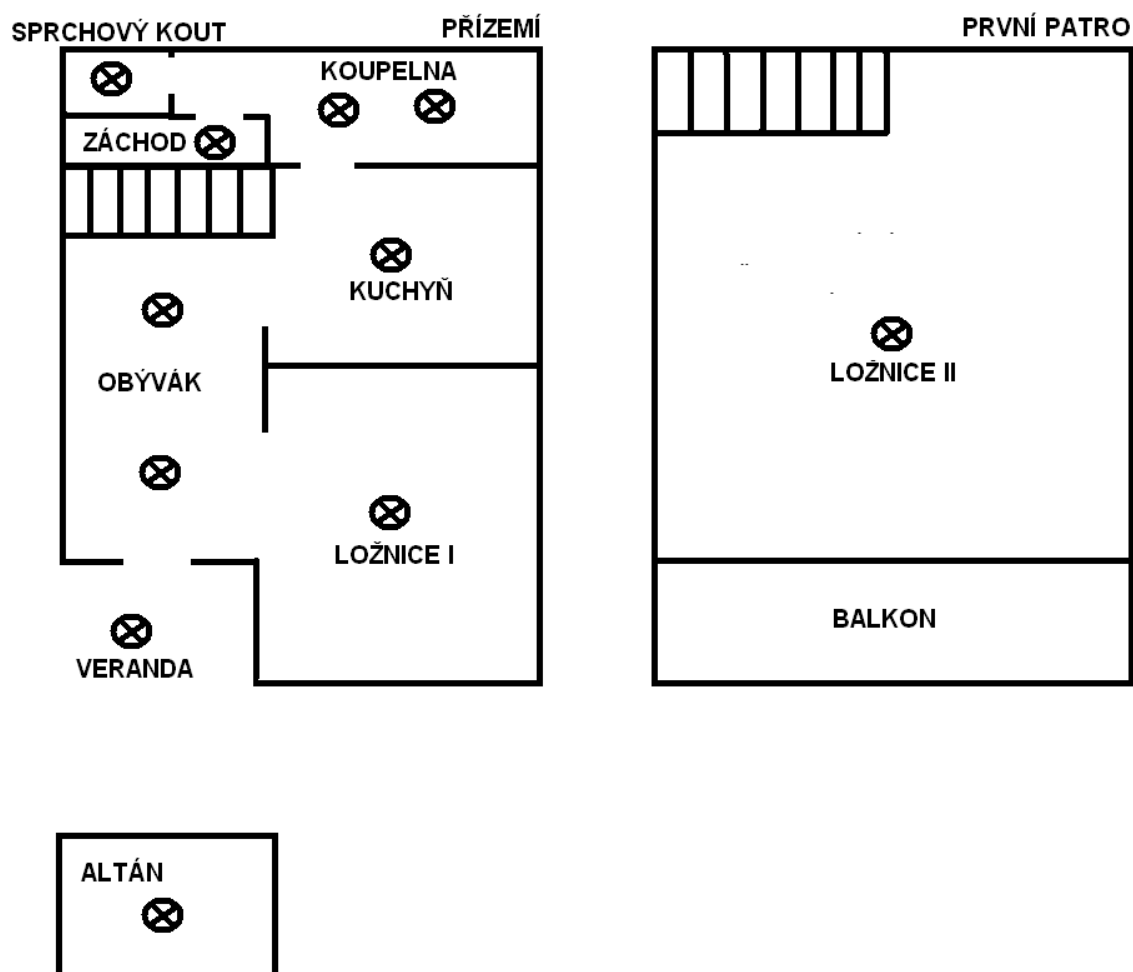
#### 4.2) Návrh elektrických spotřebičů v chatě:

Prvním krokem pro návrh solárního systému je vybrat elektrické spotřebiče, které budou v chatě používány. Je třeba určit jejich dobu používání a z toho plynoucí spotřebu elektrické energie.

Pro návrh elektrospotřebičů po poradě s majitelem chaty jsme došli k závěru, že chata by měla působit nenáročným a skromným dojmem. Tedy žádná televize, video, satelit ani klimatizace. Chata je umístěna na okraji rybníka v lese a to je dost velký potenciál na to, aby hosté trávili více času venku než uvnitř. Zřizovaná elektrická síť bude mít účel převážně k napájení osvětlení v domě a altánu, případně k napájení notebooku. Lednička je v chatě plynová, tudíž elektrickou energii nepotřebuje.

I když jsou v letním období převážně slunečné dny, vyskytne se pravidelně i několik dní kdy je zataženo a prší. V těchto nepříliš slunečných dnech by měl mít systém v sobě dost naakumulované energie na to, aby se nemuseli tvořit kompromisy v šetření energie.

Půdorys chaty:

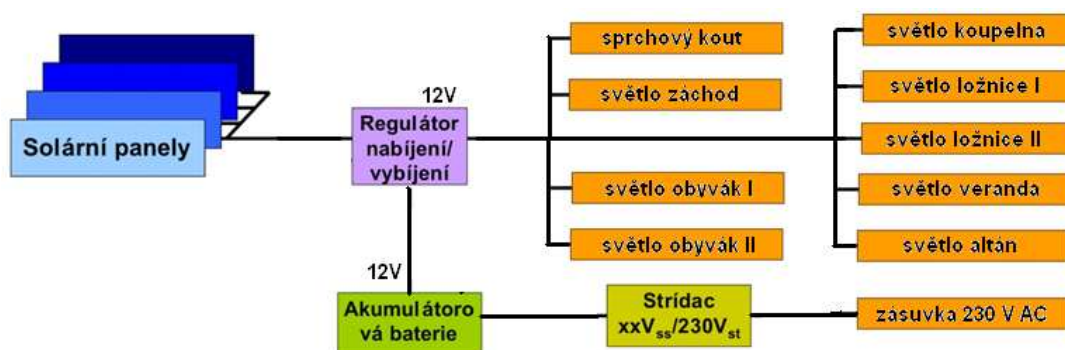


Nyní potřebuji zjistit množství elektrické energie k pokrytí jednodenní spotřeby chaty. Do tabulky jsem vypsál všechny elektrické spotřebiče, což jsou všechny jednotlivé žárovky v domě, rádio a notebook. Ke každému spotřebiči jsem uvedl předpokládaný čas provozu. Vycházel jsem z předpokladu, že osvětlení budeme používat pouze večer, rádio může hrát celý den a notebook si uživatel zapne v podvečer na shlédnutí filmu, případně k hraní her.

spotřebič	Časový interval v hodinách očekávaného provozu spotřebiče												Celková Denní spotřeba	
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24		
Obývací žár. 11Watt														33 Wh
Obývací žár. 11Watt														22 Wh
Kuchyň žár. 11Watt														55 Wh
Zachod žár. 7Watt														28 Wh
Sprch. kout žár 7Watt														14 Wh
Koupelna žár. 18Watt														72 Wh
Ložnice I žár. 11Watt														11 Wh
Ložnice II žár. 11Watt														11 Wh
Veranda žár. 11Watt														44 Wh
Altán žár. 11Watt														44 Wh
Rádio 3Watt														42 Wh
Notebook 40 Watt														240 Wh
Celkový výkon na jeden běžný den													616 Wh	

Poznámka: množství energie pro notebook je více než třetina energie z celého výkonu domu. Protože je v tomto systému notebook brán jen jako doplňková věc a s uvědoměním si, že solární systém na jaře a na podzim (v zimě se chata nepronajímá) nedosahuje tak vysokých solárních výkonů jako v létě nebudu systém zbytečně předdimenzovávat a budu počítat s vědomím hostů, že provoz nadstandardních elektrických zařízení nebude možný.

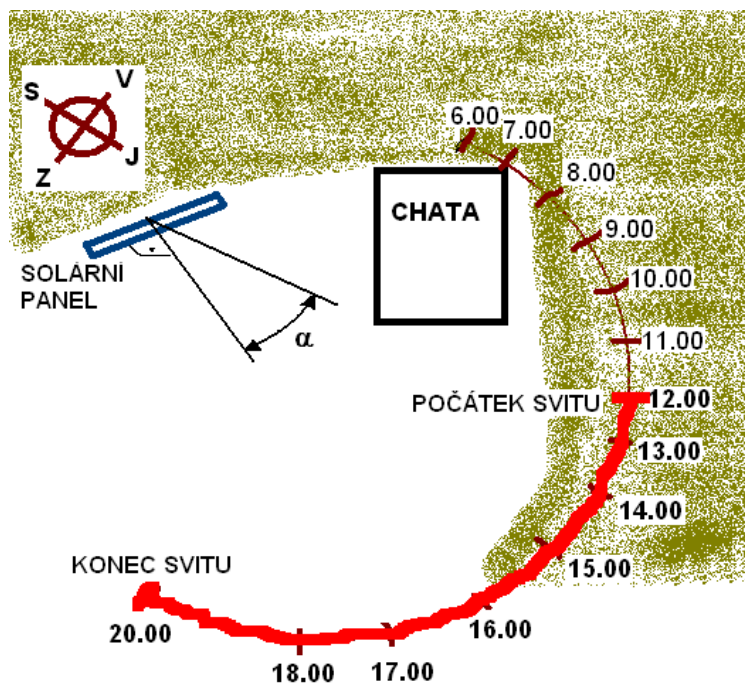
### 4.3) Návrh elektrosoustavy



### 4.4) Návrh solárních panelů:

V návrhu solárních panelů požadujeme, aby množství dodané energie za den bylo nejméně 616 Wh. Výroba elektřiny ve fotovoltaických článcích úzce souvisí s množstvím světla na ně dopadajícím. Což ovlivňuje celková doba denního osvětlení. Majitel chaty mi zadal místo solárního panelu. Solární panel bude umístěn na ocelové konstrukci u chaty, vzhledem k tomu, že chata má nevhodnou orientaci pro umístění panelů přímo na její střechu. Navíc je jižní strana střechy většinu času stíněna vzrostlými stromy.

Dále mi poskytl měření doby osvětlení zadaného místa, které začíná ve 12.00 a končí ve 20.00.



Získané údaje jsem zaznamenal do obrázku. Protože doba osvětlení začíná až ve 12.00, nebudu solární panely orientovat na jižní stranu, ale vychýlím je o úhel  $\alpha=12^\circ$  k západu. Tím dosáhnou rovnoměrnější dodávky a lepší příjem elektrické energie v druhé polovině dne.

Průměrné hodnoty solárního záření pro danou oblast můžeme najít na stránkách hydrometeorologického ústavu. Elegantnější metoda je ovšem vypočítat průměrné hodnoty z programu PVGIS. Tento program pracuje tak, že do zadávacích kolonek zadám lokalitu, špičkový výkon solárních panelů, jeho horizontální a vertikální natočení a on mi dá výsledek v podobě průměrné denní výroby elektrické energie.

Problémem je určit množství sluneční radiace dopadající na solární panely, protože osvit panelů není celodenní. Proto budu postupovat takto:

- 1) na polohově danou plochu solárních panelů, úhel natočení a úhel sklonu dohledám sumu dopadající sluneční radiace na 1m<sup>2</sup> za 1 den
- 2) zvolím solární panely, jejich velikost a výkon
- 3) díky účinnosti solárních panelů spočítám množství vyrobené elektřiny

Ad 1) množství solární radiace na danou plochu:

Protože na solární panely bude svítit přímé slunce až od 12.00 do té doby se bude elektřina vyrábět z difuzního světla. Tedy abych získal celodenní radiaci tak sečtu difuzní světlo od rána do 12.00 a přímý sluneční svit od 12.00 do večera.

obr.[23] uživatelské prostředí programu PVGIS



Výsledek z programu PVGIS pro měsíc January (Leden)

Time	G	Gd	Gc
8:07	42	25	109
8:22	61	34	170
8:37	81	44	240
8:52	100	51	303
9:07	117	58	364
9:22	133	63	423
9:37	149	69	478
9:52	163	73	531
10:07	176	78	579
10:22	188	81	624
10:37	198	84	663
10:52	207	87	698
11:07	215	89	728
11:22	221	91	753
11:37	226	92	772
11:52	229	92	785
12:07	230	93	793
12:22	231	92	795
12:37	229	92	791
12:52	226	91	781
13:07	221	89	765
13:22	215	87	743
13:37	207	84	714
13:52	198	81	680
14:07	186	77	639
14:22	173	73	593
14:37	158	68	540
14:52	142	62	481
15:07	124	56	415
15:22	104	49	344
15:37	80	38	258
15:52	56	27	174
16:07	34	17	101

G: Global irradiance on a fixed plane (W/m2)

Gd: Diffuse irradiance on a fixed plane (W/m2)

Gc: Global clear-sky irradiance on a fixed plane (W/m2)

Abych získal sumu radiaci na předem polohově zadanou plochu, sečtu dílčí radiace. Protože je radiace zaznamenávána po 15 minutách sumu čísel vydělím 4 neboť  $4 \times 15 = 60 = 1$  hodina a zaznačím do tabulky. Takhle vypočtu sluneční záření pro všechny měsíce.


Měsíc	suma dopadajícího záření iradiace na 1m2 za 1 den	ztráty 20%	využitelné záření	množství vyrobené elektřiny z 1 m2 [Wh] (účinnost 16%)	potřeba m2 na výkon 616Wh/den
leden	981	196,2	784,8	125,6	4,9
unor	1618	323,6	1294,4	207,1	3,0
březen	2400	480	1920	307,2	2,0
duben	3118	623,6	2494,4	399,1	1,5
květen	3624	724,8	2899,2	463,9	1,3
červen	3525	705	2820	451,2	1,4
červenec	3742	748,4	2993,6	479,0	1,3
srpen	3468	693,6	2774,4	443,9	1,4
září	2601	520,2	2080,8	332,9	1,9
říjen	2184	436,8	1747,2	279,6	2,2
listopad	986	197,2	788,8	126,2	4,9
prosinec	700	140	560	89,6	6,9

V soustavě předpokládám 20% ztráty. 10% jsou ztráty při nabíjení akumulátoru a zbylých 10 jsou ztráty při rozvodu proudu, samočinné vybíjení akumulátoru, spotřeba regulátoru, měniče proudu, ... .

#### Ad 2) Volba solárního panelu

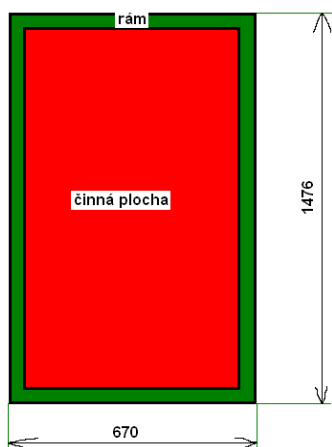
Podle potřebné plochy solárních panelů na jmenovitou denní výtěžnost podle měsíců je vidět, že by jsme potřebovali solární panel velikosti 6,9 m2. Ovšem chata má funkci letních pobytů a zimní pobyty jsou vyloučeny. S majitelem chaty jsme se domluvili, že není potřeba dimenzovat solární panely na zimní měsíce, ale jen na ty letní. To znamená že s přihlédnutím na účinnost hledáme solární panel o činné ploše cca 1,7m2.

Pro tento solární systém volím 2 solární panely BN-140D. Tento typ jsem zvolil proto, že je speciálně navržen pro ostrovní solární systém, má zvýšenou odolnost proti povětrnostním vlivům a navíc v sobě obsahuje spojku pro sériové elektrické spojení několika panelů do sebe s výstupním napětím 12V.

	<p>solární panel BN-140D</p> <p>články monokrystal SHARP</p> <p>výkon 140W-12V</p> <p>rozměry 1476 x 670 x 40mm</p> <p>hmotnost 14kg</p> <p>ideální pro nabíjení akumulátorů v ostrovních systémech</p> <p>kalené solární skloduralový rám</p> <p>EVA folie</p> <p>odolnost proti větru 120m/s</p> <p style="text-align: right;">[24]</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Výpočet činné plochy a účinnosti solárního panelu:

Výrobce udává, že při záření  $1000 \text{ W/m}^2$  má panel výkon  $140 \text{ W}$ , šířka rámu je  $3 \text{ cm}$ . Z těchto údajů vypočítám činnou plochu panelu..



Plocha celého panelu:

$$S_{\text{panel}} = a \times b = 0,670 \times 1,476 = 0,99 \text{ m}^2$$

Plocha rámu:

$$S_{\text{rám}} = 2 \times (a + b) \times d = 2 \times (0,67 + 1,476) \times 0,03 = 0,13 \text{ m}^2$$

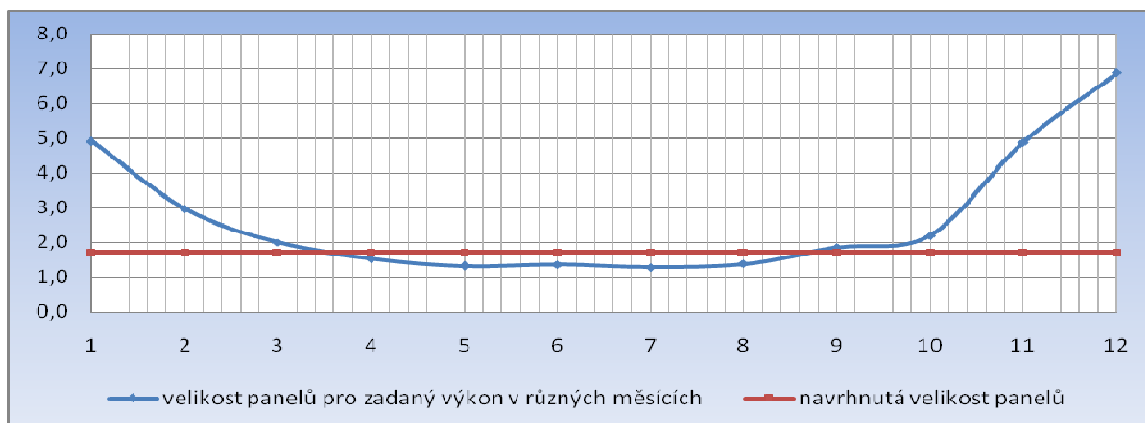
Činná plocha:

$$S_{\text{činná}} = S_{\text{panel}} - S_{\text{rám}} = 0,99 - 0,13 = 0,86 \text{ m}^2$$

Výpočet účinnosti solárního panelu:

$$\begin{array}{l} 0,86 \text{ m}^2 \dots\dots\dots 140 \text{ W} \\ 1 \text{ m}^2 \dots\dots\dots x \text{ W} \\ x = 140 \times \frac{1}{0,86} = 162,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \end{array}$$

Účinnost solárního panelu je 16%



Grafický náhled na potřebnou plochu panelů a vyráběný výkon ze solárních panelů v jednotlivých měsících

Navržené solární panely pro navrhované množství elektrické spotřeby budou stačit ve většině případů. To je oblast, kde je modrá křivka pod červenou. V oblastech kde je tomu naopak bude v systému elektřina chybět. Předpokládám, že v deficitních oblastech uživatelé omezí používání notebooku. V zimních obdobích chata obydlována není.

#### 4.5) Návrh solárních akumulátorů:

Pro solární systém budu navrhovat solární akumulátory pro tento účel vyrobené. Minimální množství energie, kterou by měli obsáhnout je energie jednoho dne provozu elektrospotřebičů na chatě. Ze zkušeností ovšem vím, že ne každý den je slunný ba či dokonce v létě jsou běžná období třídních dešťů nebo zatažené oblohy a tudíž nám systém nebude vykazovat takový výkon jaký po něm budeme požadovat. Proto budu volit zásobu energie na 4 dny provozu. Solární panely jsou navržené na vyšší produkci energie, než je denní, proto zpětné dobíjení akumulátorů na plnou kapacitu bude reálné.


Denní spotřeba: 616 Wh/den

$$\text{množství energie} = \text{dny} \times \text{spotřeba na 1 den} = 4 \times 616 = 2464 \frac{\text{Wh}}{4 \text{dny}}$$

Doporučení výrobců akumulátorů je, aby se akumulátor úplně nevybíjel. Odolnost solárních akumulátorů je v porovnání s automobilovými vyšší a i práh hlubokého vybíjení je posunut k nižším hodnotám, avšak výrobci předepisují minimální doporučené množství energie, které v akumulátoru vždy musí zůstat. Minimální nevybitelné množství energie je stanoveno na 20% celkové kapacity. Proto vypočtenou celkovou kapacitu vynásobíme číslem 1,3. Výrobce dále uvádí, že pokud budeme akumulátory sériově spojovat pro větší kapacitu, máme použít stejně staré akumulátory o stejné jmenovité kapacitě. [16] [25]

$$\text{množství Ah} = \frac{\text{množství energie na 4 dny} \times 1,3}{\text{napětí na akumulátoru}} = \frac{2464 \times 1,3}{12} = 267 \text{ Ah}$$

pro tento systém volím 3 olovené solární akumulátory typ SBV 12-100

	<p>Solární akumulátor, technologie VRLA, bezúdržbový, životnost až 12 let, velmi nízké samovybíjení, nehrozí únik kyseliny ani vytváření výbušných plynů. Materiál elektrod Pb-Ca-Sn, elektrolyt je absorbován ve speciálním skleněném rounu AGM systém. Hmotnost 30kg, Akumulátor vzhledem ke své konstrukci může pracovat v libovolné poloze. Kapacita 100Ah [25]</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Zvolil jsem více akumulátorů s menší kapacitou proto, aby případné stěhování baterií z chaty domů nebylo tolik náročné. Z dlouhodobého hlediska, pokud by se majitel rozhodl na zimní měsíce akumulátory chránit před mrazem, nakládka do auta bude snazší u více malých než jednoho velkého akumulátoru.

#### 4.6) Volba regulátoru nabíjení-(vybíjení):

Navrhovaný systém je 12 voltový. Proto budu navrhovat regulátor pro tohle napětí. Dalším kritériem je maximální hodnota proudu procházející přes regulátor.

Pro výpočet maximálního proudu budu předpokládat, že všechny elektrospotřebiče v domě jsou zapnuty záraz. Je důležité zmínit, že vypočtený maximální proud bude v ustáleném stavu.

Když zapneme spotřebič, například žárovku, špičkový náběhový proud je vyšší než průměrný. Výrobci regulátorů však uvádějí, že pro výpočet regulátorů stačí dosadit zprůměrovaný proud a tím jejich regulátory lze krátkodobě přetížít.

Výkonový součet elektrospotřebičů v domě je 112 Watt (je to bez notebooku ten bude napájen přes měnič napětí)

Napětí v domovní síti je 12 V

#### Maximální proud proudící z regulátoru:

$$P = U \times I \gg I_{\text{spotřebič}} = \frac{P}{U} = \frac{112}{12} = 9,3 \text{ A}$$

#### Maximální proudu proudícího do regulátoru:

Maximální proud vycházející ze solárních panelů je zkratový proud a ten je  $I_{sc}=9,04 \text{ A}$

$$I_{\text{panel}} = I_{sc} \times 2 = 9,04 \times 2 = 18,08 \text{ A}$$



Pro tento solární systém volím tento solární regulátor: EPIP20-LT 12/24

	<p><b>Popis zboží</b></p> <p>regulátor nabíjení řízený mikroprocesorem, určený pro výkonné panely, ochrana proti přebíjení a podpětí baterie, elektronické ochrany, max. vstupní proud z modulu 20A, výstupní proud 20A teplotní kompenzace, indikace provozních stavů displejem možnost vypnutí zátěže, programovatelný, reálný čas, automatická detekce systémového napětí 12/24V programovatelné zapnutí a vypnutí zátěže podle reálného času, nebo sluneční fáze, časový posun podle ročních období, měření kapacity akumulátoru, proudu z panelu, proudu do zátěže, nastavení kapacity akumulátoru [26]</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4.7) Návrh elektrospotřebičů a elektrorozvodů:

V současné době jsou v chatě instalované rozvody na 230V AC. Elektroinstalaci mimo zásuvky na 230V ponecháme, pouze změním napájecí proud na 12V DC.


Vyměnit musíme všechny žárovky 230V na žárovky o napájecím napětí 12V.

	<p>Zářivka</p> <p>12V-11W</p> <p>nízkonapěťová žárovka pro napětí 12V, výkon 11W, závit pro klasickou žárovku E27 [27]</p>
	<p>Zářivka</p> <p>12V, 7W</p> <p>nízkonapěťová žárovka pro napětí 12V, výkon 7W závit jako klasická žárovka: E27 [28]</p>

#### 4.8) Návrh měniče napětí:

Měnič napětí z 12V DC na 230V AC navrhnu podle maximálního výkonu elektrospotřebiče na něj připojovaného. Nejvýkonnější uvažovaný spotřebič je notebook se 40 Watty. Z praktického hlediska se ale může stát, že místo notebooku si hosté přivezou fén na vlasy, malou televizi či větší rádio takže by bylo neúčelné zřizovat měnič napětí s účelem na jeden spotřebič. Volím měnič napětí s výkonem 300 Wattů. Tento výkon je stále dost malý, ale nutno si uvědomit, že solární soustava je navrhovaná na malé výkony a nedovoluje zapnout například rychlovarnou konvici s 2000 Watty.

## Měnič napětí SOLAR 300W 12V

	<p>Měnič napětí SOLAR 300W 12V</p> <p>rozměry: 165x88x74, váha 0,9 kg pro napájení malých el. spotřebičů Měnič je vybaven ochranou proti přepólování, měnič se automaticky odpojí od akumulátoru při jeho vybití a chrání ho tak proti nebezpečnému hlubokému vybití. Součástí je i akustická indikace. Součástí měniče je zásuvka pro připojení spotřebičů na 230V. Výstupní vlnový tvar tohoto měniče je modifikovaná sinusoida.</p> <p>[29]</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 5) Kalkulace konečné ceny solární soustavy ostrovního systému:

Při výpočtu konečné pořizovací ceny jsem vycházel z předpokladu, že majitel si zakoupí pouze navržené solární komponenty. Uvažovaný stojan na solární panely si majitel vyrobí vlastnoručně a stejně to bude i s jeho instalací na určené místo. V případě instalace elektrických komponent si přizve kolegy z práce – elektrotechniky. Majiteli chaty tedy tyto spojené náklady odpadají a celková cena solárního systému je vypočítána jen z cen základních komponentů.

produkt	množství	Cena za kus	Cena celkem
solární panel BN-140D	2	12 720	25440
Akumulátor SBV 12-100	3	5 040	15120
regulátor: EPIP20-LT 12/24	1	1 884	1884
Žárovka 7W 12V	3	195	585
Žárovka 11W 12V	8	165	1320
Měnič napětí	1	938	938
<b>Cena celkem</b>			<b>45 287,-</b>

## 6) Závěr:

V této bakalářské práci jsem Vás seznámil s fotovoltaickým systémem pro ostrovní provoz. Zabýval jsem se jak principem a funkcí, tak i optimálním návrhem fotovoltaického systému na konkrétní objekt.

Na začátku bakalářské práce jsem uvedl výhody a nevýhody těchto systémů. Řešil jsem obecné předpoklady a skupinu objektů pro které je systém určen. Řešil jsem možné varianty zamaskování fotovoltaických panelů, aby nenarušovali vzhled budovy případně ráz krajiny.

Postupně jsem popisoval jednotlivé funkční komponenty fotovoltaických systémů, jejich význam, jejich výkonnostní parametry či jejich vzájemné propojení. Dále jsem zmiňovali životnost komponentů, a v závislosti na tomhle faktoru jsem se snažil o životnost na 20 let.

V případě návrhu fotovoltaického systému jsem si na internetu našel objekt respektive chatu u Matějovského rybníka, pro níž by tento systém byl vhodným zdrojem elektrické energie. Následně jsem se spojil s majitelem chaty, který o návrh fotovoltaického systému měl zájem a dokonce mi sdělil, že to již v minulosti plánoval, avšak kvůli vysoké složitosti se k tomu nikdy neodhodlal.

Začala komunikace s majitelem chaty kdy mi sděloval své potřeby na vnitřní a venkovní osvětlení, na plánované elektrozařízení či možnosti budoucího rozšíření. Společně jsme tedy navrhli elektroinstalaci a dále jsme řešili umístění solárních panelů, jejich velikost a špičkový výkon.

Když už byl návrh na realizaci hotový, pan majitel přehodnotil svůj dřívější názor a rozhodl se tento fotovoltaický systém na chatu instalovat.

Tahle bakalářská práce by měla splňovat návod na realizaci ostrovního solárního systému tak, že případného zájemce provede krok po kroku a seznámí jej s výhodami případně s riziky.

Instalace fotovoltaického ostrovního systému na odlehlé chaty vnímám z dlouhodobého hlediska jako velmi výhodné řešení a to především v oblasti snížení nákladů za připojení elektrické energie (v porovnání s do země položeným kabelem elektrické energie), nezávislosti na okolí, bezhlučnosti, šetrnosti k přírodě a v neposlední řadě úspoře financí za energie.



## 7) seznam použitých zdrojů:

[1] BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. 1.vyd. Šlapanice : ERA, 2003. 126 s. ISBN 80-86517-59-4.

[2] MURTINGER, Karel; BERANOVSKÝ, Jiří; TOMEŠ, Milan. *Fotovoltaika: elektřina ze slunce*. 2. vyd. Brno : ERA, 2008. 112 s. ISBN 978-80-7366-100-7.

[3] HENZE, Andreas; HILLEBRAND, Werner. *Elektrický proud ze slunce*. 1. vyd. Ostrava : HEL, 2000. 136 s. ISBN 80-86167-12-7.

[4] *Fotovoltaické elektrárny* [online]. Trčice : 2008 [cit. 2010-05-27]. Fotovoltaický článek. Dostupné z WWW: <<http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-clanek.php>>.

[5] *Česká solární - systémy pro Váš dům* [online]. Jesenice u Prahy : Robert Knob, 2009 [cit. 2010-05-27]. Solární elektrárny pro domácnosti. Dostupné z WWW: <[http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika\\_princip.php](http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika_princip.php)>.

[6] *SRS Energy* [online]. Philadelphia : 2010 [cit. 2010-05-27]. A solution. Dostupné z WWW: <<http://www.srsenergy.com/products.htm>>.

[7] *Ekologické bydlení* [online].Chamanne s.r.o., 12.3.2008 [cit. 2010-05-27]. Solární střešní tašky. Dostupné z WWW: <<http://www.ekobydleni.eu/domy/solarni-stresni-tasky>>. ISSN 1803-0211.

[8] *Ekologické bydlení* [online].Chamanne s.r.o., 4.5.2008 [cit. 2010-05-27]. Solární šindele jakofotovoltaické solární články. Dostupné z WWW: <<http://www.ekobydleni.eu/domy/stresni-sindele-jako-fotovoltaicke-solarni-clanky>>. ISSN 1803-0211.

[9] *Nízkoenergetické a pasivní domy* [online]. Jindřichův Hradec : Orange design, 2008 [cit. 2010-05-27]. Ostrovní fotovoltaické systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.vyjimecnedomy.cz/fotovoltaicke-systemy>>.

[10] *Solarpraxis* [online]. Berlin : 2009 [cit. 2010-05-27]. Solarpraxis. Dostupné z WWW: <<http://www.solarpraxis.de/en>>.

[11] *Solarpraxis* [online]. Berlin : 2009 [cit. 2010-05-27]. Solarpraxis. Dostupné z WWW: <<http://www.solarpraxis.de/en>>.

[12] *Solarpraxis* [online]. Berlin : 2009 [cit. 2010-05-27]. Solarpraxis. Dostupné z WWW: <<http://www.solarpraxis.de/en>>.

[13] *České slunce instalace solárních systémů* [online]. Praha : Bystřický a spol., s.r.o., 2010 [cit. 2010-05-27]. Solární mapa. Dostupné z WWW: <<http://www.ceskeslunce.cz/solarni-mapa.html>>.

- [14] *česká agentura pro obnovitelné zdroje energie* [online]. Praha : Czech RE Agency, 2003-2009 [cit. 2010-05-28]. Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>>.
- [15] *česká agentura pro obnovitelné zdroje energie* [online]. Praha : Czech RE Agency, 2003-2009 [cit. 2010-05-28]. Fotovoltaika. Dostupné z WWW: <<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>>.
- [16] *Solární baterie* [online]. 2006 [cit. 2010-05-27]. Akumulátory pro solární fotovoltaické systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.solarnibaterie.cz/>>.
- [17] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Osvětlení 12V. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/7/53/al12-6w.html>>.
- [18] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Osvětlení 12V. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/7/14/mr16-36.html>>.
- [19] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Osvětlení 12V. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/7/osvetleni-12v.html>>.
- [20] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Osvětlení 12V. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/7/osvetleni-12v.html>>.
- [21] ] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Osvětlení 12V. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz.html>>.
- [22] *-chalupy* [online]. 2007-2010 [cit. 2010-05-27]. Chata u Matějovského rybníka-Nové Veselí. Dostupné z WWW: <<http://www.e-chalupy.cz/vysocina/ubytovani-nove-veseli-chata-u-matejovskeho-rybnika-pronajmuti-1144.php>>.
- [23] *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps* [online]. 2001, 2007 [cit. 2010-05-27]. PVGIS. Dostupné z WWW: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>>.
- [24] *Solární panely* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Home solar. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/1/21/solarni-panel-bn-140d.html>>.
- [25] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Solární akumulátory. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/8/40/solarni-akumulator-sbv-12-100.html>>.
- [26] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-05-27]. Regulátory nabíjení. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/6/44/epip20-lt-12-24.html>>.
- [27] *Home solar* [online]. Třešť : Cora, 2009 [cit. 2010-01-10]. Osvětlení 12 V. Dostupné z WWW: <<http://eshop.homesolar.cz/7/18/z12v-11w.html>>.
- [28] *Neosolar* [online]. Jihlava : 2010 [cit. 2010-05-27]. 12V spotřebiče. Dostupné z WWW: <<http://eshop.neosolar.cz/?p=productsMore&iProduct=607&sName=z%E1%F8ivka-12v,-7w-%FAsporn%E1>>.

[29] *Neosolar* [online]. Jihlava : 2010 [cit. 2010-05-27]. Měníče napětí. Dostupné z WWW: <<http://eshop.neosolar.cz/?p=productsMore&iProduct=50&sName=měníč-napětí-solar-300w-12v>>.

## 8) Seznam použitých symbolů:

ZNAK	NÁZEV	JEDNOTKA
DC	Stejnoseměrné napětí	V
AC	Střídavé napětí	V
P	výkon	W
G	Iradiace průměrného dne	W/m <sup>2</sup>
G <sub>d</sub>	Iradiace difuzní	W/m <sup>2</sup>
G <sub>c</sub>	Iradiace jasné oblohy	W/m <sup>2</sup>
S <sub>panel</sub>	Plocha celého panelu	m <sup>2</sup>
S <sub>rám</sub>	Plocha rámu panelu	m <sup>2</sup>
S <sub>činná</sub>	Funkční plocha panelu	m <sup>2</sup>
I	proud	A
U	napětí	V