FOTOVOLTAIKA
A FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
V PODMÍNKÁCH ČR
A JEJICH NAVRHOVÁNÍ

Vydala: Česká energetická agentura
Vinohradská 8, 120 00 Praha 2

Vypracoval: SOLARTEC s.r.o.

Tato publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie

Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování

Obsah

1. Úvod
2. Vývoj energetiky a fotovoltaiky ve světě
3. Solární články, panely a fotovoltaické systémy
4. Navrhování fotovoltaických systémů
5. Simulátor TRILLIUM PV
6. Montáž fotovoltaických systémů
7. Případová studie Grid-off systému
8. Případová studie Grid-on systému
9. Seznam firem
10. Fotovoltaický lexikon a slovník

Autoři: Ing. Jaromír Řehák, Ing. Jiří Bártek, CSc., Ing. Radim Bařinka
SOLARTEC s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm

Vývoj energetiky a fotovoltaiky ve světě, historie, současný stav a trendy

Jiří Bártek

Souhrn

Příspěvek podává informaci o mimořádně rychlém vývoji fotovoltaiky. Tento progresivní obor, zahrnující širokou oblast průmyslu a služeb, od výroby "solárního" křemíku, jeho řezání na plátky, přes výrobu solárních článků a panelů až po instalaci fotovoltaických systémů a jejich provozování, nebo po výrobu elektrických spotřebičů obsahujících fotovoltaický panel jako zdroj elektřiny, patří mezi nejrychleji rostoucí obory posledního desetiletí. Dosavadní trend – nárůst průměrně 15% ročně – je spodním odhadem vývoje, který se očekává během příštích 10 až 50 let. Příspěvek zdůvodňuje, proč právě fotovoltaické zdroje elektřiny se stanou jednou z výrazných alternativ neobnovitelných zdrojů energie, a to už během poměrně krátkého časového úseku 20 až 50 let.

Obsah

Souhrn **2**
Obsah **2**
1. Konvenční zdroje energie a jejich vliv na populaci **2**
2. Proč právě fotovoltaika je aspirantem na energii budoucnosti? **6**
3. Vývoj světového trhu fotovoltaiky **7**
3.1 Instalovaný výkon 7
3.2 Předpověď vývoje trhu 9
3.3 Potenciál trhu fotovoltaiky 9
3.4 Regionální cíle 11
4. Závěr **11**
Reference **12**

1. Konvenční zdroje energie a jejich vliv na populaci

Dnes se ve světovém měřítku spotřebovává obrovské množství energie. Tento vývoj byl odstartován zhruba od počátku 20. století a úzce souvisí se spotřebním způsobem života v průmyslově rozvinutých zemích. Cena energie je dnes vesměs na velmi nízké úrovni. Zásoby tradičních zdrojů energie jsou omezené a odhaduje se, že budou stačit přinejmenším na dalších 400 let za předpokladu, že spotřeba bude pokračovat v současné trendu. Je tento odhad pravděpodobný, nebo mylný? Prof. J. Schmid, předseda letošní 2. světové konference a výstavy o fotovoltaice ve Vídni, a další významné osobnosti jsou jiného názoru [1]. Tvrdí, že je evidentní, že náš čas pro vývoj a uvedení do hromadného používání alternativních obnovitelných zdrojů energie je mnohem kratší, než se obvykle soudí. Posuďte sami na následujícím výkladu.

Více než 100 let vykazuje spotřeba energie ve světě více méně stabilní růstový trend, průměrně 3% ročně. Vývoj tedy sleduje exponenciální křivku (Obrázek č. 1). Toto znamení zdvojení spotřeby již za každých 24 let, uvažujeme-li stejný trend. Odhaduje se, že tento trend bude pokračovat. Prvním důvodem je úsilí rozvojových zemí, jako je například Čína, dosáhnout stejné úrovně jako v nejrozvinutějších zemích. Druhým důvodem je pokračující růst světové populace. Dnes více než dvě miliardy lidí musí žít bez elektřiny. A dá se předpokládat, že většina z nich bude dříve nebo později chtít využívat předností elektřiny. [2]

Obrázek č. 1: Vývoj spotřeby energie ve světě

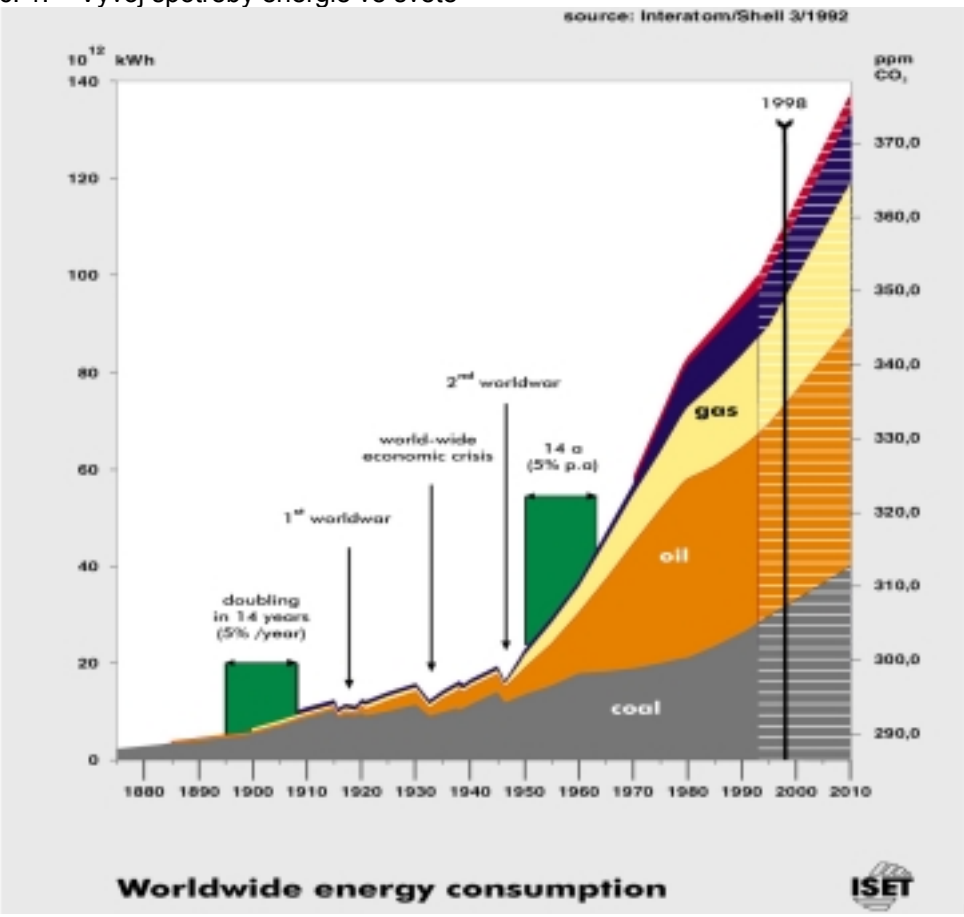


Figure1.jpg

Považuji za nezbytné připomenout vedlejší nežádoucí vlivy rostoucí spotřeby energie. Jde o globální oteplování atmosféry jako následek růstu koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) vznikajícího spalováním fosilních paliv. Odhaduje se, že k roku 2010 bude průměrné zvýšení teplot 2 až 6°C podle geografické polohy. Například v západní a severní Evropě +4,5-6°C, v severních státech USA a jižní Kanadě +5,5-6°C! Růstová křivka koncentrace CO_2 kopíruje trend vývoje spotřeby energie a počtu populace (Obrázek č. 2).

Obrázek č. 2: Vývoj populace, spotřeby energie a obsahu CO_2 v atmosféře

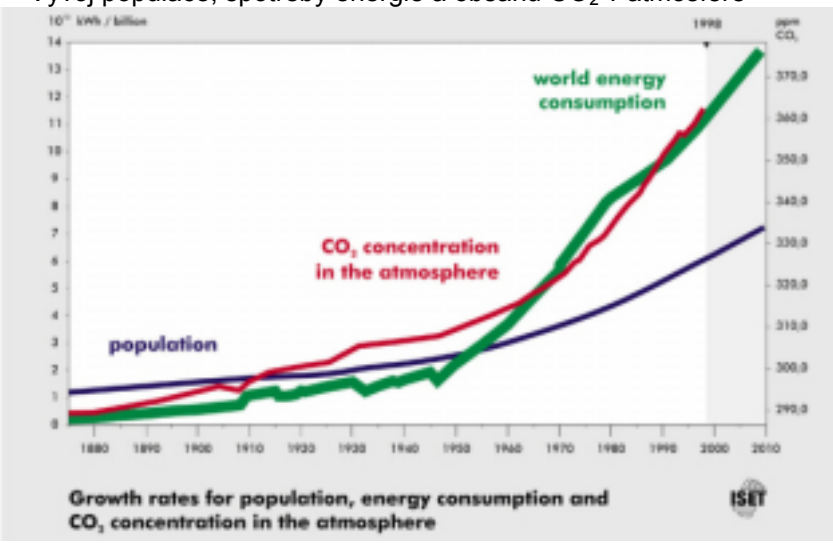
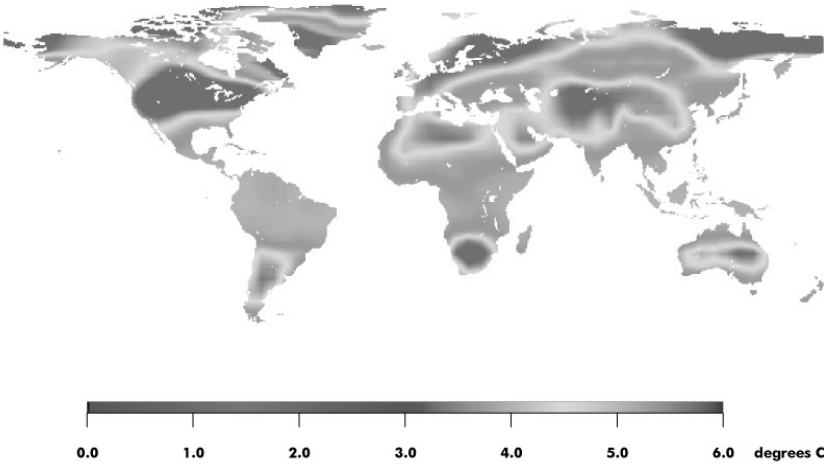


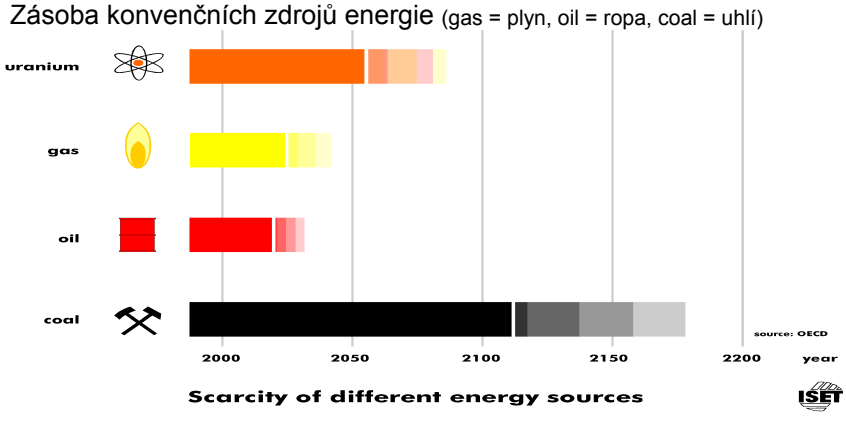
Figure2_72.jpg

Obrázek č. 3: Zvýšení průměrné roční teploty k roku 2010



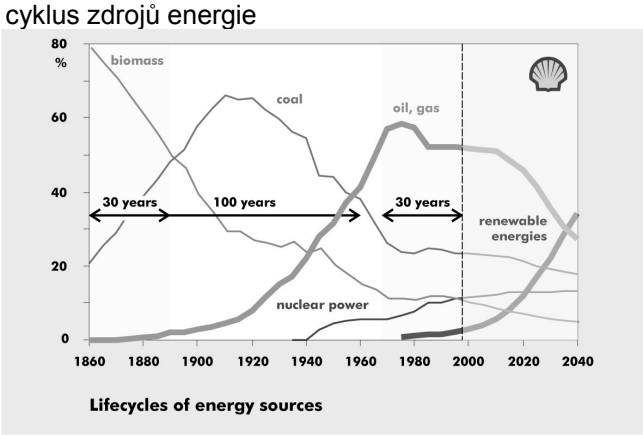
karte.gif

Obrázek č. 4: Zásoba konvenčních zdrojů energie (gas = plyn, oil = ropa, coal = uhlí)



oecd.gif

Obrázek č. 5: Životní cyklus zdrojů energie



shella.jpg

Následující tři modely popisují pravděpodobný budoucí vývoj spotřeby energie.

První model (Obrázek č. 6) ukazuje velmi dramatický vývoj založený na předpokladu pokračování současného trendu, tj. růstu průměrně **3%** ročně. Takto bychom zkonzumovali všechny v současnosti známé zdroje energie již během 90 let!

Tento nepříznivý vliv pro lidstvo a vše živé na této planetě bohužel nemůže zvrátit ani výrazné zvýšení stavu zásob. Obrázek č. 7 je toho dokumentem. Prozrazuje, že i když se nám podaří zvýšit úroveň zásob zdrojů desetinásobně, získáme pouze dalších 90 let navíc.

Dokonce ani důsledná opatření vedoucí k úsporám spotřeby nezmění nepříznivý vývoj. Obrázek č. 8 ukazuje scénář, který předpokládá snížení spotřeby energie na 50% dnešní průměrné úrovně, tj. na **1,5%** ročně. Získali bychom pouze 20 let navíc. Nicméně, právě snižování spotřeby je třeba chápat jako nejdůležitější faktor, kterým můžeme účinně rozšířit dobu pro možné využívání současných zdrojů a současně tak chránit vzácné neobnovitelné energetické zdroje, které jsou většinou zároveň i zdroji pro chemickou výrobu, bez níž si nemůžeme představit rozvinutou společnost. Čas, který takto získáme, máme na zavedení alternativních obnovitelných zdrojů v masovém měřítku.

Obrázek č. 6: Vývoj spotřeby energie a zásob ve světě (roční míra růstu 3%)

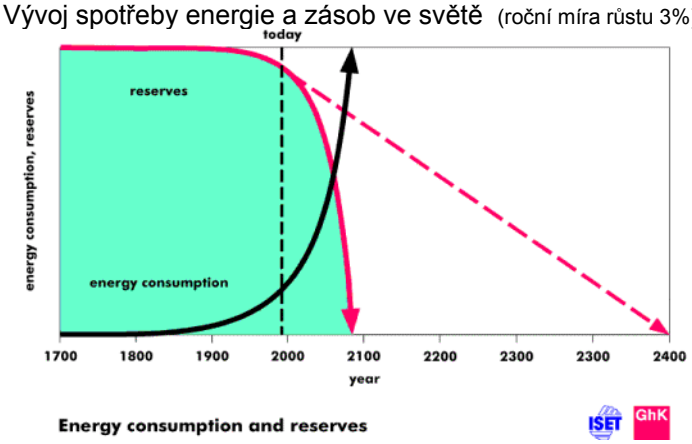


Figure3_72.gif (Reserv.gif)

Obrázek č. 7: Vývoj spotřeby energie a zásob za předpokladu zvýšení zásob 10x
(roční míra růstu 3%)

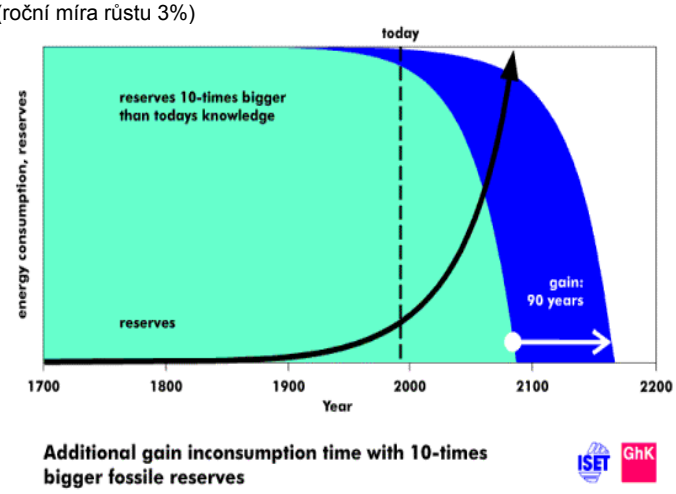


Figure4_72.gif (Reichw.gif)

Obrázek č. 8: Vývoj spotřeby energie a zásob za předpokladu snížení míry spotřeby na polovinu
(roční míra růstu 1,5%)

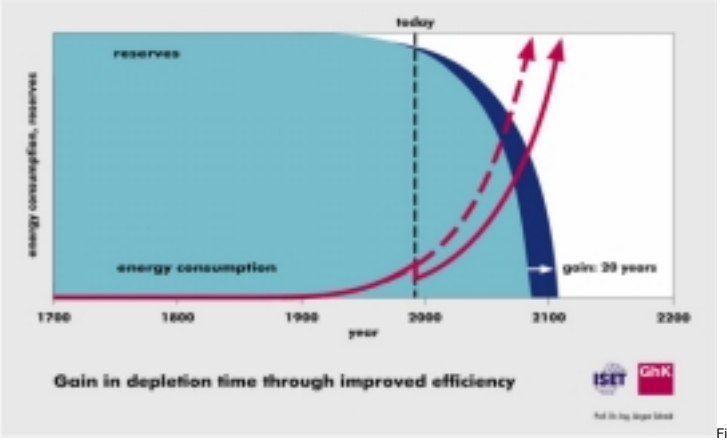


Figure5_72.jpg (Zeitg.jpg)

Závěr: **alternativní, obnovitelné zdroje energie** budou muset převzít významný, viditelný podíl na energetických zdrojích a jsou tak **nezbytností** pro lidstvo již v blízké budoucnosti, řádově v desítkách let!

Jaký vývoj alternativních zdrojů se předpokládá? Někteří výrobci energie a distributoři trend nástupu alternativních zdrojů již zahrnuli jej do svých mnohaletých strategických plánů a investují do nich již nyní s cílem dalšího posilování této sféry v příštích letech. Jako příklad mohu uvést Royal Dutch Shell, Mobil, British Petroleum (plán růstu vlastní fotovoltaické výroby průměrně 30% ročně) a Amoco, vesměs společnosti operující s ropou a plynem. Z distributorů mohu uvést například holandskou společnost Nuon. Například Shell předpokládá, že podíl obnovitelných zdrojů u velkých výrobců energie převýší 50% již během 50 let (Obrázek č. 9). Toto číslo je ohromující, vždyť představuje dvojnásobek současné celkové světové spotřeby a v podstatě znamená, že téměř celý nárůst spotřeby ve zmíněném období má být vykryt právě alternativními energetickými zdroji!

Obrázek č. 9: Předpokládaný vývoj spotřeby energie a podílu energetických zdrojů ve světě

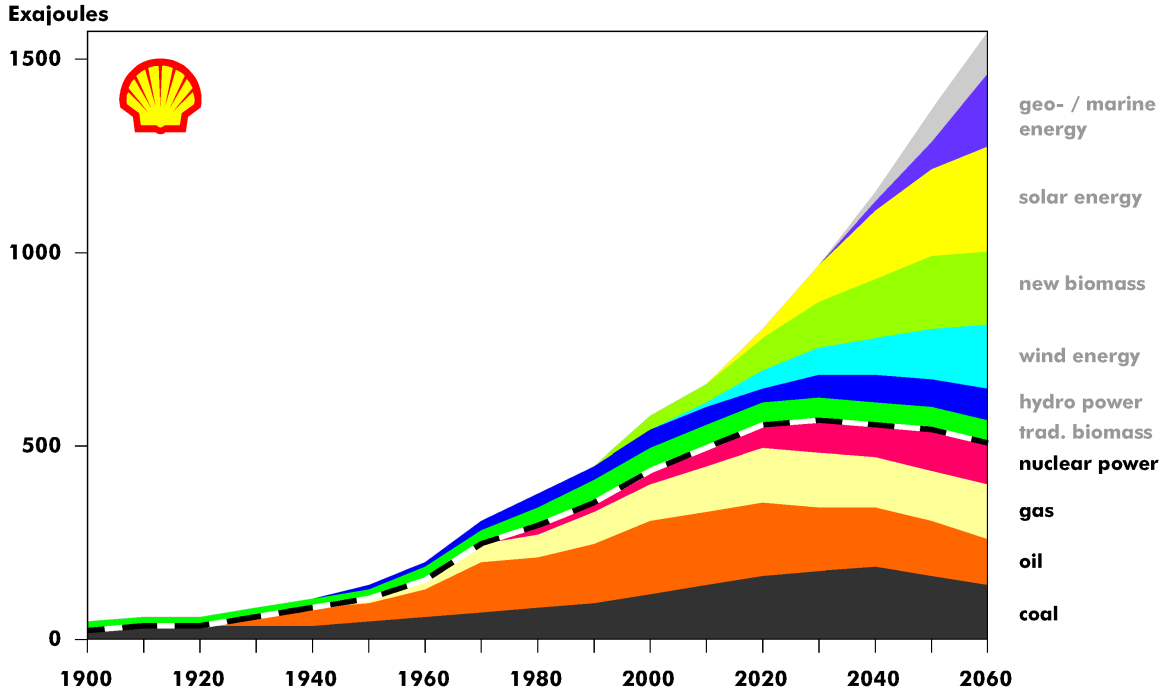


Figure6_72.gif

2. Proč právě fotovoltaika je aspirantem na energii budoucnosti?

Dnes je příspěvek fotovoltaiky na celkovém vyráběném množství energie zanedbatelný. Nachází se ve stejném stádiu jako počítače sedmdesátých let. Fotovoltaické systémy jsou podobně sofistikované jako počítačová technika a mohou být využívány rovněž v široké řadě aplikací. Dnes je ještě velmi obtížné uvěřit, že fotovoltaika má na to, aby se převzala velký a viditelný díl zdrojů v budoucnosti. Důvody, proč je takový vývoj reálný a proč je čas s fotovoltaikou začít právě dnes jsou naznačeny dále.

Největší předností fotovoltaiky je univerzální použití. FV systémy je možné používat v široké řadě výkonů, od zlomků wattu až po megawattové elektrárny, prakticky kdekoli na povrchu Země i ve vesmíru, a to v celé řadě domácích, průmyslových a komunálních aplikací. Podobně jako moderní telekomunikační systémy dovolují spojení i s nejzapadlejším koncem Země, bez použití drátů, fotovoltaiky dává podobnou možnost – energii kdekoli. Předpokládá se, že se obě tyto techniky stanou nejdůležitější základnou pro vývoj rozvojových zemí, které potřebují jak přístup k informacím tak k energii v decentralizované formě, bez nutnosti výstavby drahé konvenční infrastruktury.

Fotovoltaika, podobně jako mikroelektronika, má obrovský potenciál ke snížení spotřeby materiálů na vlastní výrobu a tím ke snížení výrobních nákladů. Dosavadní vývoj potvrzuje tuto schopnost.

Nespornými přednostmi je nekonečnost - z pohledu historické doby člověka na Zemi - zdroje fotovoltaické elektřiny, slunečního světla, bezpečnost výroby a čistší a zdravější životní prostředí. Za výhodu můžeme rovněž považovat vytvoření nových stabilních pracovních míst pro výrobu a provoz fotovoltaických zařízení po celém světě. Instalované FV systémy pracují s vysokou spolehlivostí. Potvrzují to desítky tisíc už instalovaných FV systémů po celém světě, pracující po řadu let. Účinnost přeměny světla v elektřinu je stále na stejně vysoké úrovni. Přitom jsou tyto systémy použity i v klimaticky velmi obtížných oblastech jako jsou rovníkové a tropické klima, vysoké hory, osady u polárního kruhu, přímořské oblasti nebo objekty přímo na moři (lodě, majáky, ropné plošiny).

Předpokládaný exponenciální růst odvětví fotovoltaiky (viz dále) vyzdvihne tento zdroj docela brzy mezi významné. Zajímavým se může ukázat srovnání s jadernou energetikou. Pokud vývoj jaderné energetiky bude pokračovat ve světě stejným trendem jako doposud, tzn. více méně stagnace, předpokládaný vzrůst výroby elektřiny fotovoltaickými zdroji povede k překonání výroby v jaderných elektrárnách již během třech až čtyřech desetiletí. (Obrázek č. 10).

Obrázek č. 10: Předpokládaný růst fotovoltaiky

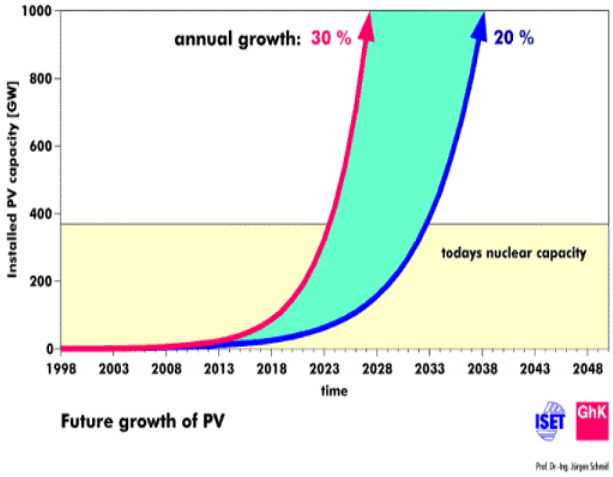


Figure8_72.gif (Growth.gif)

3. Vývoj světového trhu fotovoltaiky

3.1 Instalovaný výkon

Růst celkového **instalovaného výkonu** FV solárních modulů ve světě byl během období od roku 1990 průměrně **15% ročně**. [3, podobně 4, 1, 6] (viz Tabulka č. 1, Obrázek č. 11). V roce 1997 dodávky dokonce poskočily o **38%** a dosáhly 122 MW_p. K tomutéž roku se souhrnný instalovaný výkon odhaduje na minimálně 0,8 GW_p. Fotovoltaika, její části od výroby „solárního“ křemíku, přes výrobu křemíkových desek, článků a panelů až po instalaci FV systémů patří k nejrychleji rostoucím průmyslovým odvětvím ve světě [4] (Tabulka č. 2). V dalších letech se předpokládá zvyšování o 20-30% ročně. [např.1]

Tabulka č. 1: Světové dodávky fotovoltaických solárních panelů v MW_p [3]

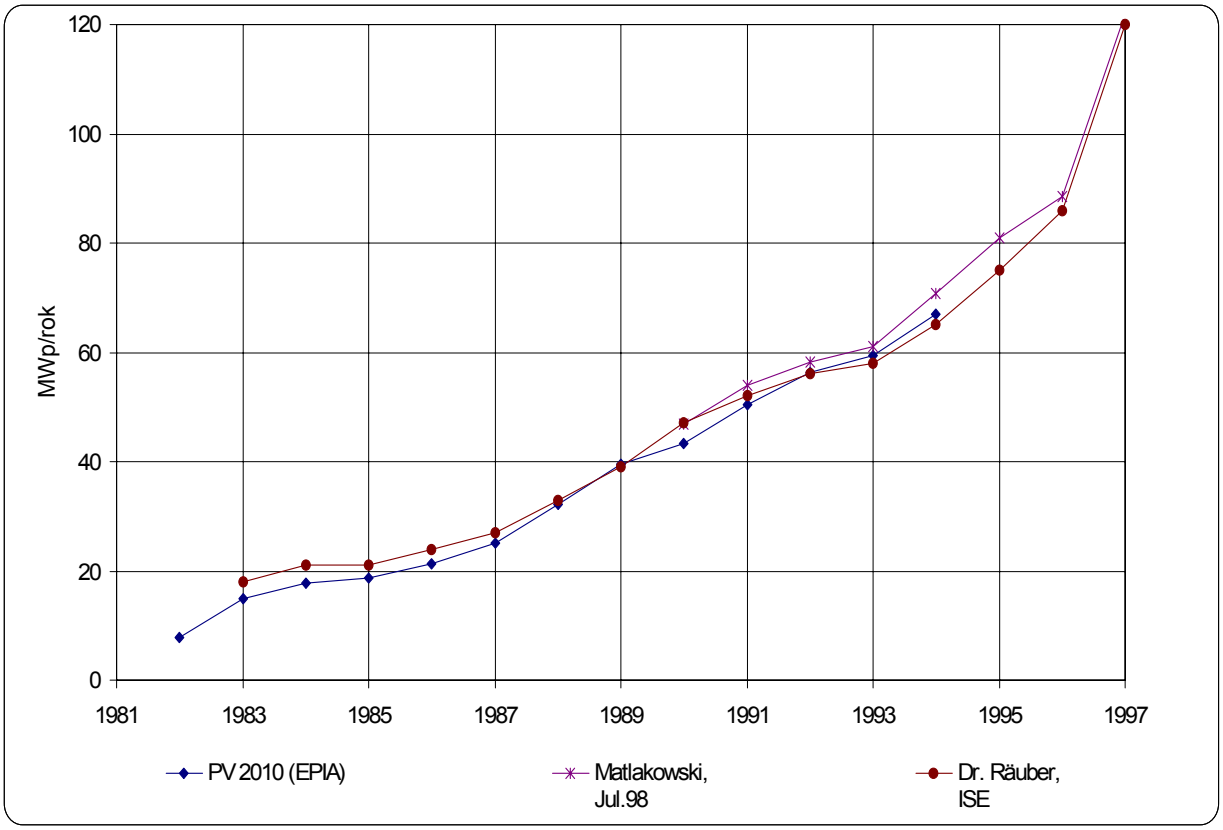
Země State	Rok / Year [MWp]: 90	91	92	93	94	95	96	97	Celkem / Total 90÷97
USA	15,7	16,2	17,9	21,0	25,6	32,4	39,0	50,5	
Japonsko / Japan	15,0	18,7	18,3	17,0	17,5	19,5	21,5	31,0	
Evropa / Europe	10,5	13,0	16,0	17,0	21,6	21,6	19,0	27,5	
Jiné / Other	5,7	6,0	6,0	6,0	6,0	7,5	9,0	13,0	
Celkem / Total	46,9	53,9	58,2	61,0	70,7	81,0	88,5	122,0	582,2
Roční přírůstek Annual increase	--	15%	8%	5%	16%	15%	9%	38%	Průměr = Average = 15%

Tabulka č. 2: Předpokládaný růst nejprogresivnějších odvětví v 1998 [4]

Odvětví / Branch	Očekávaný růst / Expected Growth
Informační technologie / Information technology	10%
Mobilní telefony/ Mobile telephones	11%

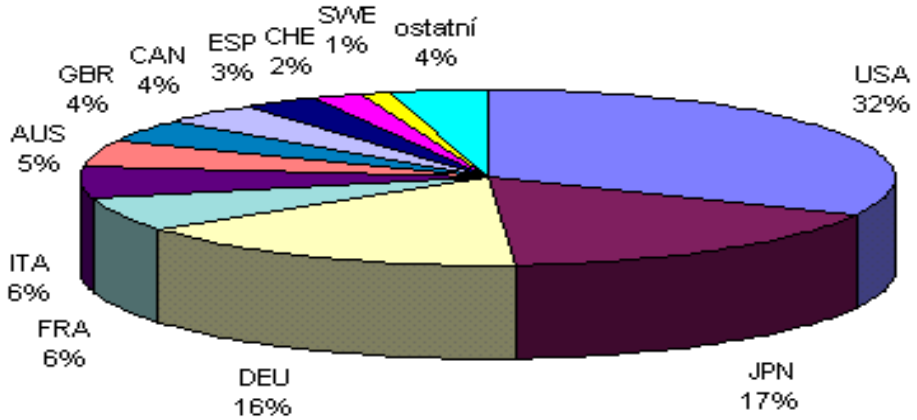
Odvětví / Branch	Očekávaný růst / Expected Growth
Internet	33%
Fotovoltaika / Photovoltaics	43%

Obrázek č. 11: Světové dodávky fotovoltaických solárních panelů v MW_p ročně [3, 6, 1]



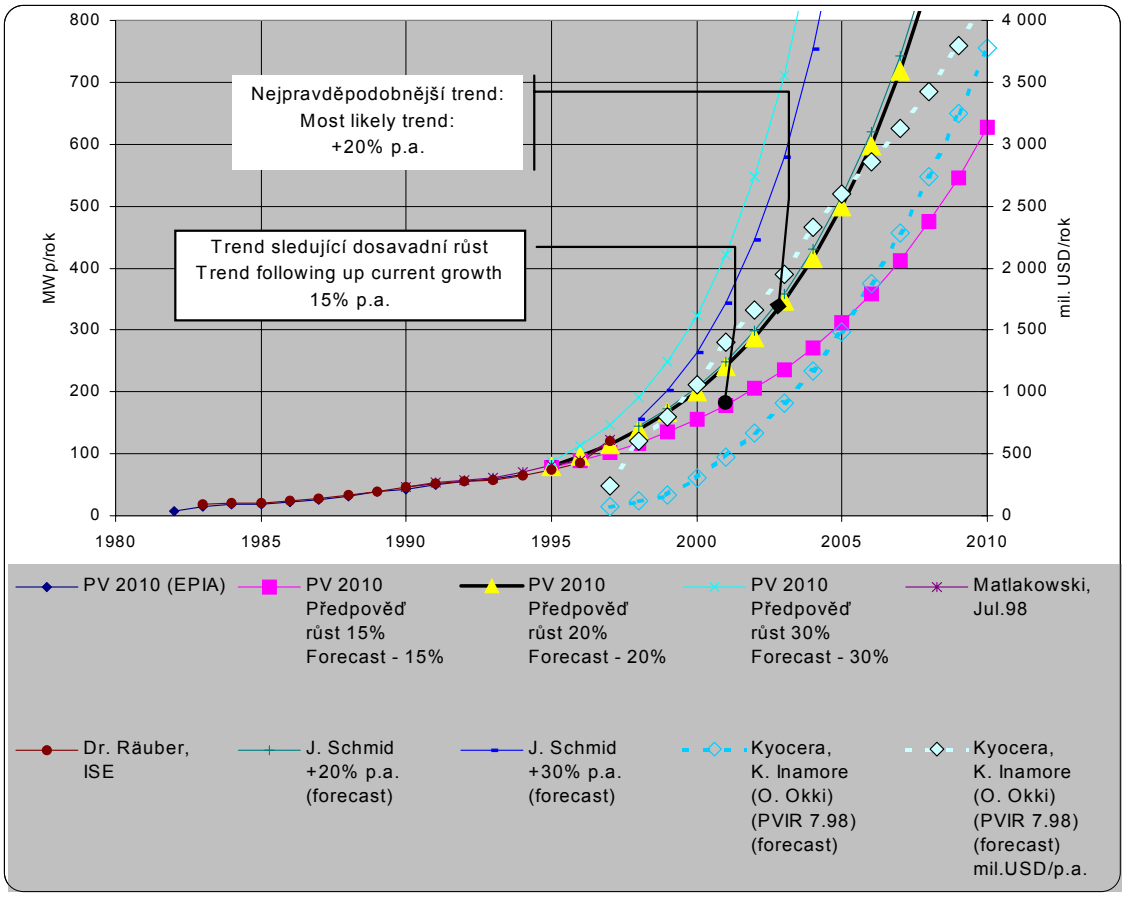
Odhaduje se, že **světový obchod v oblasti fotovoltaiky** byl v roce 1995 ve výši asi 713 mil. USD, z nichž podíl SRN, Japonska a USA činil souhrnně 65% [5].

Obrázek č. 12: Světový obchod v oblasti fotovoltaiky



3.2 Předpověď vývoje trhu

Obrázek č. 13: Roční dodávky ve světě – vývoj a předpověď [3, 6, 7]:



3.3 Potenciál trhu fotovoltaiky

Potenciál FV trh ve světě [6] odvozený od aplikací u koncových zákazníků (viz také Tabulka č. 3):

- Ekonomický odůvodněné on-grid systémy na budovách
- Podpořené on-grid systémy
- Multi-megawattové FV systémy nebudou pravděpodobně konkurenceschopné vůči konvenčním elektrárnám ještě k roku 2010.
- Venkovské aplikace (off-grid) u populace dosud nepřipojené k veřejné síti

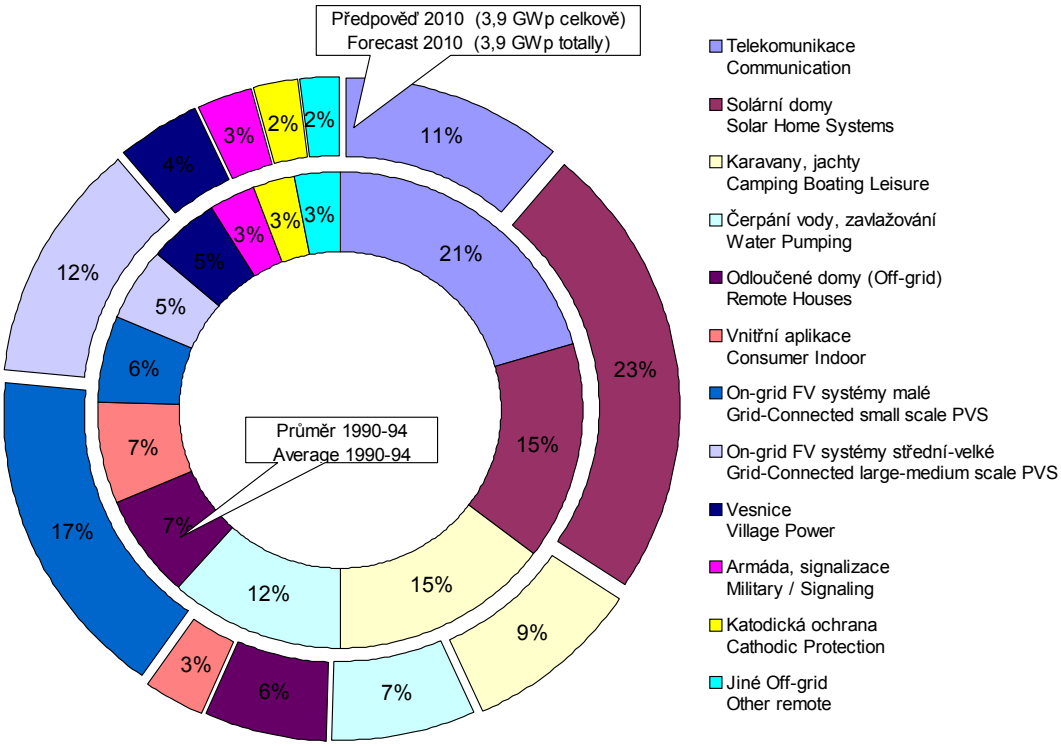
Tabulka č. 3: Potenciál trhu fotovoltaiky k roku 2010 [6] (podle aplikací u koncového uživatele)

FV aplikace	Typ FVA	Region	Potenciálně instalovatelný výkon (GWp)	Wp/osobu	Vyrobená elektřina (TWh/rok)
Na budovách (fasády a hlavně střechy)	On-grid	Evropa	618	1 584	494
		USA	757	2 344	903
		Japonsko	174	1 385	159
		Jiné země OECD	211	1 564	230
Venkovské aplikace	Off-grid	3. svět	>16		
		Evropa	0,15		
Celkově		svět	1 776		

Typy fotovoltaických systémů, typy FV aplikací, rozšíření, trendy

Fotovoltaika již dnes pokrývá široké spektrum aplikací: několik tisíc signálních bójí navádějících lodě podél pobřeží, retranslační stanice pro mobilní telefonní sítě, výkonové systémy pro obydlí, 200 000 fotovoltaikou napájených domů ve třetím světě, elektřina pro vesnice a nemocnice v Africe, FV řady na nových administrativních budovách a velké demonstrační projekty jako například megawattová elektrárna instalovaná na střeše nové veletržní výstavní plochy v Mnichově.

Obrázek č. 14: **Segmenty FV trhu** [5]



V podmínkách ČR a SR dominují malé odloučené (Off-grid) systémy o velikosti nejčastěji 0,05 kWp instalované na chatách, ale i na lodích a karavanech.

Off-grid venkovské systémy jsou již dnes běžné v Austrálii, Francii, Itálii, Španělsku, Švýcarsku a v USA (každá z těchto zemí má instalováno více než 2 MWp ke konci roku 1995).

Off-grid nevenkovské systémy zaujímají asi 20%.

On-grid lokální systémy jsou poměrně novou aplikací a typicky představují systémy 1 až 50 kWp. Jsou integrovány do budov a jiných staveb. Dnes představují cca 20% z instalovaných systémů. Nejrozšířenější jsou v SRN (90%) a Švýcarsku (67%).

On-grid centrální systémy jsou instalovány v Itálii, Španělsku, Švýcarsku a USA pro posílení rozvodné sítě. Tento trh je určen především k demonstraci (pouze asi 9% z instalovaných systémů). [5]

V roce 2000 se předpokládá 64%-ní podíl off-grid systémů.

Tabulka č. 4: Priority trhu v Evropě podle [5] :

Oblast aplikace	Potenciál (MWp) - teoreticky	Navržený kumulativní cíl pro rok 2010 (MWp)
FV střechy	620.000	900
FV fasády na komerčních a institucionálních budovách	zahrnuto v čísle výše	400
jiné grid-systémy	-	400
izolované budovy a usedlosti	150	100

Zatímco v první fázi instalace fotovoltaických systémů (FVS) se používaly tzv. standardní panely, trend jde jednoznačně k fotovoltaickým článkům integrovaných do stavebních prvků - v podobě laminátů pro obklady budov, okna a střešní krytinu. Standardní panely zůstanou vyhrazeny pro výstavbu lokálních elektráren a pro místa, kde nekazí estetický dojem, nebo kde požadavek nižší ceny převládne nad požadavkem estetickým.

Tlak architektů na určitý vzhled fotovoltaických zdrojů (FVZ) se projevuje právě v nejrozvinutějších zemích. Tomu se přizpůsobují i produkty výrobců v oblasti FVZ. V oblasti solárních panelů začíná v SRN převládat výroba laminátů solární sklo / EVA / články / EVA / Tedlar a nověji světlu více či méně polopropustné lamináty s konfigurací solární sklo / pryskyřice / články / pryskyřice / sklo, solární sklo / EVA / články / EVA / sklo nebo polykarbonát / články / sklo. Tyto panely se instalují na kovovou konstrukci na vhodné straně budovy a někdy projektanti využívají kogeneračního efektu - současné výroby elektřiny a teplého vzduchu, který se ohřívá ve vzduchové mezeře mezi panely a stěnou budovy. Podobně je tomu i u střešní krytiny s integrovanými FVZ.

Čelní strana solárních článků, které se používají pro výrobu fotovoltaických (solárních) panelů, je standardně barvy temně modré, černé nebo šedé podle typu antireflexní vrstvy používané při výrobě. Výhodou antireflexní vrstvy, kterou používá u současné technologie český výrobce., je možnost různých barev - kromě základní temně modré, která je po zapouzdření do panelu téměř černá, jde o barvy světle modrou („marina blue“), hnědou, zlatou, šedou, stříbrnou a magentu (odstín červené).

3.4 Regionální cíle

Většina instalací solárních systémů leží na území průmyslově nejrozvinutějších zemí (USA, SRN, Japonsko, Švýcarsko, Francie, Itálie, Nizozemí) a v zemích, kde je instalace fotovoltaických systémů podporována vládou nebo mezinárodními organizacemi (Španělsko, Řecko, Maroko, Indonésie aj.). Velká podpora ze strany vlády je v současnosti v USA (program prezidenta Clintona 1.000.000 solárních střech [8]), program Evropské Unie 1 milión fotovoltaických systémů (Bílá kniha) [1], v Japonsku (program 70.000 solárních střech; cíl 0,4 GWp do roku 2000 a 4,6 GWp do roku 2010 [9]), v Holandsku (10 MWp v roce 2000 - 3.000 domů, 100 MWp v roce 2007 - 40.000 domů, 250 MWp v roce 2010 - 100.000 domů a 1,4 GWp v roce 2020 - 560.000 domů [10]), ve Švýcarsku je plánováno 50 MWp do roku 2000, na Krétě (50 MWp do roku 2003 [11]), v zemích Evropské unie (500.000 solárních střech [12]) a v Indonésii (200.000 solárních domácností [13]).

Tabulka č. 5: Regionální cíle v rozvoji fotovoltaiky (přehled)

Oblast Region	Stav k Status at (MWp) 1997	Předmět Subject	**Cíle do roku:** **Goals by year:** (počet / amount)				(MWp)					Reference
			2000	2007	2010	2020	**2000**	**2003**	**2007**	**2010**	**2020**	
USA		solární střechy / solar roofs			1 000 000							US Million Solar Roof Program (PV/solar thermal) - US Department of Energy, 1997
Evropská unie / EC		FV systémy / PV systems			1 000 000					3 000		Bílá kniha / White Paper, 1997
Japonsko / Japan		solární střechy / solar roofs	70 000				400			5 000		New Energy Basic Guidelines (government), 1997
Holandsko / The Netherlands		domácnosti / homes	3 000	40 000	100 000	560 000	10		100	250	1 400	
Švýcarsko / Switzerland							50					
Kréta / Crete								50				
Indonésie / Indonesia					200 000							
Celkem / Total	**582**		73 000	113 000	2 413 000	2 973 000	**1 042**	**1 092**	**1 192**	**9 442**	**10 842**	

Teoretické úvahy naznačují, že fotovoltaické zdroje by měly v budoucnu vykrýt cca. 5÷10% celkové potřeby elektřiny státu [14], nebo dokonce až 10% celosvětové potřeby veškeré energie k roku 2050 [15]. Je předpoklad, že ve státech Evropské unie se do roku 2010 zvýší instalovaný výkon na 3 GWp [16]. Plány odpovídají celkovému ročnímu nárůstu ve světě okolo 580 MWp [17].

4. Závěr

Světová energetika se řítí směrem ke stále vyšší spotřebě. Klasické energetické zdroje nebudou schopny dlouhodobě krýt nároky populace. Jednou z mála účinných alternativ je zvýšení podílu alternativních zdrojů. Od fotovoltaiky se očekává, že se už během relativně krátké doby, 20 až 50 let, stane viditelným a významným zdrojem nejčistší formy energie, elektřiny. Cestou k tomu bude instalace fotovoltaických solárních systémů na venkově (zejména v rozvojových zemích) a fotovoltaika integrovaná do stěn a střech budov.

Reference

[1] 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Jul.98. J. Schmid: *PV as a global energy source*, přednáška

[2] 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Jul.98: *Press Release on the Conference Opening 6 July*

[3] 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Jul.98. Gaell Matlakowski, Ulrich Theden, Andrew Blakers (all from the Australian National University, Canberra): *Photovoltaic Market Analysis*, poster VA2.25

[4] 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Jul.98. Geerl Palmers (EUREC Agency, Leuven), Jack Stone (NREL, Golden), Yoshihirio Hamakawa (Ritsumeikan University, Shiga): *A 25 Years Perspective on the Influence and Impact of Publicly Funded PV Programs in Europe, the United States and Japan*, poster VA2.13

[5] IEA International Energy Agency, Photovoltaic power systems programme, *Executive Summary*

[6] Commission of the European Communities, Directorate General for Energy, 1995, *Photovoltaics in 2010 PV 2010*.

[7] Photovoltaic Insider's Report, Vol. XVII No. 7, July 1998

[8] IEA, 1997, US 1 million rooftop program announced at Photovoltaic Power Systems Program, Task VII meeting, Oxford, UK, Apr.97

[9] International Energy Agency, 1995, *PV Power*, IEA PVPS Task 1 Newsletter, Sept.97

[10] Summary of the framework programme NOZ-PV 1997-2000

[11] Photon, Jul.-Aug. 97, str. 8

[12] 14th European Photovoltaic Conference and Exhibition, Barcelona, Jun.97. *Conference Highlights*

[13] Informace od bmc Solar Industrie GmbH, Jan.98

[14] Atlantis Energie Systeme, Dec.97

[15] 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna, Jul.98. Dr. Fritz Vahrenholt (Chairman of the Board of Management of Shell AG)

[16] Photon, Jan.-Feb. 98, str. 25

[17] Photovoltaics Special Research Centre, School of Electrical Engineering, University of New South Wales, Sydney, Australia, 1997, *Assessing the potential for PV in buildings*, report

Solární články, panely a fotovoltaické systémy

Ing. Radim Bařinka

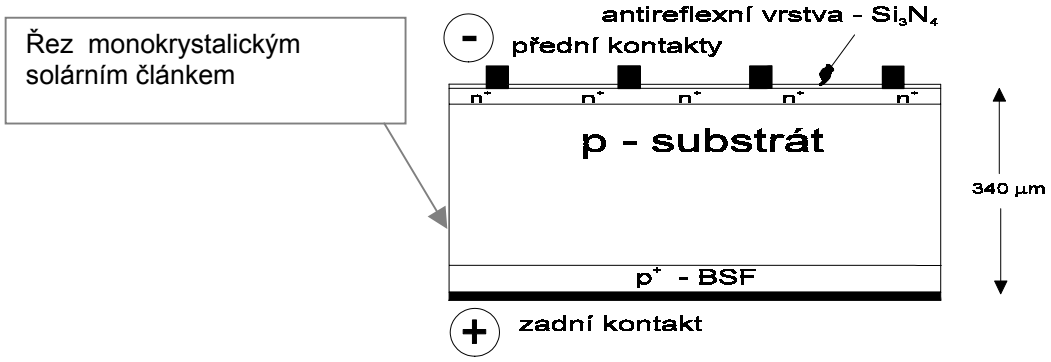
Obsah

1 FOTOVOLTAICKÉ SOLÁRNÍ ČLÁNKY ... 13
1.1 OBJEMOVÉ KRYSTALICKÉ MATERIÁLY ... 15
1.1.1 Krystalický křemík ... 15
1.1.2 Galium Arsenid (GaAs) ... 16
1.2 TENKOVRSTVÉ MATERIÁLY ... 16
1.2.1 Amorfní křemík (a-Si:H) ... 16
1.2.2 Kadmium Telurid (CdTe) ... 16
1.2.3 Copper Indium Diselenide ($CuInSe_2$, nebo CIS) ... 16
2 FOTOVOLTAICKÉ MODULY ... 16
2.1 KONSTRUKCE PANELŮ ... 16
2.2 KONCENTRÁTOROVÉ FOTOVOLTAICKÉ MODULY ... 18
3 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY ... 18
3.1 AUTONOMNÍ SYSTÉMY - GRID-OFF ... 18
3.1.1 Grid-off systémy s přímým napájením ... 19
3.1.2 Grid-off systém s akumulací elektrické energie ... 19
3.1.3 Hybridní Grid-off systém ... 19
3.2 SYSTÉMY DODÁVAJÍCÍ ELEKTRICKOU ENERGII DO VEŘEJNÉ ROZVODNÉ SÍTĚ. ... 20
4 PRVKY FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ ... 20
4.1 PRVKY AUTONOMNÍCH SYSTÉMŮ ... 20
4.1.1 Akumulátorová baterie ... 20
4.1.2 Regulátory pro grid-off systémy ... 21
4.1.3 Měnič napětí ... 21
4.2 PRVKY GRID-ON SYSTÉMŮ ... 22
4.3 VLASTNOSTI FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ ... 22

1 Fotovoltaické solární články

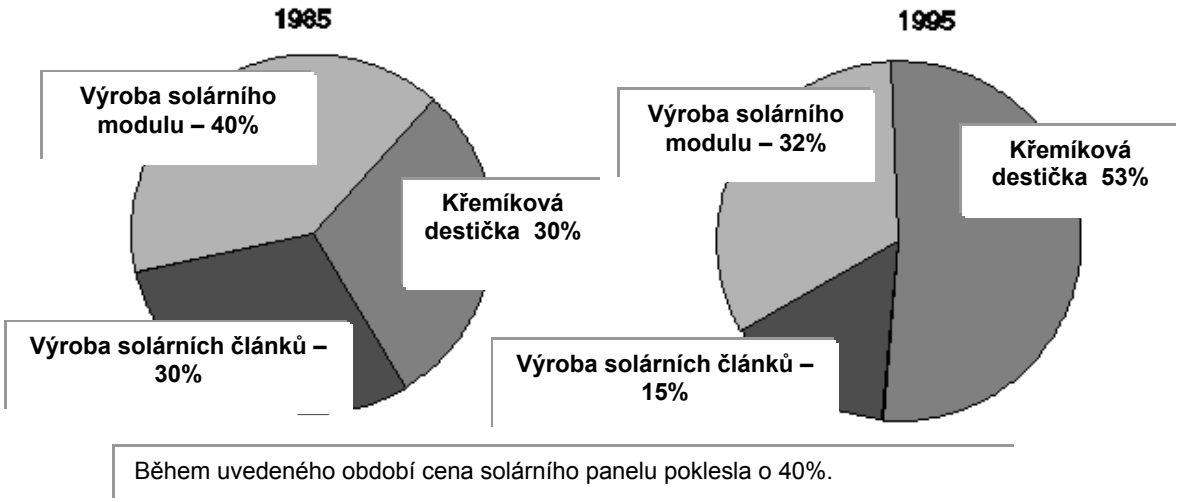
Fotovoltaický článek je základním prvkem systémů pro přeměnu slunečního záření na elektrickou energii. Ať již je typ článku jakýkoliv, vždy se jedná o velkoplošnou polovodičovou součástku s jedním nebo i více PN přechody. Rozměry komerčně vyráběných solárních článků nejsou větší než 200mm a tloušťka nepřesahuje přes 400 μm. Jedná se tedy o velice tenké destičky. Přední strana solárního článku je uzpůsobena k pohlcování slunečního záření. Solární články jsou ve většině případů opatřeny ze přední i zadní strany kovovými kontakty pro připojení sběrných vodičů.

Po vystavení přední strany solárního článku slunečnímu záření zachycené fotony generují v křemíku kladné a záporné náboje. Dosáhnou-li náboje polovodičového přechodu jsou separovány – elektrony v N^+ a kladné náboje v základním P materiálu. Na kontaktech solárního článku se objeví stejnosměrné napětí o velikosti řádově stovky mV. Připojeným vnějším obvodem potom protéká stejnosměrný elektrický proud – Obrázek 1. Velikost proudu je úměrná intenzitě slunečního záření. Kladný pól je na zadní straně destičky v podobě celoplošného kontaktu a záporný pól je na přední straně tvořen kontaktní mřížkou tak, aby pokrývala co nejmenší plochu. Typickými parametry solárních článků je napětí naprázdno U_{oc}, proud nakrátko I_{sc}, faktor zaplnění FF a účinnost EFF. Elektrické parametry jsou měřeny za standardních podmínek tj. intenzita záření $1000Wm^{-2}$ při AM 1,5 a teplotě 25°C.



Obrázek č. 1: Řez solárním článkem

Od prvního komerčního uvedení fotovoltaického křemíkového článku v roce 1954 bylo vyvinuto veliké množství rozličných technologií výroby solárních článků využívajících vlastností různých polovodičových materiálů. Nicméně pouze několik z nich má nárok na uplatnění v hromadné výrobě.
Mezi rozhodující parametry každé technologie patří nesporně cena solárního článku za jeden W. V současné době se cena solárních článků podílí přibližně ze 68% na celkové ceně fotovoltaického modulu, jak je patrné z Obr.2. Zcela samozřejmě se potom jeví úsilí o dosažení nižší výrobní ceny solárních článků na jeden Watt. Výzkumná a vývojová pracoviště po celém světě se pokouší snížení ceny dosáhnout využitím nových základních materiálů, zvýšením účinnosti, levnějšími technologickými postupy.
Kromě ceny jsou důležitými vlastnostmi ještě účinnost a stabilita elektrických parametrů. Při porovnávání jednotlivých technologií je potřeba přihlédnout i k těmto vlastnostech.



Obrázek č. 2: Podíl nejdůležitějších nákladových položek při výrobě solárního panelu v roce 1985 a 1995

Materiály pro výrobu solárních článků lze kategorizovat dle způsobu jejich přípravy jako objemové krystalické materiály a tenkovrstvé deponované materiály amorfní, poly- a mikrokrystalické.

1.1 Objemové krystalické materiály

1.1.1 Krystalický křemík

V současné době je to nejvíce používaný materiál pro výrobu solárních článku. S dostupností materiálu nejsou potíže, neboť oxid křemičitý je zastoupen v zemské kůře přibližně ze 30%. Technologie zpracování křemíku je v polovodičovém průmyslu dobře zvládnutá. Výchozím materiálem je čistý křemičitý písek. Výsledkem složitého a energeticky náročného technologického postupu je polykrystalický křemík o vysoké čistotě. V praxi se však pro výrobu solárních článků využívá odpadového křemíku z polovodičového průmyslu. Vzhledem k jeho vysoké ceně, která významně zasahuje do konečné ceny systémů jsou mnohé výzkumné a vývojové práce zaměřeny na snížení ztrát v průběhu přípravy křemíku, na nalezení a zavedení energeticky úsporných postupů.

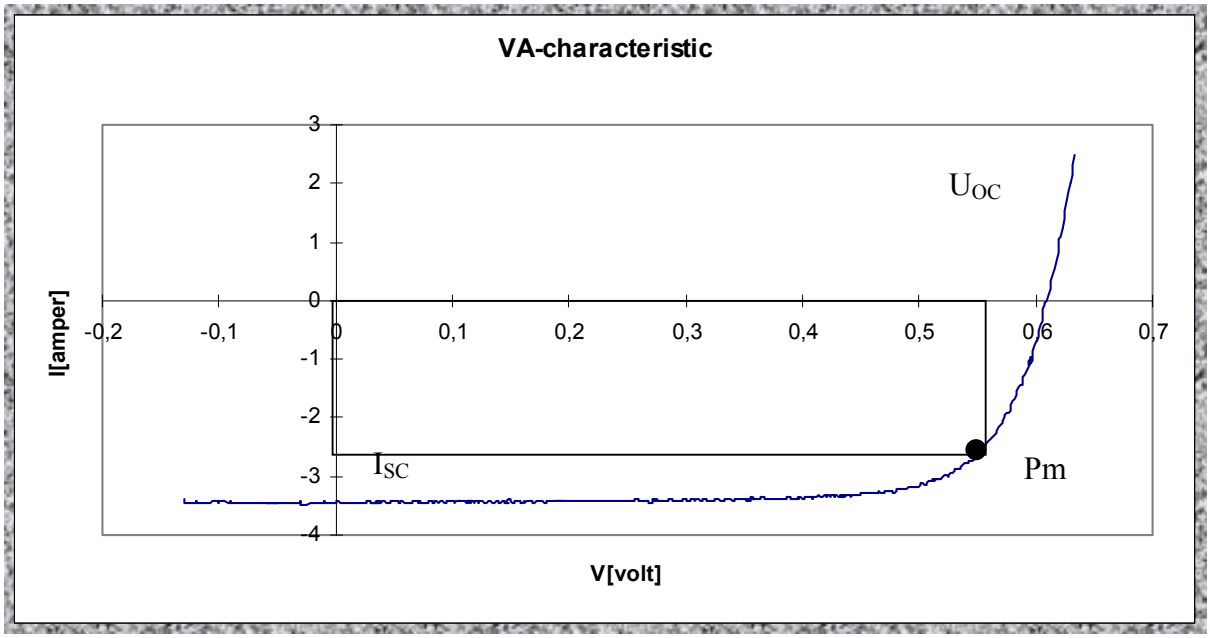
1.1.1.1 Monokrystalický křemík

se připravuje tažením monokrystalu z taveniny. Na konci procesu je získán monokrystalický křemíkový válec - ingot o průměru 125 až 300 mm. Válec je ořezán do tvaru hranolu. Křemíkové destičky o tloušťce 200 až 360 μm jsou získány rozřezáním kvádru speciální drátovou pilou. Bohužel, v procesu dělení ingotu na jednotlivé destičky dochází k velikým ztrátám cenného materiálu. Z předchozího výkladu je patrné, proč se křemíkový materiál podílí na ceně solárního panelu až z 50%. - viz. Obr. 2.

V laboratorních postupech je na monokrystalickém křemíku dosahováno účinnosti až 24%. Účinnost sériově vyráběných solárních článků je typicky do 14% a v současnost i 15%.
Při intenzitě záření 1000 Wm^{-2} jsou pro sériově vyráběný solární článek z monokrystalického křemíku s rozměrem 102,5 × 102,5 mm uvedeny tyto parametry následující:

U_{oc}= 610mV, I_{sc}=3,45A, FF= 76%, EFF= 15%.

Na Obr. 3 je uvedena volt-ampérová charakteristika solárního článku s důležitými parametry



Obrázek č. 3: Volt-ampérová charakteristika solárního článku monoSi

1.1.1.2 Polykrystalický křemík

je stále více využíván jako vstupní materiál díky své nižší výrobní ceně (odpadá proces tažení

monokrystalu), přestože dosahovaná účinnost je nižší než je tomu v případě monokrystalického křemíku. Laboratorní solární články dosahují účinnosti 18% a podmínkách hromadné výroby nepřesahuje 14%. Destičky polykrystalického křemíku jsou čtvercového tvaru a jsou řezány z odlévaného křemíkového ingotu. V průběhu tuhnutí taveniny dochází k tvorbě různě velikých a orientovaných krystalů. Polykrystalická struktura materiálu dodává těmto článkům charakteristický vzhled.

1.1.1.3 Hranou-definovaný film - EFG

Z taveniny tažené pásky – téměř monokrystalický křemíkový pásek narůstající z roztaveného křemíku v kelímku, vytahovaného kapilárními silami mezi plochami grafitové štěrbiny.
Firma ASE zahájila výrobu solárních článků na materiálu HEXAGON. Dlouhá křemíková šestihranná trubka je tažena s taveniny. Trubka je poté dělena na pásky a dále na články pouhým lomem. Tímto způsobem jsou eliminované ztráty materiálu řezáním.

1.1.2 Galium Arsenid (GaAs)

GaAs je slitinový polovodičový materiál typu $A_{III}B_V$, z něhož jsou vyráběny solární články s vysokou účinností. Zpravidla jsou tyto články použity pro koncentrátorové moduly a pro kosmické aplikace. Důvodem je mnohonásobně vyšší cena a vysoká kvalita článků. Účinnost článků z výzkumných laboratoří je vyšší než 25% při intenzitě 1-Slunce. V podmínkách koncentrovaného slunečního záření dosahují GaAs články účinnosti 28%. Pro zvýšení účinnosti na 30% jsou vytvářeny složité struktury s několika polovodičovými přechody založené na GaAs a příbuzných materiálech typu $A_{III}B_V$.

1.2 Tenkovrstvé materiály

1.2.1 Amorfní křemík (a-Si:H)

Nekrystalická forma křemíku, prvně použitá ve fotovoltaice v roce 1974. V roce 1996 se amorfní křemík podílel 15% na celosvětové produkci. Největší uplatnění nalézá v aplikacích spotřební elektroniky a s výhodou se používají v systémech zabudovaných do budov místo prosklených ploch. Na rozdíl od krystalických materiálů nejsou vyráběny jednotlivé články, ale vytváří se celé moduly najednou.
Malé experimentální moduly dosahují účinnosti 10% a v případě sériově vyráběných modulů je účinnost 5 až 7%. Velikým problémem zůstává degradace materiálu po expozici na slunečním záření.

1.2.2 Kadmium Telurid (CdTe)

Tenkovrstvý film polykrystalického materiálu - CdTe nanášeného elektrodepozicí, sprejováním a vysokorychlostním napařováním, skýtá v sobě příslib na levnou technologii. Malé laboratorní vzorky dosahují účinnosti 16% a komerční moduly s plochou 7200 cm^{-2} mají účinnost 8,4%.

1.2.3 Copper Indium Diselenide ($CuInSe_2$, nebo CIS)

Tenkovrstvý film polykrystalického materiálu, na kterém je v podmínkách výzkumu dosahováno účinnosti 17,7%.

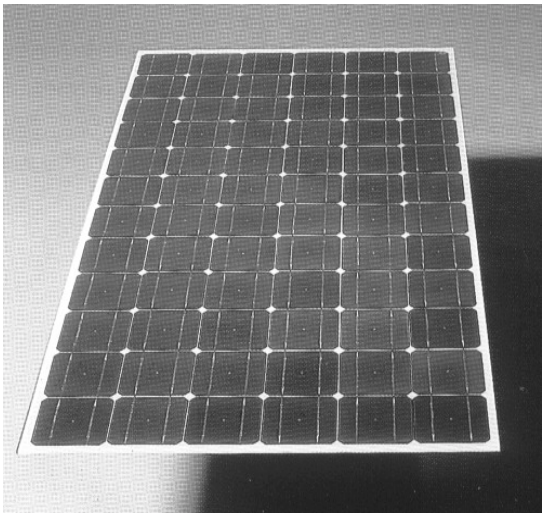
2 Fotovoltaické moduly

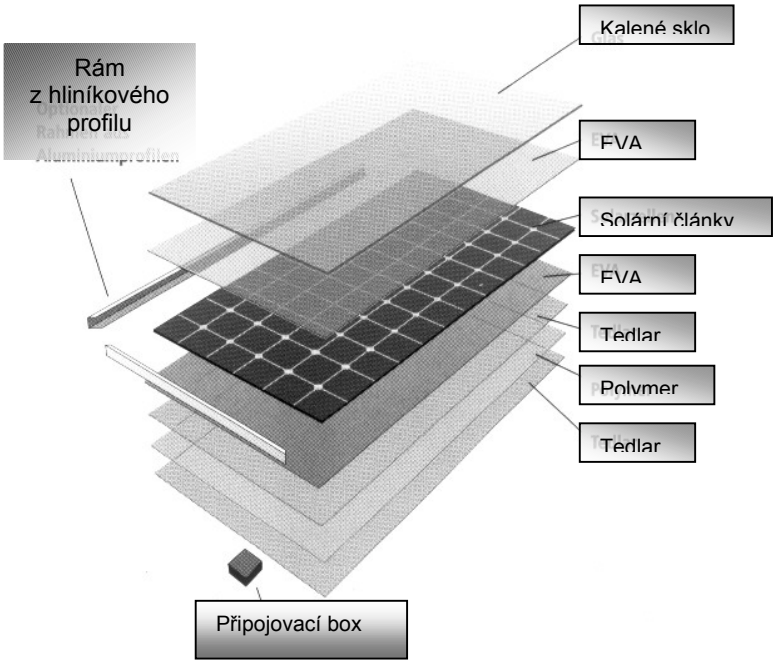
Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po zapouzdření solární modul.

2.1 Konstrukce panelů

Solární články jsou dosti křehké a metalizace kontaktů by na vnějším prostředí podléhala korozi, proto jsou z nich sestavovány solární moduly. Dalším důvodem sdružování solárních článků do solárních panelů je usnadnění manipulace při montáži fotovoltaických systémů. Články jsou sériově elektricky spojeny tak, aby napětí panelu umožnilo přímé využití dodávané elektrické energie.
Konstrukce solárních modulů jsou značně rozmanité. Panel musí zajistit hermetické zapouzdření

solárních článků.
Důležitou vlastností fotovoltaických modulů je jejich dostatečná mechanická pevnost a odolnost. Moduly jsou vystaveny mnohdy drsným klimatickým podmínkám. V zimních měsících může docházet k rychlým a velikým teplotním změnám, což zvyšuje riziko narušení vodivých spojů na solárních článcích. Proto jsou moduly opatřeny kovovými nebo plastovými rámy pro zpevnění konstrukce fotovoltaického modulu. Přední krycí materiál musí odolávat silnému krupobití. Je-li použito sklo musí být kalené.

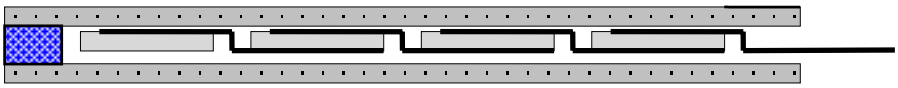




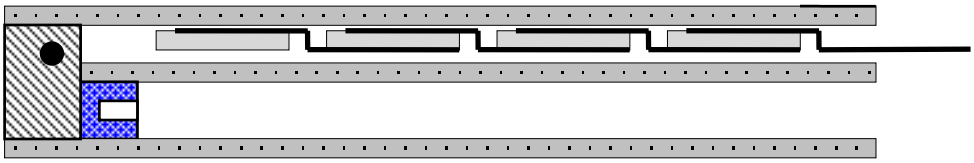
Obrázek č. 4: Snímek 72 článkového solárního modulu s hliníkovým rámem a schéma téhož modulu s ukázkou jednotlivých vrstev

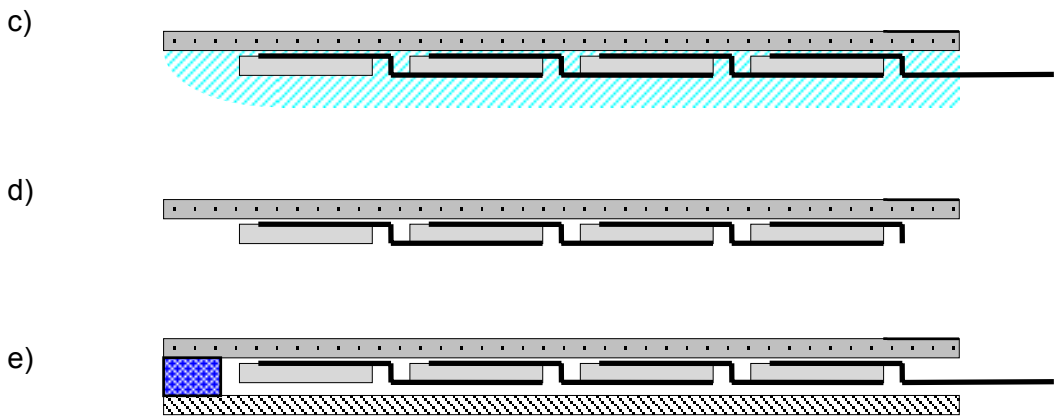
Způsob instalace daný druhem zvoleného fotovoltaického modulu může značně ovlivnit konečnou cenu montáže fotovoltaického systému.
Nezanedbatelnou funkcí solárních panelů je jejich estetické řešení. Vhodným začleněním solárních panelů do pláště budovy lze dosáhnout jejího atraktivního vzhledu.
Pospojované solární články jsou umístěny mezi dvě skla a zatěsněny. Přidáním dalšího skla vznikne tepelně-izolační solární modul do zavěšené fasády. Časté jsou i konstrukce se sklem z přední strany a nalaminovanou folií případně zalitím do průhledné hmoty ze strany zadní. Zadní strana panelu může být tvořena i plechovou či ethernitovou nosnou deskou. Panely mohou být vsazeny do pevného hliníkového rámu. Připojení panelu do systému se provádí ve vodotěsné instalační krabici na zadní straně, případně kabelem, který je součástí panelu.

a)



b)





Obrázek č. 5: Základní druhy solárních modulů

a) s oboustranným zasklením, b) v izolačním dvojskle, c) se zadní stranou zalitou pryskyřicí, d) se zadní stranou laminovanou folií, e) se zadní stranou z netransparentního materiálu (plech, ethernit)

Od výše popsané konstrukce se neliší většina standardních panelů, které jsou sestaveny z 36 a až 40 článků a jejich jmenovité napětí je 12 V.
V poslední době se mnoho výrobců panelů zabývá vývojem, výrobou a instalací speciálních solárních modulů pro instalace solárních systémů na budovách. Pozornost je věnována hlavně maximálnímu zjednodušení instalace, snížení nákladů spojením s jinou stavebně-konstrukční funkcí případně snaze zaujmout netradičním a atraktivním řešením. Například u panelů pro transparentní fasády a skleníky je možné šířkou mezery mezi články určit míru zastínění vnitřního prostoru.
Životnost solárních panelů je minimálně 20 let.

2.2 Koncentrátorové fotovoltaické moduly

Koncentrátorové systémy využívají k soustředění slunečního záření na solární články čočky nebo zrcadlové plochy. Fresnelovy lineární čočky nebo bodové čočky umožňující koncentraci 10x až 500x jsou zpravidla zhotoveny z levného plastu. Pro koncentrátorové moduly se nejvíce používají křemíkové solární články s malou plochou. Při použití GaAs solárních článků je dosahováno vyšší účinnosti a mohou pracovat při vyšší teplotě, nicméně jejich cena je mnohem vyšší. Účinnost modulu je vyšší než 17%. Koncentrátorové články jsou zhotoveny s účinností 30%.
Zrcadlové plochy jsou využívány pro zvýšení výkonu solárních panelů a to buď dosažením vyšší intenzity slunečního záření nebo prodloužením doby, po kterou je panel vystaven slunečnímu záření.
Koncentrátorové solární moduly je nutné neustále orientovat na Slunce, tak aby byly solární články po celou dobu v ohnisku čoček. Vyžadují ke své uspokojivé funkci přímé sluneční záření, a proto nejsou vhodné pro oblasti s výskytem difúzního záření tj. v oblastech s častou oblačností.

3 Fotovoltaické systémy

Slunečnímu záření vystavené fotovoltaické moduly jsou schopny dodávat do spotřebiče stejnosměrný proud. Pro jeho následné využití je potřeba připojit k modulu kromě elektrických spotřebičů další technické prvky – např. akumulátorovou baterii, regulační zařízení, měnič, sledovač Slunce, indikační a měřící přístroje. Sestava fotovoltaického modulu, spotřebiče a případně dalších prvků se nazývá fotovoltaickým systémem. Množství a skladba prvků fotovoltaického systému závisí na druhu aplikace.

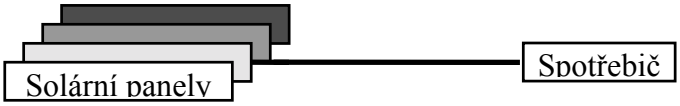
3.1 Autonomní systémy - Grid-off

Autonomní systémy jsou instalovány na místech, kde není účelné budovat elektrickou přípojku. Realizace fotovoltaického systému se stává výhodnější variantou v případě, že stávající nejbližší přípojné místo k rozvodné síti je dále než 500 až 1000 m (záleží na typu přípojky). Výkony

autonomních systémů se pohybují v intervalu 10 - 10 000 wattů špičkového výkonu.
V návrhu takto napájeného objektu nelze opomenout zřízení zvláštní místnosti pro akumulátory a případně pro spalovací generátor. U autonomních systémů je kladen důraz na minimální ztráty energie a na používání energeticky úsporných spotřebičů.
Příklady použití: horské chaty, samoty, rekreační objekty, telekomunikační zařízení. Tyto systémy jsou nejvíce používány v Austrálii, Francii, Itálii, Španělsku, Švýcarsku a v USA (každá z těchto zemí má instalováno více než 2 MWp ke konci roku 1995). Veliký potenciál se nachází v odlehlých oblastech rozvojových zemí.

3.1.1 Grid-off systémy s přímým napájením

Systémy s přímým napájením jsou realizovány všude tam, kde nevadí, že připojené elektrické zařízení je funkční jenom v případě dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se pouze o propojení solárního modulu a spotřebiče.
Čerpání vody pro závlahu je ukázkou aplikací systému bez akumulace el. energie., napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, napájení čerpadla okrasné fontánky nebo napájení ventilátoru odvětrání uzavřených prostor .



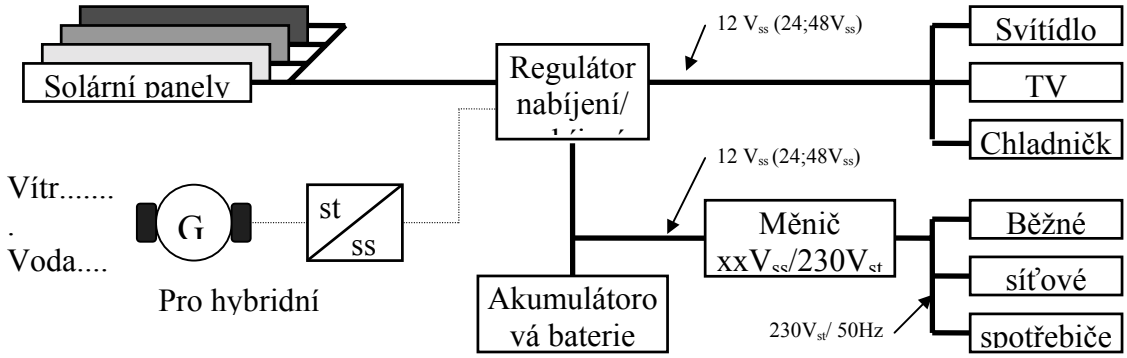
Obrázek č. 6: Systém s přímým napájením spotřebiče

3.1.2 Grid-off systém s akumulací elektrické energie

Doba, po kterou je k dispozici energie ze solárních panelů většinou není totožná s dobou, kdy nastává její největší spotřeba. Z toho důvodu jsou nezbytnou součástí autonomních systémů akumulátorové baterie. Životnost akumulátorové baterie silně závisí na způsobu nabíjení a vybíjení, proto optimální chod systému je zajištěn solárním regulátorem. K autonomnímu systému lze připojit spotřebiče na stejnosměrný proud (napětí systému zpravidla 12 nebo 24V), tak běžné síťové spotřebiče 230V/ ~50Hz napájené přes napěťový měnič.

3.1.3 Hybridní Grid-off systém

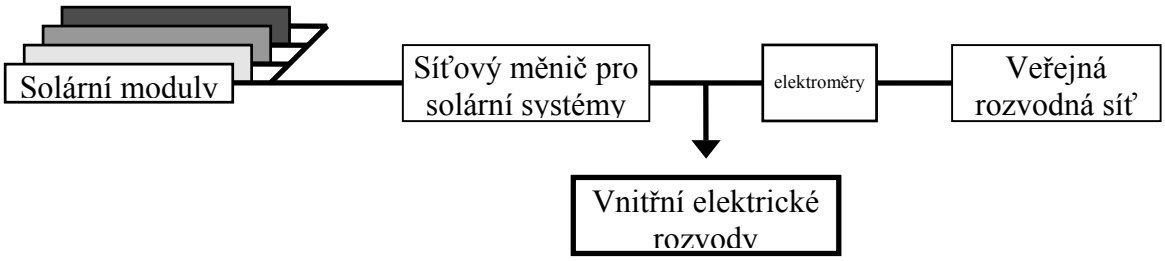
V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné systémy s celoročním provozem a s častým užíváním dimenzovat na zimní provoz. Instalovaný výkon fotovoltaických panelů však v takovém případě neúměrně naroste a s tím i investiční náklady. Navíc v letních měsících je potom systém silně předimenzovaný. Mnohem výhodnější je potom z tohoto hlediska připojit k energetickému systému doplňkový zdroj elektrické energie, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem. Takovým zdrojem může být větrný generátor, spalovací generátor nejlépe s kogenerací (společná výroba elektrické a tepelné energie) a nebo malá vodní elektrárna.



Obrázek č. 7: Grid-off systém s možností připojení dalších zdrojů el.energie – hybridní systém

3.2 Systémy dodávající elektrickou energii do veřejné rozvodné sítě.

Tyto systémy jsou nejvíce uplatňovány v oblastech s hustou sítí elektrických rozvodů. V případě dostatečného slunečního svitu jsou spotřebiče v budově napájeny vlastní „solární“ elektrickou energií a případný přebytek je dodáván do veřejné rozvodné sítě přes elektroměr. Pokud nedostačuje vlastní solární zdroj k pokrytí spotřeby v budově, je elektrická energie odebírána přes druhý elektroměr z rozvodné sítě. Systém funguje zcela automaticky. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u rozvodných závodů. Špičkový výkon fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti je v rozmezí jednotek až stovek kilowatt. Fotovoltaické panely jsou většinou integrovány do obvodového pláště budov. Dnes představují cca 20% z instalovaných systémů. Nejrozšířenější jsou v SRN (90%) a Švýcarsku (67%).



Obrázek č. 8: Grid-on systém pro připojení k rozvodné síti

4 Prvky fotovoltaických systémů

4.1 Prvky autonomních systémů

Mezi nejdůležitější prvky patří kromě solárních panelů akumulátorové baterie, solární regulátor a další elektrotechnické prvky (jističe, pojistky, spínače, vodiče, ...). Samozřejmě musíme zaměřit pozornost i na spotřebiče, neboť jejich vhodnou volbou můžeme významně snížit nutné pořizovací a provozní náklady. Systémy je možné doplnit o další zařízení jako je napěťový měnič, sledovač Slunce, měřící přístroje nebo doplňkový zdroj elektrické energie s nabíjecím zařízením.

4.1.1 Akumulátorová baterie

je určena ke skladování elektrické energie dodané v našem případě fotovoltaickými panely. V případě většiny systémů typu grid-off jsou jejich nezbytnou součástí. Požadavek na spotřebu elektrické energie se zpravidla časově nekryje s možným přísunem energie z fotovoltaických panelů, ať již v cyklu den/noc nebo v závislosti na ročním období a na počasí.

Na trhu jsou nabízeny „solární akumulátorové baterie“. V podstatě se jedná o baterii nejblíže staničnímu a trakčnímu typu. Rozhodně se výrazně odlišuje od baterie startovací, proto tento typ není pro fotovoltaické systémy vhodný.

Ideální akumulátorová baterie pro fotovoltaické systémy by měla splňovat následující požadavky:

- minimální samovybíjení
- pracuje s dobrou účinností už při malých nabíjecích proudech
- je vhodná pro cyklický provoz
- snese hlubší vybíjení
- vyžaduje minimální údržbu
- dlouhá životnost
- minimální snížení nabíjecích a vybíjecích vlastností při nízkých teplotách

Pro použití ve fotovoltaických systémech připadá v současné době do úvahy použití těchto druhů akumulátorových baterií:

- nejvíce rozšířené jsou baterie olověné
- pro speciální aplikace jsou vhodné články nebo monobloky nikl-kadmiové (NiCd), případně nikl-železné (NiFe)
- v případě aplikací s malým výkonem se nabízí články nebo baterie typu Pb, NiCd, NiMH, Ion-lithiové články a nově alkalické nabíjecí články.

Akumulátorové články a baterie?
Základní prvkem je akumulátorový článek, který se skládá ze dvou elektrod (kladné a záporné), elektrolytu, separátoru, pólových vývodů a z pouzdra. Akumulátorová baterie vzniká sériovým řazením článků, přičemž pouzdro a pólové vývody jsou společné pro všechny články v baterii v případě monobloků. Zapojením jednotlivých zapouzdřených článků vzniká článková baterie.

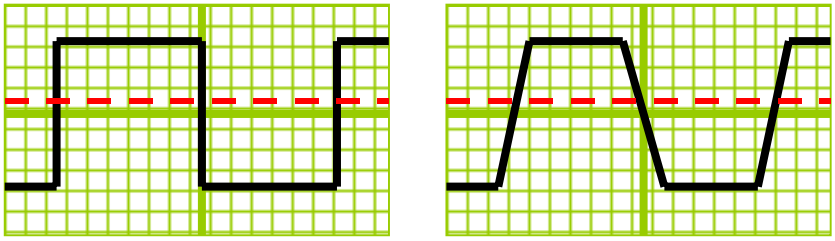
4.1.2 Regulátory pro grid-off systémy

Solární regulátory zastupují mnoho užitečných funkcí ve fotovoltaických systémech. Životnost akumulátorové baterie silně závisí na způsobu nabíjení a vybíjení, proto optimální chod systému je zajištěn solárním regulátorem. Hlavními úkoly jsou zamezení nešetrného provozování akumulátorové baterie, zamezení ztrát energie, maximální využití solární energie a předejití poškozením nebo zničení některé z části fotovoltaického systému.
Provozní jmenovité **napětí** regulátoru je u jednoduchých typů pevně nastaveno. Složitější a kvalitnější regulátory je možné připojit na obě napětí (12 i 24 V). Nastavení provozního napětí na regulátoru se provádí změnou propojek nebo je dané napětí automaticky nastaveno po zapojení regulátoru do systému.
Nabíjení akumulátorové baterie ze solárních modulů probíhá plným proudem až do určité napěťové úrovně. Poté dochází buď k omezování nabíjecího proudu nebo je nabíjení úplně přerušeno, což záleží na typu regulátoru. Napěťová úroveň pro ukončení nabíjení je dána napětím baterie, při němž ještě nadměrně neplynuje. U typu s omezováním nabíjecího proudu je dosaženo vyššího stupně nabití. Nabíjení, u druhého typu, je opět zahájeno po poklesu napětí na baterii na stanovené napětí. Velice kvalitní regulátory umožňují provozovat solární panely neustále v bodě maximálního výkonu a tak využívat maximum dostupné energie.
Zvláště u mobilních aplikací je vhodná ochrana regulátoru **proti přepólování.**
Většina regulátoru poskytuje ochranu proti **zpětnému** vybíjení baterie přes solární panely v noci.
Tuto funkci plní Shottkyho dioda s malým úbytkem napětí.
Důležitou vlastností solárních regulátorů je možnost **odpojení** zátěže od akumulátorové baterie. K odpojení dochází při nízkém napětí na baterii (u olověné baterie typicky 10,5 V) , a tak jej chrání před hlubokým vybitím. Odpojení zátěže může také nastat při proudovém přetížení nebo v případě zkratu v obvodu zátěže.
K dispozici jsou i regulátory bez **odpojování** zátěže při nízkém napětí. Regulátory bez odpojení zátěže jsou vhodné do Grid-off systémů s měničem 12 (24V)/230V, 50Hz, neboť ty mají zpravidla svoji vlastní ochranu baterie proti hlubokému vybití.
Regulátory mohou obsahovat obvody pro teplotní kompenzaci regulačních napětí.
Regulátory jsou ve všech případech vybaveny alespoň jednoduchou indikaci stavu systému pomocí svítivých diod. Pak je snadné rychle zkontrolovat přibližný stupeň nabití baterie a poruchové stavy. Dražší regulátory umožňují zobrazovat na malém zobrazovači ne jenom orientační stav systému, ale také přímo číselné hodnoty napětí a proudů v systému.

4.1.3 Měnič napětí

V některých případech je výhodné provozovat v rámci autonomního fotovoltaického systému běžné síťové spotřebiče pro napětí 230 V / 50Hz. V tomto případě je potřeba do systému začlenit napěťový měnič, který převede stejnosměrné napětí (zpravidla 12 nebo 24V) na napětí střídavé 230 V / 50Hz.

Nejjednodušší napěťové měniče dodávají na výstupu proud s obdélníkovým průběhem, který se však nehodí pro všechny spotřebiče. Dostačující je pro odporové zátěže. Pro většinu běžných spotřebičů jsou vhodné měniče s lichoběžníkovým průběhem Obrázek č. 9. Kvalitní napěťové měniče mají na výstupu průběh sinusový.



Obrázek č. 9 : Ukázka obdélníkového a lichoběžníkového výstupního průběhu

Požadavky na napěťové měniče:

- obecně
  - přeměna musí být provedena s dobrou účinností (90 — 95%)
  - musí zajišťovat bezpečný provoz
  - snadná kontrola stavu
  - vhodný je automatický provoz
  - minimální klidový odběr v nezatíženém stavu
  - na vstupní straně
  - měnič musí být schopen pracovat v rozsahu kolísání napětí na baterii
  - musí zajišťovat ochranu akumulátorové baterie proti hlubokému vybití
  - měnič musí být odolný proti přepólování vstupních svorek
  - odolnost proti přepětí na vstupu měniče
- na výstupní straně
  - průběh výstupního proudu musí odpovídat dané aplikaci
  - je požadována stabilita velikosti napětí a kmitočtu
  - měnič musí snést krátkodobé přetížení – až 1,5 násobek jmenovitého výkonu
  - odolnost proti zkratu.

4.2 Prvky grid-on systémů

Síťový měnič převádí stejnosměrný proud dodávaný fotovoltaickými panely na proud střídavý 230V / 50Hz a hlavně musí být schopen spolupracovat s rozvodnou sítí. Kromě této základní funkce musí každý síťový měnič splnit i další důležité funkce ochranné a bezpečnostní, bez nichž by nebylo povoleno připojení systému k rozvodné síti. Mezi nejdůležitější patří automatické odpojení měniče při poklesu napětí síti nebo při výpadku, zkratová ochrana, ochrana před atmosférickými výboji. Měniče musí splňovat přísné normy ohledně kvality dodávané energie.

Činnost měničů je zajištěna digitálním řídícím systémem. Některé z měničů umožňují zobrazení a případně i záznam provozního stavu a systémových veličin – např. proudy a napětí, výkon, teplotu, množství dodané energie ..... . K měniči je možné připojit PC pro kvalitnější zobrazení a analýzu naměřených hodnot.

4.3 Vlastnosti fotovoltaických systémů

Elektrická energie, kterou lze získat z fotovoltaického zdroje je značně proměnná v závislosti na denní době, roční době a na oblačnosti. Z dlouhodobě měřených hodnot intenzity slunečního záření na několika lokalitách v ČR, lze odvodit dostatečně přesné údaje potřebné pro výpočet energetické bilance fotovoltaických systémů.

Jeden metr čtvereční solárního modulu s monokrystalickými články má výkon 110 W_P při standardním

osvětlení 1000 Wm^{-2} a slunečním spektru AM 1,5. Z této plochy je možné během jednoho roku získat 60 – 80 kWh elektrické energie (hodnoty uváděné pro systémy připojené k síti). Průměrné hodnoty elektrické energie [Wh/den], kterou lze získat ke spotřebě během jednoho dne ze solárního panelu s výkonem 110 W_P dle měsíců jsou v následující tabulce:

leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
80	138	213	302	383	390	408	360	265	179	83	60

Navrhování fotovoltaického systému

Jiří Bártek

Souhrn

Příspěvek informuje o pravidlech navrhování, upozorňuje na záludnosti a naznačuje možnosti v situaci, kdy se dostane návrhář nebo uživatel do úzkých a narazí na meze. Je určen zejména pro začínající návrháře – designéry, ale také pro uživatele fotovoltaického systému (FVS), kteří mu chtějí více porozumět, nebo si přejí udělat návrh sami.

Obsah

Souhrn **24**
Obsah **24**
1. Předslov **24**
2. Co by měl znát uživatel FVS **24**
3. Jak postupovat při návrhu **27**
3.1 Orientační (předběžný) návrh 27
3.2 Návrh FVS včetně komentáře 27
3.3 Návrh pomocí speciálního programu 28
4. Jak reagovat na vysokou pořizovací cenu FVS **28**
5. Co když se vám solární panely na vašem objektu nelíbí? **28**
6. Závěr **28**
Přílohy: **28**

---

1. Předslov

Navrhování FVS patří k nejzodpovědnější předprodejní činnosti dodavatelů solárních panelů a příslušenství FVS a montážních firem. Správné navrhnutí FVS je základem pro jeho dlouholetou spolehlivou činnost.

2. Co by měl vědět uživatel FVS

Návrh vychází z informací budoucího uživatele FVS o průměrném množství elektrické energie ve watthodinách (Wh), kterou potřebuje za týden nebo den. Důležité je sdělit, zda elektřina má být dodávána do vlastního elektrického rozvodu po celý rok, rovnoměrně nebo s vyšší průměrnou spotřebou v určitém období, nebo jen po určitou část roku (u malých aplikacích často jen v létě, popřípadě od jara do podzimu), zda je provoz v tomto období každodenní, víkendový nebo v jiném denním režimu. Informace o sezónnosti provozu je velmi důležitá s ohledem na nerovnoměrnost dávek dopadajícího slunečního záření v průběhu roku (viz Obrázek č. 1). V každém případě výsledkem musí být **průměrná spotřeba ve Wh/den**.

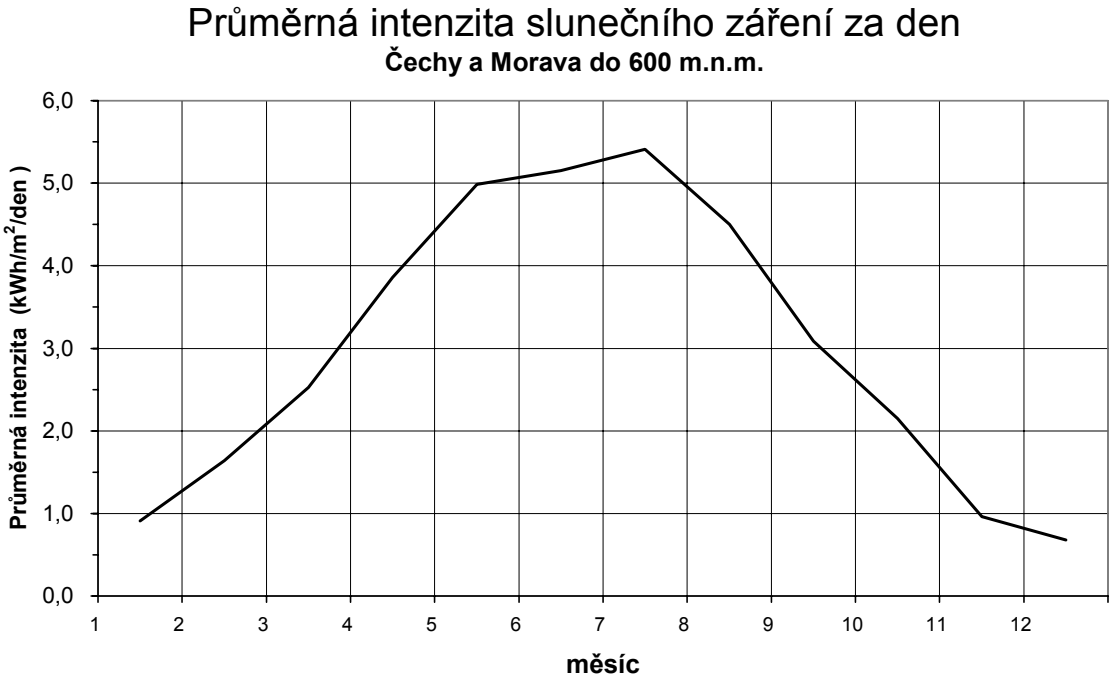
U nových staveb je důležité posoudit varianty zásobování elektrickou energií:

- **přípojka ze sítě**, pokud není od objektu příliš vzdálená (více než cca. 0,5 km), je v dnešních podmínkách výhodnější než FVS;
- **napájení z elektrocentrály** je většinou nákladnější. Například při porovnání fotovoltaiky s dieselovým generátorem je fotovoltaika výhodnějším zdrojem při potřebě elektřiny menší než 10 kWh za den;

- **kombinace** fotovoltaického systému s jiným generátorem elektřiny (tzv. bivalentní systém)
- **FVS systém připojený přímo na síť** zatím nemá v ČR ekonomické opodstatnění, nicméně jeho použití je věcí prestiže investora a v případě integrace fotovoltaiky do stavebních prvků není zvýšení ceny tolik výrazné.

Zatím nelze uvažovat o vytápění pomocí FV systémů. Výhodnější je použití moderních kotlů na spalování dřeva a paliv ze zbytků dřeva (pelety, brikety), které mají vysokou účinnost a jsou vhodné i k automatickému provozu kotle. V budoucnu bude zřejmě zajímavá kombinace tepelného čerpadla s fotovoltaickým zdrojem, který bude pohánět čerpadlo a dodávat elektřinu pro domácí spotřebiče. Pro přípravu teplé vody lze doporučit solární kolektory (někdy nazývány také solární panely), které pracující na fototermickém principu.

Obrázek č. 1:



Fotovoltaické systémy je možné spojit s jinými zdroji elektřiny, jako například s pomocným dieselovým generátorem s výkonem 5 až 10 kVA. Výhodná je zejména kombinace s malou větrnou elektrárnou. Alternativní zdroj je výhodný zvláště pro krytí krátkodobé vysoké potřeby a pro zimní období. Kombinované řešení může být ekonomicky zajímavé: pro plné vykrytí spotřeby v zimním období nebo špiček spotřeby bychom museli více nebo méně předimenzovat části fotovoltaického systému. A v létě bychom nadprodukci elektřiny třeba ani nebyli schopni využít. (viz také jiný příspěvek v této příručce „Navrhování velikosti fotovoltaického systému“, J. Bártek).

Ačkoli malé generátory (5 ÷ 10 kVA) jsou zažitým a spolehlivým řešením, mají mnoho nevýhod:

- vysoké provozní náklady
- relativně nízká účinnost
- energetická závislost na naftě
- zásobovací a transportní problémy
- průměrná užitná životnost 5 let, ale často i kratší z důvodu problémů s údržbou
- složitá údržba vyžadující kvalifikovanou obsluhu, která musí být téměř trvale na místě (pravidelná kontrola a časté a složité opravy)
- přerušování dodávek elektřiny z důvodu poruch a přestávek na údržbu
- bez garance nepřetržité výroby elektřiny

Fotovoltaická výroba elektřiny je lepším technickým a ekonomickým řešením pro elektrifikaci odloučených míst nebo míst vyžadujících nepřetržitou dodávku elektřiny. Její omezené a modulární

pořizovací náklady jsou nespornou výhodou při srovnání s náklady na rozšiřování sítě. Její velmi nízké provozní náklady, spolehlivost a schopnost dodávat elektřinu nepřetržitě z ní dělá ideální volbu při porovnání s dieselovými agregáty.

Dieselové agregáty a agregáty se spalovacími motory (využívající benzín, propan, butan) však mohou být dobrým zdrojem pro občasnou vysokou spotřebu elektřiny (například při svařování) nebo v zimních měsících. Pak hovoříme o kombinovaném (nebo bivalentním) zdroji elektrické energie.
Z pohledu systému, ve kterém hlavní roli hraje jiný zdroj než fotovoltaický, má fotovoltaika rovněž své opodstatnění. Prodlužuje život dieselagregátu, šetří palivo a usnadňuje obsluhu a údržbu.

Tento princip se používá v odlehlých místech (farmy, usedlosti …), nebo v malých osídleních (vesnice, ostrovy …).

U nových staveb s plánovaným autonomním FV systémem má uživatel možnost si zvolit napětí v rozvodu. Nízké napětí, nejlépe 12 V (24 V je rovněž možné vzhledem k dostupnosti příslušných regulátorů, měničů a elektrospotřebičů) je vhodný pro relativně malé spotřeby elektřiny, do 1 až 4 kWh/den. Nevýhodou je potřeba dražších rozvodů s větším průřezem, výhodou je jednodušší vybavení FVS (stačí pouze 1 nebo více regulátorů) a hlavně máte nižší ztráty, která při použití měniče na síťové napětí 220 V vzniká a obvykle dělá 10 až 35% z vyrobené elektřiny! V objektech, kde už elektrické rozvody jsou, bude pravděpodobně hospodárnější využít stávající rozvody, pokud mají dobrou kvalitu, a smířit se ztrátami. Konečné rozhodnutí by mělo následovat po komplexním ekonomickém zhodnocení a porovnání variant.

Při zadávání podkladů je nutné pamatovat na známý fakt, že nejlépe uspořená je nevyrobená elektřina. Snížení spotřeby dosáhnete volbou vhodných úsporných elektrospotřebičů, které mají co nejnižší **průměrnou** spotřebu. Nestačí přitom vycházet pouze z údajů na typovém štítku spotřebiče udávající příkon ve wattech a tento vynásobit dobou činnosti. Řada spotřebičů totiž odebírá příkon z typového štítku pouze po přechodnou dobu své činnosti. Příkladem může být vrtačka, lednice, pračka, žehlička. Průměrnou spotřebu ve Wh, pokud ji neznáme, je nutno odhadnout. Základem kvalifikovaného odhadu může být časový snímek činnosti spotřebiče. Jako příklad si můžeme vzít pračku. Sledujeme dobu, kdy je v provozu topení, které je z hlediska spotřeby nejnáročnější, a provedeme výpočet:

Typový štítek: Příkon 3 000 W

	Odhadovaný okamžitý příkon ve wattech	Doba činnosti	Celkem Wh
topení	3 000 W	0,5 h	1 500 Wh
ostatní činnosti	500 W	1,5 h	750 Wh
Celkem na jedno praní			2 250 Wh

Přesnějším způsobem je zjištění spotřeby odečtením údajů z elektroměru před a po praní. Ostatní elektrospotřebiče, zapojené na tentýž elektroměr, máme buďto vypnuté, nebo známe jejich spotřebu elektřiny po dobu praní:

Stav elektroměru:	
před praním	2 000 500 Wh
po praní	2 003 000 Wh
- odběr ostatních spotřebičů	-250 Wh
Celkem na jedno praní	2 250 Wh

Také umístění solárních panelů a potřebného příslušenství FVS (regulátoru, akumulátor (-ů) a případného měniče) bychom měli rozmyslit předem. O pravidlech a podmínkách provozu se hovoří v příspěvku Pravidla pro montáž fotovoltaických systémů od Radima Bařinky.

Akumulátor(-y) by měl být umístěn ve větrané místnosti, co nejblíže k panelu. Je-li teplota místnosti po celou dobu provozu FVS více méně stejná, stačí použít regulátor bez kompenzace teploty. V případě alkalických NiCd nebo NiFe akumulátorů není třeba teplotní kompenzaci vůbec. Další pravidla naleznete ve výše jmenovaném příspěvku.

Jestliže chceme připojovat zařízení na 220 V, budeme potřebovat měnič. Spotřebiče, které mají indukční a kapacitní charakter zátěže, mohou s některými typy měničů špatně pracovat a je dobré si u dodavatele ověřit, jaké jsou praktické zkušenosti s provozem vašeho spotřebiče. Jinak se vám může přihodit, že se vám spotřebič nerozběhne vůbec, nebo vám naskočí, ale ochranná elektronika měniče jej zase vypojí. V horším případě můžete poškodit měnič. Příčinou jsou vesměs vysoké náběhové proudy. Ty mohou dělat až osminásobek běžného, na štítku uvedeného příkonu. V malých FVS jsou nevhodné zejména kompresory včetně kompresorových lednic a asynchronní motory. Jiným problémem mohou být kapacitní zátěže, např. výbojky, a to vzhledem k přizpůsobení jejich účiníků účiníku měniče. Naštěstí se tyto zařízení v běžných FV aplikacích nevyskytují.

3. Jak postupovat při návrhu

3.1 Orientační (předběžný) návrh

Orientační návrh je důležitý při poradenství po telefonu. Abych mohl rychle poradit, musím znát několik následujících údajů:

1. Výtěžek FVS – je závislý na režimu provozu (sezónnosti):

při provozu	průměrně Wh/W_p/den
jen léto	4
jaro až podzim	2
zima	0,8

2. Ztráty při použití měniče: x 1,25
3. Ztráty akumulátoru: x 1,25
4. Při variantním výpočtu se vychází vždy z nejhorší varianty, tzn. z té, kdy nám vyšla nejvyšší hodnota výkonu panelů (ve W_p).
5. Proud do regulátoru: 0,06 A/W_p
6. Akumulátor - záloha: 3 dny

Příklad: chata, osvětlení 12 W x 3 ks x průměrně 4 hodiny za týden a televize 65 W x průměrně 5 hodin za týden, letní provoz:

Spotřebič	Počet (ks)	Příkon (W)	Provoz v hodinách za týden (h/týd)	Spotřeba za týden (Wh/t)
světla	3	12	4	144
televize	1	65	5	325
Celkem		77		469

Solární panel: 469 Wh/týd. / 7 dnů/týd. = 67 Wh/den,
ztráty aku: 67 Wh/den x 1,25 ≈ 84 Wh/den
výkon SP: 84 Wh/den / 4 Wh/W_p/den(léto) ≈ 21 W_p ⇒ je nutný panel s min. výkonem 21 W_p

Regulátor: 21 W_p x 0,06 A/W_p ≈ 1,26 A ⇒ je nutný regulátor min. 1,3 A

Akumulátor: 84 Wh/den / 12 V x 3 dny = 21 Ah ⇒ je nutný akumulátor min. 21 Ah

Pro některé aplikace stačí **empirická zkušenost**. Například pro většinu *chat s letním provozem* osvětlení a televize stačí 1 solární panel cca. 50 W_p, regulátor 3 A a akumulátor 50 Ah (předpokládám 12-voltový rozvod). Pro *denní čerpání vody* čerpadlem s příkonem 1-2 A, 12 V stačí 1 panel s 32 nebo 36 solárními články s výkonem 20-25 W_p (akumulátor a solární regulátor není třeba, lze však doporučit regulátor čerpání vody).

3.2 Návrh FVS včetně komentáře

Na vzorovém příkladu si ukážeme návrh FVS. Je řešen pomocí výpočetní tabulky programu Excel a doprovodný text je z programu Word. Aplikace je zároveň vodítkem při zjišťování informací od uživatele v logické posloupnosti od návrhu solárních panelů, přes akumulátory, regulátor a případný měnič. Obě aplikace se prolínají a jsou připraveny k rychlému výpočtu a odeslání návrhu uživateli včetně komentáře.

Jeden podrobný typický příklad FVS (chata, rozvod 12 V) a dva další ve zkrácené verzi (chata, 220 V a čerpání vody, 12 V - pouze tabulka programu Excel) jsou uvedeny v příloze.

3.3 Návrh pomocí speciálního programu

Příkladem takového programu je produkt Trillium PV, který je popsán v samostatném příspěvku.

4. Jak reagovat na vysokou pořizovací cenu FVS

- uvážit, zda spotřeba elektřiny není přemrštěná; vypustit rezervy (s rezervou se počítá už při samotném návrhu, v zadávaných parametrech, a tyto údaje vycházejí z předpokladu tzv. velmi špatného roku (z pohledu světelných podmínek) a z předpokladu ne-ideálního umístění panelů)
- změnit elektrospotřebiče za typy s nižší spotřebou
- použít místo spotřebičů 220 V stejnosměrné spotřebiče na 12 V (24 V)
- spotřebiče s vysokým startovacím proudem nahradit za spotřebiče s menším proudem nebo s řízeným rozběhem
- rozdělit realizaci FVS do několika etap. FVS je v podstatě stavebnice a můžeme jej později doplnit. Podrobnosti se vyplatí konzultovat s dodavatelem, abyste později nemuseli nahrazovat některá zařízení (např. regulátor)
- kombinace s jiným zdrojem elektřiny, např. s malou větrnou elektrárnou, nebo s elektrocentrálou. To má u aplikací v našich zeměpisných šířkách význam zejména při celoročním provozu. V zimě jsou průměrné dávky slunečního záření přibližně pětkrát nižší než v létě. Mnohde se ukáže zbytečné a nákladné systém předimenzovat jen proto, abychom byli nezávislí na jiném zdroji. U běžných domácích aplikací je doporučováno panely dimenzovat na maximálně 90% světelně nejhoršího ročního období, tj., prosinec. U akumulátorů většinou postačí zálohovat na 3, maximálně 7 dnů (u speciálních aplikací s vysokými nároky na spolehlivost až 30 dnů). Zbytek potřebné elektrické energie je obvykle hospodárnější dodávat z druhého zdroje.

5. Co když se vám solární panely na vašem objektu nelíbí?

Uvažte možnost použít tzv. **integrované FV stavební prvky**. Jde o panely, které jsou konstruovány tak, aby buď co nejméně rušily ve vzhledu střechy, fasády nebo v jiné stavbě, a nebo aby naopak měly určitý požadovaný architektonický rys. Podrobnou informaci na toto téma naleznete v jiném příspěvku.

6. Závěr

Předběžné návrhy, návrhy založené na empirii a návrhy jednoduchých FVS firmy navrhují zdarma v rámci předprodejního servisu. V ostatních případech, zejména je-li nutná návštěva na místě realizace, se náklady účtují zákazníkovi. V případě složitějších systémů, včetně připojených k elektrické síti, je možné se orientovat podle směrných cen. Realizace složitějších systémů většinou vyžaduje projektovou přípravu a schválení stavebním odborem místního úřadu příslušejícímu místu instalace.

Přílohy:

Orientační spotřeby elektrospotřebičů

Směrná čísla pro navrhování FVS

Příklad výpočtu FVS podrobný – Chata s celoročním provozem, 12 V

Příklad výpočtu FVS stručný – Chata s celoročním provozem, elektrospotřebiče na 12 i 220 V

Příklad výpočtu FVS stručný – Čerpání vody

Orientační spotřeby a příkony elektrospotřebičů

Druh	Příkon (W)	Spotřeba (Wh/den)	Poznámka	Výrobce
zářivky úsporné	11		7, 9, 11, 13, 18 W	
televize barevná	50-75	65-70		
televize barevná - stand-by	15	15		
televize ČB	20		12 V	
lednice 205+45 l		800	(25stC)	
lednice ostatní (169-238+58-90)	110-240	1100-2100		
lednice 198+68 l	110	440		Gorenje
lednice 205+105 l	120	480		Gorenje
lednice, absorpční	100-130	2100-2400	12, 24 V, plyn	
lednice, absorpční	180-230	2300-2700	12, 24 V, plyn	
lednice, Danfoss-BD kompresor	50-55	do 1300-1400	12, 24 V	
chladicí boxy, Danfoss-BD kompresor	50-55		12, 24 V	
rádiopřehrávač	35			
vysavač ETA	650-1250			
vysavač 12 V ETA	175-240			ETA
žehlička	1000-1400			
fén	1200-1800			
kulma	200			
pračka	400	2400		
pračka Whirpool		1100-1200		
pračka bublinová		120		Daewoo
sušička prádla		2200-3500	progr. bavlna (60-90 min)	
zvlhčovač vzduchu	20			
vařič	650-2000			
mikrovlnná trouba	300÷1400			
mikrovlnná trouba + horký vzduch	1300-2200			
gril	1000-1400			
fritéza	1500-2000			ETA
toaster	1100			
mixér	175/250/350			ETA
konvice na kávu pro 2 hrnky	2000	61	na 1 použití	
konvice varná	1500-2000			
kávovar	900÷1500			
svářečka fólií	5-10			ETA
počítač	80-110	100		
tiskárna laser	430/10	28	10 = stand-by	
kopírka plný provoz	1080/25	130	25 = stand-by	
kopírka sporo provoz	850/25	95	25 = stand-by	
telefon kombinace	10-28	10		
vrtačka	250			
cirkulárka, pila	800÷1200			
šicí stroj	80			
úprava vzduchu	3000÷4000			
stropní fén	25			
ventilátor teplovzdušný	1000-2000			
infrazářič	600-800			
ohřívač průtokový	3500-7000			
pumpa z hluboké st., 1/3 HP	350÷600			
pumpa z hluboké st., 1/2 HP	400÷800			
pumpa oběhová	80			
pískovačka	600			
elektromobil ELCAR	40000			

Směrná čísla pro navrhování fotovoltaických systémů

Položka	Bližší specifikace	Doporučení pro použití	Indikativní jedn. cena			Výkon/Plocha	Směrný výkon:			
		např. typ	od	do		Wp/m²	celoroční průměr	léto	zima	
							2	4,5	0,75	Wh/Wp/den
							730			Wh/Wp/rok
							kWh/m²/rok	Wh/m²/den:		
Výkonové solární panely	Řada **ST** (sklo/sklo)	Chaty a jiné aplikace, kde tolik nezáleží na vzhledu a specifickém výkonu								
		ST36-53	**25**		**tis. Kč/m²**	108	**79**	485	59	
		ST72-106	**26**		**tis. Kč/m²**	112	**81**	502	61	
	Řada **SSW** - **RADIX** (vysocepropustné sklo/EVA/tedlar),	Domy, profesionální aplikace, chaty a jiné aplikace, kde požadujete vysoce kvalitní vzhled, nejvyšší výkon a certifikát								
		SSW72-12	**32**		**tis. Kč/m²**	129	**94**	579	70	
		SSW36-56A	**35**		**tis. Kč/m²**	130	**95**	586	71	
		SSW36-56B	**36**		**tis. Kč/m²**	136	**99**	612	74	
		SSW36-56C	**37**		**tis. Kč/m²**	137	**100**	618	75	
		SSW36-56FLB	**35**		**tis. Kč/m²**	136	**99**	612	74	
	Řada **STR** (sklo/EVA/tedlar),	Domy, chaty a jiné aplikace, kde požadujete kvalitní vzhled a dobrý specifický výkon								
		STR36-53	**26**		**tis. Kč/m²**	114	**83**	513	62	
Panely do systémů Schüco nebo Wicona	(sklo/pryskyřice/sklo)									
Podpůrná konstrukce (Al)	Kolmá stěna		**0,35**		**tis. Kč/m²**					
	Šikmá stěna		**0,5**		**tis. Kč/m²**					
	Rovina		**0,6**		**tis. Kč/m²**					
	Do střešní krytiny		**1,0**	1,8	**tis. Kč/m²**					
Elektroinstalační materiál			**8%**	15%	**z ceny materiálu FVS**					
Kabeláž			**15**	30	**Kč/bm**					
Solární regulátory	3 A	grid-off systémy	**0,75**	1	**tis. Kč/ks**					
	6 A	grid-off systémy	**0,9**	2	**tis. Kč/ks**					
	10 A	grid-off systémy	**3,5**	6	**tis. Kč/ks**					
	20 A	grid-off systémy	**4,2**	6,5	**tis. Kč/ks**					
	30 A	grid-off systémy	**5,1**	7,4	**tis. Kč/ks**					
Akumulátor solární Pb		grid-off systémy	**3**	7	**tis. Kč/Wh**	12	Wh/Wp (3 dny)	24	Wh/Wp (6 dnů)	
Akumulátor NiCd		grid-off systémy	**9**	12	**tis. Kč/Wh**	12	Wh/Wp (3 dny)	24	Wh/Wp (6 dnů)	
Měniče grid-off	100 W	grid-off systémy	**3,5**	4	**tis. Kč/ks**					
	200 W	grid-off systémy	**4,3**	5	**tis. Kč/ks**					
	500 W	grid-off systémy	**6**	9	**tis. Kč/ks**					
	1000 W	grid-off systémy	**21**		**tis. Kč/ks**					
	1500 W	grid-off systémy	**25**		**tis. Kč/ks**					
Měniče grid-on (vč. fázování)	500 W	grid-on systémy	**22**		**tis. Kč/ks**					
	700-850 W	grid-on systémy	**34**	37	**tis. Kč/ks**					
	1000-1100 W	grid-on systémy	**46**	70	**tis. Kč/ks**					
	1500 W	grid-on systémy	**55**	63	**tis. Kč/ks**					
	2000 W	grid-on systémy	**75**		**tis. Kč/ks**					
	2500 W	grid-on systémy	**94**	128	**tis. Kč/ks**					
Elektroměr		grid-on systémy	**0,3**	1,6	**tis. Kč/ks**					
Generátory elekt+A27ř. se spalovacím nebo vznětovým motorem		grid-off systémy	**12**	20	**tis. Kč/kVA**					

Ceny jsou bez DPH v úrovni pro koncového zákazníka, EXW. Objemové slevy po dohodě.

Příklad výpočtu FVS podrobný - **Chata s celoročním provozem, 12 V**

Ve službách ekologie - - ve službách člověku.

SOLARTEC

Výroba solárních článků a fotovoltaické aplikace

SOLARTEC s.r.o.
1. máje 1000 / M3
756 61 Rožnov pod Radhoštěm

Tel.: 0651-60 3377
Fax / Tel.: -60 3393
E-mail: solartec@solartec.ocb.cz

Pan Pavel Klíma
Fügnerova 26
767 01 Kroměříž

Vaše zn.:	Naše zn.:	Vyřizuje:	Dne:
Zadej "Vaše zn."	1984/ //FVS-NÁVR.DOC		6. prosince 1998

Věc: **Návrh fotovoltaického systému (izolovaného, nepřipojeného na síť)**

Vážený pane Klíma,

s potěšením vyhovujeme Vašemu přání a zasíláme návrh fotovoltaického solárního systému vhodný pro Vaše podmínky, a to ve třech variantách (A, B, C), které odpovídají třem sezónním obdobím provozu:

A – Léto: světla 1 hodinu denně, TV 1 hodinu denně – každodenní provoz (tzn. 7 dní za týden)

B – Duben až září: světla 1,5 hodin za den, TV 1 hodinu za den – víkendový provoz (tzn. 2 dny za týden)

C – Zima: světla 4 hodiny za den, TV 2 hodiny denně – víkend 1x měsíčně (tzn. 1/4 dne za týden)

(všechny elektrospotřebiče jsou na 12 V stejnosměrných)

V příloze Vám dále zasíláme technické informace k našim výrobkům a zboží a ceník. V případě odběru větších množství jsou možné slevy po dohodě. Výhodnější nákupní podmínky můžete získat po podpisu partnerské smlouvy, kterou Vám rádi zašleme na Váš požadavek.

Varianta : A B C

a) Všechny elektrospotřebiče na stejnosměrný proud a jejich spotřeba ve watthodinách za týden (Wh/t) :

Popis	Příkon (W)	×	hodin provozu za týden : A	B	C	Číslo výsledku
světlo 13 W, 5 ks	13	×	35	15	5	
světlo 7 W, 3 ks	7	×	21	9	3	
světlo 2x 13 W, 2 ks	26	×	14	6	2	
TV 65 W	65	×	7	2	0,5	
Celkem příkon	111		=	=	=	(1)
Celkem Wh/t			1 421	544	171	(2)
Celkem Wh/den ((2)/7)			203	78	24	(3)
Celková spotřeba stejnosměrného proudu - součet (3) + (8) (Wh/den)			203	78	24	(9)
Vynásobte číslem 1,2 až 1,3, abyste kompenzovali ztráty při nabíjení a vybíjení akumulátoru a jeho samovybíjení: kompenzace ztrát akumulátoru =	1,25		1,25	1,25	1,25	(10)
Vypočetli jste celkovou průměrnou denní spotřebu elektřiny, která musí být vyrobena (Wh/d) - ((9) × (10)) :			254	97	30	(11)

Zkontrolujte seznam spotřebičů ještě jednou a zaměřte se na jejich spotřebu. Musí být opravdu všechny spotřebiče napájeny elektřinou? Pokud je pouze několik spotřebičů na střídavý proud, není je možné nahradit spotřebiči na proud stejnosměrný a snížit tak ztráty způsobené měničem? Mají všechny uvažované elektrospotřebiče vysokou účinnost a tedy nízkou spotřebu?

Použit recyklovaný papír. Naše výrobky a výroba jsou šetrné k životnímu prostředí.

SOLARTEC

Strana č. 2

2. Volba nominálního stejnosměrného napětí fotovoltaického systému

Běžně užívané nominální napětí je 12 V. Pro toto napětí existuje široký sortiment svítidel a dalších elektrospotřebičů a rovněž příslušenství fotovoltaických systémů (solární regulátory, solární akumulátory a měniče) je mnohem dostupnější. Pokud je však vyžadováno dlouhé elektrické vedení, nebo měnič má výkon větší než 1000 W, pak lze doporučit 24-voltový systém. Vyšší napětí, obvykle násobky 12, se užívají v mnoha větších systémech a všechna zařízení jsou pak napájena přes měnič.

Nominální napětí systému (V) :	12	(12)

3. Výpočet výkonu fotovoltaických solárních panelů

Výkon fotovoltaického systému velmi závisí na jeho umístění a ročním období.

Umístění je ideální na střeše se sklonem nejlépe k jihu, bez jakéhokoli zastínění, byť i částečného, během dne. Optimální sklon se odvozuje od provozu systému. Pokud je provoz pouze v období jaro až podzim, pak je panely vhodné umístit se sklonem 15 až 40 stupňů od horizontály. Při celoročním provozu je nutné panely upevnit nejlépe pod úhlem 65 stupňů. Ještě vhodnější je upevnění s možností změny sklonu, z nichž jedno je 65 stupňů pro nastavení v období říjen až únor a další pro jiné období, případně automatický sledovač slunce. Ten přinese největší nárůst výroby elektřiny v létě. Při celoročním provozu je však efektivnější investicí zakoupení dalšího solárního panelu.

Při celoročním provozu je výroba elektřiny solárními panely efektivní do maximálně 93%-ního vykrytí potřeby v prosinci, který je z hlediska dávek slunečního záření obdobím nejhorším. Zbytek elektřiny je efektivnější vyrobit přídavným záložním zdrojem (např. elektrocentrála, anebo ještě účinněji kogenerační zdroj pro současnou výrobu elektřiny a tepla), který je možné kombinovat s fotovoltaickým systémem.

Období / Varianta:		A	B	C	
Charakteristický výkon (středoevropské podmínky) (Wh/Wp/den)		4	2	0,8	(13)
Potřebný výkon fotovotaických panelů (Wp) :		**63**	**49**	**38**	(14)
Doporučený typ solárního panelu :	**ST36-53**				(15)
Jednotkový výkon tohoto panelu (Wp) :	53				(16)
Minimální nutný počet panelů (kusy) :		**2**	**1**	**1**	(17)
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	11 039	22 077	11 039	11 039	(18)
Plocha na instalaci (m^2)	0,5	1,0	0,5	0,5	(19)

4. Výkon záložního zdroje

Výkon záložního zdroje (W) :	0				(20)
Doporučený zdroj :					(21)
Období / Varianta:		A	B	C	
Elekřina dodaná záložním zdrojem (Wh/den) :		0	0	0	(22)

5. Volba typu a počtu akumulátorů

Nejvhodnějším typem z pohledu účinnosti a životnosti jsou olověné akumulátory v provedení pro fotovoltaické systémy („solární akumulátory"). Dodávají se obvykle s kapacitou 50 a 100 ampérhodin (Ah).

V podmínkách ČR a SR jsou kromě vhodnějších olověných akumulátorů užívány alkalické akumulátory NiCd (s napětím dosahujícím při maximálním dobití až 15 V) nebo NiFe (s napětím až 16,5 V). Abyste tyto akumulátory dobíjeli až na jejich maximum, je nutné volit varianty solárních regulátorů speciálně nastavené právě pro tyto akumulátory.

Počet akumulátorů závisí na denní spotřebě elektřiny a také na počtu dnů, po které chceme spotřebiče zásobovat v případě špatného počasí, kdy je intenzita světla přes den omezená a tedy dobíjení akumulátorů pomalejší. Pro malé systémy stačí zálohování na 3 dny. Pro systémy vyžadující vysokou spolehlivost dodávek elektřiny (např. telekomunikační zařízení) je nutné kalkulovat se zálohováním i několik týdnů. Při výpočtu se uvažuje odolnost akumulátoru proti hlubokému vybíjení. Obecně solární akumulátory jsou odolnější a lépe snáší opakované hluboké vybíjení než jiné typy. Obvyklá hodnota pro kalkulaci je 50%.

Použit recyklovaný papír. 53 Naše výrobky a výroba jsou šetrné k životnímu prostředí

SOLARTEC

Strana č. 3

Zálohované dny \ Varianta		A	B	C	
Celková **potřebná kapacita** podle počtu zálohovaných dnů :	**3**	63	24	8	*(23)*
	7	148	57	18	*(24)*
	14	296	113	36	*(25)*

Výpočet minimálního počtu akumulátorů :

Nominální napětí akumulátoru (V) :	12		*(26)*
Doporučená kapacita použitých akumulátorů (Ah):	100	(obvykle 100 Ah)	*(27)*
Hloubka vybíjení :	50%	(u solárních obvykle max. 50%, jiné max. 20%)	*(28)*

Zálohované dny \ Varianta		A	B	C	
Počet akumulátorů podle počtu zálohovaných dnů :	**3**	2	**1**	**1**	*(29)*
	7	3	2	**1**	*(30)*
	14	**6**	**3**	**1**	*(31)*

Zálohované dny \ Varianta			A	B	C	
Doporučený typ akumulátoru	**S 82070**	**3**	7 200	3 600	3 600	*(32)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	3 600	**7**	10 800	7 200	3 600	*(33)*
		14	21 600	10 800	3 600	*(34)*

Obvykle platí, že pokud použijete nekvalitní akumulátor, je to nejslabší část fotovoltaického systému.

6. Volba typu a počtu solárních regulátorů

Typ regulátoru musí odpovídat typu akumulátoru, jinak můžete akumulátor poškodit, zkrátit jeho životnost nebo snížit jeho kapacitu.

Pokud bude regulátor pro olověné akumulátory umístěn v prostoru ze změnami teplot vyššími než 10°C, volte regulátor s teplotní kompenzací regulovaných veličin.

Pro Vaše pohodlí a pro ochranu olověných akumulátorů doporučujeme volbu regulátorů s automatickým odpojováním všech elektrospotřebičů v případě, že napětí na akumulátoru poklesne pod kritickou mez (10,5 V při 25°C).

Elektrické parametry regulátoru se volí podle nominálního napětí systému, výkonu panelů, typu akumulátorů a velikosti odpojované zátěže:

Nominální napětí (V) :	12	*(35)*
Typ podle akumulátoru (Pb, NiCd, NiFe) :	Pb	*(36)*
Změny okolních teplot u akumulátoru >10°C (ano/ne):	ano	*(37)*

Varianta:	A	B	C	
Vstupní proud (A) - minimum podle varianty provozu :	7	**4**	**4**	*(38)*

Výpočet maximálního proudu do zátěže (v případě automatického odpojování) :		skutečnost	
celkový příkon současně zapojených stejnosm. spotřebičů (W) - výsledek *(1)*:	111	111	*(39)*
Max. proud do zátěže (A) :		**11**	*(42)*

Doporučený typ :	**SunSaver-10/LVD**				*(43)*
Počet kusů :		**1**	**1**	**1**	*(44)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	2 384	2 384	2 384	2 384	*(45)*

Velkou předností moderních regulátorů je činnost na principu pulzní modulace (PWM). Tyto regulátory jsou schopny elektřinu do akumulátoru doslova pumpovat z nižšího napětí solárních panelů na vyšší napětí akumulátoru (tedy dobíjejí už při nižší intenzitě světla) a navíc lépe využívají kapacitu instalovaných akumulátorů.

7. Volba výkonu a typu měniče na 220 V stř.

Výkon i typ měniče je určen jednak maximální trvalou spotřebou současně zapojených elektrospotřebičů, jednak krátkodobým proudovým zatížením při startu indukčních (např. asynchronní motory) a kapacitních (např. výbojky) elektrospotřebičů (jde o zvýšení oproti trvalému provoznímu proudu obvykle 1,2 až 8-krát).

Použit recyklovaný papír. Naše výrobky a výroba jsou šetrné k životnímu prostředí.

SOLARTEC

Strana č. 4

Nominální napětí (V) :	12			(46)
Výkon trvalý (W) :	0			(47)
Výkon krátkodobý (W) :	0	koef. =	2	(48)
Doporučený typ :	**JVL100**			(49)
Počet kusů :		**0**		(50)
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW) - cca.	3 445	0		(51)

Doporučujeme vyhnout se připojování kompresorů, většiny kompresorových lednic a kapacitních zátěží.

Celkové náklady na pořízení fotovoltaického systému :

	Zálohované dny \ Varianta	A	B	C	
CELKOVÁ CENA (cca. Kč bez DPH, EXW) :	**3**	31 661	17 022	17 022	(52)
	7	35 261	20 622	17 022	(53)
	14	46 061	24 222	17 022	(54)
DPH	22%				(55)
CELKOVÁ CENA (cca. Kč s DPH, EXW) :	**3**	38 626	20 767	20 767	(56)
	7	43 018	25 159	20 767	(57)
	14	56 194	29 351	20 767	(58)

Bilance vyráběné elektřiny :

	Varianta	A	B	C
Elektrická práce vyrobená FVS za rok (kWh/r)		77	39	39
Elektrická práce vyrobená záložním zdrojem za rok (kWh/r)		0	0	0
Celkem (kWh/r)		77	39	39

Závěr, doporučení :

2 ks panelu ST36-53, 2 ks solárního akumulátoru 12 V, 100 Ah a 1 ks solárního regulátoru SunSaver 10/LVD bude za předpokladu správného umístění panelu plně uspokojovat Vaše potřeby elektřiny. Cena systému bez montáže, prvků pro fixaci, kabeláže a rozvodné a pojistkové skříně je 38 626 Kč včetně 22% DPH.

Kdybyste neměl dostatek finančních prostředků, lze doporučit rozdělit investici a realizaci do dvou etap:

1. 1 ks panelu ST36-53, 1 ks solárního akumulátoru, 12 V, 100 Ah a 1 ks solárního regulátoru SunSaver 10/LVD (cena 20 767 Kč včetně DPH), vnitřní instalaci dimenzovat podle úplného FV systému,
2. 1 ks panelu ST36-53, 1 ks solárního akumulátoru, 12 V, 100 Ah

Nevýhodou jsou větší náklady za montáž a případné poddimenzování, pokud bude relativně méně příznivý rok z pohledu slunečního světla.

V případě pozdějších vyšších nároků bude možné Váš solární systém snadno rozšířit.

Věříme, že Vám zaslané informace budou k užitku, a že plní Vaše očekávání.
Cítíte-li potřebu konzultovat blíže Vaše požadavky, spojte se s námi na telefonním čísle **0651- 60 33 77** nebo faxem **0651- 60 33 93** a využijte tak naši poradenskou službu. Pro dojednání podrobných technických a obchodních záležitostí Vás rádi přivítáme v sídle naší firmy v Rožnově pod Radhoštěm.

Pokud máte zájem o spolupráci při distribuci, prodeji, montáži nebo servisu, velice oceníme zaslání podrobnějších informací o Vaší firmě, Vašich zkušenostech a možnostech a rovněž referencí na Vaše výsledky a obchodní partnery.

Jsme přesvědčeni, že přiloženou nabídku shledáte zajímavou, a že se rozhodnete právě pro ***Elektřinu přímo ze Slunce***.

Použit recyklovaný papír. Naše výrobky a výroba jsou šetrné k životnímu prostředí.

SOLARTEC

Strana č. 5

Na Vaši odpověď se těší

SOLARTEC s. r. o.
Jiří Bártek
obchodní ředitel

Přílohy: Návrh FVS – varianta 2
Katalog
Ceník
Katalogové listy – anglická verze
Srovnání efektivnosti elektřiny z fotovoltaického systému a elektřiny ze sítě

8. Srovnání efektivnosti elektřiny z fotovoltaického systému a elektřiny ze sítě

Cena elektřiny vyráběné FVS

Zálohované dny \ Varianta		A	B	C	
VÝDAJE					
Investice do FVS	3	39	21	21	
Cena dopravy, montáže, uvedení do provozu		4			
Životnost (roky)	50				
Provozní náklady a náklady na údržbu během doby životnosti (0,5 až 2-násobek investičních nákladů)	1,0	39	21	21	
Celkem		82	42	42	
Roční náklady		1,6	0,8	0,8	
Kč/kWh		**21,2**	**21,7**	**21,7**	
Porovnání s připojením na síť					Celkem
Vyrobená elektřina během doby životnosti (kWh)		3 869	1 935	1 935	
Prům. cena elektřiny ze sítě během doby životnosti (Kč/kWh)		8,00			
Investice na přivedení elektřina ze sítě					
připojení elektřiny ze sítě	350 Kč/m,		2000 m přípojky		700 000
Kč/ampéry	500 Kč/A		25 A - jistič		12 500
jiné	0 Kč				0
Celkem za dobu životnosti		743	728	728	
Roční náklady		14,9	14,6	14,6	
Kč/kWh		**192,2**	**376,3**	**376,3**	
ROZDÍL "síť" - "fotovoltaika" (plus-hodnota znamená vyšší užitnou hodnotu fotovoltaického systému)					
Celkem za dobu životnosti		661	686	686	

Použit recyklovaný papír ☺ Naše výrobky a výroba jsou šetrné k životnímu prostředí

Příklad výpočtu FVS stručný - **Chata s celoročním provozem, 220 V**

OBDOBÍ PROVOZU / VARIANTA FVS

Varianta :	**A**	**B**	**C**
Období (měsíce) provozu :	6-7 ("léto")	4-5 a 8-9 ("jaro" a "podzim")	celoročně

POTŘEBA ELEKTŘINY

Profil pořeby během období :	**A**	**B**	**C**
	⇩	⇩	⇩

a) Všechny elektrospotřebiče na **stejnosměrný proud** a jejich spotřeba ve watthodinách za týden (Wh/t) :

Popis	Příkon (W)	x hodin provozu za týden :				*Číslo výsledku*
světlo 13 W, 5 ks	13	x	35	15	5	
světlo 7 W, 3 ks	7	x	21	9	3	
světlo 2x13 W, 2 ks	26	x	14	6	2	
		x				
Celkem příkon	46		=	=	=	*(1)*
Celkem Wh/t			966	414	138	*(2)*
Celkem Wh/den (*(2)* /7)			**138**	**59**	**20**	*(3)*

b) Všechny elektrospotřebiče na **střídavý proud** a jejich spotřeba ve watthodinách za týden (Wh/t) :

Popis	Příkon (W)	x hodin provozu za týden :				
TV 65 W	65	x	7	2	0,5	
		x				
		x				
		x				
Celkem příkon	65		=	=	=	*(4)*
Celkem Wh/t			455	130	33	*(5)*
Celkem Wh/den (*(5)* /7)			**65**	**19**	**5**	*(6)*

Korigujte výsledky *(6)* vynásobením číslem 1,15 až 1,35 (podle účinnosti měniče) ke kompenzaci ztrát měniče:

účinnost měniče = 85% , t.j. koeficient = 1,18 (1/účinnost) *(7)*

Skutečná spotřeba (Wh/den)	**76**	**22**	**5**	*(8)*
Celková spotřeba stejnosměrného proudu - součet *(3)* + *(8)* (Wh/den)	**214**	**81**	**25**	*(9)*

Vynásobte číslem 1,2 až 1,3, abyste kompenzovali ztráty při nabíjení a vybíjení akumulátoru a jeho samovybíjení:

kompenzace ztrát akumulátoru = 1,25	1,25	1,25	1,25	*(10)*
Vypočetli jste celkovou průměrnou denní spotřebu elektřiny, která musí být vyrobena (Wh/d) - (*(9)* x *(10)*) :	**268**	**101**	**31**	*(11)*

NOMINÁLNÍ NAPĚTÍ SYSTÉMU

Nominální napětí systému (V) : 12 *(12)*

SOLÁRNÍ PANEL

Období / Varianta:		**A**	**B**	**C**	
Charakteristický výkon (středoevropské podmínky) (Wh/Wp/den)		4	2	0,8	*(13)*
Potřebný výkon fotovotaických panelů (Wp) :		**67**	**51**	**39**	*(14)*
Doporučený typ solárního panelu :	**ST36-53**				*(15)*
Jednotkový výkon tohoto panelu (Wp) :	53				*(16)*
Minimální nutný počet panelů (kusy) :		2	**1**	**1**	*(17)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	11 039	22 077	11 039	11 039	*(18)*
Plocha na instalaci (m^2)	0,5	1,0	0,5	0,5	*(19)*

ZÁLOŽNÍ ZDROJ

Výkon záložního zdroje (W) : 0 *(20)*

Doporučený zdroj : *(21)*

Období / Varianta:	**A**	**B**	**C**	
Elekřina dodaná záložním zdrojem (Wh/den) :	0	0	0	*(22)*

AKUMULÁTOR

Zálohované dny \ Varianta	**A**	**B**	**C**	
Celková **potřebná kapacita** podle počtu zálohovaných dnů : **3**	67	25	8	*(23)*
7	156	59	18	*(24)*
14	313	118	37	*(25)*

Výpočet minimálního počtu akumulátorů :

Nominální napětí akumulátoru (V) :	12		*(26)*
Doporučená kapacita použitých akumulátorů (Ah):	100	(obvykle 100 Ah)	*(27)*
Hloubka vybíjení :	50%	(u solárních obvykle max. 50%, jiné max. 20%)	*(28)*

Zálohované dny \ Varianta		A	B	C	
Počet akumulátorů podle počtu zálohovaných dnů :	**3**	2	1	1	*(29)*
	7	4	2	1	*(30)*
	14	7	3	1	*(31)*

Zálohované dny \ Varianta			A	B	C	
Doporučený typ akumulátoru	**S 82070**	**3**	7 200	3 600	3 600	*(32)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	3 600	**7**	14 400	7 200	3 600	*(33)*
		14	25 200	10 800	3 600	*(34)*

REGULÁTOR

Nominální napětí (V) :	12				*(35)*
Typ podle akumulátoru (Pb, NiCd, NiFe) :	Pb				*(36)*
Změny okolních teplot u akumulátoru >10°C (ano/ne):	ano				*(37)*
Varianta:		A	B	C	
Vstupní proud (A) - minimum podle varianty provozu :		7	4	4	*(38)*

Výpočet maximálního proudu do zátěže (v případě automatického odpojování) :			skutečnost
celkový příkon současně zapojených stejnosm. spotřebičů (W) - výsledek *(1)* :		46	46 *(39)*
Max. proud do zátěže (A) :			**5** *(42)*
Doporučený typ :	**SunSaver-10/LVD**		*(43)*
Počet kusů :	**1**	**1**	**1** *(44)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	2 384	2 384	2 384 *(45)*

MĚNIČ

Nominální napětí (V) :	12			*(46)*
Výkon trvalý (W) :	65			*(47)*
Výkon krátkodobý (W) :	130	koef. =	2	*(48)*
Doporučený typ :	**JVL100**			*(49)*
Počet kusů :		**1**		*(50)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW) - cca.	3 445	3 445		*(51)*

Celková cena

Zálohované dny \ Varianta			A	B	C	
CELKOVÁ CENA (cca. Kč bez DPH, EXW) :		**3**	35 106	20 467	20 467	*(52)*
		7	42 306	24 067	20 467	*(53)*
		14	53 106	27 867	20 467	*(54)*
DPH	22%					*(55)*
CELKOVÁ CENA (cca. Kč s DPH, EXW) :		**3**	42 829	24 970	24 970	*(56)*
		7	51 613	29 362	24 970	*(57)*
		14	64 789	33 754	24 970	*(58)*

Bilance vyráběné elektřiny

Varianta	A	B	C
Elektrická práce vyrobená FVS za rok (kWh/r)	77	39	39
Elektrická práce vyrobená záložním zdrojem za rok (kWh/r)	0	0	0
Celkem (kWh/r)	77	39	39

SROVNÁNÍ FVS a PŘIPOJENÍ NA SÍŤ (tis. Kč vč. DPH)

Cena elektřiny vyráběné FVS

Zálohované dny \ Varianta		A	B	C
VÝDAJE				
Investice do FVS	3	43	25	25
Cena dopravy, montáže, uvedení do provozu		4		
Životnost (roky)	50			
Provozní náklady a náklady na údržbu během doby životnosti (0,5 až 2-násobek investičních nákladů)	1,0	43	25	25
Celkem		90	50	50
Roční náklady		1,8	1,0	1,0
Kč/kWh		**23,3**	**25,8**	**25,8**

Porovnání s připojením na síť					Celkem
Vyrobená elektřina během doby životnosti (kWh)		3 869	1 935	1 935	
Prům. cena elektřiny ze sítě během doby životnosti (Kč/kWh)		8,00			
Investice na přivedení elektřina ze sítě					
přípojení elektřiny ze sítě	350	Kč/m,	2000	m přípojky	700 000

Příklad výpočtu FVS stručný – **Čerpání vody**

OBDOBÍ PROVOZU / VARIANTA FVS

Varianta :	**A**	**B**
Období (měsíce) provozu :	6-7 ("léto")	4-5 a 8-9 ("jaro" a "podzim")

POTŘEBA ELEKTŘINY

Profil pořeby během období :	**A**	**B**
	⇩	⇩

a) Všechny elektrospotřebiče na **stejnosměrný proud** a jejich spotřeba ve watthodinách za týden (Wh/t) :

Popis	Příkon (W)	x hodin provozu za týden :			*Číslo výsledku*
čerpadlo 1,3 A	24	x x x x	21	10,5	
Celkem příkon	24		=	=	*(1)*
Celkem Wh/t			504	252	*(2)*
Celkem Wh/den (*(2)* /7)			**72**	**36**	*(3)*
Celková spotřeba stejnosměrného proudu - součet *(3)* + *(8)* (Wh/den)			**72**	**36**	*(9)*

NOMINÁLNÍ NAPĚTÍ SYSTÉMU

Nominální napětí systému (V) :	12	*(12)*

SOLÁRNÍ PANEL

Období / Varianta:		**A**	**B**	
Charakteristický výkon (středoevropské podmínky) (Wh/Wp/den)		4	2	*(13)*
Potřebný výkon fotovotaických panelů (Wp) :		**18**	**18**	*(14)*
Doporučený typ solárního panelu :	**ST32-23**			*(15)*
Jednotkový výkon tohoto panelu (Wp) :	23			*(16)*
Minimální nutný počet panelů (kusy) :		**1**	**1**	*(17)*
Jedn. / Celková cena (Kč bez DPH, EXW)	0	0	0	*(18)*
Plocha na instalaci (m^2)	0,2	0,2	0,2	*(19)*

TRILLIUM PV

program pro návrh a analýzu fotovoltaických systémů

VERZE 1.3

Radomír Lenhard, Jaromír Řehák

Anotace

Simulátor TRILLIUM - PV je určen k návrhu a analýze autonomních fotovoltaických systémů.
Pomocí simulátoru je možné určit optimální konfiguraci systému, tedy typ a počet fotovoltaických (FV) panelů, typ regulátoru nabíjení, typ a počet akumulátorů, a to pro danou lokalitu a sestavu spotřebičů.
Přílohou příručky je instalační disketa simulátoru TRILLIUM verze 1.3

ANOTACE **39**
1. ÚČEL POUŽITÍ SIMULÁTORU **39**
2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY SIMULÁTORU **39**
3. POSTUP SIMULACE **40**
3.1. ZADÁNÍ VSTUPNÍCH ÚDAJŮ 41
3.1.2. KOMPONENTY FV SYSTÉMU (FV SYSTÉM) 42
3.1.3. SPOTŘEBIČE (SPOTŘEBIČE) 42
3.2. VÝPOČET (VÝPOČET) 42
3.3. VÝSLEDKY (VÝSLEDKY) 43
3.3.1. ASTRONOMICKÉ PARAMETRY 43
3.3.2. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ 43
3.3.3. DENNÍ SPOTŘEBA 44
3.3.4. ENERGETICKÁ BILANCE 44
3.3.5. FV SYSTÉM 44

1. ÚČEL POUŽITÍ SIMULÁTORU

Simulátor **TRILLIUM - PV** je určen k návrhu a analýze autonomních fotovoltaických systémů. Tento systém obvykle tvoří fotovoltaické panely, akumulátory, regulátory nabíjení akumulátoru a různé spotřebiče.

Pomocí simulátoru je možné určit optimální konfiguraci systému, tedy typ a počet fotovoltaických (FV) panelů, typ regulátoru nabíjení, typ a počet akumulátorů, a to pro danou lokalitu a sestavu spotřebičů.

2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY SIMULÁTORU

- Pro výpočet ozáření skloněné plochy FV panelu je možné zvolit jednu z pěti oblastí, ve které má pole globálního záření na území ČR zřetelně rozdílné vlastnosti. Tyto oblasti se liší především nadmořskou výškou a znečištěním atmosféry.

- Rozklad záření na přímé, difúzní a odražené umožňuje stanovit závislost získané elektrické energie na sklonu a azimutu plochy FV panelu.

- Simulátor modeluje stav systému v průběhu jednoho roku tak, že s intervalem výpočtu 1 hodina provádí celkovou energetickou bilanci (energie získaná, akumulovaná a odebraná). Tento algoritmus vystihuje situaci v reálné soustavě.

- Přehled používaných spotřebičů obsahuje rovněž informaci o profilu spotřeby el. energie v průběhu 24 hodin.

- Součástí simulátoru jsou databáze FV panelů, akumulátorů a regulátorů distribuovaných v ČR. Uvedené ceny jsou pouze orientační (bez DPH) a uživatel si je může upravit podle aktuální situace na trhu.

- Pro výpočet byla zvolena interaktivní forma simulace s okamžitým zobrazením výsledků. Tento způsob dovoluje snadnou a rychlou optimalizaci navrhované konfigurace.

- Rámec obvyklých informací o navrženém fotovoltaickém systému přesahuje doplnění grafického zobrazení vybraných astronomických a fyzikálních údajů.

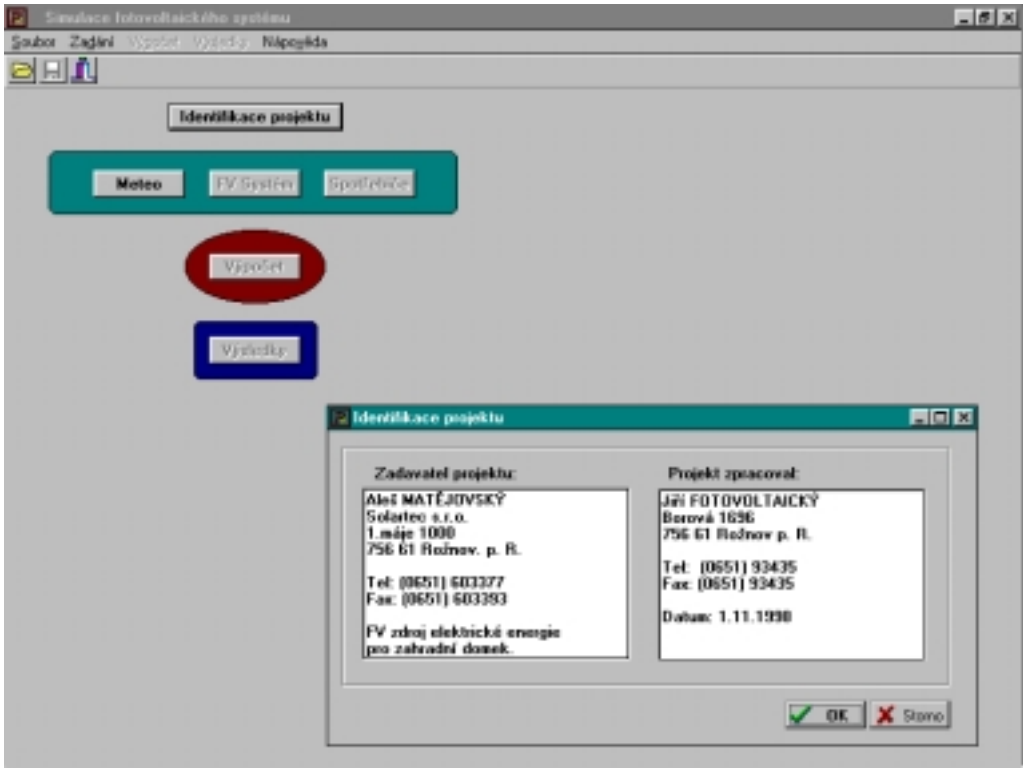
- Pro dokumentaci všech důležitých parametrů a komponent navrženého FV systému je určen souhrnný jednostránkový přehled, který je připravený pro tisk.

- Vstupních údaje pro simulaci je možné uložit do souboru k pozdějšímu využití při návrhu obdobného systému.

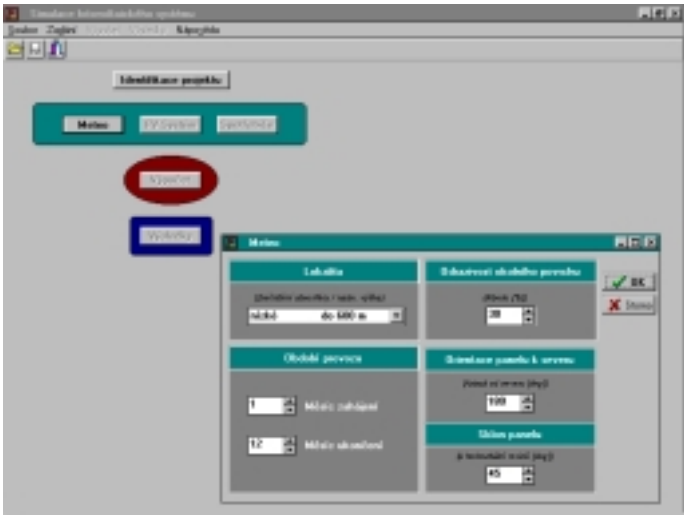
3. POSTUP SIMULACE

Návrh a analýza FV systému probíhá ve třech úrovních, které jsou patrné na základním formuláři:

- Zadání vstupních údajů
- Výpočet
- Vyhodnocení výsledků



3.1. ZADÁNÍ VSTUPNÍCH ÚDAJŮ



3.1.1. METEOROLOGICKÉ A GEOGRAFICKÉ ÚDAJE *(METEO)*

Lokalita:
Výběr z pěti typických oblastí v ČR (K.Vaníček a kol., Popis pole globálního záření na území ČR v období 1984-1993, NKP 15, ČHMÚ, Praha 1994).**I.** Nížiny a vysočiny Čech a Moravy s nadmořskou výškou do 600 m. Rozhodující vliv frontální a inverzní oblačnosti, nízké až průměrné znečistění atmosféry.
Stanice ČHMÚ: Hradec Králové, Kocelovice, Košetice, Luká, Kuchařovice, Ostrava - Poruba.

II. Velké průmyslové a populační aglomerace v oblasti {I} s nadprůměrným znečištěním atmosféry. Zvýšený vliv pevných aerosolů v atmosféře.
Stanice ČHMÚ: Praha - Karlov, Tušimice

III. Lokality v oblasti {II} s extrémně vysokým znečištěním atmosféry.
Stanice ČHMÚ: Ústí nad Labem

IV. Vysočiny ČR s nadmořskou výškou 600-800 m.
Stanice ČHMÚ: Svratouch

V. Vrcholové části pohraničních hor s výškou nad 1000 m. Orograficky zvýšený vliv oblačnosti v letním období, velmi nízké znečistění atmosféry pevnými aerosoly.
Stanice ČHMÚ: Churáňov

Období provozu*:* Pořadové číslo měsíce v roce (1 - leden).

Odrazivost okolního povrchu*:*

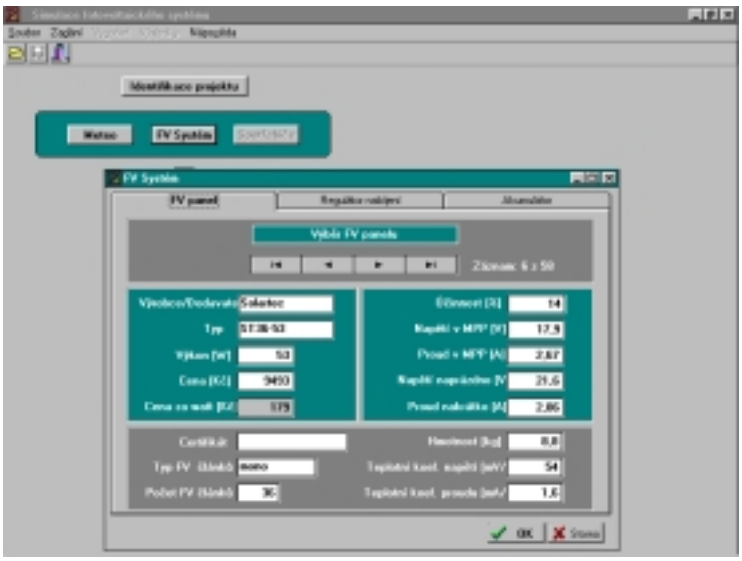
Suchý čistý povrch	20%
Travnatý povrch	30%
Písek	40%
Sníh	50-80%

Orientace panelu k severu*:* Azimut panelu od severu 0-360 stupňů ve směru pohybu hodinových ručiček. Azimut panelu orientovaného přesně na jih je 180 stupňů.

Sklon panelu: Sklon panelu k horizontální rovině. Pro celoroční provoz systému je vhodné volit větší úhel (>45), který zlepší energetickou bilanci v zimních měsících. Naopak pro sezónní provoz v letních měsících je vhodný menší úhel.

3.1.2. KOMPONENTY FV SYSTÉMU *(FV SYSTÉM)*

V databázích jsou zařazeny FV panely, regulátory nabíjení a akumulátory distribuované v ČR. Je možné změnit všechny parametry. Upravený parametr se následně uloží i do odpovídající databáze. Velikost databáze je omezená počtem.



3.1.3. SPOTŘEBIČE *(SPOTŘEBIČE)*

Denní spotřeba elektrické energie určitého spotřebiče je daná součinem nominálního příkonu, časem provozu (počet minut provozu za hodinu, např. 60 min znamená trvalý provoz) a počtu hodin za 1 den. Denní profil spotřeby je zobrazen i graficky.

3.2. VÝPOČET *(VÝPOČET)*

Simulace je rozdělena do dvou kroků:

1. Výpočet meteorologických (astronomických) parametrů, kde hlavním výsledkem je pole hodnot slunečního záření na nakloněnou plochu panelu (365 dnů x 24 hodin) . Tato část simulace proběhne automaticky při volbě tlačítka *VÝPOČET* na základním formuláři.

2. Návrh fotovoltaického systému.
Nastavte maximální požadovaný počet dnů bez slunečního záření, kdy bude dodávka elektrické energii zajištěna pouze z akumulátorů. Tlačítkem *SIMULACE* pak inicializujte výpočet.
Pokud se objeví hlášení upozorňující na omezení nabíjecího proudu akumulátoru maximální dovolenou hodnotou nabíjecího proudu regulátoru, můžete buď zvolit vhodnější typ, nebo zvýšit počet paralelně zapojených regulátorů.

3.3. VÝSLEDKY *(VÝSLEDKY)*

3.3.1. ASTRONOMICKÉ PARAMETRY

Vybrané roční průběhy důležitých astronomických funkcí využitých při simulaci:
- Solární konstanta
- Deklinace
- Čas východu Slunce
- Čas západu Slunce

3.3.2. SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

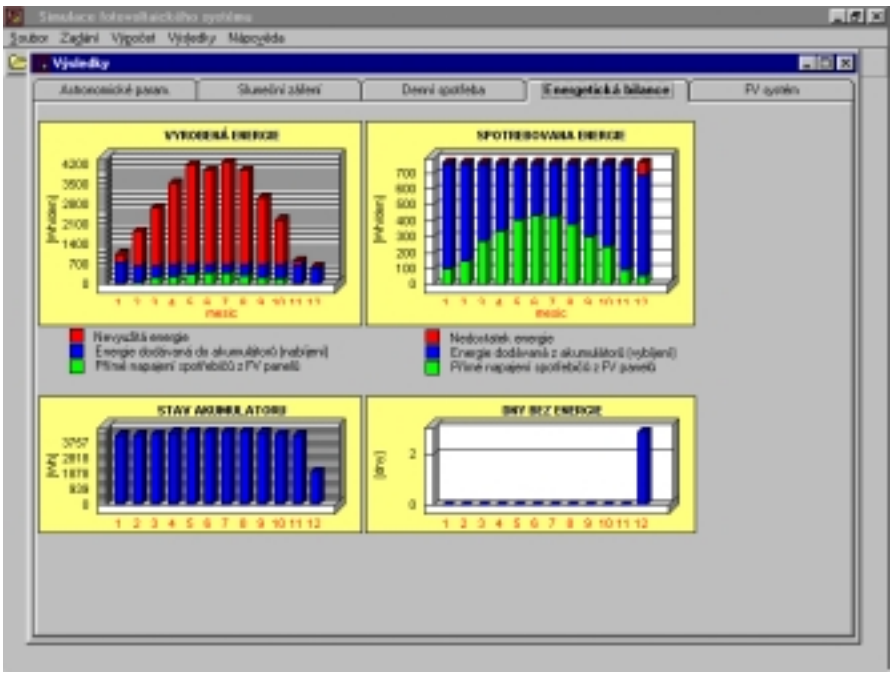
Časové průběhy slunečního záření a souvisejících parametrů:

- Koeficient vlivu oblačnosti; definovaný jako poměr globálního slunečního záření na horizontálním zemském povrchu a globálního slunečního záření na povrchu zemské atmosféry (záření na jednotkovou plochu).

- Radiace na povrchu panelu; roční průběh přímého, difúzního a globálního záření dopadajícího na povrch nakloněného panelu.

- Radiace na povrchu panelu; denní průběh globálního záření dopadajícího na povrch nakloněného panelu v jednotlivých měsících.

- Mimozemská radiace; roční průběh globálního slunečního záření na povrchu zemské atmosféry v dané zeměpisné šířce



3.3.3. DENNÍ SPOTŘEBA

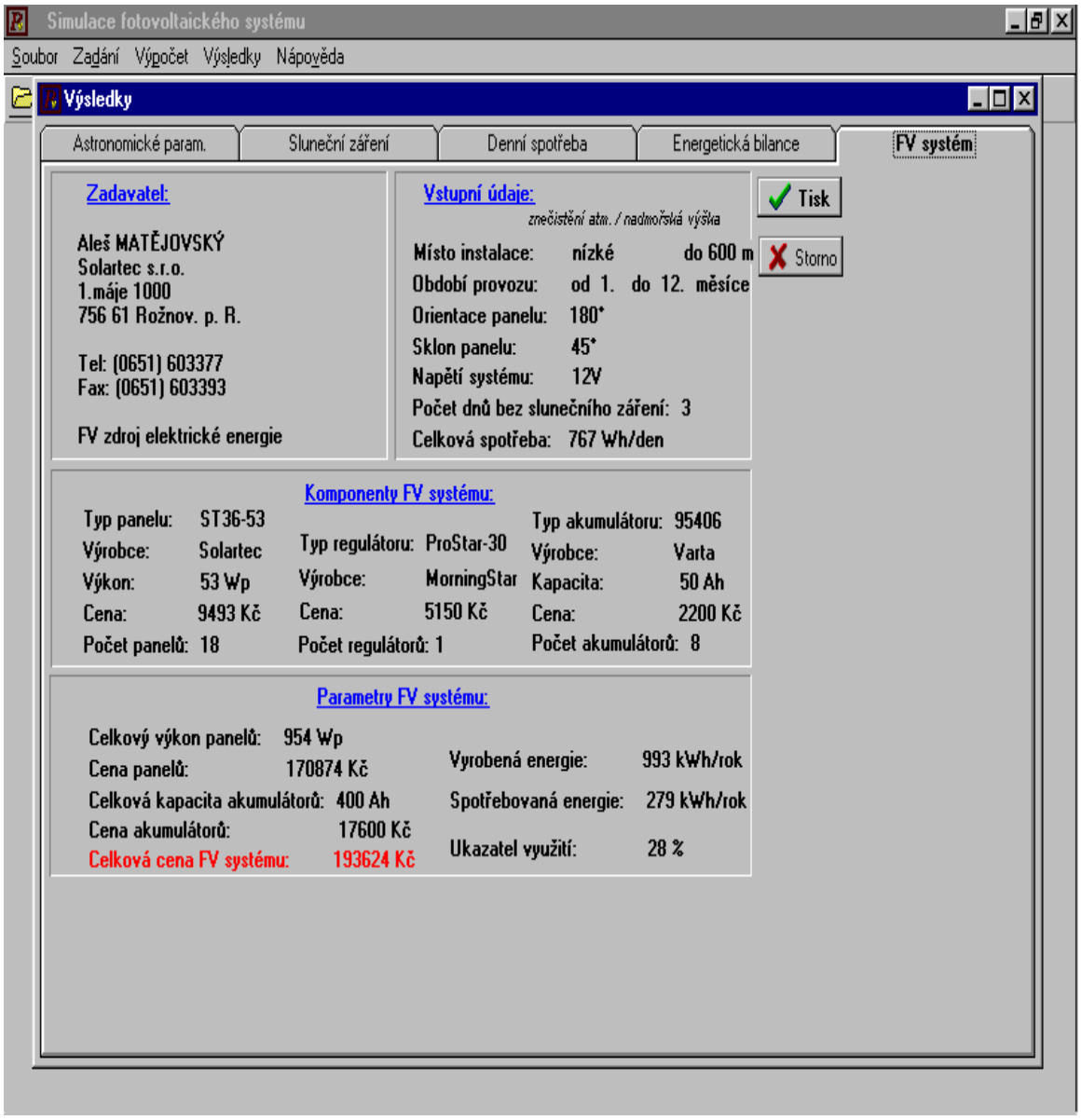
Profil denní spotřeby elektrické energie pro zadanou sestavu spotřebičů.

3.3.4. ENERGETICKÁ BILANCE

Roční průběhy energetických bilancí:
Vyrobená energie; členění na přímé napájení spotřebičů z FV panelů, nabíjení akumulátorů a nevyužitou energii.
Spotřebovaná energie; členění na přímé napájení spotřebičů z FV panelů, energii dodávanou z akumulátorů (vybíjení) a nedostatek energie.
Stav akumulátoru; úroveň nabití akumulátorů v jednotlivých měsících.
Počet dnů bez energie v jednotlivých měsících.

3.3.5. FV SYSTÉM

Souhrnný jednostránkový přehled všech důležitých parametrů a komponent navrženého FV systému, připravený pro tisk. Ukazatel využití soustavy je definován jako poměr spotřebované a vyrobené energie.



Montáž fotovoltaických systémů

Radim Bařinka

Obsah

1 FOTOVOLTAICKÉ MODULY 44
2 AKUMULÁTOROVÁ BATERIE 45
3 SOLÁRNÍ REGULÁTOR 45
4 SYSTÉMY GRID-ON 45
5 BEZPEČNOST PRÁCE 46

1 Fotovoltaické moduly

Při stanovení místa a způsobu montáže fotovoltaických modulů je třeba vzít do úvahy poznámky uvedené níže. Uvedené poznámky si v některých bodech odporují, proto při konečném rozhodnutí budou hrát roly vždy nejvýznamnější místní podmínky. Pamatujte na to, že každá větší změna vzhledu objektu podléhá stavebnímu řízení u příslušného stavebního úřadu.

- dosažení maximálního možného energetického zisku
- zachování nebo vylepšení vzhledové kvality objektu
- vyloučení, případně minimalizace zastínění modulů okolními objekty (budovy, stromy, terén..)
- snadnost instalace (práce s většími moduly ve výšce není snadná)
- snadný přístup k modulu pro potřeby údržby a případné opravy
- dostatečné chlazení modulů
- v lokalitách bohatých na sníh, je vhodné volit větší sklon
- způsob uchycení modulů musí být dostatečně odolný vůči větru

Optimální orientace plochy solárních modulů je na jih tj. azimut 180°. Sklon modulů závisí na způsobu provozování fotovoltaického zařízení a na období, ve kterém chceme získat maximum energie ze solárních panelů. Při sklonu kolmém k paprskům letního slunce získáme z panelů maximum energie v průběhu celého roku. Pro letní provoz je vhodný sklon kolem 20° od horizontální roviny. Pokud je pro nás důležité množství energie získané v zimě, nastavíme panely kolmo na sluneční paprsky v zimním období. Pro orientaci jsou v následující tabulce uvedeny sklony slunečních paprsků od horizontály v našem zeměpisném pásmu ve dnech rovnodennosti a slunovratu:

21. června	63° 27´
kolem 21. března a 23. září	40° 00´
21. prosince	16° 33´

V některých případech je však nutné se řídit jinými okolnostmi. Například při instalaci na objektu v horském prostředí s celoročním provozem je vhodnější panely umístit pod úhlem 60° - 90°. Určitou roli při rozhodování o poloze modulů bude hrát okolnost, zda je budova zásobována zcela nebo

převážně z fotovoltaického zdroje. Je-li však budova připojena k veřejné rozvodné síti je možné upřednostnit jiné, např. estetické hledisko.
Moduly mohou být instalovány na střechách všeho druhu, výhodnější jsou střechy sedlové. Do fasád mohou být moduly začleněny ne jenom v poloze svislé, např. mohou vytvářet nadokenní slunolamy a markýzy. Při volbě řešení je třeba brát ohled na dostatečné přirozené chlazení solárních panelů, neboť se vzrůstající teplotou se snižuje výkon panelů.
Další možné způsoby instalací:
Skleníky -Skleníková plocha je tvořena částečně průhlednými solárními moduly typu sklo-články-sklo. Šířkou mezer mezi jednotlivými články je možné nastavit míru průsvitnosti.
Fasády -Speciální fasádní moduly mohou tvořit skleněné výplně mezi okny. Dále požívají pro krytí fasády obkladové fasádní moduly.
Elektrické propojení modulů

- snadný přístup do připojovací krabice
- kovové konstrukční části uzemnit
- propojovací vodiče ve venkovním prostředí musí mít dvojitou izolaci (např. jednoduchý Cu žílový vodič s dvojitou izolací nebo vodič s jednoduchou izolací v instalační trubce/ liště).

2 Akumulátorová baterie

Akumulátorové baterie je vhodné umístit do prostor se stálou teplotou, nejlépe okolo 20°C. Baterie, které nejsou hermeticky uzavřené je nutné umístit do zvláštní odvětrávané místnosti, případně do odděleného boxu. Baterie by měla být dostatečně odizolována od podlahy, nejlépe jejich umístěním na kovový nebo dřevěný namořený stojan s gumovými izolačními podložkami. Pólové vývody baterií nebo článků je potřeba udržovat čisté a suché. Je vhodné vývody chránit akumulátorovou vazelínou.

3 Solární regulátor

Ke každému regulátoru je dodáván návod k instalaci a obsluze. Je potřeba si jej velice dobře pročíst. Předejde se tímto možnému poškození regulátoru nebo jiné části fotovoltaického systému. Zvláště u složitějších regulátorů je před zapojením potřebné nastavit základní parametry (napětí systému, typ baterie, režim nabíjení ....).
Většina regulátorů musí být instalována co nejblíže akumulátorové baterie vzhledem k minimalizaci napěťových ztát v přívodech k baterii. Některé modernější přístroje jsou schopny eliminovat větší délku přívodů. Umístění v blízkosti baterie je navíc důležité u regulátorů s teplotní kompenzací napěťových úrovní. Jejich čidlo by mělo být vystaveno stejným teplotním vlivům jako baterie. Některé regulátory umožňují připojení externího teplotního čidla.
Vzhledem k tepelným ztrátám v regulátoru je dobré jej připevnit na stěnu ve vertikální poloze na dobře větraném místě.
K propojení je potřeba použít vodičů s průřezem, jež doporučuje výrobce/dodavatel. Přestože většina regulátorů je vybavena tavnou pojistkou v jednom z přívodů k baterii, je vhodné zapojit co nejblíže k baterii na druhý vodič další tavnou pojistku.

4 Systémy grid-on

Při zřizování fotovoltaického systému grid-on se zasahuje do rozvodné sítě, a proto je proces uvádění systému do provozu náročnější než je tomu v případě systému grid-off.

- Jsou-li moduly instalovány na budově je potřeba získat stavební povolení stejně jako systému grid-off
- Musí být vyhotoven projekt na elektrickou instalaci.
- Realizaci musí provést profesionální firma k tomu způsobilá.
- Připojení k rozvodné síti podléhá schvalovacímu řízení u příslušného rozvodného závodu.
- Rozvodný závod je povinen vykupovat elektrickou energii od malovýrobců po splnění technických podmínek – připojení k rozvodné sít je upraveno ve vyhlášce č.169/95 Sb. a v zákonu č.222/96 Sb.; místní podmínky upravují směrnice příslušných rozvodných závodů.
- Výkupní podmínky jsou předmětem jednání s rozvodnými závody (v současné době kolem 1Kč/kWh při odprodeji celého výkonu a 0,60Kč/kWh při odprodeji přebytků).
- Při zřízení nové přípojky je nutné uhradit poplatek za připojení k rozvodné síti ve výši

- 500,- Kč do 25 A
- 4 000,-Kč do 32 A.
- Na Ministerstvu průmyslu a obchodu je nutné si vyřídit „Autorizaci na výrobu elektrické energie“ za správní poplatek 200,-Kč (11/98).
- Rozvodné závody se nejvíce zajímají o funkci automatického odpojení měniče od sítě v případě výpadku a o kvalitu dodávané energie (výskyt harmonických a meziharmonických).

5 Bezpečnost práce

Montáž malých jednoduchých fotovoltaických systémů Grid-off není složitá a zvládne ji i osoba bez elektrotechnického vzdělání. U malých systému je solární panel zcela bezpečný a ani případný zkrat jeho vývodů nezpůsobí jeho poškození nebo ohrožení zdraví. Avšak při manipulaci a zapojování akumulátorové baterie je potřeba předcházet možnému přímému zkratu bateriových vývodů. Akumulátorové baterie jsou schopné dodat při zkratu velmi vysoké proudy, přestože se jedná o bezpečné napětí tj. 12 a 24V.

Grid-on systém
s barevnými solárními panely na fasádě budovy Chemapol v Praze

- **Realizace** **5/99**
- **Lokalita**
  - místo budova Chemapolu Praze - Vršovicích
  - orientace fasády 180°
- **Fotovoltaické panely**
  - celkový výkon 6 336 Wp
  - plocha panelů 68 m2
  - počet panelů 136ks
  - typ panelů STR36-45-GO-G
  - umístění panelů meziokenní plochy v 10. patře
  - sklon 90°
  - typ solárních článků Si-monokrystalické 102,5x102,5mm povrch zlatý, lesklý
  - panely budou zapojeny ve čtyřech větvích po 11 kusech v sérii na každém měniči (3)
- **Fotovoltaický síťový měnič**
  - 3 kusy Sunrise Midi
  - max. výkon na vstupu 2200 W_p
  - vstupní napětí 185 ..... 360V
  - max. výstupní výkon 1600 W
  - výstup 230 V +10/-15%
  - max. účinnost 93%
- **Monitorovací a vizualizační systém**
  - nepřetržitý sběr dat a archivace
  - informační monitor ve vstupním prostoru
  - informační tabule před budovou (W, kWh)
  - aktuální stav systému na WWW stránce

V rámci projektu INCO-COPERNICUS bude na fasádě budovy Chemapol v Praze ve Vršovicích instalován první fasádní fotovoltaický systém připojený k síti. Na fasádě budou přichyceny solární moduly s výkonem 45 W v barvě zlaté. Ke třem síťovým měničům Sunrise midi bude připojeno 136 panelů s celkovým výkonem 6 336 W_p. Každý měnič bude napájen 4 větvemi po 11 modulech v sérii. Měnič bude připojen přímo k jedné z fází vnitřního rozvodu budovy a bude dodávat elektrickou energii přímo ke spotřebě. Systém tak není určen pro dodávku energie do veřejné rozvodné sítě.

Měření a vyhodnocení systému bude realizováno kvalitním 16 - bitovým systém založeným na standartu PC. Měřeny budou elektrické parametry systému a meteorologické údaje (teplota a intenzita slunečního záření.

Stav systému bude v reálném čase zobrazován třemi způsoby.

1. Ve vestibulu administrativní budovy bude umístěn PC monitor s presentačním softwarem.
2. Před vstupem do budovy bude umístěna informační tabule s aktuálními informacemi o výkonu systému a o dodané energii do sítě za určité období. Informační tabule bude napájena ze stejných solárních modulů, které budou součástí fotovoltaické fasády.
3. Stav systému a základní údaje o něm budou presentovány na Internetu prostřednictvím vlastních WWW stránek.

Grid-off systém
pro napájení osvětlení na horském chatě v Krkonoších.

- **Realizace** **10/98**
- **Lokalita**
  - místo Krkonoše
  - výška n.m. 1050 m n.m.
  - orientace 174°
  - lokalita je bez stínění
  - Jmenovité napětí systému 24V
- **Fotovoltaické panely**
  - celkový výkon 370 W_p
  - plocha panelů 3 m^2
  - umístění na kolmé štítové stěně vikýře
  - sklon 90°
  - počet a typy panelů 6 ks ST36-53
2 ks ST36-26
  - typ solárních článků Si-monokrystalické 102,5x102,5mm
- **Akumulátorová baterie**
  - kapacita 300 Ah
  - typ Bären 20 ks článků OpzS
  - napětí 24V
- **Solární regulátor**
  - Solarix Delta 20 A
  - nabíjení dle stavu nabití
  - indikace stavu systému na LCD
- **Světelné zdroje**
  - počet svítidel 26
  - instalovaný příkon 280 W
  - jmenovité napětí 24 V_{DC}
  - typy světelných zdrojů
  - kompaktní fluorescenční zářivky s měničem v závitové patici – OCE 27, 10 a13 W
  - fluorescenční zářivky DZC 7(9) s měniči M02, 11W/24V
- **Doplňkový zdroj**
  - PB elektrocentrála ZG-2G s výkonem 1,8kW

Horská chata je situována na odlehlém místě mimo dosah rozvodné sítě. Stará roubená chata nyní slouží jako rekreační objekt, maximálně pro 20 osob. V přízemí jsou situovány společné prostory a v podkroví je pět pokojů se společnou koupelnou. Chata je využívána nepravidelně po celý rok. V letních měsících téměř trvale, na jaře a na podzim jenom o víkendech, v zimě občas na víkend a ke konci roku stále. Systém je určen výhradně pro napájení svítidel. V době před uvedením systému do provozu byly používány pro osvětlení vnitřních prostor ne příliš bezpečné propan-butanové lampy.

Na kolmé dřevěné stěně štítu vikýře jsou uchyceny fotovoltaické panely z řady ST36-xx s celkovým výkonem 370 Wp. Proudem z panelů je přes solární regulátor dobíjena olověná článková akumulátorová baterie umístěná ve sklepě. Jmenovité stejnosměrné napětí systému je 24V. Ve vstupní chodbě je umístěna rozvodná skříňka s jistícími prvky pro světelné obvody a s měřícími přístroji. V chatě bylo instalováno 26 svítidel s fluorescenčními zářivkami s příkony 7 –13 W. Fotovoltaický systém je trvale v provozu.

Průměrné množství náboje pro odebrání z akumulátorové baterie pro jednotlivé měsíce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Množství náboje ke spotřebě za jeden den **(Ah)**	**10,1**	**15,0**	**19,7**	**22,7**	**24,6**	**23,3**	**24,7**	**25,3**	**23,2**	**19,3**	**10,6**	**7,8**
Množství náboje ke spotřebě za jeden týden **(Ah)**	**70,6**	**104,9**	**137,9**	**158,6**	**172,4**	**163,2**	**172,6**	**177,0**	**162,7**	**135,2**	**74,5**	**54,4**

Seznam firem

zabývajících se výrobou a montáží v oblasti fotovoltaické techniky k 1.12.1998.
Většina z těchto firem zajišťuje rovněž poradenství, případně projektování.

Výroba fotovoltaických článků a panelů

Solartec s.r.o. 1. máje 1000 / M3 756 61 Rožnov pod Radhoštěm	TETOM Prostřední Bečva 379 756 56 Prostřední Bečva	TRIMEX TESLA s.r.o. 1. máje 1000 756 61 Rožnov pod Radhoštěm
T. 0651-60 33 77 F. 0651-60 33 93 E. solartec@solartec.ocb.cz W.http://solartec.ocb.cz	T. 0651-926 134 F. 0651-926 134	T. 0651-60 32 45 F. 0651-60 21 09

Montáž fotovoltaických solárních systémů

Aton centrum s.r.o. Topolová 14/2916 106 00 Praha 10	ELES (Elektro-Eko-Solar) Politických vězňů 33 280 02 Kolín IV	EORS Fr. Čechury 4463 708 00 Ostrava - Poruba
T. 02-71 75 06 95 F. 02-75 73 53 E. aton@czn.cz	T. 0321-203 64 F. 0321-203 64	T. 069-69 10 206

GMS Zahr. odboje 932 674 01 Třebíč	Vladimír Hladík Jižní 425 289 07 Libice nad Cidlinou	Solartec s.r.o. 1. máje 1000 / M3 756 61 Rožnov pod Radhoštěm
T. 0618-74 075	T. 0651-926 134 F. 0651-926 134	T. 0651-60 33 77 F. 0651-60 33 93 E. solartec@solartec.ocb.cz W.http://solartec.ocb.cz

TETOM Prostřední Bečva 379 756 56 Prostřední Bečva
T. 0651-926 134 F. 0651-926 134

Fotovoltaický lexikon

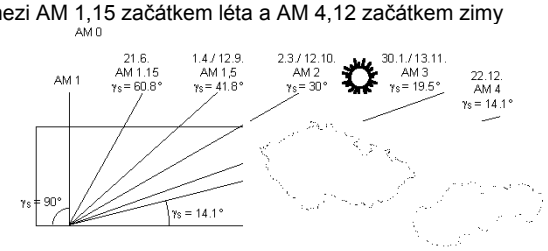
a česko-anglicko-německý slovník

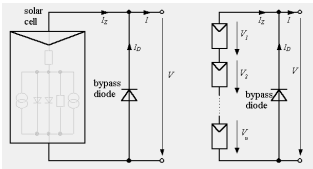
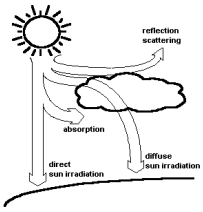
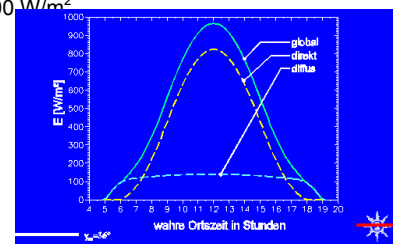
Jiří Bártek

Obsah

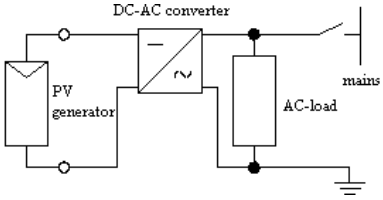
A B C Č D E F G H I K L M N O P R S T U V W Z

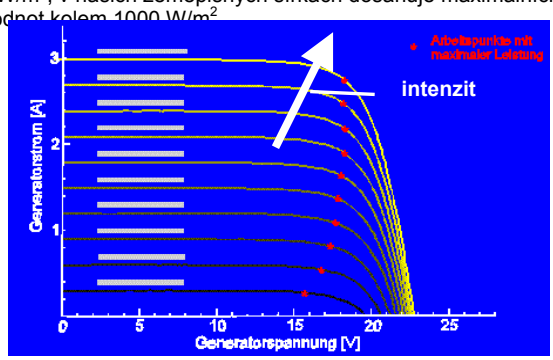
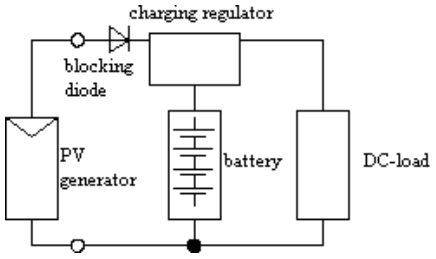
A.....49
B.....50
C.....50
Č.....51
D.....51
E.....51
F 52
G..... 52
H..... 52
I..... 53
K..... 53
L..... 54
M.....54
N 55
O 55
P.....56
R 57
S.....57
T 59
U..... 59
V..... 60
W..... 60
Z 61

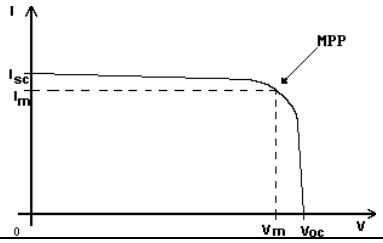
česky	anglicky	německy	význam
A			
A	A, Amp	A	zkr. pro →ampér
a-Si	a-Si	a-Si	zkr. pro →amorfní křemík, →amorfní solární články
a-Si:H	a-Si:H	a-Si:H	zkr. pro vodík obsahující →amorfní křemík, →amorfní solární články
absorpce	absorption	Absorption	snížení intenzity světla jeho průchodem materiálem
absorpční koeficient		Absorptions-koefficient	míra velikosti →absorpce; závisí na vlnové délce světla
AC	AC	AC	zkr. →střídavý proud, angl.
Ah	Ah	Ah	ampérhodina, jednotka →kapacity akumulátoru
Air Mass	Air Mass	Luftmasse	1/sin(γ_S) , kde γ_S = 90° - úhel dopadu; zkr. AM; charakterizuje složení spektra slunečního světla: z důvodu rotace Země se mění →úhel dopadu a tím se mění délka průchodu paprsku atmosférou; následkem toho se mění →spektrum světla a jeho →intenzita; např. pro Prahu a Berlín se hodnota AM pohybuje mezi AM 1,15 začátkem léta a AM 4,12 začátkem zimy 
aktivní plocha	active area		část aktivní strany článku, která není pokryta metalizací
aktivní strana	active side		článku, panelu = strana přivrácená ke zdroji světla; také →přední strana
akumulátor	battery, accumulator		součást →fotovoltaického systému, která umožňuje ukládat elektřinu vyrobenou →solárním zařízením pro noční provoz nebo pro dny s →omezeným osvětlením, nebo když je potřeba zálohovat zdroje vyrábějící resp. dodávající elektřinu; viz také →kapacita akumulátoru; nejčastěji se užívají →olověné →solární akumulátory, dále lze doporučit dražší alkalické →nikl-kadmiové (NiCd) akumulátory nebo →NiFe akumulátory; →nominální napětí je obvykle 12 V, v případě speciálních →olověných solárních 2 V (skládají do potřebného →nominálního napětí a →kapacity; určeny zejména pro náročné aplikace, vyžadující dlouhodobou spolehlivou funkce – více než 10 let); nedoporučuje se kombinování akumulátorů různých typů, výrobců a stáří
AM	AM	AM	zkr. pro →Air Mass
AM 0	AM 0	AM 0	hodnota →Air Mass vně atmosféry; odpovídající intenzita světla je 1350 W/m^2
AM 1	AM 1	AM 1	hodnota →Air Mass při kolmém dopadu světla
AM 1,5	AM 1,5	AM 1,5	standardní hodnota (součást →STC) →Air Mass pro testování

česky	anglicky	německy	význam
			→solárních článků a →solárních panelů
amorfní křemík	amorphous silicon	amorphes Silizium	v amorfním materiálu jsou atomy uspořádány nepravidelně; z důvodu vysoké absorpční schopnosti stačí pro amorfní solární články tloušťka 0,5 μm
amorfní solární články	amorphous solar cells	amorphe Solarzelle	jsou vyrobeny z →amorfního křemíku pomocí →tenkovrstvé technologie; obvykle mají relativně nízkou →účinnost (5-8%) a podléhají →stárnutí
amortizace		Amortisationszeit	doba, za kterou vyrobený proud zaplatí investiční náklady; doba amortizace závisí na →nákupní ceně elektřiny
ampér	Ampere	Ampere	jednotka elektrického proudu, zkr. A
ampérhodina	ampere hour	Amperestunde	jednotka kapacity akumulátoru, dávky dobíjení a vybíjení; vypočítá se jako součin proudu (dobíjecího/vybíjecího) a času, zkr. Ah
antireflexní vrstva	antireflective coating	Antireflexschicht	tenká transparentní povrchová vrstva na →aktivní ploše článku, která zvyšuje jeho →účinnost snížením →odrazivosti →aktivní plochy; zkr. ARC
array	array		→solární řada
autonomní FVS	autonomous systém		→grid-off, →domácí solární systém
B			
back side field	back side field	zusätzliches elektrisches Feld auf der Rückseite	přídavné elektrické pole na zadní straně →krystalických solárních článků zvyšuje jejich →účinnost; zkr. BSF
bivalentní systém			je kombinací dvou zdrojů energie; viz →hybridní systém
blokovací dioda	blocking diode		zapojena mezi solární panel a akumulátor brání zpětnému toku proudu (samovolnému vybíjení) v nočních hodinách; zapojují se rovněž u více-panelových FV zařízení, a to pro každý panel jedna, aby se zabránilo průtoku proudu v opačném směru přes panel, který je momentálně lokálně zastíněn (a tedy proud v propustném směru →solárních článků nemůže procházet); brání se tak ztrátám; viz také →izolovaný systém; blokovací diodu obsahuje většina →solárních regulátorů a některé →solární panely
bod maximálního výkonu	maximum power point, peak power point		zkr. mpp nebo MPP, bod na →křivce I-U, kde je →výkon solárního článku nebo panelu, za daných podmínek, maximální; obvykle se vztahuje k tzv. →standardním testovacím podmínkám (→STC); viz →křivka I-U
busbar	busbar	Metallband	→metalizace
BSF	BSF	BSF	zkr. →back side field
bypass dioda	bypass diode	Bypass-diode	připojena paralelně k solárním článkům (např. pro každou sériovou řadu po 18 článcích); brání vzniku →horkého místa tak, že proud nejde přes zastíněný článek, nýbrž přes bypass diodu; tím se zastíněný článek nepřehřívá a nehrozí mu zrychlené →stárnutí 
C			
c-Si	c-Si	c-Si	zkr. →krystalický křemík, →krystalické křemíkové články
celkové záření	global irradiation	Globalstrahlung	celková zářivá energie slunce, která dopadá během určitého času na vodorovnou plochu; skládá se ze dvou složek – →přímé záření (angl. direct) a →difúzní (rozptýlené) záření (angl. diffuse); v našich zeměpisných šířkách dosahuje maximálních hodnot kolem 1000 W/m^2  

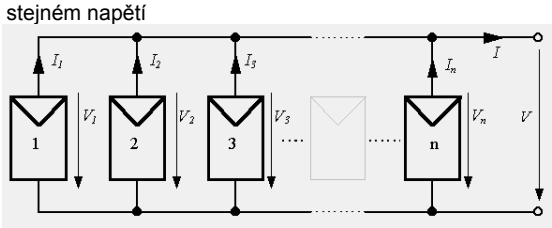
česky	anglicky	německy	význam
cena/W_p	price/W_p	Preise/W_p	poměr ceny k →výkonu solárního panelu slouží k posuzování cenové výhodnosti
certifikace	certification		zkoušky →solárních panelů, které simulují podmínky v prostředí, pro které jsou určeny, včetně dlouhodobých vlivů; mezinárodně uznávané →certifikáty může výrobce panelů získat u ESTI (Ispra v Itálii), TÜV (v SRN), NREL (Golden v USA)
certifikát	certificate		např. IEC 61215, ISPRA 503, CEI/IEC 1215
CdTe	CdTe	CdTe	chem. zkr. fotovoltaický polovodič →kadmium telurid
CIGS	CIGS	CIGS	zkr. →měď-indium-galium diselenid
CIS	CIS	CIS	zkr. →měď-indium diselenid
CZ	CZ	CZ	zkr. Czochralského metoda tažení monokrystalického křemíku (z roztaveného polykrystalického křemíku)
Č			
článek	cell	Zelle	→solární článek
čtverec	full-square		charakteristický tvar solárních článků z →multikrystalického křemíku (např. 125 x 125 nebo 150 x 150 mm), méně běžný tvar solárních článků z →monokrystalického křemíku (např. 100 x 100 mm)
D			
D	D	D	zkr. direct angl., →přímé záření
dávka slunečního světla			v W/m^2/časová jednotka (den…rok); energie dopadající na plochu 1 metru čtverečního; v podmínkách střední Evropy přibližně 1000 kWh/m^2/rok, na rovníku 2200 kWh/m^2/rok; jiný název je →sluneční hodiny za rok
DC	DC	DC	zkr. →stejnosměrný proud, angl.
degradace	degradation	Degradation	→stárnutí
deska	wafer	Scheibe	→křemíková deska
difúzní sluneční záření	diffuse sun irradiation	diffuse Strahlung	difúzní záření je ta část, která neprochází atmosférou přímou drahou od slunce, ale je rozptýleno, např. kapičkami vody v mracích nebo pevnými částečkami v atmosféře
dioda	diode	Diode	elektronický polovodivý prvek, kterým proud může procházet jen v jednom, tzv. propustném, směru
diamantová pila	diamond saw		zařízení k výrobě →křemíkových desek, ve kterém se používá k dělení diamantová okružní pila; tato metoda spotřebuje více materiálu a je dražší
dobíjecí napětí	charging voltage		→solárního regulátoru = napětí, kterým je dobíjen akumulátor; liší se podle typu →akumulátoru i podle teploty; většinou udáváno při 25°C
dobíjecí regulátor	charge controller	Laderegler	→solární regulátor
domácí solární systém	solar home system	Solar Home System	malý, jednoduše vybavený FV →izolovaný systém, který zahrnuje →solární panely, →solární regulátor a →akumulátory
drátořez	wiring saw	Drahtsäge	zařízení k výrobě →křemíkových desek, ve kterém se používá k dělení dlouhý drát
E			
EFF	EFF		→účinnost solárního článku nebo panelu; = FF x U_{OC} x I_{SC}
EFG tažení	EFG	EFG-Verfahren	nová technika tažení křemíku pro výrobu →křemíkových desek; zkr. Edge-defined Film Growth, tj. růst v tenké vrstvě definovaný hranou; z taveniny křemíku se táhne osmihranná trubka s délkou hrany asi 10 cm a délky až 5 m; tato trubka →multikrystalického křemíku je rozřezána na desky zpravidla 10 x 10 cm; výhodou je lepší využití křemíku
ekvivalentní sluneční hodiny		Sonnenäquivalent-stunden	→výtěžnost
elektrické parametry	electric parameters		charakteristické fyzikální parametry solárních článků a panelů: →účinnost (EFF), →výkon (P, P_m), →napětí na prázdno (U_{OC}), →zkratový proud (I_{SC}), →napětí v P_m (U_m), → proud v P_m (I_m); viz →křivka I-U
elektrický odpor			→odpor
elektroměr	wattmeter		dva elektroměry se používají v →grid-on FV systémech
elektrospotřebič	electrical appliance		zařízení napájené a poháněné elektrickým proudem; pro potřeby fotovoltaiky je dělíme na: - stejnosměrné spotřebiče: obvykle na napětí 12 V, příp. 24 V - střídavé spotřebiče: obvykle na napětí 230 V, příp. 380 V Při výběru vhodného spotřebiče do FVS mají přednost

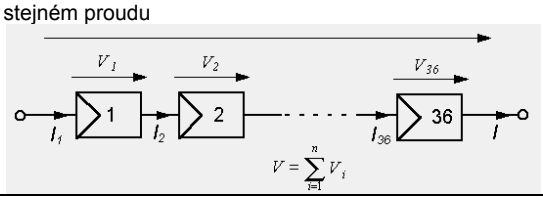
česky	anglicky	německy	význam
			→úsporné elektrospotřebiče a v případě střídavých spotřebičů v →grid-off FV systémech spotřebiče s nízkým startovacím proudem (např. se nedoporučují běžné kompresory včetně kompresorových lednic a asynchronní motory).
equalizace	equalisation		proces, který prodlužuje životnost →olověných akumulátorů a regeneruje jejich →kapacitu; doporučuje se jednou za asi 30 dnů nebo po příliš hlubokém vybití; jde o promíchání elektrolytu krátkodobým zvýšením →dobíjecího napětí na asi 14,8 V
EVA	EVA	EVA	zkr. etylén-vinyl-acetát, fólie k výrobě solárních panelů (pro →pouzdření)
F			
FF	FF	FF	→fill factor
fill faktor	fill factor	Füllfaktor	zkr. FF, „faktor zaplnění“, v procentech, je mírou elektrické jakosti solárních článků nebo panelů; čím je hodnota vyšší, tím lépe; charakteristické jsou hodnoty 60-80% (u krystalických křemíkových článků 70-80%); $= P_m / (U_{OC} \times I_{SC})$ (viz. →křivka I-U)
fingers	fingers	Grids	→metalizace
fotoefekt	photo-effect	Photoeffekt	o fotoefektu se hovoří v souvislosti s uvolňováním světla z povrchu; nezaměňovat s fotovoltaickým principem
fototermika	phototermics	Solarthermie	využití sluneční energie k přímé výrobě tepla; zařízení pro výrobu teplé vody se nazývá →solární kolektor nebo absorbér
fotovoltaické zařízení		Photovoltaikanlage	obsahuje jeden nebo více solárních panelů; je-li jich více, jsou zapojeny →paralelně nebo →sériově; je nezbytnou součástí →fotovoltaického systému
fotovoltaický článek	photovoltaic cell	Fotovoltaikzelle	zkr. SČ, angl. SC; vyrábí se z křemíkových desek a slouží k výrobě solárních panelů; také nazývám →solární článek
fotovoltaický princip	photovoltaic principle	photovoltaisches Princip	popisuje vznik elektrického napětí v polovodiči v důsledku ozáření světlem (fotony); objevil jej fyzik Alexandre-Edmond Becquerel v roce 1839
fotovoltaický systém	photovoltaic system		zkr. FVS; vždy obsahuje →solární panel(-y); dále může podle účelu obsahovat →solární regulátor, →akumulátor nebo →měnič
fotovoltaika	photovoltaics	Photovoltaik	technika umožňující výrobu elektřiny přímo ze slunečního záření, a to prostřednictvím →solárních článků a pomocí →fotovoltaického efektu
FV	PV	PV	zkr. fotovoltaický (článek, panel, systém)
FVS	PVS	PVS	zkr. →fotovoltaický systém, →solární systém
FV systém	PV system	PVS	zkr. →fotovoltaický systém, →solární systém
G			
G	G	G	zkr. Global angl. →celkové záření
GaAs	GaAs	GaAs	chem. zkr. →galium arzenid
galium arzenid	Gallium Arsenid	Gallium Arsenid	zkr. GaAs; solární články vyrobené z GaAs mají vysokou účinnost (až k 22%); jsou relativně drahé a používají se ke speciálním účelům, zejména v kosmu
Global	Global	Global	→celkové záření
grid-off	grid-off	grid-off	FV systém nepřipojený k veřejné elektrické síti (viz také →grid-on); viz také →izolovaný systém, →domácí solární systém
grid-on	grid-on, grid-connected	grid-on	FV systém připojený přes →síťový měnič a elektroměry k veřejné elektrické síti (viz také →grid-off); nepotřebuje žádné skladování vyrobené elektřiny (viz také →akumulátory) 
H			
hluboké vybití			akumulátoru může vést ke zkrácení doby jeho života; u olověných akumulátorů pod hodnotou cca. 11 V (při 25°C)
horké místo	hot spot	Hot Spot	vzniká při zastínění jednoho článku v sériové řadě v solárním panelu; zastíněním vzroste elektrický odpor, článek se zahřívá a může dojít k poškození; jako prevence se používá →bypass dioda

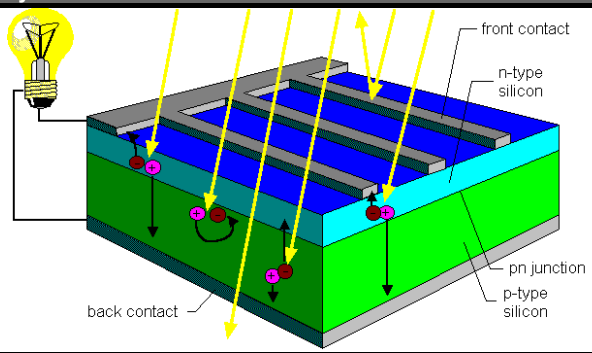
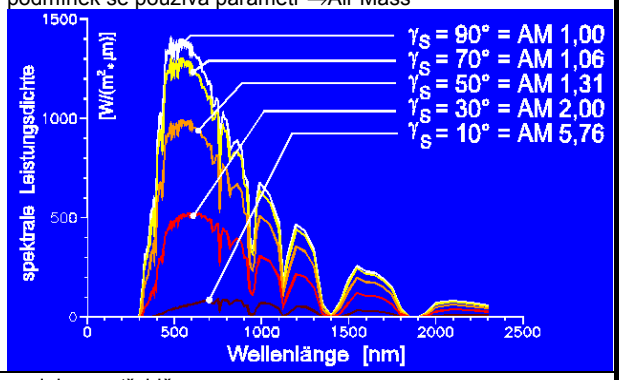
česky	anglicky	německy	význam
hranice zrn	corn boundaries	Korngrenzen	okraje mezi jednotlivými monokrystaly u →multikrystalického křemíku; působí jako překážky pro transport elektrického náboje, proto je účinnost solárních článků a panelů z multikrystalického křemíku zpravidla nižší než v případě použití →monokrystalického křemíku (o cca. 1-3%)
hybridní systém	hybrid system		systém kombinující více zdrojů energie, např. →FVS a malou větrnou elektrárnu nebo FVS a dieselový zdroj elektřiny; s výhodou se používají systémy, které se vzájemně doplňují; hybridní systém obsahující FVS a dieselový zdroj elektřiny, nebo →kogenerační zdroj, je doporučovanou variantou pro celoroční provoz středního grif-off systému (0,5-5 kW_p); viz také →bivalentní systém
I			
I	I	I	zkr. pro elektrický proud; jednotka ampér (zkr. A)
I-U křivka	A-V curve	I-U-Kennline	charakterizuje opticko-elektrické vlastnosti solárního článku nebo panelu; →křivka I-U
indium-cín-oxid	Indium-Tin-Oxide	Indium-Zinn-Oxid	zkr. ITO; průhledný polovodič s vyšší elektrickou vodivostí
ingot	ingot	Ingot	blok z →polykrystalického, →monokrystalického nebo →multikrystalického křemíku
integrovaná fotovoltaika	integrated PV		většinou speciální solární panely vložené do vnější části stavební konstrukce (fasády nebo střešní krytina) a více či méně citlivě sladěné s okolními stavebními prvky
intenzita světla resp. záření	irradiation	Intensität	v W/m^2; v našich zeměpisných šířkách dosahuje maximálních hodnot kolem 1000 W/m^2 
interconnecting	interconnecting	Serienverschaltung	→stringing
I_m	I_m	I_m	proud odpovídající →bodu maximálního výkonu solárního článku nebo panelu; v jednotkách →A nebo →mA; typická hodnota pro článek a →standardní panel je 3,0 A (pro články velikosti 100 x 100 mm)
I_{mpp}	I_{mpp}	I_{mpp}	→I_m
I_{SC}	I_{SC}	I_{SC}	→zkratový proud
ITO	ITO	ITO	zkr. pro → indium-cín-oxid
izolovaný systém	stand-alone system	Inselsystem	FV systém nepřipojený k veřejné elektrické síti (viz také →grid-on), např. na kopcích, horských chatách, polích, pro venkovské objekty; viz také →domácí solární systém 
K			
kadmium telurid	Cadmium-Telluride	Cadmium-Tellurid	fotovoltaický polovodič typu II-VI s šířkou zakázaného pásma 1,45 eV a vysokou absorpční schopností; vyrábí se tenkovrstvou technologií
kapacita akumulátoru	capacity		v ampérhodinách (zkr. Ah); určuje se podle požadované doby zálohování (obvykle 3 dny, ale pro vysoce spolehlivé aplikace až 30 dnů) z ampérhodin průměrně spotřebovaných denně
kogenerační zdroj			vyrábí současně elektřinu a využitelné teplo; dokonalejší zdroj než samotné elektrocentrály; poháněn benzínem, naftou, propanem nebo extralehkým topným olejem; od malých jednotek cca. 10 kW až po jednotky ve stovkách kW

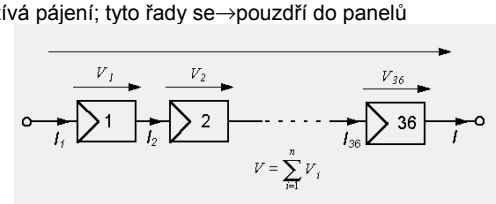
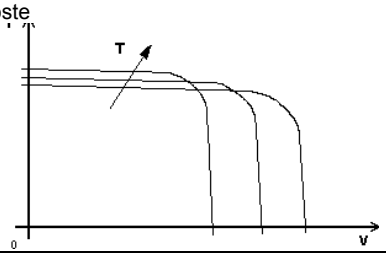
česky	anglicky	německy	význam
kolektor	collector	kollektor	→solární kolektor
kompenzace			→teplotní kompenzace
koncentrátor	concentrator	Konzentrator	zařízení, které koncentruje sluneční záření na solární články; obsahuje zrcadla nebo čočky
krystalický křemík	crystalline silicon		fotovoltaický polovodič vyrobený ze →solárního křemíku, monokrystalický nebo multikrystalický; zpracovává se do podoby tenkých →křemíkových desek (obvykle 200 až 400 mm), z nichž se vyrábí →solární články
křemíková deska	silicon wafer		vyrábí se z krystalického křemíku řezáním (→drátořez, →diamantová pila) a slouží k výrobě →solárních článků; má tvar →pseudočtverce nebo →čtverce, případně obdélníku; tloušťka je od 0,2 do 0,4 mm, typicky 0,35 mm
kvalifikace	qualification	Qualifizierung	→certifikace
křivka I-U	A-V curve	I-U-Kennline	vystihuje opticko-elektrické chování solárního článku nebo panelu; závisí na →intenzitě záření a na →teplotě 
kWh	kWh	kWh	zkr. kilowatthodina, jednotka elektrické práce; používá se při výpočtu FV systému jako násobek (průměrného) výkonu a hodin práce; 1 kWh = 1000 Wh
kW_p	kW_p	kW_p	zkr. kilowattpeak (čti kilowatpík), jednotka →výkonu →solárního panelu nebo →článku; 1 kW_p = 1000 W_p
L			
laminace	laminating	Laminierung	metoda →pouzdření →solárních panelů, při které se používá laminátor
laminát	laminate	Laminat	jiný název pro →solární panel vyrobený →laminací; jde především o panely určené pro aplikaci na obklady budov a ve střešní krytině
M			
mA	mAmp	mA	zkr. pro →miliampér
maximální výkon	maximum power, maximum output		→výkon maximální
měď-indium-diselenid	Copper Indium Diselenide	Kupfer-Indium-Diselenid	fotovoltaický polovodič, který se vyrábí →tenkovrstvou technologií; šířka zakázaného pásma je 1,0 eV; články mohou dosahovat →účinnosti až 15,4%
měď-indium-galium diselenid	Copper Indium Gallium Diselenide	Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid	fotovoltaický polovodič, který se vyrábí →tenkovrstvou technologií; šířka zakázaného pásma kolísá mezi 1,0 a 2,7 eV; články mohou dosahovat →účinnosti až 17,7%
měnič	inverter	Wechselrichter	součást →fotovoltaického systému, když je potřeba: 1/ připojit elektrospotřebiče na 220 V~ v →izolovaném systému nebo 2/ připojit solární panely na elektrickou síť (→grid-on); pak se nazývá →síťový měnič
metalizace	metallisation, grid	Grids und Metallbänder	struktura vodičů na přední straně křemíkových solárních článků; skládá se z tenkých prstů (fingers) s typickou šířkou 0,1 mm, které proud odvádějí do tzv. busbarů (čti basbar) s typickou šířkou 2 mm; busbary slouží k sériovému propojování článků (→tabbing)
miliampér	miliAmpere	Miliampere	jednotka elektrického proudu, zkr. mA, 1/1000 ampéru
milivolt	milivolt	milivolt	jednotka elektrického napětí, zkr. mV, 1/1000 voltu
modul	module, panel	Paneel	→solární panel
monokrystal	single crystal, monocrystal	Einkristall	má zcela pravidelně uspořádané atomy
monokrystalický křemík	monocrystalline silicon	monokristallines Silizium	je složen pouze z jednoho krystalu; je zpravidla vyráběn metodou Czochralského (zkr. CZ), tj. tažením z taveniny polykrystalického →solárního křemíku do formy →ingotu; typický průměr ingotu je 138 nebo 154 mm a délka 20-30 cm; solární články mohou dosahovat účinnosti až 24%, hodnoty článků z hromadné výroby jsou 13-17%; nejpoužívanější materiál pro výrobu solárních článků; články z mono křemíku zaručují dlouhodobou stabilitu →elektrických parametrů (viz

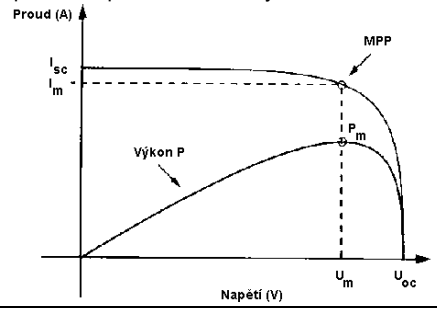
česky	anglicky	německy	význam
			také →stárnutí)
mpp, MPP	mpp, MPP	mpp, MPP	zkr. maximum power point (angl.) = →bod maximálního výkonu
MPP-tracking	MPP-tracking	MPP-tracking	→sledování bodu maximálního výkonu
multikrystalický křemík	multicrystalline silicon	multikrystallines Silizium	je složen z mnoha zrn →monokrystalického křemíku o velikosti jednotek milimetrů až jednotek centimetrů; je vyráběn ze →solárního křemíku metodou lití (angl. casting); průřez vyrobeného bloku je zpravidla 30 x 30 cm; bloky se řežou na →křemíkové desky; účinnost solárních článků a panelů z multikrystalického křemíku zpravidla nižší než v případě použití →monokrystalického křemíku (viz také →hranice zrn); solární články z hromadné výroby mají účinnosti 11-15%; druhý nejpoužívanější materiál pro výrobu solárních článků s trendem k převládnutí vzhledem k méně nákladné výrobě; články z multikrystalického křemíku mají horší dlouhodobou stabilitu →elektrických parametrů (viz také →stárnutí); někdy se užívá název polykrystalický křemík, který ale není vhodný z důvodu možné záměny s křemíkem pro výrobu monokrystalického a multikrystalického křemíku
mV	mVolt	mV	zkr. pro →milivolt
MWh	MWh	MWh	zkr. pro →megawatthodiny; 1 MWh = 1000 kWh
MW_p	MW_p	MW_p	zkr. pro →megawattpeak (čti megewatpík); 1 MW_p = 1000 kW_p
N			
nabíjení			akumulátoru při jeho formování, tzn. při uvádění do provozu
nákupní cena elektřiny		Einspeisevergütung	mezi výrobcem elektřiny a rozvodnými závody
napětí v mpp	voltage at P_{mpp}		→napětí v P_m
napětí v P_m	voltage at P_m		zkr. →U_m, v jednotkách →V nebo →mV, napětí odpovídající →bodu maximálního výkonu solárního článku nebo panelu; někdy nazýváno maximální napětí
napětí na prázdno	open-circuit voltage	Leerspannung, offene Klemmenspannung	→U_{OC}
návratnost			doba, za kterou vyrobený proud zaplatí investiční náklady + provozní náklady; návratnost závisí na →nákupní ceně elektřiny
návratnost vložené energie		Energierücklaufzeit	doba, kterou fotovoltaické zařízení potřebuje k vyrobení elektřiny, jejíž cena odpovídá nákladům na jeho vyrobení
NiCd akumulátor			alkalický →nikl-kadmiový akumulátor
NiFe akumulátor			alkalický →nikl-železný akumulátor
nikl-kadmiový akumulátor			zkr. NiCd akumulátor; dobíjecí napětí 15 V (pro →nominálně 12 V akumulátor); jsou velmi odolné proti →přebíjení i proti →hlubokému vybití, jsou ale dražší než →olověné akumulátory
nikl-železný akumulátor			zkr. NiFe akumulátor; dobíjecí napětí 16,5 V (pro →nominálně 12 V akumulátor); jsou velmi odolné proti →přebíjení i proti →hlubokému vybití
nominální hodnota	nominal value		parametr, který rámcově charakterizuje zařízení, ale skutečné hodnoty mohou být jiné; např. (nominálně) 12 V →olověný akumulátor má svorkové napětí mezi 10,5 a 12,8 V (těsně po odpojení dobíjení až 14,1 V) při 25°C; (nominálně) 12 V →solární panel má za pěkného počasí napětí 17-18 V
O			
odpor	resistance	Widerstand	teče-li proud přes odpor, mění se elektrická energie v teplo a tím dochází ke ztrátám
odrazivost	reflectivity		míra schopnosti odrážet dopadající záření
off-grid	off-grid		→grid-off FV systém
ohmická ztráta		ohmische Verluste	→odpor
olověný akumulátor	lead battery		pro FVS jsou nejvhodnější tzv. →solární akumulátory; → dobíjecí napětí je 14,1 mV při 25°C; →teplotní kompenzace – 25 mV (oba údaje jsou pro →nominálně 12 V akumulátor); pokud nechceme zkrátit těmto akumulátorům život, je nutné použít →solární regulátor; ten je v případě umístění v místnosti se změnami teplot většími než 10°C vybaven →teplotní kompenzací dobíjecího napětí; viz také →equalizace
omezené osvětlení / záření	limited light / irradiance		období, kdy →solární zařízení nedodává napětí potřebné k →dobíjení akumulátoru nebo k napájení →sítě

česky	anglicky	německy	význam
on-grid	on-grid		→grid-on FV systém
orientace	orientation		→FV zařízení má být umístěno vhodným způsobem, aby →výtěžek elektřiny byl co největší; při fixním upevnění je ideální orientace aktivní strany směrem k jihu a →úhel sklonu zvolený podle sezónnosti provozu; viz také →sledovač slunce
P			
panel	module, panel	Paneel	→solární panel
paralelní odpor	parallel resistance	Parallelwiderstand	leží paralelně k (ideálnímu) solárnímu článku a snižuje jeho →účinnost; příklad může být zkrat přes hranu článku
paralelní propojování	parallel interconnection		solárních článků nebo panelů; dosáhneme tak vyššího proudu při stejném napětí 
plynování			akumulátoru = rozklad elektrolytu za uvolňování kyslíku a vodíku; snižuje hladinu elektrolytu a může vést ke zkrácení doby života
P_m, P_{mpp}	P_m, P_{mpp}	P_m, P_{mpp}	zkr. →výkonu za →standardních testovacích podmínek
PN-přechod		pn-Übergängen	se využívá v solárních článcích a polovodičových součástkách
polykrystalický křemík	polycrystalline silicon		materiál pro výrobu →monokrystalického křemíku
pomocné zařízení FVS	PVS accessory		→ příslušenství
pouzdření	encapsulation	Verkapselung, Kapselung	uzavření solárních článků do formy solárních panelů tak, aby dlouhodobě odolávaly vnějšímu prostředí; příklady technik pouzdření: - laminace: např. - z přední strany vysocepropustné tvrzené →sklo / →EVA / tedlar - z přední strany vysocepropustné tvrzené →sklo / →EVA / tvrzené sklo - z přední strany vysocepropustné tvrzené →sklo / pryskyřice / tvrzené sklo - z přední teflon / EVA / →sklo - z přední strany tvrzené →sklo / obyčejné sklo
povrchová struktura	texturing	Oberflächen-struturierung	→přední strana článků je upravena chemicky nebo mechanicky tak, aby v kombinaci s →antireflexní vrstvou co nejúčinněji pohlcovala dopadající →záření; technologie pro výrobu této struktury se nazývá texturování; jiný název je textura
proud v mpp	current at P_{mpp}		→proud v P_m
proud v P_m	current at P_m		zkr. →I_m, v jednotkách →A nebo →mA, proud odpovídající →bodu maximálního výkonu solárního článku nebo panelu; typická hodnota pro článek a →standardní panel je 3,0 A (pro články velikosti 100 x 100 mm); někdy nazýváno maximální proud
proud nakrátko	short-circuit current	Kurzschloßstrom	zkr. →I_{SC}, →zkratový proud
prsty	fingers	Grids	→metalizace
přebíjení	overcharging		nabíjení nebo dobíjení →akumulátoru příliš vysokým napětím (nad →dobíjecím napětím) nebo po nabití na plnou kapacitu; projevuje se tzv. →plynováním
přední strana	front side		článku, panelu = strana přivrácená ke zdroji světla; také →aktivní strana
přímé záření	direct irradiation	direkte Strahlung	sluneční záření, které dopadá na zemi a prochází atmosférou přímou cestou; u křemíkových solárních článků je účinnější než →difúzní (rozptýlené) záření
připojení k síti	grid connection, mains connection	Netzkopplung	propojení FV zařízení přes →síťový měnič na veřejnou síť z důvodu plné nebo částečné dodávky (prodeje) fotovoltaicky vyrobené elektřiny; není pak třeba tuto elektřinu ukládat; viz také →akumulátor, →grid-on
příslušenství	accessories		FVS = pomocná zařízení FVS, tj. →solární regulátor, →akumulátor(-y), →měnič
pseudočtverec	pseudo-square		charakteristický tvar solárních článků z →monokrystalického

česky	anglicky	německy	význam
			křemíku – čtverec se zaoblenými rohy (obvykle přibližně 100 x 100 / 135 mm, nebo 125 x 125 / 150 mm); údaj za lomítkem znamená rozměr v úhlopříčce (diagonále)
R			
řada	array		→solární řada
regulátor	controller, regulator	Regler	→solární regulátor
rozptýlené záření			→difúzní záření
S			
SČ	SC		zkr. →solární článek
scrap	scrap	scrap	odpadní křemík z výroby polovodičového křemíku (konce monokrystalů a skrojky faset) a solárního křemíku (konce krystalů, zbytky po →skvérování)
serio-paralelní propojení			kombinace →sériového a →paralelního propojení; dosahujeme tak zvýšení pracovního napětí a proudu
sériové propojování	serial interconnection		solárních článků nebo panelů; dosáhneme tak vyššího napětí při stejném proudu 
síť	mains, grid		veřejná rozvodná síť elektřiny nízkého napětí (NN)
síťový měnič	grid-connected inverter		součást →fotovoltaického systému, když jsou solární panely připojeny na elektrickou síť (→grid-on)
sklo	glass	Glas	se používá k →pouzdření některých typů →solárních panelů; nejlepší sklo pro přední stranu je vysocepropustné sklo, které má snížený obsah železa a umožňuje propouštění slunečního záření rovněž z blízké ultrafialové části →spektra; v kombinaci s →EVA-fólií je pak nutno použít při výrobě panelu speciální EVA-fólii, aby nedocházelo ke žloutnutí a hnědnutí panelů spojené se snižováním →výkonu panelu; přední sklo panelů pro venkovní použití má vždy být tvrzené, aby nedošlo k rozbití kroupami a úlomky větví
skvérování	squaring		ořezávání →monokrystalu do tvaru průřezu shodného s tvarem křemíkových desek z →monokrystalického křemíku, obvykle tzv. →pseudočtverec, případně →čtverec nebo obdélník
sklon	tilt	Neigung	solárního panelu – viz →úhel sklonu
sledovač slunce	solar tracker	Nachführung	zařízení automaticky sledující polohu slunce podobně jako květ slunečnice; natáčí panely na něm upevněné buď kolem jedné, popř. dvou os tak, aby byly stále co nejkolměji otočeny ke slunci; →výtěžnost FVS je vyšší, a to zejména v letním období
sledování bodu maximálního výkonu	MPP-tracking	MPP-tracking	jedna z funkcí →solárních regulátorů nebo →síťových měničů, případně kombinovaných regulátorů/měničů pro →grid-off systémy na 220 V; viz také →bod maximálního výkonu; někdy jde o skutečné sledování, někdy však pouze o přiblížení tomuto bodu pevným nastavením procentuální hodnoty z →napětí naprázdno (např. 67%)
sluneční …	solar	solar	solární …
sluneční energie	solar energy	Solarenergie	v užším smyslu energie, která na Zemi přichází formou fotonů
sluneční hodiny / čas		Sonnenstunden im … (Jahr…)	počet hodin za rok, v kterých dopadá sluneční záření na zem, bez zatažených dní; → dávka slunečního světla
sluneční simulátor	solar simulator	Sonnensimulator	zařízení umí vyrobit sluneční →spektrum s pomocí speciálních lamp; pro naše zeměpisné šířky se má užívat →AM 1,5-spektrum; zařízení se používá k měření, třídění a kontrole solárních článků a panelů
sluneční světlo	solar light	Solarlicht	→světlo
sluneční záření	solar irradiance		část →sluneční energie, která ze Slunce přichází formou záření, tzn. toku fotonů
solární akumulátor	solar battery		speciání →olověný →akumulátor pro solární systémy
solární článek	solar cell	Solarzelle	velkoplošná fotodioda (→dioda), u níž vzniká absorpcí světla elektrická energie; vyrábí se z křemíkových desek nebo některou z →tenkovrstvých technologií; slouží k výrobě solárních panelů; také nazývám fotovoltaický článek; typické rozměry 100x100 a 125x125 mm s pravoúhlými nebo zakulacenými rohy

česky	anglicky	německy	význam
			
solární kolektor	solar collector	Solarkollektor	solární panel konstruovaný a určený pro výrobu teplé vody, nikoli elektřiny
solární křemík	solar silicon	Solarsilicium	křemík s chemickým složením vhodným pro výrobu krystalických solárních článků; zdrojem je zpravidla odpad z výroby křemíku pro polovodiče i samotného solárního křemíku, tzv. →scrap
solární panel	solar module, solar panel	Solarpanel	elektrické zařízení generující ze slunečního záření stejnosměrnou elektřinu (jsou součástí FV systémů); je určeno pro dlouhodobé používání buď ve venkovním prostředí (některé snášejí extrémní teploty, přímořskou atmosféru) nebo ve vnitřním prostředí; obsahují sériově příp. sérioparalelně propojené →solární články, aby se dosáhlo žádoucích elektrických parametrů (např. u →standardních panelů je to napětí potřebné k →dobíjení 12 V →akumulátorů); jsou vyráběny různými technikami →pouzdření
solární regulátor	controller, regulator	Solarregler	součást →fotovoltaického systému, když je potřeba automaticky chránit →akumulátor(-y) před přebíjením popř. před příliš hlubokým vybíjením (něm. Tiefenentladung, angl. LVD = low voltage disconnect); tím se prodlužuje životnost akumulátorů; je zapojen mezi FV zařízení a akumulátor; pokročilé typy mají →equalizaci a →sledování bodu maximálního výkonu; →dobíjecí napětí se volí podle typu →akumulátoru
solární řada	solar array		řada solárních panelů zapojených v série pro dosažení určitého vyššího stejnosměrného napětí (48 až 300 V), aby se omezily ohmické ztráty; používá se obvykle v →grid-on systémech nebo v lokálních elektrárnách (→grid-off), kde se kombinují s vhodným →měničem
solární systém	solar system		→fotovoltaický systém
SP	SM		zkr. →solární panel
spektrum záření	spectrum		průchodem atmosférou se mění složení spektra slunečního záření v závislosti na procházené vzdálenosti a náhodných změnách (zejména oblačnosti), a to v průběhu dne a se změnou ročních období; z důvodu standardizace testovacích podmínek se používá parametr →Air Mass 
spotřebič			→elekrospotřebič
standardní panel	standard module		→solární panel vyrobený se standardním počtem článků v sérii, tj. 36 příp. 32 (někdy, pro horké oblasti, 40); typická plocha panelu s 36 články 100 x 100 mm je 0,43 m^2, typický →výkon 53 W_p, typický výkon na plochu 120 W_p/m^2
standardní testovací podmínky	standard test conditions	Standard Test Bedingungen	→spektrum záření →AM 1,5 →G, →intenzita záření 1000 W/m^2, teplota 25°C
stárnutí	ageing	Alterung	snížení výkonu solárních článků a panelů v důsledku osvětlení;

česky	anglicky	německy	význam
			jev se zpravidla týká →amorfních článků; laboratorními pokusy bylo zjištěno, že ke stabilizaci amorfních článků dojde za asi 1000 hodin oslunění
STC	STC	STC	zkr. →standardní technické podmínky
stejnosměrný proud	direct current	Gleichstrom	tok proudu je bez pravidelných změn, zdrojem jsou chemické články (baterie) nebo →fotovoltaická zařízení
stringing	stringing	Serienverschaltung	spojení solárních článků s pásky (tabbed cells) do řad, aby se dosáhlo určitého pracovního napětí (u standardních panelů obvykle 32 až 36 článků v sérii); k propojování se obvykle používá pájení; tyto řady se→pouzdří do panelů 
strukturování	structuring		technologický krok vytvářející na →přední straně článku strukturu nejčastěji se podobající pyramidám a zvyšující →účinnost článků
stř.	AC	AC	zkr. pro →střídavý proud
střídavý proud	alternate current	Wechselstrom	→stř., →AC
světlo	light	Licht	viditelná část →spektra →slunečního záření s vlnovou délkou 300 až 800 nm (čti nanometrů; 1 nm je miliontina metru)
T			
tabbing	tabbing		připájení vývodů na →busbary solárních článků, které slouží k propojení do sériových řad (→stringing, →interconnecting); většinou pocínovanými měděnými pásky
tažení	pulling	Verfahren	křemíku se používá pro výrobu →monokrystalu
tenkovrstvý solární článek	thin-film-solar cell	Dünnschichtsolar-zelle	tenké solární články, vyráběné →tenkovrstvou technologií
tenkovrstvá technologie	thin-film technology	Dünnschichttechnik	výrobní technologie pro tenkovrstvé solární články, pro jejichž výrobu se nepoužívají →křemíkové desky; jako podklad se používá levnější nosič (sklo, kovová fólie, plastová fólie, keramika); předností je úspora materiálů i energie a možnost výroby velkoplošných solárních článků; nevýhodou je nižší →účinnost a u většiny typů →stárnutí; do výrobní fáze už byly zavedeny techniky: →a-Si:H, →CdTe, →CIS, →GaAs
teplota	temperature	Temperatur	→výkon článků a panelů s rostoucí teplotou klesá, rovněž tak →napětí na prázdno; naopak →zkratový proud se zvyšující se teplotou roste 
teplota pracovní a skladovací	operating and storage temperature		zpravidla: pro solární panely –35 až 85°C, pro akumulátory max. 40 až 45°C
teplotní koeficient	temperature coefficient	Temperatur-koeffizient	parametr, který charakterizuje závislost parametru na teplotě; typické hodnoty ve %/°C: U_{OC} = –0,34, I_{SC} = 0,09, U_m = -0,45, I_m = 0, P_m = -0,45
teplotní kompenzace			dobíjecího napětí = funkce →solárních regulátorů, která dorovnává hodnotu →dobíjecího napětí podle teploty; pokud není, akumulátor se při odchylce teploty od nominální (obvykle 25°C) může přebíjet (můžeme zkrátit jeho dobu života) nebo nedobíjet (nevyužijeme jeho kapacitu)
textura	texture	Textur	→povrchová struktura
U			
účinnost; konverzní účinnost	efficiency, EFF	Effizienz, Wirkungsgrad	účinnost přeměny slunečního světla na elektřinu = poměr mezi získaným elektrickým výkonem (→výkon) a výkonem dopadajícího světla; v procentech; při výpočtech a porovnávání mezi výrobky je nutné rozlišovat, k jaké ploše se účinnost vztahuje, zda celá plocha solárního panelu, nebo plocha vestavěných solárních článků, nebo jen aktivní plocha

česky	anglicky	německy	význam
			vestavěných solárních článků
úhel dopadu	angle of incidence		úhel mezi směrem dopadajícího paprsku a kolmicí v místě dopadu
úhel sklonu	tilt angle	Neigungswinkel	úhel mezi rovinou solárního panelu a vodorovnou polohou; volí se podle stupně zeměpisné šířky místa FV aplikace a podle sezónnosti provozu; optimum pro celoroční provoz ve střední Evropě je 65-68°, pro provoz jaro – podzim 30-40° a pro letní provoz 15-30°; jiné polohy jsou možné, včetně svislé, ovšem na úkor →výkonu a →výtěžku FV systému; viz také →sledovač slunce, →orientace
U_m	U_m	U_m	napětí odpovídající →bodu maximálního výkonu solárního článku nebo panelu; v jednotkách →V nebo →mV; typická hodnota pro článek je 0,50 V, pro panel s 36 články 18,0 V
U_{mpp}	U_{mpp}	U_{mpp}	→U_m
U_{OC}	U_{OC}	U_{OC}	→napětí na prázdno; měří se na svorkách solárního článku nebo panelu, na kterém není připojena žádná zátěž; v jednotkách →V nebo →mV; typická hodnota pro článek je 0,60 V, pro panel s 36 články 21,6 V
úsporný elektrospotřebič	saving electrical appliance		spotřebič s nízkou spotřebou elektřiny (např. luminiscenční zářivky oproti žárovkám)
V			
V	Volts	V	zkr. jednotky napětí, volt
valenční pás		Valenzband	polovodiče
vlnová délka	wave length	Wellenlänge	charakterizuje energii světla; u viditelného světla je mezi 0,3 a 0,8 µm (čti mikrometr; 1 µm je tisícina milimetru)
V_m	V_m	V_m	→U_m
V_{mpp}	V_{mpp}	V_{mpp}	→U_m
V_{OC}	V_{OC}	V_{OC}	→U_{OC}
vodivostní pás		Leitungsband	polovodiče
Volt	Volts	Volt	jednotka napětí
výkon	power, output	Leistung	zkr. P; v jednotkách →W; závisí na →intenzitě a →spektru záření, teplotě a napětí; viz také →výkon maximální 
výkon maximální	maximum power, maximum output		zkr. P_m; v jednotkách →W_p (někdy se udává zkráceně ve →W), je součinem U_m x I_m, je to maximální elektrický výkon v daném prostředí (viz také →výkon); velikost závisí na →intenzitě osvětlení, →spektru dopadajícího záření a na teplotě; hodnota je obvykle vztažena k tzv. →standardním testovacím podmínkám; typická hodnota pro článek je 1,5 W_p, pro panel s 36 články 53 W_p a se 100 články 106 W_p (platí pro články velikosti 100 x 100 mm)
výkonový poměr	performance ratio	Performance Ratio	hodnotící kritérium →FV zařízení, nezávislé na →orientaci FV zařízení, jeho →sklonu a na →celkovém záření; poměr mezi skutečným →výtěžkem FV zařízení a teoretickým výtěžkem
výtěžek FVS		Ertrag, Jahresgang	množství →kWh získaných →fotovoltaickým systémem za časovou jednotku
výtěžnost FVS	yield of PV system	Sonnenäquivalent-stunden	podíl ročního →výtěžku (v →kWh) maximálním možným →výkonem (kW_p); v jednotkách kWh/kW_p; typické hodnoty pro středoevropské podmínky jsou 700-850 kWh/kW_p; důležitý parametr pro navrhování →grid-on systémů
W			
W	W	W	zkr. Watt; jednotka výkonu
Watt-Peak	Watt-Peak	Watt-Peak	→W_p
W_p	W_p	W_p	zkr. Watt-Peak (čti watpík); jednotka výkonu solárního článku nebo panelu v →mpp
W/m^2	W/m^2	W/m^2	zkr. jednotky →intenzity světla nebo záření watt na metr

česky	anglicky	německy	význam
			čtverečný
Z			
záření	irradiance		→sluneční záření
zátěž	load		→elektrospotřebič
zkrat	shunt	Shunt-Widerstand	→paralelní odpor solárního článku
zkratový proud	short current	Kurzschlußstrom	v jednotkách →A nebo →mA, proud změřený na solárním článku nebo panelu, na kterém není připojen žádný elektrospotřebič; typická hodnota pro článek a →standardní panel je 3,2 A (pro články velikosti 100 x 100 mm)
zakázané pásmo		Bandlücke	polovodiče; popisuje energetickou vzdálenost mezi →valenčním pásmem a →vodivostním pásmem polovodiče
zastínění	shading	Abschattung	z důvodu mraků nebo předmětů, např. komíny, stromy nebo antény, to vede ke snížení →výtěžku FVS; částečné zastínění může vést k →horkým místům
zkr.	abb.	Abk.	zkratka