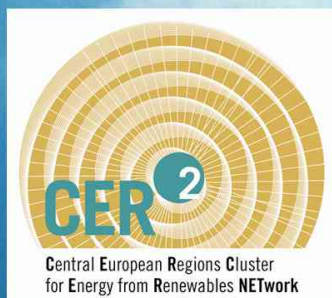




## Fotovoltaické systémy – praktický rádce



CER<sup>2</sup> - [www.cer2.net](http://www.cer2.net)  
Sdružení středoevropských  
regionů pro obnovitelné  
zdroje energie

říjen 2006

Tato publikace byla vydána v rámci projektu  
CER<sup>2</sup> - Sdružení středoevropských regionů pro obnovitelné zdroje  
energie jako součásti programu EU INTERREG IIIB CADSES

Vídeň, 1. října 2006

**Vydavatel**

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH  
Giefinggasse 2, 1210 Vienna, Austria  
[www.arsenal.ac.at](http://www.arsenal.ac.at)

**Autoři**

DI (FH) Gernot Becker, Ing. Thomas Becker  
ATB/TBB, Dörferstraße 16, 6067 Absam, Austria  
[www.atb-becker.com](http://www.atb-becker.com)

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal GmbH  
Giefinggasse 2, 1210 Vienna, Austria  
[www.arsenal.ac.at](http://www.arsenal.ac.at)

**Překlad do českého jazyka:** Karel Polanecký a sdružení Calla

**Copyright:** Obrázky a části textu mohou být použity pouze se  
souhlasem autorů a s uvedením zdroje informací.

**Upozornění:** Autoři neručí za aktuálnost, přesnost a úplnost poskytnutých informací. Autoři nenesou odpovědnost za případné materiální ani nemateriální škody vzniklé v důsledku využití nebo nevyužití poskytnutých informací ani v důsledku využití nesprávné nebo neúplné informace.

Publikaci podpořil program



INTERREG IIIB CADSES

# 1 OBSAH

<b>1 obsah.....</b>	<b>3</b>
<b>2 ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
2.1 O publikaci.....	7
2.2 Co najdete v textu.....	7
2.3 cílová skupina.....	7
2.4 Bezpečnost práce.....	7
<b>3 základní informace.....</b>	<b>8</b>
3.1 orientace a sklon fotovoltaických modulů.....	8
3.2 Kam lze moduly přimontovat.....	8
3.3 Rozbor Umístění systému.....	9
3.3.1 Vyměření.....	9
3.3.2 Typ upevnění – montážní systém.....	10
3.3.3 Umístění inverterů a dalších zařízení .....	10
3.3.4 Výběr trasy pro vedení.....	10
3.3.5 Elektroměr.....	11
3.3.6 Diagram pohybu slunce.....	11
3.3.7 Rozbor zastínění.....	13
<b>4 Návrh fotovoltaického (PV) zdroje .....</b>	<b>14</b>
4.1 Určení jmenovitého výkonu.....	14
4.2 výběr Modulu.....	14
4.3 rozmístění modulů.....	15
4.4 Dimenzování systému upevnění.....	16
4.4.1 Systémy upevnění.....	16
4.5 ochrana proti blesku.....	18
4.5.1 Vnější ochrana proti blesku.....	19
4.5.2 Vnitřní ochrana proti blesku.....	19
<b>5 SYSTÉMY připojené k síti.....</b>	<b>21</b>
5.1 základní InformaCe.....	21
5.2 Zapojení inverteru.....	22
5.2.1 Zapojení s centrálním invertorem.....	22
5.2.2 Zapojení s rozděleným zdrojem a souborovými invertory.....	22

5.3	Propojení Modulů při částečném zastínění.....	23
5.4	Dimenzování.....	23
5.4.1	Výběr invertoru a kontrola kombinace modul–invertor.....	23
5.4.1.1	Kritéria pro výběr invertoru.....	23
5.4.1.2	Dimenzování.....	24
5.4.1.3	Dimenzování výkonu.....	24
5.4.1.4	Dimenzování napětí.....	24
5.4.1.5	Pomoc s dimenzováním.....	25
5.4.2	Dimenzování vedení.....	27
5.4.2.1	Odolnost proti napěťovému přetížení.....	27
5.4.2.2	Dimenzování na proudovou zátěž.....	27
5.4.2.3	Ztráty ve vedení.....	27
5.4.3	Odpojovací zařízení stejnosměrné části.....	29
5.4.4	Připojení k síti.....	29
5.4.5	Jističe.....	30
5.4.5.1	Návrh jističů.....	30
5.4.6	Elektroměr.....	31
5.5	Kalkulace energetických zisků.....	31
5.5.1	Simulace.....	31
5.5.2	Výsledek.....	32
5.5.3	Kontrola věrohodnosti.....	33
5.5.3.1	Omezující faktory.....	33
<b>6</b>	<b>Ostrovní systémy.....</b>	<b>34</b>
6.1	základní informace.....	34
6.1.1	Ostrovní systém se střídavou zátěží.....	34
6.1.2	Ostrovní systémy se stejnosměrnou zátěží.....	34
6.2	Kalkulace spotřeby.....	35
6.3	součásti ostrovních systémů a jejich dimenzování.....	36
6.3.1	PV zdroj.....	36
6.3.2	Regulátor.....	36
6.3.2.1	Regulátor s akumulátorovou vazbou.....	36
6.3.2.2	Optimalizovaný regulátor.....	36
6.3.2.3	Charakteristiky regulátorů.....	36
6.3.3	Soubor akumulátorů .....	37
6.3.3.1	Charakteristiky.....	37
6.3.3.2	Propojení akumulátorů.....	38
6.3.3.3	Instalace a místnost pro uložení akumulátorů.....	38
6.3.3.4	Přehled dostupných akumulátorů.....	38
6.3.3.5	Pokyny pro dimenzování a kritéria výběru.....	40
6.3.3.6	Bezpečnostní pokyny.....	40
6.3.4	Invertor.....	40
6.3.5	Stejnoseměrné vedení.....	41
6.3.6	Energetický a zátěžový management.....	41
6.4	Dimenzování a Simulace.....	42

6.4.1 Stručná analýza.....	42
<b>7 formální kroky.....</b>	<b>44</b>
<b>8 montáž.....</b>	<b>45</b>
8.1 bezpečnost.....	45
8.1.1 Možná rizika.....	45
8.1.1.1 Práce na střeších a fasádách.....	45
8.1.1.2 Práce s fotovoltaickým systémem.....	45
8.1.2 První pomoc.....	46
8.1.2.1 Postup při poranění elektrickým proudem.....	46
8.2 Praktická doporučení.....	47
8.2.1 Vyrovnání modulů.....	47
8.2.2 Manipulace s moduly.....	47
8.2.3 Třídění modulů.....	47
8.2.4 Vedení.....	47
8.2.5 Montáž jednotlivých součástí.....	48
<b>9 uvedení do provozu.....</b>	<b>48</b>
9.1 schvalovací řízení.....	48
9.2 Dokumentace.....	48
<b>10 Příčiny chyb.....</b>	<b>49</b>
<b>11 Přílohy.....</b>	<b>49</b>
11.1 Protokol o rozboru umístění systému.....	49
1. Všeobecné údaje.....	50
1.1. Údaje o zákazníkovi.....	50
1.2. Podrobnosti o místě instalace (ulice, město, země, nadmořská výška, souřadnice*).....	51
2. Preference umístění systému.....	51
2.1. Kde bude fotovoltaický systém instalován?.....	51
2.2. Doplňující informace.....	51
2.3. Orientace střechy (světová strana, azimut *)?.....	51
2.4. Je místo plánované instalace PV systému zastíněno stromy, sousedními domy, horami atd.?.....	51
2.5. Pohyb slunce – podklad pro diagram.....	51
2.6. Náskres plochy pro umístění modulů.....	52
3. Výběr požadovaného systému.....	52
3.1. Ostrovní systém nebo vlastní spotřeba.....	53
3.1.1. Přehled spotřebičů pro ostrovní systém nebo vlastní spotřebu.....	53
3.1.2. Využití budovy.....	53
3.2. Systém připojený k síti pro přímou dodávku.....	54
4. Existuje systém ochrany proti blesku?.....	54

5. Speciální požadavky a přání.....	54
6. Možná rizika pro bezpečnost práce.....	54
1.1 Diagram pohybu slunce pro 48° severní šířky.....	55
.....	55
11.3 Vzor schématu připojení.....	56
<b>12 Poznámky.....</b>	<b>57</b>
<b>13 PŘEHLED Obrázků.....</b>	<b>58</b>

## 2 ÚVOD

### 2.1 O PUBLIKACI



Tento symbol označuje informace, jejichž zanedbání může vést k poškození součástí systému nebo k ohrožení osob. Označeným odstavcům věnujte zvláštní pozornost.



Tento symbol označuje příklady.

### 2.2 CO NAJDETE V TEXTU

Tato publikace poskytuje rady pro zájemce o instalaci fotovoltaických systémů. Vzhledem k tomu, že na evropském trhu výrazně převažují systémy připojené k síti, věnuje se publikace převážně právě jim. Protože podíl ostrovních systémů je v Evropě spíše marginální, budou pouze stručně zmíněny.

### 2.3 CÍLOVÁ SKUPINA

Publikace je určena především projektantům a technikům, kteří již mají základní teoretické znalosti o fotovoltaických systémech (například absolvovali první část doporučeného školení). Některé činnosti spojené s instalací fotovoltaických systémů vyžadují speciální dovednosti a uživatelé publikace je budou muset zadat odborníkům.

### 2.4 BEZPEČNOST PRÁCE



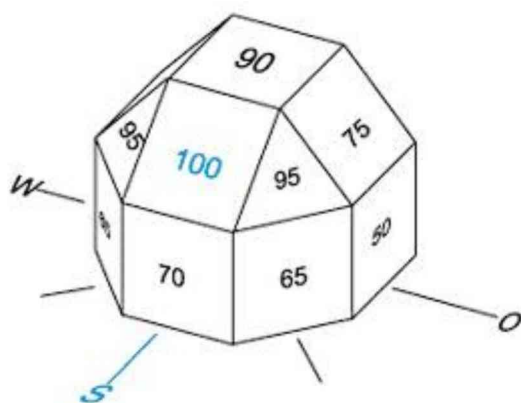
Hlavně a především projekt a instalace musí splňovat normy platné v dané zemi. Dále musí být při instalaci fotovoltaického systému dodrženy hygienické a bezpečnostní předpisy.

Fotovoltaické systémy nelze porovnávat s běžnou instalací elektrických zařízení, neboť se jedná o zdroj vyrábějící energii. Při práci se stejnosměrným proudem je třeba dbát maximální opatrnosti zejména tam kde hrozí riziko vzniku elektrického oblouku.

### 3 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Úvodní informaci lze získat během teoretického školení zaměřeného na principy fungování fotovoltaických systémů a jejich jednotlivých součástí. Další informace jsou obsaženy v následující kapitole. Platí pro všechny fotovoltaické systémy bez ohledu na to zda jsou připojené k síti.

#### 3.1 ORIENTACE A SKLON FOTOVOLTAICKÝCH MODULŮ



Obrázek 1: Energetický zisk při odchylkách od optimálního nastavení

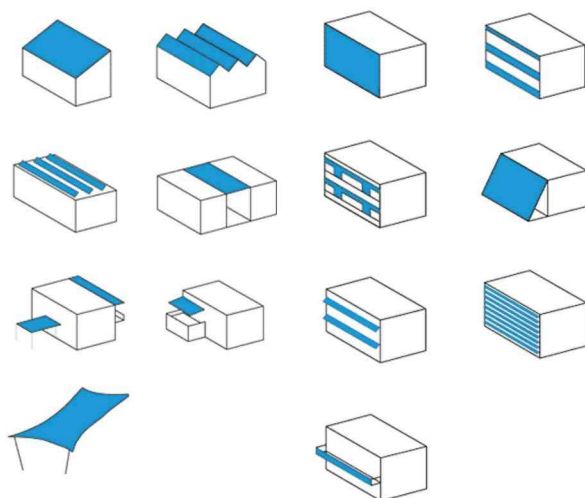
([www.solarintegration.de](http://www.solarintegration.de))

různých odchylkách od optimálního nastavení. Tento fakt je třeba zohlednit při úvahách o umístění systému.

Fotovoltaické systémy mají nejlepší účinnost, když sluneční záření dopadá kolmo na solární články. Vzhledem k tomu, že slunce neustále mění svou polohu na obloze v závislosti na denní době i ročním období, úhel dopadu slunečních paprsků na systém je rovněž proměnný. Abychom maximalizovali roční výrobu energie, je důležité věnovat pozornost správnému nastavení modulů.

Pro střední Evropu platí, že nejvyšší roční energetický zisk dávají moduly nastavené na jih, které svírají s vodorovnou základnou úhel 30°. Obrázek ukazuje zmenšení energetického zisku při

#### 3.2 KAM LZE MODULY PŘIMONTOVAT



Fotovoltaický systém lze instalovat téměř na každou budovu. Na obrázku 2 jsou schematicky naznačeny různé způsoby jeho umístění.

Obrázek 2: Možnosti umístění fotovoltaických systémů  
([www.solarintegration.de](http://www.solarintegration.de))



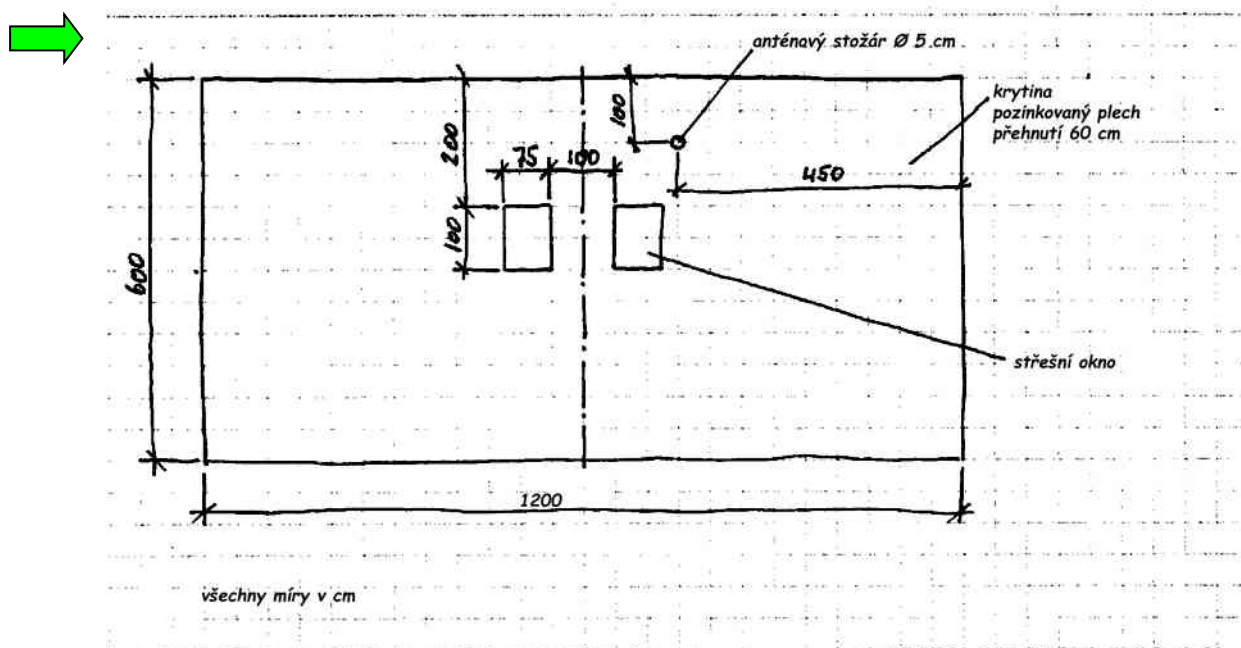
### 3.3 ROZBOR UMÍSTĚNÍ SYSTÉMU

Pečlivý rozbor umístění je podmínkou pro správný návrh systému a minimalizuje riziko chyby v projektu. Na návrhu umístění se v každém případě musí podílet zákazník. Případné sporné body je třeba projednat během společné obhlídky místa instalace. Nejdůležitější závěry je vhodné zaznamenat písemně. Tento postup poskytuje zákazníkovi i montérovi jistotu, že po instalaci nedojde k neshodám. V příloze najdete vzor protokolu o rozboru umístění systému.

#### 3.3.1 Vyměření

Abychom mohli zvolit optimální rozmístění modulů, musíme přesně změřit dostupnou plochu. Zároveň se přesvědčíme, zda jsou všechny střešní konstrukce a jiné překážky zaneseny ve výkresech. Nacházejí-li se v okolí vyšší střechy, musíme s nimi počítat při rozboru pohybu slunce po obloze.

U novějších staveb máme většinou výkresy k dispozici v elektronické formě a můžeme je využít při projektování systému. I v tomto případě ovšem musíme údaje uvedené na výkresech ověřit měřením, neboť na střechách bývají prováděny dodatečné stavební úpravy, které nejsou ve výkresech zakresleny.



Obrázek 3: Vzor nákresu plochy vhodné pro montáž (ATB-Becker)

Dále musíme změřit výšku všech stavebních prvků umístěných na střeše, abychom mohli vzít v úvahu jimi způsobené zastínění.

### 3.3.2 Typ upevnění – montážní systém

Při prohlídce místa instalace musíme zvážit možnosti upevnění modulů. Podle konkrétních podmínek (typ střechy, montážní možnosti, rozteče) si vybereme z vhodných montážních systémů. V současné době jsou již vyvinuty montážní systémy pro většinu možností.

Musíme ověřit, zda zvolený systém upevnění odpovídá statické únosnosti stavby. Systém upevnění musí být rovněž dimenzován tak, aby vydržel zatížení způsobené napadaným sněhem a poryvem silného větru. V případě nutnosti konzultujeme tuto otázku se stavebním technikem.

Při výběru způsobu upevnění zvažujeme zda nemůže dojít k omezení energetického zisku. Montážní systém musí umožnit odpovídající větrání zadní strany modulů a nesmí vrhat stín na články. Montážní systém pro ploché střechy musí zajistit možnost sjíždění sněhu z modulů – je třeba dbát na dostatečnou mezeru mezi povrchem střechy a spodní hranou modulů.

### 3.3.3 Umístění inverterů a dalších zařízení



Obrázek 4: Servisní místnost pro systém o výkonu 52 kWp

([www.atb-becker.com](http://www.atb-becker.com))

Při posuzování možností umístění inverteru a ostatních částí systému musíme vzít v úvahu jejich konstrukční uspořádání.

I invery a další zařízení vybavená kryty, které umožňují venkovní montáž musí být instalována na dobře chráněných místech. Dále je v tomto případě nezbytné přesně dodržet postup instalace předepsaný výrobcem. Většina výrobců tento postup umísťuje na svých internetových stránkách.

Protože inverter spolu s transformátorem má vysokou hmotnost, musíme při výběru místa pro montáž prověřit, zda má příslušná zeď dostatečnou únosnost.

Některé invery jsou během provozu pasivně chlazeny prostřednictvím příslušných konstrukčních prvků. Musíme vzít v úvahu, že tyto prvky se mohou ohřát na vysokou teplotu, a dodržet jejich předepsanou vzdálenost od ostatních částí. Konkrétní rozměry najdeme v postupu instalace.

Okolní teplota na místě instalace by neměla přesáhnout limity stanovené pro dané zařízení, jinak dojde k omezení energetického zisku v důsledku spotřeby systému chlazení.

### 3.3.4 Výběr trasy pro vedení

Během rozboru umístění systému musíme zvážit, kudy povedeme vodiče od modulů k inverteru. Důležité je, aby stejnosměrné vedení bylo co nejkratší, z důvodu omezení zbytečných ztrát ve vodičích.

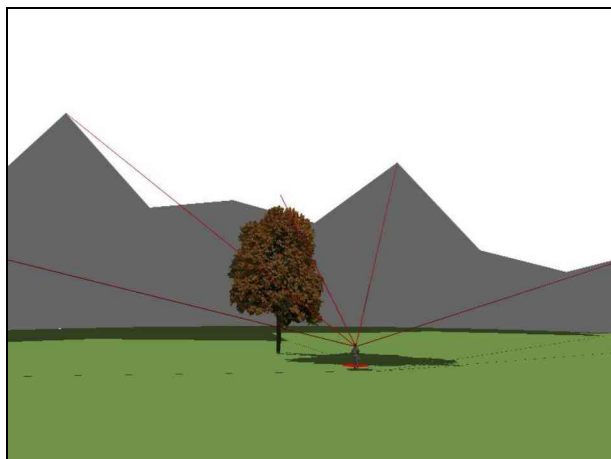
Stejnoseměrné vedení by mělo být položeno tak, aby se příliš nepřibližovalo ochraně proti bleskům ani běžné elektroinstalaci. Předcházíme tak riziku poškození částí systému přepětím.

Používáme-li kabelová pouzdra, musí být stejnosměrné vedení uloženo odděleně od ostatních vodičů.

### 3.3.5 Elektroměr

Protože většina projektů je založena na prodeji vyrobené elektřiny distribuční firmě, musíme měřit množství dodávané elektřiny. Typ použitého elektroměru vybereme po dohodě s provozovatelem sítě.

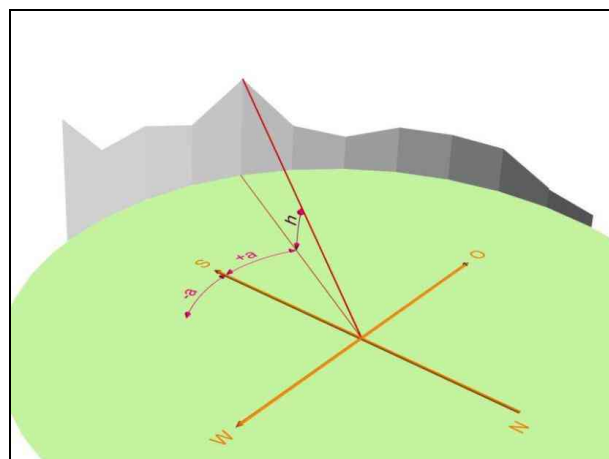
### 3.3.6 Diagram pohybu slunce



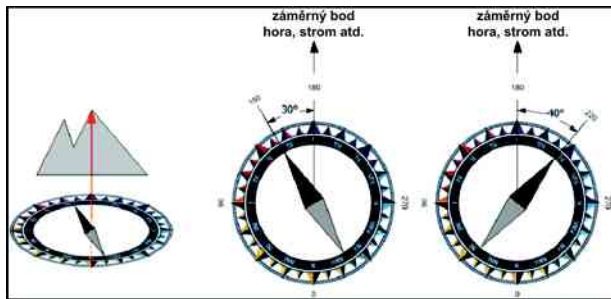
Obrázek 5: Sledování pohybu slunce (ATB-Becker)

Diagram pohybu slunce patří k základním podkladům pro vyhodnocení vhodnosti místa instalace s ohledem na jeho zastínění. Diagram ukáže překážky stojící slunečním paprskům v cestě a poslouží jako podklad pro plánování a prognózu energetických zisků.

Sledujeme azimut tj. úhel v horizontální rovině (+a, -a) a elevaci tj. výšku nad obzorem (h). Hodnoty zaznamenáme do tabulky a použijeme jako vstup pro příslušný simulační program. Některé programy definují jako 0° jižní směr, zatímco jiné směr severní. Tento fakt musíme zohlednit při zadávání dat.



Obrázek 6: Azimut a elevace (ATB-Becker)



Pro měření potřebujeme kompas k určování azimutu a inklinometr ke stanovení elevace. Kompas zaměřujeme na nápadné orientační body (budovy, hory, stromy,...) a příslušný úhel zanášíme do tabulky.

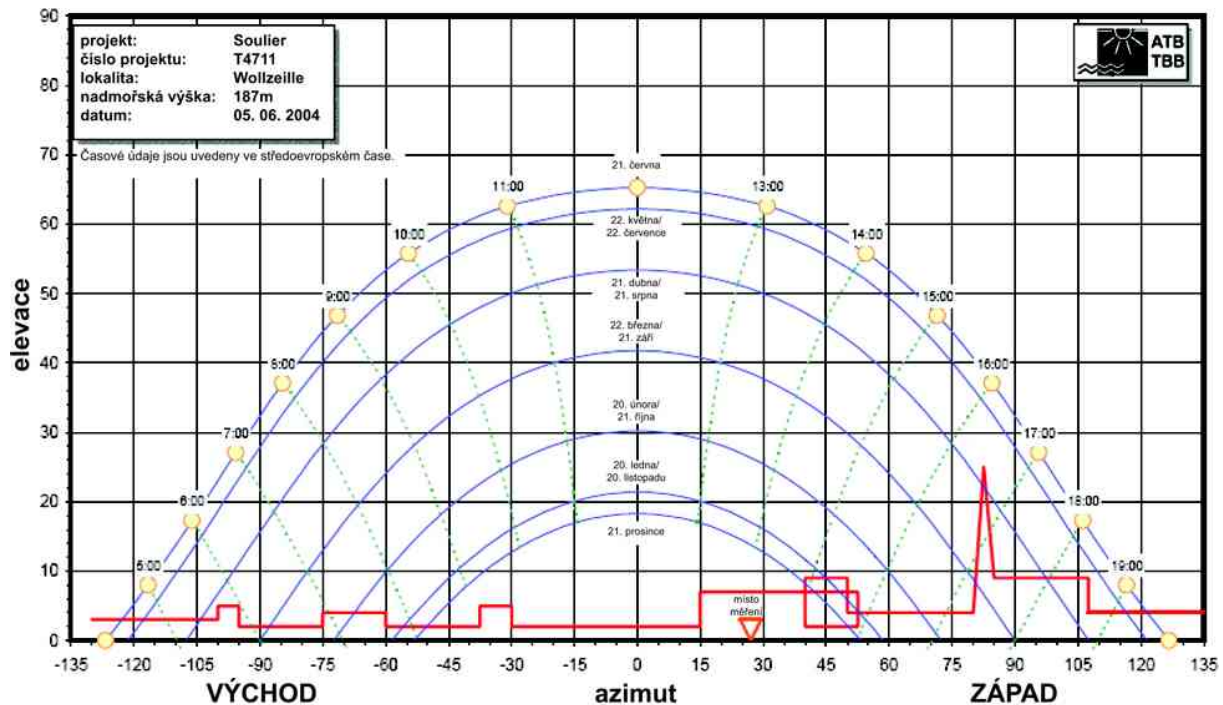
Obrázek 7: Zaměřování kompasu (ATB-Becker)

Elevaci zjistíme pomocí inklinometru, který zaměřujeme na nejvyšší bod překážek. Hodnoty elevačního úhlu zanášíme do tabulky.



Obrázek 8: Určování elevace (ATB-Becker)

Tabulku naměřených hodnot můžeme využít k ručnímu zakreslení do diagramu pohybu slunce nebo jako vstup pro počítačový program, který diagram vytvoří. Diagram použijeme pro následnou simulaci energetických zisků.



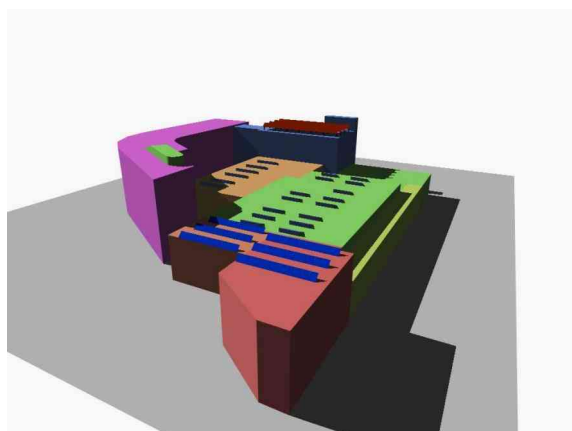
Obrázek 9: Diagram pohybu slunce pro konkrétní instalaci ve Vídni (ATB-Becker)

### 3.3.7 Rozbor zastínění

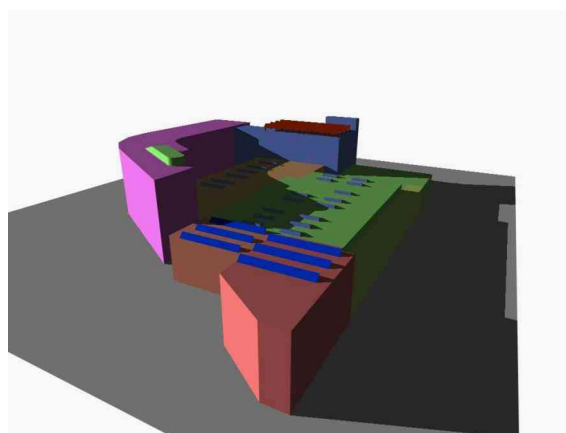
V případě instalace na architektonicky členitých budovách či komplexech budov a v případě vysokého počtu střešních konstrukcí je vhodné využít analýzu zastínění ve 3D. Analýza ve 3D je nutná pro překážky v těsné blízkosti, protože zastínění se liší pro různé části modulu. K provedení analýzy musíme ovládat speciální CAD program.

Pomocí 3D analýzy můžeme zobrazit zastínění v libovolný den i hodinu. To nám pomůže při volbě připojení a umístění fotovoltaického systému.

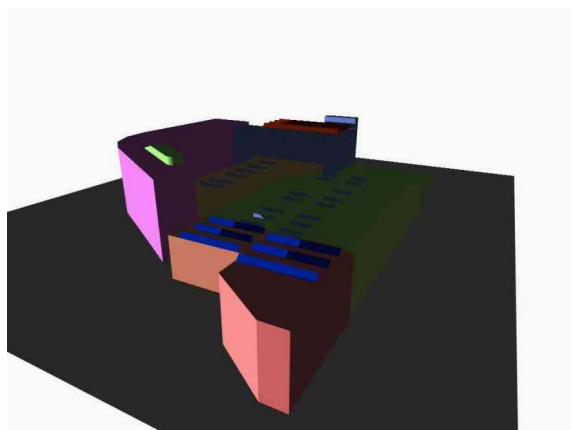
21. červen, 16.00



21. září, 16.00



21. prosinec, 16.00



Obrázek 10: Příklad rozboru zastínění využitím CAD systému (ATB-Becker)

Obrázky pocházejí z rozboru zastínění zpracovaného pro arsenal research. Rozbor ukázal podstatně rozdílné výsledky na červeně označené části budovy (nejbližší ke čtenáři) v různých ročních obdobích.

## 4 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO (PV) ZDROJE

### 4.1 URČENÍ JMENOVITÉHO VÝKONU

Při určování jmenovitého výkonu zdroje vycházíme buď z dostupné plochy a přání zákazníka, nebo z energetických nároků zásobované budovy. Dále musíme vzít v úvahu, jaký jmenovitý výkon vyhovuje pravidlům podpory fotovoltaických systémů, která je v různých zemích odlišná.

Obecné pravidlo: 1kWp = cca 10m<sup>2</sup> PV zdroje (při použití polykrystalických článků)

### 4.2 VÝBĚR MODULU

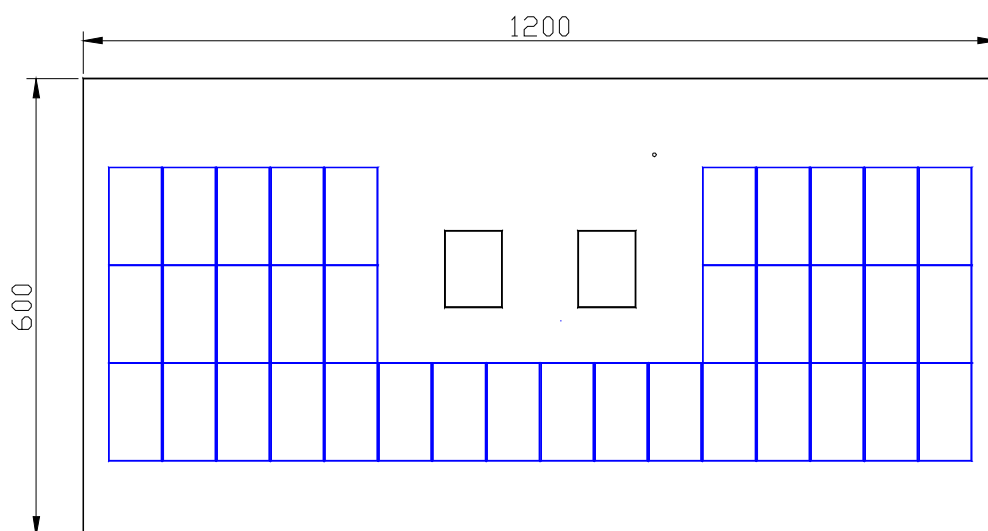
Následující kritéria nám umožní vybrat správný typ modulu:

- Požadavky na statiku: v závislosti na umístění instalace a povětrnostních podmínkách rozhodneme zda využít jednostranně nebo oboustranně zasklený, případně speciální modul. Odpovídající údaje o mechanických vlastnostech najdeme v technické dokumentaci modulu. Statika musí být propočítána pro každý konkrétní případ.
- Dostupnost modulu: vzhledem k napjaté situaci na evropském fotovoltaickém trhu nelze vyloučit převis poptávky po některých typech modulů. Při volbě typu modulu proto musíme zvážit jeho dostupnost.
- Způsob montáže: v závislosti na způsobu upevnění musíme rozhodnout zda zvolíme moduly s rámem či bez rámu. Toto hledisko může být ovlivněno rovněž požadavkem na vzhled.
- Účinnost modulu: máme-li k dispozici pouze omezenou plochu, ze které hodláme získat maximum energie, tak stojí za úvahu využití modulů s vyšší účinností (např. moduly s monokrystalickými články).

Je-li PV systém integrován do budovy jako součást zasklení či fasády, musí mít moduly potvrzení o schopnosti plnit tuto funkci, případně certifikát od stavebního technika.


### 4.3 ROZMÍSTĚNÍ MODULŮ

Po výběru typu modulu můžeme na základě znalosti jeho rozměrů, požadovaného jmenovitého výkonu a dostupné plochy navrhnout rozmístění.



Obrázek 11: Návrh rozmístění modulů (ATB-Becker)

Při návrhu rozmístění modulů musíme dbát na to, aby fotovoltaický systém neblokoval přístup ke komínům, anténám atd. Dále bereme v úvahu diagram pohybu slunce a výsledky rozboru zastínění. To znamená, že se snažíme vyhnout částečnému zastínění článků nebo celých modulů.

 Návrh rozmístění modulů na této stránce vychází z náčrtu pořízeného na místě instalace. Byly vybrány moduly ASE 100-GT-FT od firmy SCHOTT solar. Z 36 modulů byl sestaven zdroj o výkonu 3 600 Wp.

## 4.4 DIMENZOVÁNÍ SYSTÉMU UPEVNĚNÍ



Obrázek 12: Poškození systému silným větrem v důsledku nesprávného dimenzování systému upevnění

Při dimenzování systému upevnění vycházíme ze statistických údajů o povětrnostních podmínkách (rychlost větru, vrstva sněhu). Řada výrobců systémů upevnění nabízí tyto údaje jako doplňkovou službu. Výrobci poskytují také pravidla dimenzování a vyzkoušené standardy pro určitou rychlost větru a vrstvu sněhu.

Vedle statické únosnosti konstrukce je důležité prověřit rovněž kvalitu spojovacích prvků mezi konstrukcí budovy a rámem systému. Zejména při okrajích pole modulů je nezbytné umístit dostatečný počet spojovacích prvků k pevnému ukotvení.

jích pole modulů je nezbytné umístit dostatečný počet spojovacích prvků k pevnému ukotvení.

### 4.4.1 Systémy upevnění

V minulých letech byly vyvinuty standardizované systémy upevnění prakticky pro všechny možnosti instalace fotovoltaických modulů. Dnes máme k dispozici řadu různých řešení systému upevnění.



Na střechu



Na fasádu

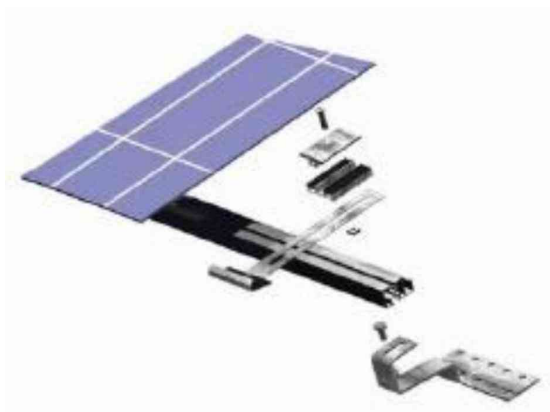




Na plochou střechu (upevnění šrouby)



Na plochou střechu (upevnění závažím)



Stavebnicový systém pro střechu i fasádu

Na tvarované plechy



Systém stojící na zemi

Obrázek 13: Různé systémy upevnění ([www.solar.schletter.de](http://www.solar.schletter.de))

## 4.5 OCHRANA PROTI BLESKU



Obrázek 14: Ochrana proti blesku (www.dehn.com)

Fotovoltaické systémy jsou často instalovány na exponovaných místech. K zajištění optimální ochrany proti blesku a přepětí odborníci doporučují víceúrovňové řešení s oddělením vnější a vnitřní ochrany proti blesku. Její provedení významně závisí na stávajícím systému ochrany proti blesku v příslušné budově.

Ochrana proti blesku se většinou zaměřuje na prevenci zranění osob v případě přímého zásahu budovy. Chceme-li zabránit poškození součástí fotovoltaického systému, musíme učinit další opatření. Zejména inventory s řadou elektronických součástí jsou citlivé na přepětí a musí být ochráněny. Pro fotovoltaické systémy platí v souvislosti s ochranou proti blesku a přepětí následující:

- Fotovoltaické systémy nezvyšují pravděpodobnost zásahu budovy bleskem, z tohoto pohledu není nutné žádné dodatečné ochranné opatření.
- Existuje-li v budově systém ochrany proti blesku, musíme k němu fotovoltaický zdroj připojit. Dále musíme důkladně provést vnitřní ochranu proti blesku.
- Exponované fotovoltaické systémy, např. instalované na plochých střechách, musí mít vyhovující systém ochrany proti bleskům. V tomto případě se moduly stávají pravděpodobným místem zásahu blesku, protože převyšují úroveň střechy.
- Doporučuje se použití bleskojistky ve stejnosměrné části systému.
- Doporučuje se ochrana proti přepětí ve střídavé části systému.

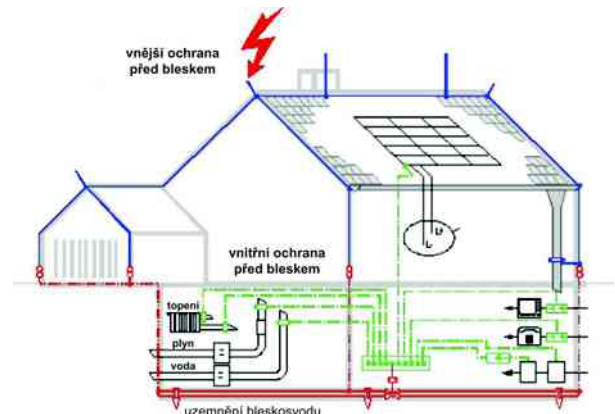
Musí být splněny normy a předpisy platné na území příslušného státu.

#### 4.5.1 Vnější ochrana proti blesku

Rámy modulů musí být vzájemně propojeny kvůli vyrovnání potenciálu. Vyšší počet připojení vyžaduje vyšší úroveň ochrany.

Pravděpodobnost přímého zásahu bleskem lze předpovědět na základě následujících údajů:

- Informace z okolí
- Průměrná hustota blesků v oblasti
- Velikost budovy



Obrázek 15: Součásti ochrany proti blesku (www.dehn.com)

Vnější ochrana proti blesku zahrnuje všechny součásti určené k zachycení a svedení blesku. Běžně se systém ochrany skládá z těchto částí:

- bleskosvod
- vedení (minimální průřez 16 mm<sup>2</sup> pro měděný vodič)
- systém uzemnění.

Pro zemní vodič lze užit následující průřezy:

Měď bez izolace:	A	≥ 16 mm <sup>2</sup>
Hliník bez izolace:	A	≥ 25 mm <sup>2</sup>
Galvanizovaná ocel:	A	≥ 50 mm <sup>2</sup>

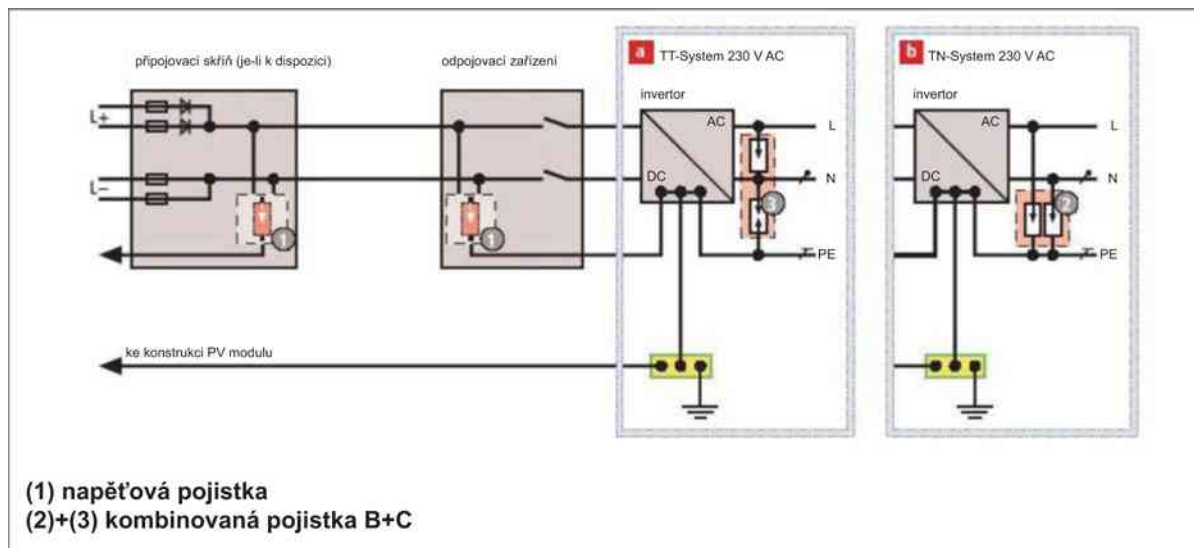
#### 4.5.2 Vnitřní ochrana proti blesku

Každý blesk má nepřímé dopady na okolí až do vzdálenosti 1 km. Pravděpodobnost ohrožení systému z tohoto důvodu je podstatně větší než v případě přímého zásahu budovy.

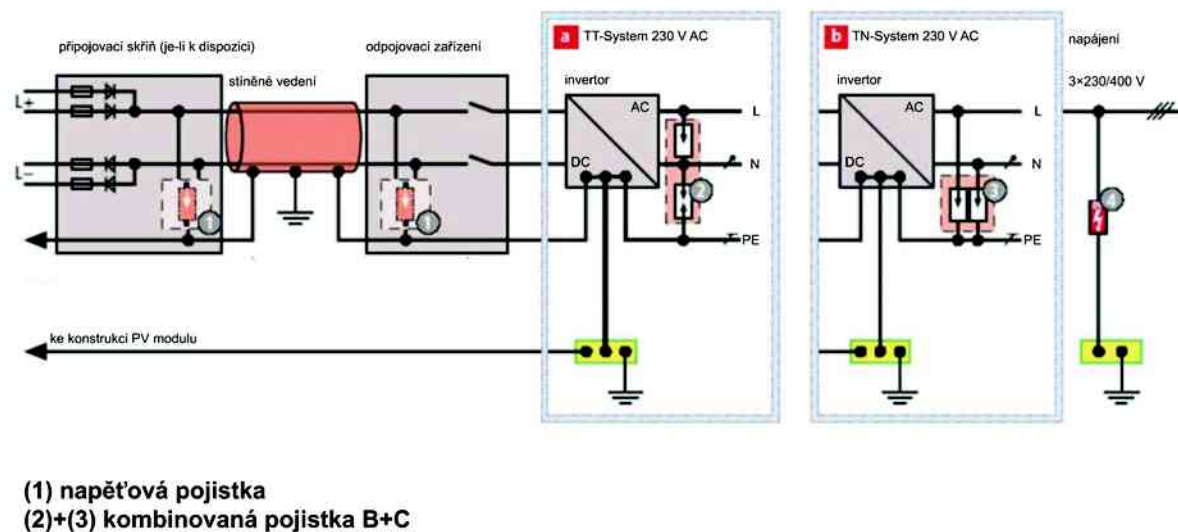
Nepřímé účinky blesku se projevují jako indukční, kapacitní a galvanické vazby. V jejich důsledku vzniká přepětí, které znamená vážné nebezpečí poškození součástí fotovoltaického systému.

K ochraně fotovoltaických systémů a připojených elektronických zařízení proti indukčním a kapacitním vazbám a proti síťovému přepětí se používá bleskojistka umístěná v připojovací skříni zdroje nebo v odpojovacím zařízení stejnosměrné části systému. V případě PV systémů s vysokou pravděpodobností zásahu bleskem se montuje další bleskojistka před a za inverter. Bleskojistky musí být namontovány oboupólově proti zemi. Pro systémy ohrožené bleskem se doporučují výhradně bleskojistky s teplotní separací a monitorem defektu. Kontrola bleskojistek musí být provedena po každé bouřce nebo minimálně jednou za půl roku. Nezbytnost kontroly musí být zdůrazněna provozovateli systému.

V některých extrémních případech má smysl namontovat ještě jednu proudovou pojistku před ochranu proti přepětí. Tato pojistka omezí proudový náraz způsobený bleskem na hodnotu, která odpovídá dimenzování ochrany proti přepětí.



Obrázek 16: Schema ochrany proti přepětí bez vnější ochrany proti blesku (www.dehn.com)

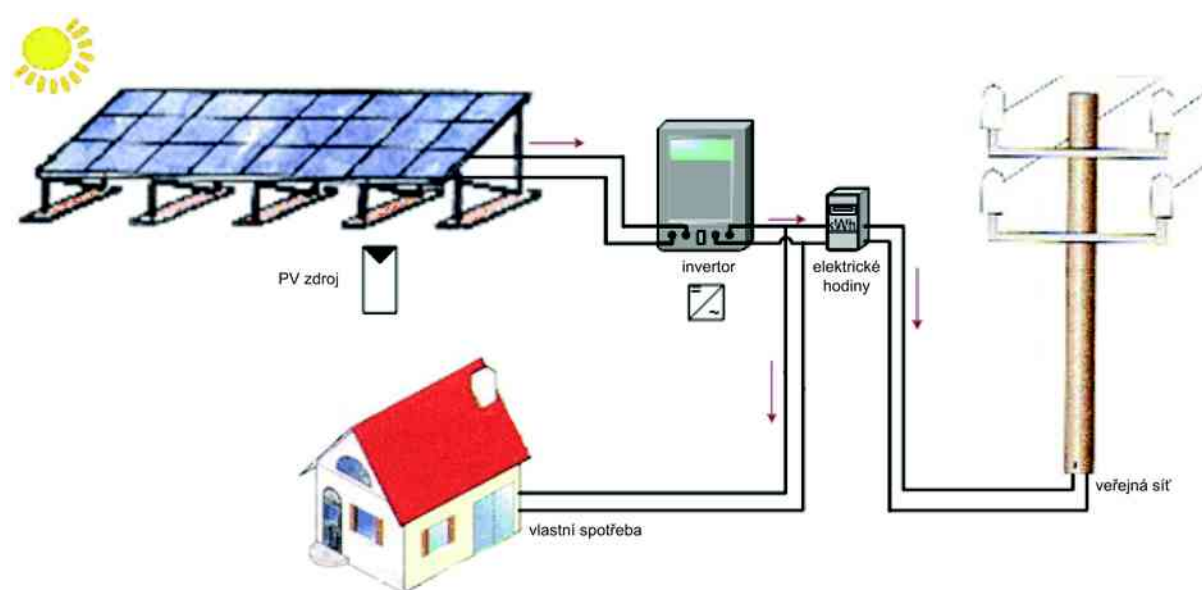


Obrázek 17: Schema ochrany proti přepětí s vnější ochranou proti blesku (www.dehn.com)

## 5 SYSTÉMY PŘIPOJENÉ K SÍTI

### 5.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Fotovoltaické systémy připojené k síti dodávají vyrobenou elektřinu do distribuční sítě. Stejnoseměrný proud vyrobený PV zdrojem musíme dovést k invertoru, který jej přemění na střídavý vyhovující požadavkům sítě (v Evropě většinou 230 V, 50 Hz).

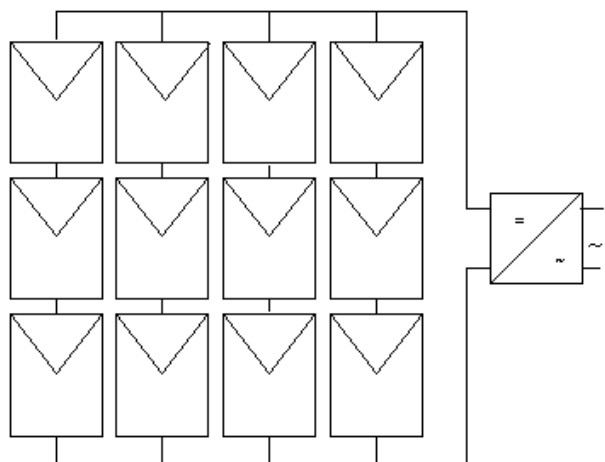


Obrázek 18: Schema PV systému připojeného k síti (ATB-Becker)

## 5.2 ZAPOJENÍ INVERTORU

Fotovoltaické systémy využívají různá zapojení invertoru. Zapojení v zásadě dělíme na centralizovaná a decentralizovaná.

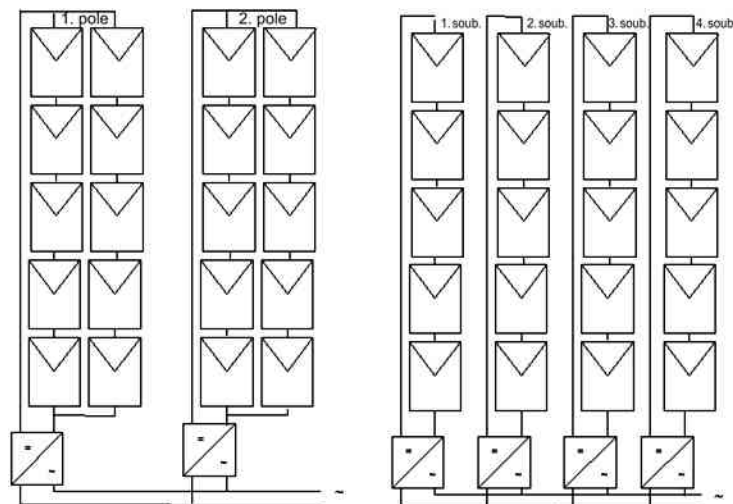
### 5.2.1 Zapojení s centrálním invertorem



Systém pracuje s invertorem, který přeměňuje všechnu energii vyrobenou zdrojem. Tyto systémy se většinou skládají z několika souborů (sériově spojených modulů), které jsou paralelně propojeny před invertorem. Zapojení se používá pro velké instalace s jmenovitým výkonem od 10 kW výše.

Obrázek 19: Zapojení s centrálním invertorem (arsenal research)

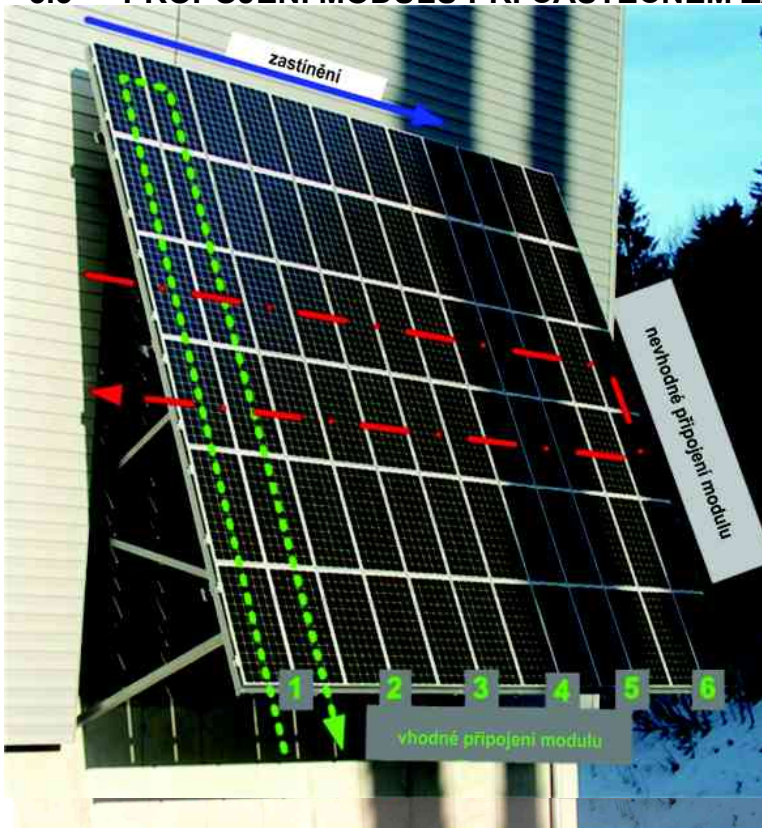
### 5.2.2 Zapojení s rozděleným zdrojem a souborovými invertory



Obvyklé systémy na budovách s výkonem v řádu jednotek kW většinou využívají zapojení se souborovými invertory. Celý zdroj přitom může mít pouze jeden soubor. Zapojení je vhodné i pro systémy s různě orientovanými částmi zdroje. V tomto případě lze využít vlastní vedení a inverter pro každý soubor.

Obrázek 20: Vlevo – rozdělený zdroj, vpravo - souborové invertory (arsenal research)

### 5.3 PROPOJENÍ MODULŮ PŘI ČÁSTEČNÉM ZASTÍNĚNÍ



Obrázek 21: Částečné zastínění

Při návrhu propojení modulů i zapojení invertorů musíme brát v úvahu zastínění. Výstupní proud modulu se při zastínění snižuje. "Oslabený" modul pak negativně ovlivňuje výstupní hodnotu celého souboru. Negativní vliv zastínění se ovšem liší pro různé způsoby propojení. Na obrázku vidíme možnosti propojení pro případ překážky, která na vrhá na systém svislý stín pohybující se doprava. V případě, že zvolíme svislé rozdělení zdroje, ovlivní ztráta způsobená zastíněním jen malou část systému (jeden soubor).

### 5.4 DIMENZOVÁNÍ

#### 5.4.1 Výběr invertoru a kontrola kombinace modul–invertor

##### 5.4.1.1 Kritéria pro výběr invertoru

Současný trh nabízí řadu invertorů a souvisejících zařízení. Výběr správného invertoru závisí především na jmenovitém výkonu PV zdroje. Rovněž další technické údaje systému musejí odpovídat hodnotám invertoru.

Další kritéria pro výběr invertoru jsou následující:

- Účinnost: účinnost invertoru musí dosáhnout minimálně 90%. V současnosti jsou k dispozici zařízení s účinností 97 %. Z hlediska principu stojí za poznámku, že lepší účinnost mají zařízení bez integrovaného transformátoru.
- Invertor musí mít označení podle pravidel EU a prohlášení o shodě podle požadavků konkrétního státu.
- Ztráta v režimu standby by měla být minimální.
- Invertor musí splňovat třídu ochrany odpovídající příslušnému místu instalace.
- Zařízení musí umožnit kontrolu funkce (LED, displej,...).
- Stejnoseměrné výstupy musejí být jištěny proti přepětí.

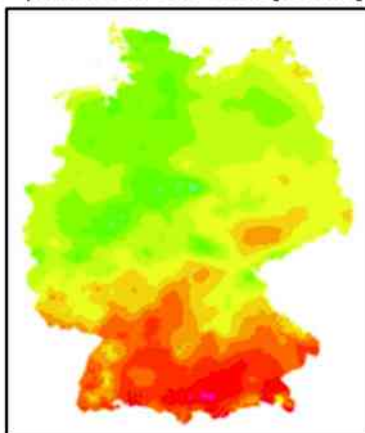
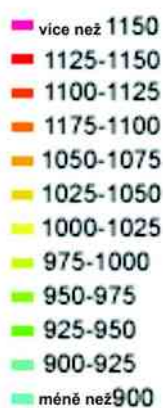
#### 5.4.1.2 Dimenzování

Při dimenzování musíme ověřit, jaká pravidla provozovatel sítě předepisuje pro připojované zdroje. V Rakousku jsou tato pravidla shrnuta v Technickém a organizačním manuálu (TOR) D4. Například jednofázové invertory mohou přenášet maximálně výkon 4,6 kVA. Větší invertory musí napájení rozdělit na tři fáze.

Pro dosažení maximálního energetického zisku je důležité, aby inverter a PV zdroj byly vzájemně optimálně vyladěny.

#### 5.4.1.3 Dimenzování výkonu

Energie slunečního záření dopadající na jednotku plochy za jeden rok v SRN – průměr z let 1981–2000. [kWh/m<sup>2</sup>]



Výkon invertoru nemusíme pokaždé navrhovat v poměru 1:1 k výkonu zdroje. Prvním důvodem je kolísání slunečního záření, druhým omezená výroba zdroje při vysokých hodnotách slunečního záření, které zvýší provozní teplotu modulů. Dalším kritériem je nadmořská výška instalace, neboť s klesajícím atmosférickým tlakem se snižují možnosti chlazení vzduchem.

Většinou můžeme použít inverter s jmenovitým výkonem o 20% nižším než je hodnota připojeného PV zdroje. V případě tohoto dimenzování musí mít inverter výkonově omezený výstup. Dále musí být zajištěno dostatečné větrání invertoru.

Obrázek 22: Mapa dopadajícího slunečního záření v Německu ([www.solarintegration.de](http://www.solarintegration.de))

#### 5.4.1.4 Dimenzování napětí

Invertory mají definováno napěťové rozpětí, ve kterém mohou pracovat. Provozní napětí závisí na počtu sériově propojených modulů a jejich typu. Toto napětí nemá konstantní hodnotu.



tu, v závislosti na teplotě může významně kolísat. Proto je důležité, aby ani extrémně vysoká či nízká okolní teplota neposunula hodnotu napětí mimo povolené rozpětí.

Tyto extrémní hodnoty mohou být vypočítány pomocí teplotního koeficientu napětí. V technické dokumentaci modulu je hodnota koeficientu uvedena. Najdeme zde rovněž hodnotu napětí naprázdno při standardních testovacích podmínkách (STC - záření 1000W/m<sup>2</sup>, teplota 25°C, spektrum AM 1.5). Běžně se napětí naprázdno vypočítává pro -15°C a +65°C (v některých případech volíme větší teplotní rozpětí).

Uvedený výpočet zajistí, aby ani při vysoké teplotě napětí nekleslo pod hodnotu, při které by došlo k odpojení invertoru, a aby nedošlo k poškození zařízení zvýšeným napětím při nízké teplotě. Výpočet musí vzít v úvahu rovněž délku vedení.

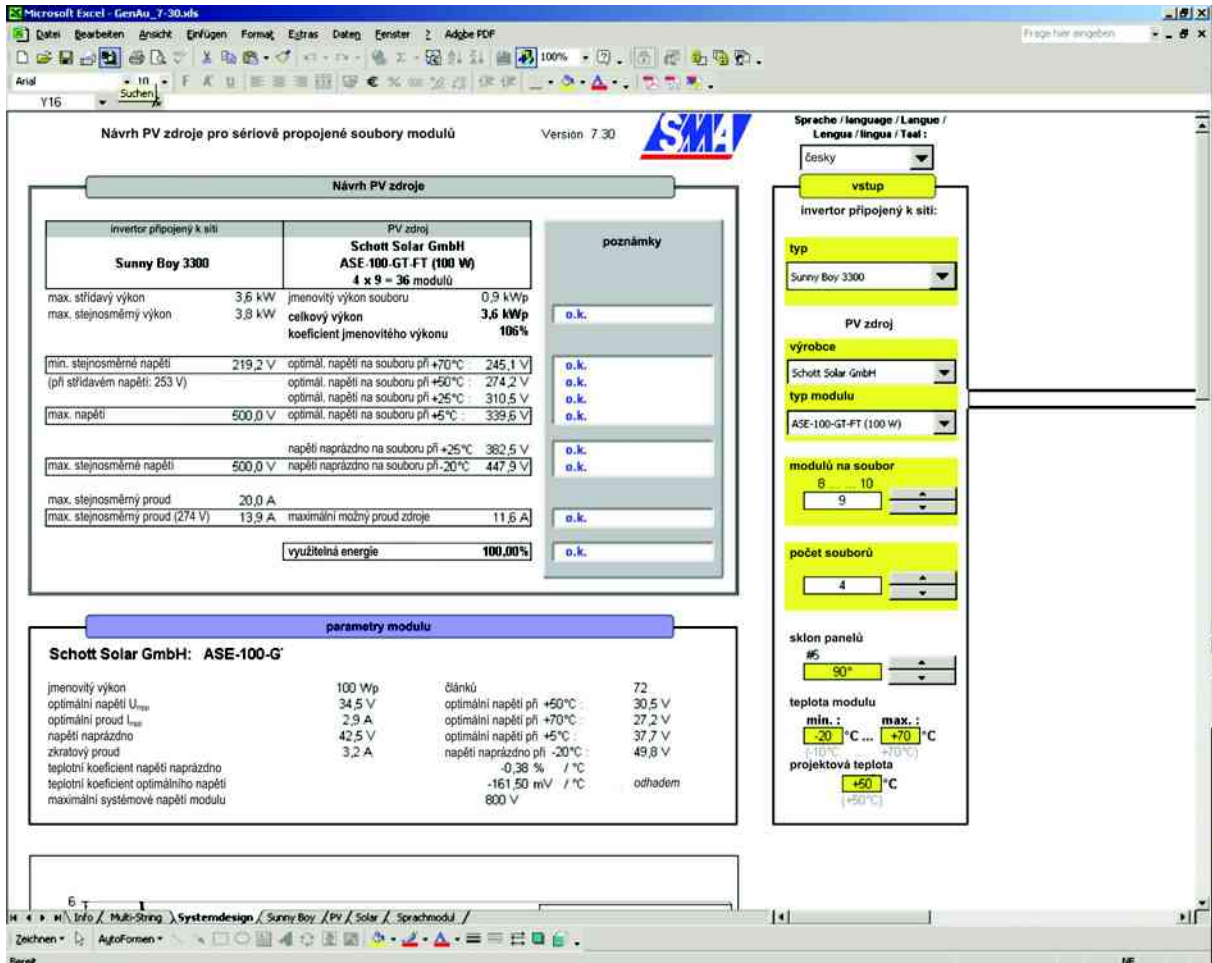
#### 5.4.1.5 Pomoc s dimenzováním

Většina výrobců invertorů nabízí pomoc při dimenzování na svých internetových stránkách.

Při dimenzování invertoru musíme rozhodnout, jak budou propojeny moduly fotovoltaického zdroje.



Ukázka internetové asistence při dimenzování pro výše naznačený příklad.



Pomoc při dimenzování nabízená různými výrobci je vždy strukturovaná podle stejného vzoru. Samozřejmě je možné vytvořit si vlastní excelovou tabulku a dimenzovat s její pomocí. Svépomocně vytvořené programy by ovšem měly být překontrolovány odborníkem.

Pracovní postup:

- Zadejte sklon modulu a rozpětí teplot. Teplotní rozpětí musí být zadáno minimálně v intervalu  $-15^{\circ}\text{C}$  to  $+65^{\circ}\text{C}$ , aby pokrylo i extrémní případy. Jedná se zejména o teplotní závislost výstupního napětí modulu.
- Vyberte požadovaný typ modulu a příslušného výrobce.
- Vyberte inverter s odpovídajícím jmenovitým výkonem.
- Nyní navrhnete vhodnou možnost propojení pro plánovaný počet modulů. Po spuštění program zkontroluje, jestli návrh splňuje všechny limity a ohlásí případné chyby.

Nepodaří-li se najít žádné řešení, musíme zkusit systém nadimenzovat s jiným invertorem nebo změnit počet modulů.

Výsledek: zvolený počet modulů může být bez problémů instalován společně s invertorem SB 3300. Všechny limitní hodnoty invertoru byly dodrženy.

Stejný postup lze uplatnit při použití internetových asistencí jiných výrobců (Fronius, Sunways, Kaco a další).

#### **5.4.2 Dimenzování vedení**

S pomocí okótovaného nákresu určíme délku stejnosměrného vedení. Abychom minimalizovali úbytek napětí na vodičích snažíme se vedení navrhnout co nejkratší. Návrh připojení systému můžeme připravit současně s dimenzováním invertoru a návrhem propojení modulů.

##### **5.4.2.1 Odolnost proti napěťovému přetížení**

Vzhledem k občasné vysoké napěťové zátěži musíme dbát na odolnost vedení proti napěťovému přetížení. Také v tomto případě je pro dimenzování rozhodující napětí naprázdno při  $-10^{\circ}\text{C}$  nebo  $-20^{\circ}\text{C}$ . Za normálních podmínek by vodiče použité v systému měly snést napěťovou zátěž až 1000 V.

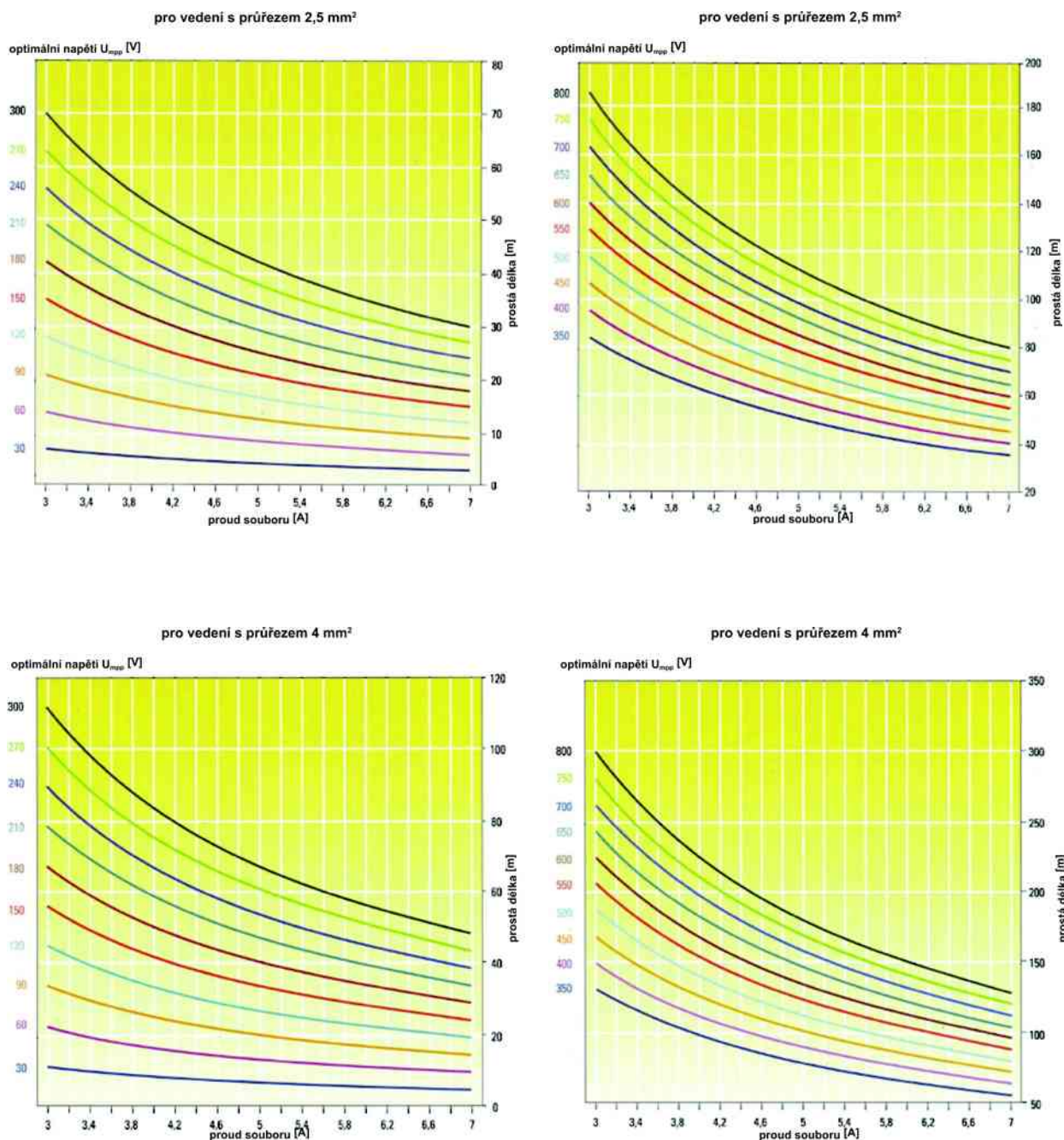
##### **5.4.2.2 Dimenzování na proudovou zátěž**

Průřez vedení je dimenzován na přenos maximálního proudu. Hodnoty přípustného proudového zatížení musejí odpovídat předpisům pro elektroinstalace v příslušné zemi. Maximální proud, se kterým je třeba počítat, odpovídá zkratovému proudu PV zdroje při plném výkonu.

Průřez vedení musí být dimenzován na maximální proud podle platných standardů.

##### **5.4.2.3 Ztráty ve vedení**

Chceme-li dosáhnout maximální účinnosti systému, nesmí ztráta napětí na stejnosměrné části přesáhnout 1 % napětí při standardních testovacích podmínkách. Doporučená hodnota pro dimenzování stejnosměrných vodičů se pohybuje od 3 do 4 A na  $\text{mm}^2$  průřezu pro maximální proud. Hodnotu lze použít pouze pro hrubý odhad, musí být ověřena detailním výpočtem.



Obrázek 24: Dimenzování vedení v závislosti na délce vodiče a optimálním napětí (arsenal research)

Vzhledem k tomu, že přípojky pro fotovoltaické systémy jsou dostupné pouze pro průřezy vodičů 2.5; 4 a 6 mm<sup>2</sup>, musíme se během dimenzování ujistit, zda některý z těchto průřezů bude možné použít.

### 5.4.3 Odpojovací zařízení stejnosměrné části



Kvůli možnosti odpojení invertoru od PV zdroje, musí být nainstalováno odpojovací zařízení. Podle příslušných norem musí být zařízení schopno zátěžového odpojení. To znamená, že musí umožnit bezpečné odpojení i při plném provozu systému. Nutno podotknout, že při provozu fotovoltaických systémů musíme počítat s vysokým stejnosměrným napětím, což vylučuje možnost použít k odpojení zdroje běžný vypínač (kvůli riziku elektrického oblouku). Proto musíme použít kontrolní prvek navržený speciálně pro stejnosměrné obvody.

zení (MHH Solartechnik)

tože neumožňují zátěžové odpojení. V současné době někteří výrobci invertorů nabízejí in-  
vertor s integrovaným odpojovacím zařízením.

K rozpojení stejnosměrného obvodu není povoleno používat zásuvku a zástrčku, pro-

### 5.4.4 Připojení k síti

Podle výkonu systému se nabízejí různé možnosti připojení k síti. U malých systémů (cca do 5 kWp) lze vést napájecí kabel přímo od invertoru k jističi a k elektrickým hodinám ke změření dodaného množství elektřiny. V případě větších systémů se doporučuje instalace rozvodné skříň s individuálními jističi pro jednotlivé invertory v jejich blízkosti. Ve stejné skříni mohou být svedeny jednotlivé střídavé vodiče, aby k elektrickým hodinám mohlo být přivedeno společné vedení. Pro systémy větší než 30 kVA bývá většinou předepsáno přídavné odpojovací zařízení, které může být rovněž instalováno ve zmíněné rozvodné skříni.

Připojení musí být dimenzováno podle norem a standardů platných v zemi, kde instalace proběhla. V České republice platí norma ČSN EN 617 27 Fotovoltaické systémy – parametry rozhraní s uživatelskou sítí.

Protože některé invertory mohou měřit impedanci sítě, můžeme se přesvědčit, zda v důsledku připojení příliš nevzrostla. Podrobný návod najdete v manuálech jednotlivých výrobců.

### 5.4.5 Jističe

Dimenzování jističů provádíme podle platných standardů a pokynů výrobce invertoru.

Volbu správného jističe ovlivňují následující faktory:

- Použité vedení (materiál vodiče a izolace)
- Okolní teplota v blízkosti vedení
- Způsob instalace vedení
- Množství vodičů
- Vzdálenost mezi jističi
- Selektivita
- Třída ochrany invertoru
- Kritická impedance obvodu

#### 5.4.5.1 Návrh jističů



Uvažujme výše zmíněný systém. Menší fotovoltaický systém se jmenovitým výkonem 3,600 Wp a odpovídajícím invertorem.

- Pro tento případ výrobce doporučuje 20 A, max. 25 A jistič s charakteristikou B.
- Maximální výstupní proud invertoru je 15.6 A.
- Pro tento případ je navržen vodič s průřezem 2.5 mm<sup>2</sup>.

Po zkontrolování příslušných tabulkových standardů zjistíme, že můžeme použít 20 A jistič.

Dále musíme zkontrolovat teplotní ovlivnění jističe. Musíme sledovat několik zátěžových faktorů, které jsou uvedeny v manuálu výrobce. Protože se jedná o malý fotovoltaický systém, bude jistič umístěn ve společné rozvodné skříni. Předpokládáme, že bude instalován bez mezery vedle ostatních jističů.

Zátěžové faktory podle manuálu výrobce:

- Koeficient konstantního zatížení  $> 1h = 0.9$
- Koeficient pro společné uložení jističů bez mezery = 0.77
- Koeficient nárůstu jmenovitého proudu při okolní teplotě v rozvodné skříni 40°C = 1.07 (hodnota uvedená výrobcem se vztahuje k 50 °C)

Vypočítáme jmenovitý proud jističe::

$$I_{bn}=20A \times 0.9 \times 0.77 \times 1.07 = 14.83 A$$

Z výsledku plyne, že vybraný jistič sice vyhovuje standardům, ale nemůže být použit předpokládaným způsobem, neboť výstupní proud fotovoltaického systému může být větší než jmenovitý proud jističe a ten může vypadnout při běžném provozu.

Možná řešení:

- Použijeme 25 A jistič. V tom případě ovšem musíme zvýšit průřez vodiče a výpočet zopakovat pro tuto sestavu.
- Zvýšíme vzdálenost mezi jističi na minimálně 8 mm. Koeficient pro společné uložení jističů se změní z 0.77 na 0.98 a výsledek výpočtu se změní na 18.87 A, což znamená, že jistič bude možné použít.

#### **5.4.6 Elektroměr**

Měření dodávky instalujeme po dohodě s provozovatelem sítě a na základě jeho technických požadavků. Provozovateli sítě musíme rovněž oznámit zprovoznění systému. Většina provozovatelů sítě má příslušné formuláře na internetových stránkách, případně je poskytne na požádání.

### **5.5 KALKULACE ENERGETICKÝCH ZISKŮ**

Vzhledem k tomu, že většina fotovoltaických systémů v Evropě je instalována za účelem prodeje vyrobené elektřiny, musí investor předem vědět, jaké množství energie systém přibližně vyrobí. Příprava simulačního programu vyžaduje dobrou znalost matematiky, problematiky fotovoltaických systémů a programování. Proto doporučujeme využít profesionální simulační program.

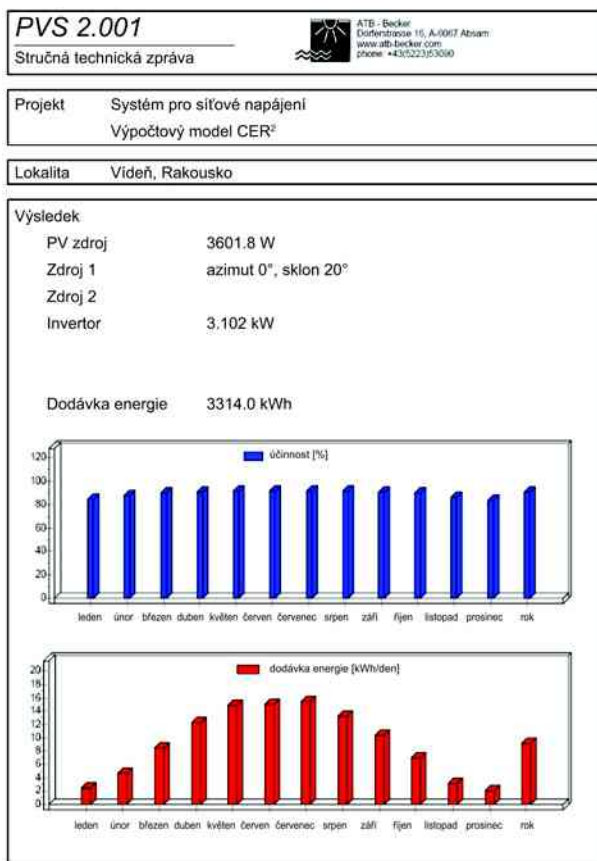
#### **5.5.1 Simulace**

Ke kalkulaci energetických zisků z fotovoltaického systému pomocí simulačního programu potřebujeme následující data:

- Diagram pohybu slunce
- Orientaci a sklon systému
- Sestavení systému (typ modulu a invertoru)

Simulační program vypočítá energetický zisk na základě těchto dat a celoroční meteorologické statistiky pro místo instalace. Většina programů vedle ročního energetického zisku dokáže odhadnout i vývoj výkupních cen elektřiny a připravit kalkulaci ekonomické efektivnosti investice. Výsledek ovšem musí být pro každou konkrétní akci posouzen a případně konzultován s ekonomickým poradcem.

## 5.5.2 Výsledek



Výsledné hodnoty jsou zpracovány různým způsobem v závislosti na použitém simulačním programu. Následující položky by měl výsledek simulace vždy obsahovat:

- Přehled údajů o plánovaném systému
- Roční energetický zisk v kWh: na základě této informace můžeme vypočítat další důležitou hodnotu – tzv. kWh/kWp poměr (energetický zisk vztažený na jednotku instalovaného výkonu). Tento poměr se stal obecně uznávaným kritériem pro vzájemné porovnávání PV systémů. Optimální instalace ve východním Rakousku dosahují hodnoty 900 kWh/kWp ročně. Vzhledem k delší době slunečního svitu dosahuje stejný systém instalovaný na západě Rakouska na hodnotu 1000 kWh/kWp.

Obrázek 26: Výstup simulačního programu (PVS 2.001)



Na obrázku vidíme výstup simulačního programu pro data odpovídající výše navrženému systému. Odhadovaný roční energetický zisk dosahuje cca 3300 kWh.



### 5.5.3 Kontrola věrohodnosti

I při použití sofistikovaného simulačního programu může během zpracování dat dojít k chybě. Proto musíme ověřit, zda jsou výsledky získané z počítače věrohodné. V první řadě zkontrolujeme, zda výsledky řádově odpovídají hodnotám dosaženým podobnými systémy. Podrobnější kontrolu můžeme provést změnou zadání některých vstupních dat – tzv. omezujících faktorů.

#### 5.5.3.1 Omezující faktory

- Zastínění
- Sklon
- Orientace
- Odvětrávání
- Teplota

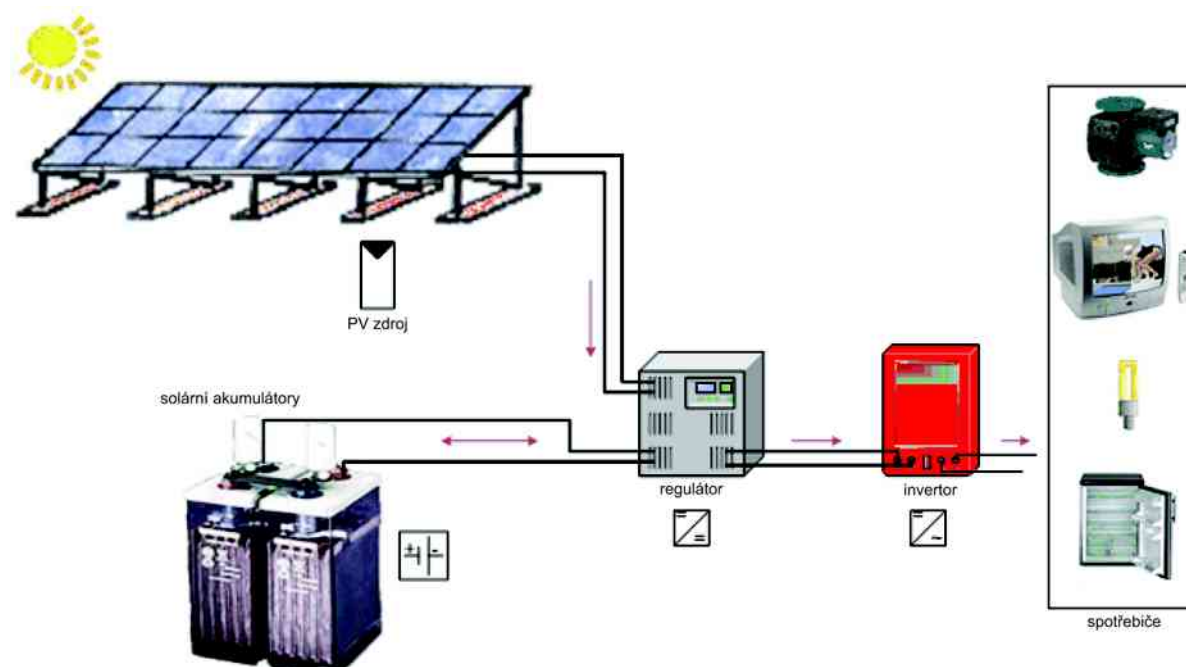
Vliv uvedených faktorů byl popsán v kapitole 3. Správnost simulačního programu ověříme tak, že zadávané hodnoty faktorů měníme, a kontrolujeme, jestli změna výsledku odpovídá očekávání.

## 6 OSTROVNÍ SYSTÉMY

### 6.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Ostrovní systémy se používají tam, kde není možnost připojení k veřejné síti, případně kde se dodávka do sítě nevyplatí. Abychom dosáhli nezávislého energetického zásobování, musíme do systému připojit soubor akumulátorů, které vyhoví požadavku na časté nabíjení a vybíjení. Dále je nezbytná instalace regulátoru, který slouží jako ochrana proti přebíjení i hlubokému vybíjení akumulátorů. Hodláme-li pomocí ostrovního systému zásobovat spotřebiče na střídavý proud, musíme navíc instalovat vhodný inverter.

#### 6.1.1 Ostrovní systém se střídavou zátěží



Obrázek 27: Schema ostrovního systému se střídavou zátěží (ATB-Becker)

Systém umožňuje používání běžných spotřebičů. Elektroinstalace je zapojena stejně jako ve všech ostatních budovách. V současnosti se již byly vyvinuty i menší ostrovní systémy pro tento způsob využití.

#### 6.1.2 Ostrovní systémy se stejnosměrnou zátěží

Běžně se tyto systémy instalují pouze pro malou dodávku energie. K systému mohou být připojeny pouze nízkonapěťové spotřebiče, které mohou být provozovány při napětí 12 nebo 24 V. Po výrazném zlevnění inverterů v posledních letech se již objevily malé systémy s připojeným invertorem, který umožňuje provoz standardních síťových spotřebičů na 220 V.

## 6.2 KALKULACE SPOTŘEBY

Důležitými faktory při návrhu ostrovního systému jsou spotřeba elektřiny a návyky uživatele. Pro správné dimenzování systému si musíme ujasnit, jaké spotřebiče bude systém zásobovat a po jakou dobu bývají tyto spotřebiče v provozu. Potřebné údaje získáme monitorováním provozu nebo na základě podrobného rozhovoru s uživatelem.

Je vhodné seřadit spotřebiče do tabulky, ve které zaznameneáme následující data:

- Název a popis spotřebiče
- Počet kusů
- Jmenovitý výkon a napětí
- Kolik hodin denně je spotřebič v provozu?
- Ve kterou denní dobu spotřebič používáme?
- Použití během roku
- Používá se jenom o víkendu nebo během celého týdne?

### Příklad tabulky pro malý domek obývaný přes léto:

Spotřebič	Kusů	Výkon [W]	V provozu denně [h/d]	Provozní doba	Použití
Lednička	1	410 Wh/d	24	00:00 – 24:00	duben - říjen
Rádio	1	20	10	10:00 – 20:00	duben - říjen
Televize	1	60	3	20:00 – 23:00	duben - říjen
Zářivka 1	2	7	5	18:00 – 23:00	duben - říjen
Zářivka 2	1	11	2	21:00 – 23:00	duben - říjen

Následné dimenzování dodávky energie bude vycházet z těchto údajů.

## 6.3 SOUČÁSTI OSTROVNÍCH SYSTÉMŮ A JEJICH DIMENZOVÁNÍ

### 6.3.1 PV zdroj

PV zdroj pro ostrovní systém dimenzujeme na základě údajů o spotřebě. K dimenzování doporučujeme využít počítačovou simulaci, neboť v případě ostrovního systému musíme počítat s větším počtem faktorů než u systémů připojených k síti. Příprava svépomocné kalkulace pomocí excelových tabulek je značně časově náročná a vyžaduje odborné znalosti o systému i jednotlivých součástech.

### 6.3.2 Regulátor

Regulátor zapojujeme mezi PV zdroj a soubor akumulátorů. K jeho základním funkcím patří:

- Sledování a regulace nabíjení akumulátorů
- Ochrana před přebíjením a hlubokým vybíjením
- Měření stupně nabití a odpojování zátěže

#### 6.3.2.1 Regulátor s akumulátorovou vazbou

Jedná se o nejčastěji používaný typ. Regulátor je zapojen do série s PV zdrojem a souborem akumulátorů. Po nabití akumulátorů na požadované napětí regulátor odpojí moduly od systému nebo je propojí nakrátko. Po poklesu napětí na akumulátorech je PV zdroj opět připojen. Provozní napětí modulu při tomto zapojení závisí na akumulátorech, což znamená, že PV zdroj nemůže pracovat při optimálním napětí. Tím dochází ke snižování účinnosti systému.

#### 6.3.2.2 Optimalizovaný regulátor

Optimalizované regulátory jsou vybaveny integrovaným převodníkem stejnosměrného napětí, což umožňuje provoz PV zdroje při optimálním napětí. Díky jejich využití lze zvýšit energetický zisk až o 40%.

#### 6.3.2.3 Charakteristiky regulátorů

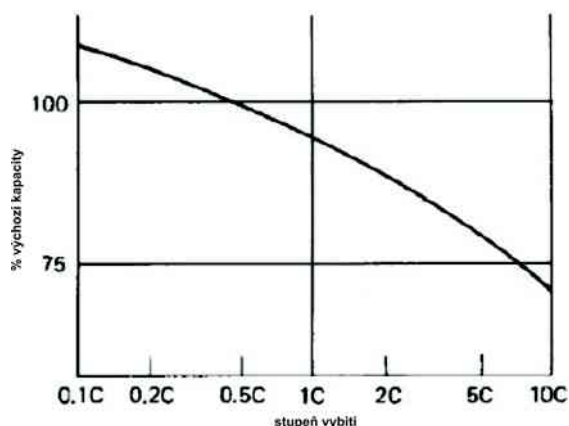
V technické dokumentaci poskytované výrobcem najdeme následující údaje:

- Maximální nabíjecí proud: proud nakrátko připojených modulů nesmí přesáhnout hodnotu maximálního nabíjecího proudu.
- Maximální proud do zátěže: limitní hodnota připojených spotřebičů.
- Systémové napětí: napětí regulátoru musí být přizpůsobeno PV zdroji a souboru akumulátorů. K nabití akumulátoru musí napětí přesáhnout jmenovitou hodnotu (pro 12 V akumulátor potřebujeme konečné nabíjecí napětí cca 13,7 V).

### 6.3.3 Soubor akumulátorů

Abychom mohli dodávat spotřebičům energii také během noci a při zatažené obloze, musíme vyrobenou energii akumulovat. Pro fotovoltaické systémy připadají v úvahu tři typy akumulátorů.

#### 6.3.3.1 Charakteristiky



Obrázek 28: Závislost kapacity na vybitém proudu (Hoppecke)

- Kapacita C: tato hodnota ukazuje množství energie, které můžeme v akumulátoru uložit. Měří se v ampérhodinách (Ah). Technické dokumentace výrobců uvádějí částečně odlišná data související s určováním kapacity. Kapacita totiž závisí na době vybití a na vybitém proudu. Proto v technické dokumentaci nacházíme pro kapacitu doplňkový údaj například ve tvaru C10. Údaj C10 znamená, že uvedená hodnota kapacity platí pro desetihodinové vybití.

- Stupeň nabití (SOC = state of charge): ukazuje momentální energetický obsah akumulátoru. Hodnota bývá uváděna buď v ampérhodinách nebo v procentech.
- Napětí: jmenovité napětí jednoho článku činí 2 V (pro olověné akumulátory s kyselinovým elektrolytem). Protože ostrovní systémy se běžně navrhují na napětí 12, 24, 48 nebo 60 V, přistupujeme k sériovému zapojení odpovídajícího množství článků nebo bloků. Nejdůležitější napěťové charakteristiky (napětí při plném nabití, zvýšené nabíjecí napětí) najdeme v technické dokumentaci.
- Proud: proud závisí stejně jako kapacita na době nabíjení a vybití. Zatímco nabíjecí proud dodává PV zdroj, vybití závisí na odběru spotřebičů. Pro solární akumulátory typicky platí, že maximální nabíjecí proud  $I_{20}=C_{20}/20$  h a střední vybití proud  $I_{120}=C_{120}/120$  h.
- Počet cyklů: využitelnost a životnost akumulátoru se udává počtem cyklů nabití - vybití, po který si akumulátor udrží definovanou úroveň kapacity.

### 6.3.3.2 Propojení akumulátorů

Při propojení akumulátorů dbáme na to, aby propojené akumulátory byly stejného typu a stáří a měly stejnou kapacitu a stupeň vybití. Při paralelním propojení akumulátorových souborů musí být každý soubor opatřen pojistkou, aby nedošlo k poškození při zkratu nebo v důsledku velkých vyrovnávacích proudů.

### 6.3.3.3 Instalace a místnost pro uložení akumulátorů

V každém případě musíme respektovat platné standardy pro instalaci akumulátorů a nároky na vybavení místnosti, kde jsou uloženy. Místnost pro uložení akumulátorů musí splňovat následující požadavky:

- Větrání (intenzita záleží na typu akumulátoru, kapacitě a rozměrech místnosti)
- Nádoba na záchyt kyseliny
- Nátěr zdí odolávající kyselině
- Podle okolností je třeba instalovat elektrická zařízení odolná proti explozi.

Akumulátory mohou být instalovány na různých podstavcích, které by měly být opatřeny nátěrem odolným proti kyselině.

### 6.3.3.4 Přehled dostupných akumulátorů

#### **Odvětrávaný olověný akumulátor s kyselinovým elektrolytem (OPzS nebo OPzV)**



Obrázek 29: OPzS-jednotlivé články s přípojkami (Hoppecke)

Pro použití v PV systémech se doporučují akumulátory z vyztužených plechů. Tyto soubory akumulátorů jsou speciálně konstruovány pro vysoký počet cyklů nabití – vybití. Zároveň dobře vyhovují nestálým nabíjecím podmínkám PV systémů. Tento typ akumulátoru se vyrábí jednak s tekutým elektrolytem (OPzS) nebo s elektrolytem ve formě gelu (OPzV).

## Akumulátorový blok



Obrázek 30: Akumulátorový blok s přípojkami (Hoppecke)

Také tento typ patří ke stacionárním akumulátorům. Kladné elektrody jsou tvořeny složenými deskami, což je kompromis mezi vyztuženými a síťovanými plechy. Rámečky jsou potaženy ochrannou vrstvou, díky níž mohou být desky vyrobeny snáze a levněji než vyztužené plechy, ale jsou trvanlivější než plechy síťované. Záporná elektroda je tvořena síťovanými plechy.

Akumulátorové bloky se vyznačují vysokou proudovou stabilitou a stabilitou cyklu. Údržbu vyžadují jednou za tři až pět let. V PV systémech, kde jsou k opětovnému nabití využívány nízké hodnoty proudu, dosahují účinnosti 95% to 98%.

## Olověné gelové akumulátory



ňování elektrolytu.

Obrázek 31: Olověné gelové články (Hoppecke)

Tento typ představuje další fázi vývoje olověných akumulátorů s kyselinovým elektrolytem, kyselina v nich byla zhuštěna do formy gelu.

Typ má následující výhody:

- Nepotahuje se nepříjemnou vrstvou kyseliny.
- Vysoká stabilita cyklu.
- Bez výparů, může být uložen v málo větrané místnosti.
- Pevně uzavřený plášť odolný proti únikům elektrolytu snižuje nároky na místo instalace.
- Bezúdržbový, nevyžaduje dopl-

Akumulátor je konstruován jako uzavřený s bezpečnostním ventilem, který v případě potřeby vypouští nahromaděný plyn. V plášti nejsou umístěny zátky, protože za normálního provozu se nemusí dolívat voda. Akumulátor tedy nevyžaduje údržbu.

#### 6.3.3.5 Pokyny pro dimenzování a kritéria výběru

Soubor akumulátorů navrhujeme vždy větší než nezbytně nutný, s rezervou cca 20%. Zvyšujeme tím životnost akumulátorů a otevíráme prostor pro případné nové spotřebiče. Akumulátory by měly být navrženy na minimální životnost 10 let.

Při výběru akumulátorů se rozhodujeme podle následujících kritérií:

- Provozní doba během roku
- Počet cyklů nebo nabíjecí (případně vybíjecí) proud

Pro výběr typu akumulátoru nelze dát žádné konkrétní doporučení, protože rozhodnutí záleží na faktorech, které se liší podle místa instalace. V úvahu však musíme vždy brát následující body.

- Dlouhá životnost
- Vysoká hustota energie
- Možnost přepravy
- Místo pro instalaci
- Nízké nároky na údržbu
- Kompletní příslušenství

#### 6.3.3.6 Bezpečnostní pokyny



Při manipulaci s akumulátory vždy dbáme zvýšené opatrnosti. Hrozí nebezpečí poleptání kůže, protože akumulátory jsou naplněny ředěnou kyselinou sírovou. K úrazu by mohlo dojít rovněž při zkratování akumulátoru. Při manipulaci musíme brát v úvahu značnou hmotnost. Technická dokumentace výrobce obsahuje všechny důležité bezpečnostní pokyny a musíme ji prostudovat před zahájením montáže.

### 6.3.4 Invertor

V principu máme k dispozici 4 různé typy ostrovních invertorů: obdélníkový měnič, lichoběžníkový invertor, kruhový měnič a sinusový invertor. Vzhledem k vysoké kvalitě dostupných dat lze doporučit pouze instalaci sinusového invertoru. Kruhové měniče jsou rovněž schopny zajistit kvalitní výstup, ale ve srovnání se sinusovými invertory jsou podstatně rozměrnější, těžší a mají nižší účinnost. Dimenzování invertorů pro ostrovní systémy vychází hlavně z maximálního výkonu připojených spotřebičů s určitou rezervou pro připojení nových spotřebičů v budoucnu.



Dále věnujeme pozornost dodržení následujících požadavků:

- Vysoká účinnost při nízké zátěži
- Nízký proud naprázdno, nízká vlastní spotřeba
- Schopnost zajistit dodávku jalového výkonu nezbytnou pro provoz indukčních spotřebičů bez omezení účinnosti
- Možnost krátkodobého přetížení
- Možnost krátkodobé dodávky vysoké hodnoty proudu pro rozběh spotřebičů
- Omezení spouštěcího proudu ve stejnosměrné části (kvůli zamezení zbytečnému spouštění bezpečnostních prvků při zapínání)
- Ochrana proti přepětí, ke kterému může dojít při vypínání indukčních spotřebičů.
- Ochrana proti přetížení a zkratu ve střídavé části
- Přizpůsobení frekvence výstupního signálu požadavkům spotřebiče
- Připojené přístroje: je-li mezi spotřebiči lednička nebo jiné elektronické zařízení, musíme vybrat kvalitní invertor, aby nedošlo k jejich poškození.



Obrázek 32: Síťový invertor (Fronius)

### 6.3.5 Stejnosměrné vedení

Instalaci stejnosměrného vedení věnujeme zvláštní pozornost, neboť se zásadně liší od běžné elektroinstalace. V případě chybného postupu může dojít ke vzniku velmi silného proudu (až 100 A). Z tohoto důvodu musí být veškeré vedení instalováno jako odolné proti zkratu. Dimenzování provedeme podle platných standardů. Při dimenzování dbáme na minimalizaci ztrát ve vedení, které by měly být menší než 1 %.

### 6.3.6 Energetický a zátěžový management

Systém energetického a zátěžového managementu (ELMS) patří k důležitým součástem vybavení větších ostrovních systémů. S pomocí inteligentního systému ELMS může být dodávka fotovoltaické energie úspěšně optimalizována. Systém řídí a kontroluje energetické toky prostřednictvím zapínání a vypínání spotřebičů podle definovaných priorit a aktuálního nabití akumulátorů. Systém můžeme sestavit z dílů dostupných na trhu.

## 6.4 DIMENZOVÁNÍ A SIMULACE

V této kapitole je popsána procedura použití simulačního programu PV SOL.

Po spuštění programu zvolte nabídku "Soubor/Nový projekt". Je-li otevřen jiný projekt můžete jej uložit a zachovat data. Poté se otevře dialog "Nový projekt". Zde si můžete vybrat položku "samostatně provozovaná síť" a na otázku, zda chcete provést stručnou analýzu odpovědět Ano.

### 6.4.1 Stručná analýza

Zadejte název svého projektu, např. "Zahradní domek".

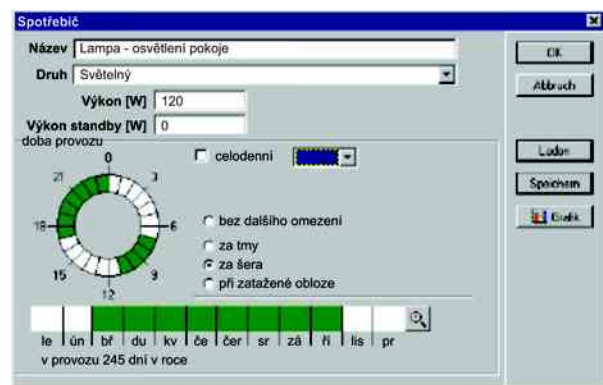
#### Soubor meteorologických dat

Klikněte na tlačítko "Počasí" a stáhněte si soubor meteorologických dat pro místo, které se nachází blízko vaší instalace, např. soubor berlin.wbv.

#### Orientace

Zadejte svoje data pro orientaci modulů. Azimut znamená odchylku od orientace na jih, 0° znamená, že váš systém je orientován přesně na jih. Odchylka od jihu směrem na východ se počítá jako záporná, odchylka na západ jako kladná. Sklon modulu se měří od horizontální roviny, 0° znamená, že modul leží rovnoběžně se zemí. Stojí-li modul kolmo, zadejte 90°. V našem příkladu je pole modulů orientováno na jihovýchod a jeho sklon činí 30°.

#### Spotřeba



Abychom dokázali odhadnout odběr energie, musíme definovat, které spotřebiče budeme zásobovat a po jakou dobu budou v provozu. Spotřebiče zadáme pomocí tlačítka "Spotřeba". Denní doba, ve kterou provozujeme různé spotřebiče je podstatná, protože po setmění jsou všechna zařízení odkázána na akumulátory, zatímco přes den je možné přímé zásobování energií.

Obrázek 33: Popis spotřebiče v programu PVSOL (PVSOL)

## **Pokrytí**

Můžete si vybrat, zda hodláte dosáhnout vysokého, středního nebo nízkého pokrytí energetických potřeb pomocí PV systému, nebo zda má být systém navržen tak, aby pokrýval poptávku pouze v konkrétních měsících.

Jako příklad byl zvolen zahradní domek, který je obýván během víkendů od března do října. Aby bylo možné pokrýt spotřebu v měsících s krátkou dobou slunečního svitu, nastavíme simulaci na říjen.

## **Návrh**

Po stisknutí tlačítka "Návrh" program vygeneruje potřebnou kapacitu akumulátoru a výkon PV zdroje. Dále zadáme potřebné napětí v systému. Hodláme-li použít záložní zdroj pro pokrytí spotřeby v nouzových případech, zadáme jeho požadovaná data.

Tlačítka "Akumulátor" a "PV modul" si vyberete základní prvky PV systému. Za tímto účelem si můžete stáhnout odpovídající soubory z knihovny programu. Při hledání dat si můžete nabídku seřadit v příslušném dialogu, který otevřete kliknutím na záhlaví sloupce "Seřadit podle různých kritérií".

Program popíše zapojení PV zdroje a souboru akumulátorů. Systém je navržen pro zásobování stejnosměrných spotřebičů.

## **Dimenzování**

Když kliknete na "Dimenzování", zobrazí se v dolní části okna hodnota výkonu dodávaného systémem a kapacita akumulátorů. Nevyhovují-li navržené akumulátory či moduly zvolenému napětí systému, objeví se varovné hlášení.

## **Simulace**

Jsou-li všechna vaše data v příslušném okně, můžete se rozhodnout, zda chcete simulovat systém nebo zda přenesete data do svého projektu a zrevidujete je. Simulace je zde míněna jako takzvaná "rychlá analýza" vhodná pro uživatele, kteří zatím nemohou nebo nechtějí detailně popsat svůj systém, ale potřebují hrubý odhad energetického zisku. Simulace bude provedena po kliknutí na tlačítko "Simulace". Souhrn výsledků se zobrazí na jedné stránce.

Popsaná stručná analýza se obvykle používá za účelem stanovení základních parametrů projektu. Kliknete-li na tlačítko "Uložit specifikaci", přiřadí program vaše parametry k nabídce pro příští zadání. Změny vymažete tlačítkem "Zrušit".

## 7 FORMÁLNÍ KROKY

Protože fotovoltaické systémy patří k zařízením pro výrobu energie, musíme pro jejich instalaci a připojení k síti získat příslušná povolení a licence (týká se systémů připojených k síti).

O licenci na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů žádáme u Energetického regulačního úřadu. Pro systémy s výkonem nižším než 200 kW nemusíme podle energetického zákona prokazovat finanční předpoklady.

Kvůli připojení k síti musíme projít schvalovacím řízením u regionálně příslušného provozovatele sítě (rozvodného závodu), u kterého rovněž žádáme o přidělení elektroměru.

Záměr instalovat fotovoltaický systém musíme ohlásit místně příslušnému stavebnímu úřadu. Úřad rozhodne, zda je pro danou instalaci nezbytné vyřízení stavebního povolení.

Po zprovoznění systému získáme nárok minimální výkupní cenu podle Zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (180/2005 Sb.). Zapláceno dostaneme poté, co provozovateli sítě zašleme výkaz o výrobě elektřiny za daný měsíc.

## 8 MONTÁŽ

### 8.1 BEZPEČNOST



Při montáži a instalaci fotovoltaických systémů se setkáme s řadou rizik, která lze ovšem díky zkušenosti a opatrnosti eliminovat.

#### 8.1.1 Možná rizika

##### 8.1.1.1 Práce na střechách a fasádách

Při práci na střechách a fasádách vždy dbáme na opatrnost a dodržování bezpečnostních pravidel. Řídíme se platnými bezpečnostními předpisy pro práci ve výškách. Používáme předepsané osobní vybavení stejně jako kolektivní ochranné pomůcky.

- Osobní ochranné vybavení: zahrnuje osobní zajištění pro zachycení při pádu (úvazek), helmu a chrániče nohou.
- Kolektivní ochranné pomůcky: jedná se především o zábrany, sítě, lešení a výsuvné plošiny.



nad 3 m (AUVA)

Dále musíme zajistit, aby žádná osoba nemohla být zasažena padajícím předmětem.

V Rakousku striktně dodržujte pravidla AUVA, namátkové inspekce jsou velice časté.



Obrázek 35: Jištění při práci na střeše (AUVA)

##### 8.1.1.2 Práce s fotovoltaickým systémem

Při práci s elektrickými systémy zásadně dodržujeme pravidla a předpisy platné v dané zemi. Práci mohou provádět výhradně kvalifikovaní odborníci.

Základní pravidla pro práci s fotovoltaickými systémy:

Na straně sítě:

- Odpojení: před zahájením práce odpojte všechny vodiče, které jsou pod napětím a vedou k místu, kde budete pracovat.
- Zajištění proti opětovnému připojení: rozvodnou skříň opatřete cedulí, zábranou nebo zámkem.
- Kontrola napětí: úroveň napětí zkontrolujte voltmetrem. Kontrola musí být provedena jednopólově.

Na straně PV zdroje:

- PV zdroj vyrábí elektřinu i při slabém osvětlení!
- Je nutné dodržovat předpisy pro práci se zařízením pod napětím.

## 8.1.2 První pomoc

### 8.1.2.1 Postup při poranění elektrickým proudem

#### Chování v případě zásahu elektrickým proudem

Zachránce se musí ujistit, že neohrozí svoji bezpečnost! Dotkneme-li se neopatrně postiženého nebo okolních předmětů a zařízení, můžeme si způsobit elektrický šok.

V případě potřeby musíme zajistit místo nehody.

#### Nehody na systémech nízkého napětí

Dříve než se dotkneme postiženého musíme udělat všechno pro to, abychom rozpojili elektrický obvod – vytáhnout zástrčku, vypnout spínač nebo shodit jistič. Postiženého se dotýkáme prostřednictvím předmětů zhotovených z izolantu (plast, suché dřevo, suchá látka), abychom se chránili před elektrickým šokem.

#### Poskytnutí první pomoci

Důsledkem zásahu elektrickým proudem nemusí být jen spálenina, ale také srdeční arytmie, případně bezvědomí, což může ve vážných případech vést k ohrožení života, aniž by bylo patrné vnější zranění. V případě, že se postižený nehýbe, ověříme, zda je při vědomí, a okamžitě provedeme vyšetření základních životních funkcí (zkontrolujeme tep a dýchání).

Je-li postižený v bezvědomí, uvedeme jej do stabilizované polohy na boku. Jestliže jsme to dosud neudělali, zavoláme záchrannou službu, a každou minutu kontrolujeme základní životní funkce postiženého.

V případě zástavy dýchání a srdeční činnosti okamžitě volejte záchrannou službu a zahajte resuscitaci postiženého nepřímou srdeční masáží a umělým dýcháním (dva vdechy na 15 stlačení hrudní kosti). Nepřímá srdeční masáž dokáže zajistit nouzový oběh a dodat do mozku dostatečné množství kyslíku, aby nedošlo k trvalému poškození.

V resuscitaci pokračujeme, dokud se dýchání a krevní oběh neobnoví, nebo dokud nepřijede záchranná služba.

Máme-li k dispozici lékařské přístroje (například poloautomatický defibrilátor) a dokážeme je správně používat, zvýšíme pravděpodobnost záchrany postiženého bez trvalých následků. Podrobnosti najdeme ve specializovaných příručkách první pomoci.

### **Tísňové volání a nahlášení úrazu elektrickým proudem**

V případě silného zásahu elektrickým proudem může postiženému pomoci pouze kvalifikovaný záchránce. Při volání záchranné služby zdůrazněte, že se jedná o úraz elektrickým proudem.

Podle platných předpisů musí být každý úraz způsobený elektrickým proudem ohlášen a vyšetřen. Osobou zodpovědnou za nahlášení úrazu na nejbližší policejní stanici je vlastník elektrické přípojky.

## **8.2 PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ**

### **8.2.1 Vyrovnání modulů**

Abychom pouze neinstalovali technicky precizní fotovoltaický systém, ale zároveň dosáhli dobrého estetického vzhledu, musíme věnovat pozornost vyrovnání modulů. K proměření a vyrovnání pole modulů se v praxi používá laserový paprsek, laserová vodováha a teodolit.

### **8.2.2 Manipulace s moduly**

Fotovoltaické moduly mají ve většině případů skleněné části. Proto s nimi musíme manipulovat velmi opatrně. Nejzranitelnější částí modulu je okraj skla. Zatímco zasklená plocha obvykle vydrží určitou zátěž, poměrně malý úder do okraje skla může způsobit rozbití celé výplně. Z toto důvodu moduly nikdy nestavíme na hranu.

Také při přepravě modulů dbáme na to, aby žádný rozměrný náklad neohrozil jejich okraje.

### **8.2.3 Třídění modulů**

Stejně jako ostatní produkty sériové výroby nejsou fotovoltaické moduly absolutně totožné, ale pohybují se v určité toleranci. Rozdíly v hodnotě optimálního výstupního proudu mohou vést ke ztrátě nevhodným zapojením. Ztráta nevhodným zapojením plyne ze skutečnosti, že při zapojení modulů do série rozhoduje o výsledném proudu celého souboru modul s nejmenším proudem. Ztrátě se můžeme vyhnout, když moduly roztřídíme podle hodnoty optimálního proudu. Pro každou dodávku modulů rovněž požadujeme od výrobce zkušební protokol.

### **8.2.4 Vedení**

Protože fotovoltaické systémy bývají v některých případech dlouhodobě vystaveny náročným klimatickým podmínkám musí být kabely a přípojky pečlivě nainstalovány a dostatečně

chráněny. Volné kabely nejsou přípustné, veškeré vedení musí být instalováno s příslušnou ochranou (trubka, plechový kryt,...).

### **8.2.5 Montáž jednotlivých součástí**

Při montáži jednotlivých součástí se řídíme doporučením výrobce. V případě invertoru dbáme, aby způsob montáže umožnil dostatečné odvětrávání.

## **9 UVEDENÍ DO PROVOZU**

Na prvním uvedení systému do provozu se dohodneme se zákazníkem. Během spouštění může být zároveň dohodnuto schválení a předání systému. O předání systému musí být sepsán protokol, který podepíše provozovatel i montážní firma.

### **9.1 SCHVALOVACÍ ŘÍZENÍ**

Celá procedura by měla proběhnout podle platných standardů a pravidel. Hlavním smyslem je ověřit, že systém splňuje všechny podmínky pro bezpečný provoz. Proces rovněž slouží ke zdokumentování aktuálních parametrů systému. To může být velmi užitečné pro případné odstraňování chyb nebo ověřování funkce v budoucnu.

Při schvalovacím testu se zaměříme na následující body:

- Proud nakrátko při ozáření za současného měření teploty modulu
- Napětí naprázdno při ozáření za současného měření teploty modulu
- Měření výkonu systému
- Odolnost vedení proti porušení izolace
- Vizuální kontrola jednotlivých součástí

### **9.2 DOKUMENTACE**

Ke každému fotovoltaickému systému musíme připravit jeho kompletní popis. Tato dokumentace by měla obsahovat následující části:

- Schéma připojení
- Návrh konstrukce a její výkres



- Popis fungování systému
- Provozní instrukce
- Návod k použití a technická dokumentace použitých součástí
- Schvalovací a bezpečnostní protokol
- Rozpočet

## **10 PŘÍČINY CHYB**

Pročtěte příručku o kvalitě fotovoltaických systémů.

## **11 PŘÍLOHY**

### **11.1 PROTOKOL O ROZBORU UMÍSTĚNÍ SYSTÉMU**

Obrázek 36: Protokol o rozboru (ATB-Becker)

## Dotazník pro plánování fotovoltaického systému

### 1. Všeobecné údaje

#### 1.1. Údaje o zákazníkovi

Příjmení: \_\_\_\_\_ PSČ, město: \_\_\_\_\_  
Jméno: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_  
Ulice: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

#### 1.2. Podrobnosti o místě instalace (ulice, město, země, nadmořská výška, souřadnice\*)

\_\_\_\_\_ (\* jsou-li známy)

### 2. Preference umístění systému

#### 2.1. Kde bude fotovoltaický systém instalován?

- Plochá střecha  
 Šikmá střecha  
 Integrovaný do fasády  
 Otevřený prostor  
 Jiná možnost:

#### 2.2. Doplnující informace

Sklon střechy \_\_\_\_\_

Krytina (tašky, plech, ...): \_\_\_\_\_

Stáří a aktuální stav krytiny: \_\_\_\_\_

### 2.3. Orientace střechy (světová strana, azimut \*)?

(\*je-li znám)

### 2.4. Je místo plánované instalace PV systému zastíněno stromy, sousedními domy, horami atd.?

Ano \_\_\_\_\_ v \_\_\_\_\_ m vzdálenost \_\_\_\_\_ m výška

Ne

### 2.5. Pohyb slunce – podklad pro diagram

Orientace Azimut [°]	Inklinace Elevace [°]	Orientace Azimut [°]	Inklinace Elevace [°]

(\* Vyplní projektant)

### 2.6. Náskres plochy pro umístění modulů




Obrázek 38: Protokol o rozboru (ATB-Becker)

### 3.1.2. Využití budovy

Celý týden

Víkend

Celý rok

Léto

Zima

Jiné:

### 3.2. Systém připojený k síti pro přímou dodávku

Optimální napětí systému: \_\_\_\_\_

Frekvence sítě: \_\_\_\_\_

Provozovatel sítě: \_\_\_\_\_

Měřicí místo: \_\_\_\_\_

### 4. Existuje systém ochrany proti blesku?

Ano    Popis: \_\_\_\_\_

Ne

### 5. Speciální požadavky a přání

Vizuální charakteristika: \_\_\_\_\_

Montážní manuál: \_\_\_\_\_

Přítomnost při montáži: \_\_\_\_\_

Jiné: \_\_\_\_\_

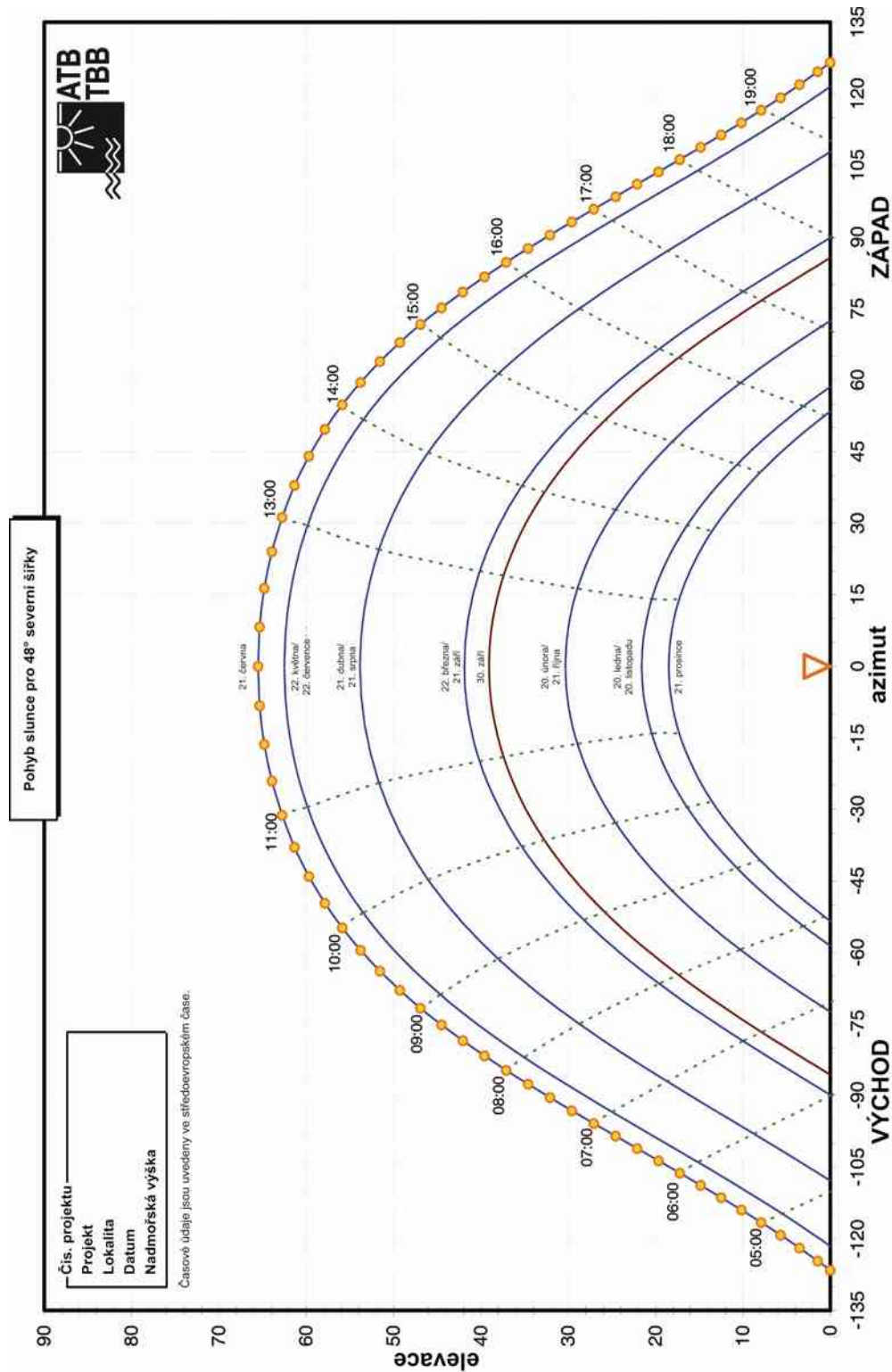
### 6. Možná rizika pro bezpečnost práce

\_\_\_\_\_

Rozbor provedl: \_\_\_\_\_

Zákazník: \_\_\_\_\_

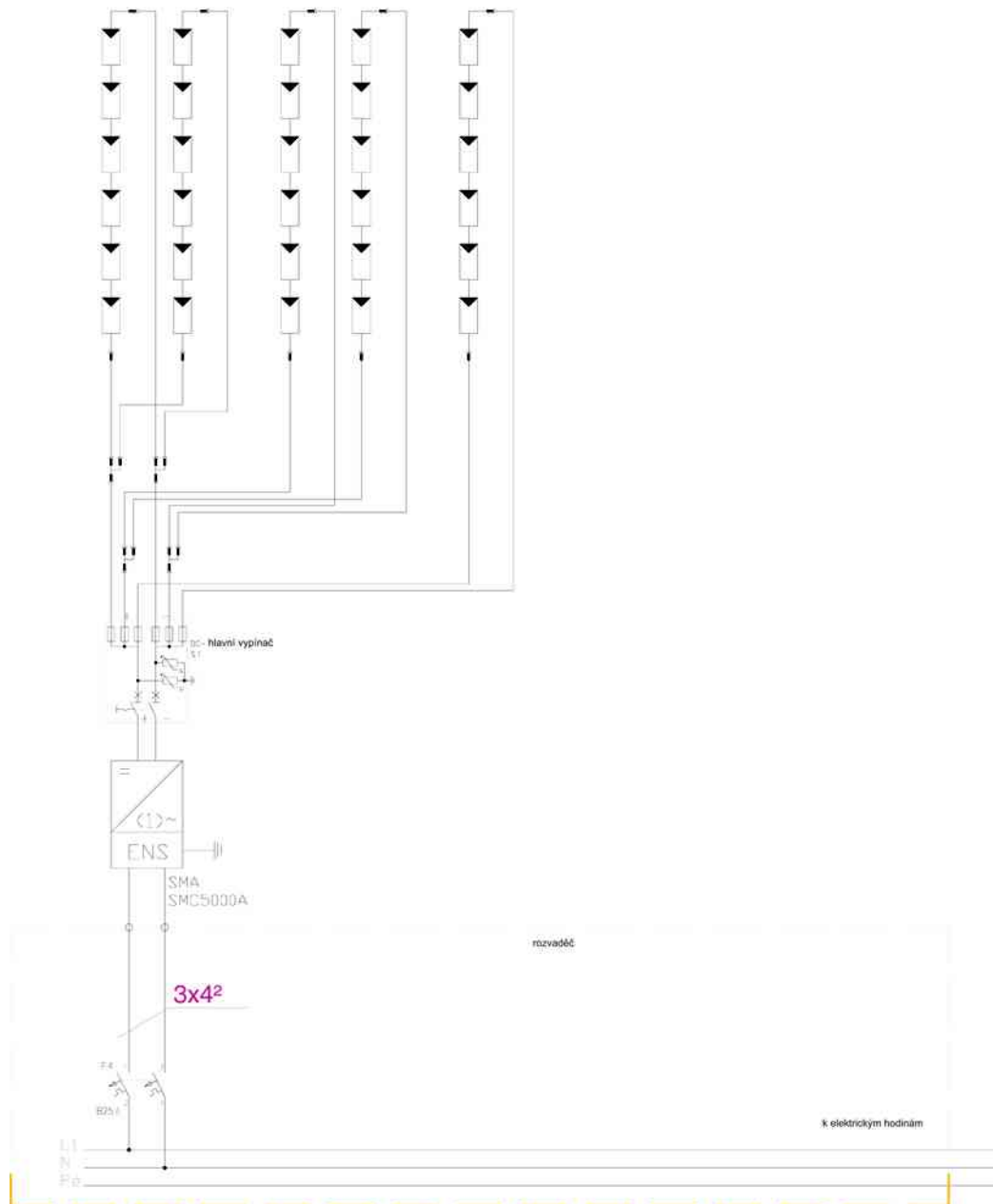
## 1.1 DIAGRAM POHYBU SLUNCE PRO 48° SEVERNÍ ŠÍŘKY



Obrázek 39: Diagram pohybu slunce pro 48° severní šířky (ATB-Becker)

### 11.3 VZOR SCHEMATU PŘIPOJENÍ

PV zdroj 1  
 5×6 modulů ASE 160-GT-FT  
 5×6×163 Wp = 4890 Wp



Obrázek 40: Schema připojení (ATB-Becker)





## 13 PŘEHLED OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Energetický zisk při odchylkách od optimálního nastavení.....	8
Obrázek 2: Možnosti umístění fotovoltaických systémů .....	8
Obrázek 3: Vzor nákresu plochy vhodné pro montáž (ATB-Becker).....	9
Obrázek 4: Servisní místnost pro systém o výkonu 52 kWp.....	10
Obrázek 5: Sledování pohybu slunce (ATB-Becker).....	11
Obrázek 6: Azimut a elevace (ATB-Becker).....	11
Obrázek 7: Zaměřování kompasu (ATB-Becker).....	12
Obrázek 8: Určování elevace (ATB-Becker).....	12
Obrázek 9: Diagram pohybu slunce pro konkrétní instalaci ve Vídni (ATB-Becker).....	12
Obrázek 10: Příklad rozboru zastínění využitím CAD systému (ATB-Becker).....	13
Obrázek 11: Návrh rozmístění modulů (ATB-Becker).....	15
Obrázek 12: Poškození systému silným větrem v důsledku nesprávného dimenzování systému upevnění.....	16
Obrázek 13: Různé systémy upevnění ( <a href="http://www.solar.schletter.de">www.solar.schletter.de</a> ).....	17
Obrázek 14: Ochrana proti blesku ( <a href="http://www.dehn.com">www.dehn.com</a> ).....	18
Obrázek 15: Součásti ochrany proti blesku ( <a href="http://www.dehn.com">www.dehn.com</a> ).....	19
Obrázek 16: Schema ochrany proti přepětí bez vnější ochrany proti blesku ( <a href="http://www.dehn.com">www.dehn.com</a> ) ..	20
Obrázek 17: Schema ochrany proti přepětí s vnější ochranou proti blesku ( <a href="http://www.dehn.com">www.dehn.com</a> )....	20
Obrázek 18: Schema PV systému připojeného k síti (ATB-Becker).....	21
Obrázek 19: Zapojení s centrálním invertorem (arsenal research).....	22
Obrázek 20: Vlevo – rozdělený zdroj, vpravo - souborové inventory (arsenal research).....	22
Obrázek 21: Částečné zastínění.....	23
Obrázek 22: Mapa dopadajícího slunečního záření v Německu .....	24

Obrázek 23: Příklad internetové asistence výrobce invertoru při dimenzování (SMA Technologie AG).....	25
Obrázek 24: Dimenzování vedení v závislosti na délce vodiče a optimálním napětí (arsenal research).....	28
Obrázek 25: Stejnoseměrné odpojovací zařízení (MHH Solartechnik).....	29
Obrázek 26: Výstup simulačního programu (PVS 2.001).....	32
Obrázek 27: Schema ostrovního systému se střídavou zátěží (ATB-Becker).....	34
Obrázek 28: Závislost kapacity na vybíjecím proudu.....	37
Obrázek 29: OPzS-jednotlivé články s přípojkami (Hoppecke).....	38
Obrázek 30: Akumulátorový blok s přípojkami (Hoppecke).....	39
Obrázek 31: Olověné gelové články (Hoppecke).....	39
Obrázek 32: Síťový invertor (Fronius).....	41
Obrázek 33: Popis spotřebiče v programu PVSOL (PVSOL).....	42
Obrázek 34: Osobní vybavení pro bezpečnou práci ve výšce nad 3 m (AUVA).....	45
Obrázek 35: Jištění při práci na střeše (AUVA).....	45
Obrázek 36: Protokol o rozboru (ATB-Becker).....	50
Obrázek 37: Protokol o rozboru (ATB-Becker).....	52
Obrázek 38: Protokol o rozboru (ATB-Becker).....	53
Obrázek 39: Diagram pohybu slunce pro 48° severní šířky (ATB-Becker).....	55
Obrázek 40: Schema připojení (ATB-Becker).....	56