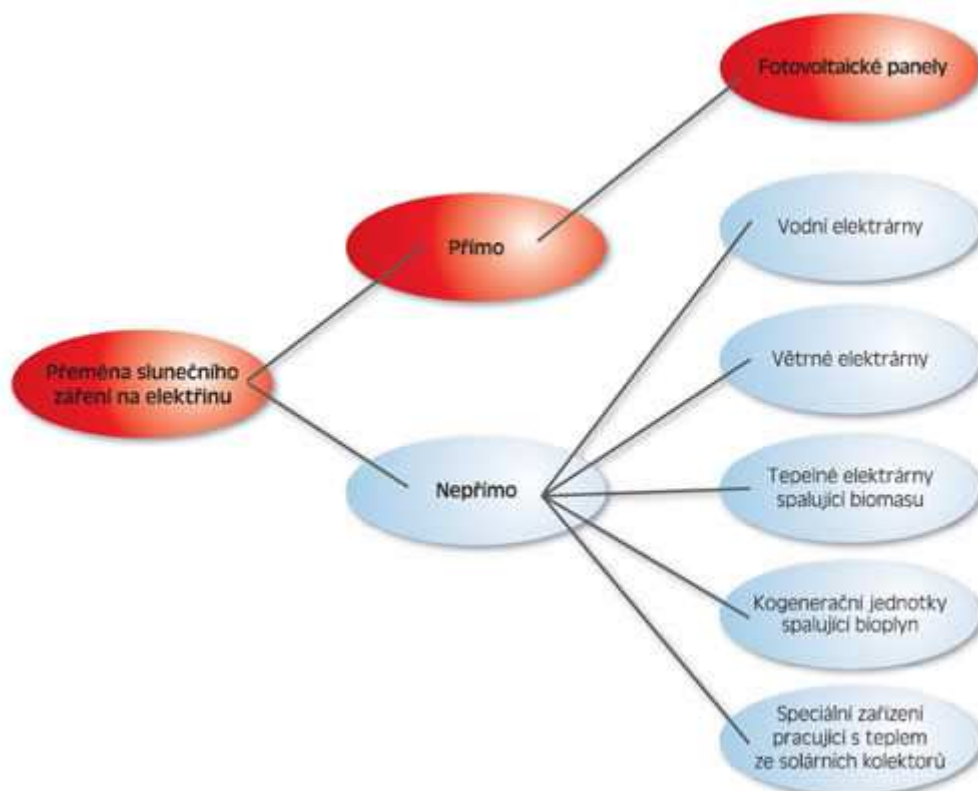


ENERGIE SLUNCE . VÝROBA ELEKTŘINY

Téměř veškerá energie, kterou na Zemi máme, pochází ze Slunce. Na území ČR dopadne za rok asi milionkrát více energie, než je roční spotřeba elektřiny. Sluneční záření lze neefektivněji přeměňovat na teplo, přeměna na elektřinu je dražší. **Přímo** ji lze získávat pomocí fotovoltaických panelů, **nepřímo** pomocí větrných a vodních elektráren, nebo tepelných elektráren spalujících biomasu či bioplyn. Existují i zařízení, kde je teplo spalovacího procesu nahrazeno teplem ze speciálních slunečních kolektorů.

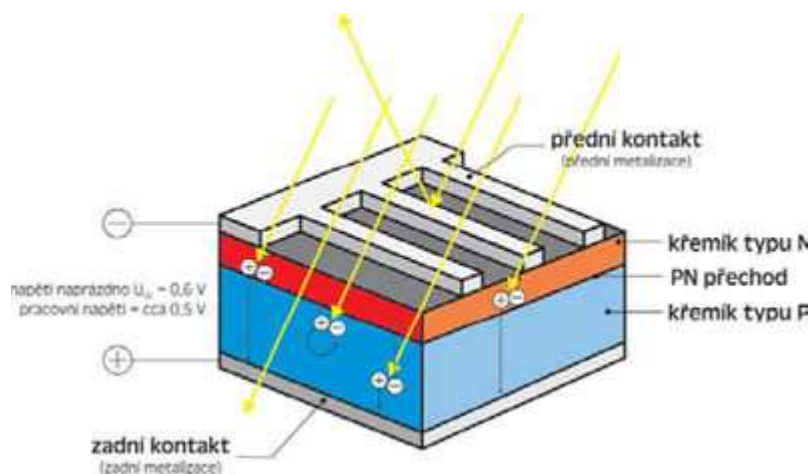


FOTOVOLTAICKÉ PANELE

Fotovoltaická zařízení představují jednoduchý a elegantní způsob, jak sluneční paprsky přeměnit na elektřinu. Pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla - fotony - dopadají na článek svou energií z něho "vyráží" elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádává pohyb elektronů na využitelný stejnosměrný elektrický proud. Se stejnými základními stavebními prvky - solárními články - je možné realizovat aplikace s nepatrným výkonem (napájení kalkulačky) až po elektrárny s výkony v MW.

Solární článek je polovodičový velkoplošný prvek s alespoň jedním PN přechodem (v podstatě jde o polovodičovou diodu). Na rozhraní materiálů P a N vzniká přechodová vrstva P-N, v níž existuje elektrické pole vysoké intenzity. Toto pole pak uvádí do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla. Vzniklý elektrický proud odvádějí z článku elektrody.

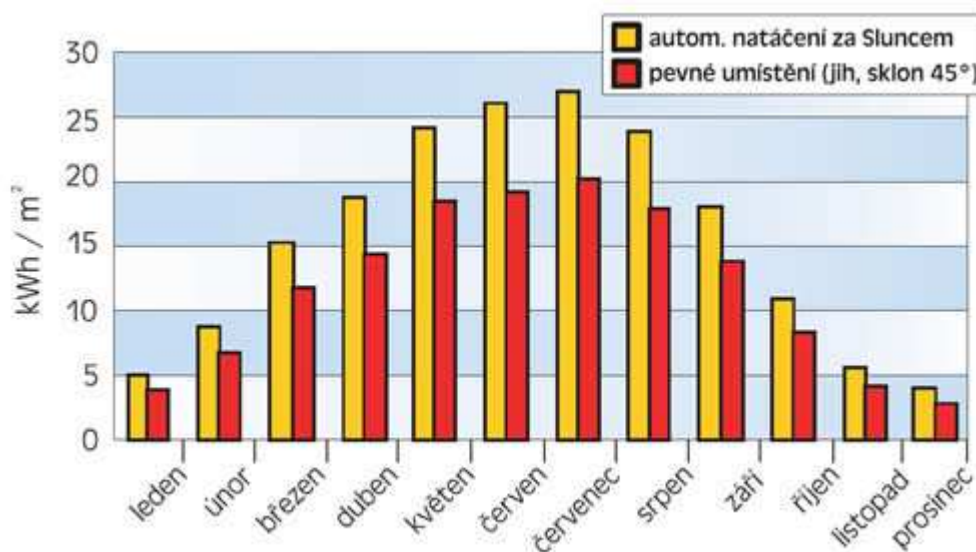
V ozáření solárním článku jsou fotony generovány elektricky nabitě částice (pár elektron - díra). Některé elektrony a díry jsou poté separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi "předním" (-) a "zadním" (+) kontaktem solárního článku. Zátěží (elektrospotřebičem) připojenou mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jež je přímo úměrný ploše solárních článků a intenzitě dopadajícího slunečního záření.



Princip činnosti solárního článku.

V současné době jsou nejrozšířenější solární články vyrobené z krystalického křemíku ve formě monokrystalu (účinnost 14 až 17 %) nebo polykrystalu s účinností 12 až 15 %. Levnější články na bázi amorfního křemíku (účinnost 5 až 9 %) jsou na ústupu. V laboratořích byly již vyvinuty články s účinností až 28 %, nejlepší komerční výrobky mají účinnost 20 %.

Protože výkon článků závisí pochopitelně na okamžitém slunečním záření, udává se jejich výkon jako tzv. špičkový, tedy při dopadajícím záření s intenzitou $1\,000 \text{ W/m}^2$ při definovaném spektru. Článek s účinností 17 % má při ploše 1 m^2 špičkový (peak) výkon 170 W_p .



Odhad produkce fotovoltaického panelu.

Energie vložená do výroby fotovoltaických panelů je těmito panely získána zpět v našich podmínkách během 2 - 4 let, přitom předpokládaná životnost je minimálně 20 let.



Fotovoltaické panely integrované do krytiny různým způsobem.

Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření **fotovoltaický panel**. Články jsou sério-paralelně elektricky spojeny tak, aby bylo dosaženo potřebného napětí a proudu. Panel musí zajistit hermetické zapouzdření solárních článků, musí zajišťovat dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost (např. vůči silnému větru, krupobití, mrazu apod.).

SYSTÉMY PŘIPOJENÉ K SÍTI (GRID.ON)

Fotovoltaický zdroj elektřiny lze použít pro dodávku do distribuční sítě. U nás zatím pracuje jen několik takových experimentálních zařízení. Častěji se toto zapojení využívá v budovách, kdy fotovoltaika napájí přednostně spotřebiče v domě. Není-li v domě odběr, jsou přebytky prodávány do sítě. Tyto systémy se obejdu bez poměrně nákladných akumulátorů; jako nekonečně velký akumulátor jim slouží síť. Naopak vždy potřebují střídač, který přemění stejnosměrný proud z panelů na střídavý, na který jsou spotřebiče v domácnosti konstruovány. Takto zapojené systémy má u nás již téměř 1 000 škol. Byly podpořeny dotací **Státního fondu životního prostředí** a slouží hlavně k výuce; jejich energetický přínos je mizivý, neboť instalovaná plocha je malá (nejčastěji do 2 m², výkon cca 200 W_p).



Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě

Systémy grid-on fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení síťového střídače. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u rozvodných závodů; je nutné dodržet dané technické parametry. Investiční náklady jsou v rozmezí 23 - 35 000 Kč/m², což zhruba představuje 200 - 350 Kč/W_p.

SAMOSTATNÉ (OSTROVNÍ) SYSTÉMY - GRID OFF

Ve středoevropských podmínkách se častěji využívá fotovoltaika v místech, kde není k dispozici elektřina ze sítě. Tedy v případech, kdy jsou náklady na vybudování a provoz přípojky vyšší než náklady na fotovoltaický systém (cca od vzdálenosti k rozvodné síti více než 500 - 1 000 m, vždy nutno potvrdit individuálně). Může to být chata, ale třeba i obytný automobilový přívěs, kde je díky slunečnímu záření komfort elektrického osvětlení, chladničky i dalších spotřebičů. Fotovoltaika také pohání nouzové telefonní budky u dálnic nebo výstražnou dopravní signalizaci. Můžeme narazit i na fotovoltaikou napájené parkovací automaty. Takové zařízení lze kdykoli snadno přemístit, bez nutnosti rozkopávat chodník pro napojení k síti.

U připojených spotřebičů se pak klade důraz na nízkou spotřebu energie - čím menší spotřeba, tím menší a levnější pak je i fotovoltaický systém. Trh nabízí nejrůznější spotřebiče konstruované na stejnosměrný proud, od zářivek, přes chladničky, televize až třeba po vodní čerpadla.

Výkony se pohybují v od 100 W_p do 10 kW_p špičkového výkonu. Investiční náklady na ostrovní systémy jsou v rozmezí 30 - 45 000 Kč/m², což zhruba představuje 270 - 400 Kč/W_p.

Systémy s přímým napájením se používají tam, kde nevádí, že připojené elektrické zařízení je funkční jenom po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se pouze o propojení solárního modulu a spotřebiče. Příklad aplikace: čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, pohon protislunečních clon nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů - mobilní telefon, svítilna atd.

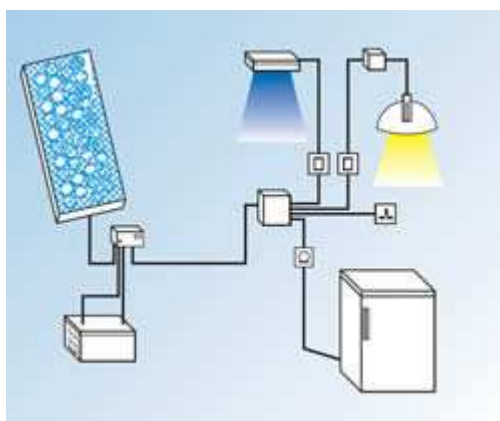


Schéma zapojení ostrovního systému.

Systémy s akumulací elektrické energie se používají tam, kde potřeba elektřiny nastává i v době bez slunečního záření. Z tohoto důvodu mají tyto ostrovní systémy speciální

akumulátorové baterie, konstruované pro pomalé nabíjení i vybíjení; automobilové akumulátory se zde příliš nehodí. Optimální nabíjení a vybíjení akumulátorů je zajištěno regulátorem dobíjení. K ostrovnímu systému lze připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí systému bývá zpravidla 12 nebo 24 V) a běžné síťové spotřebiče 230 V/~50 Hz napájené přes napěťový střídač.

Příklad aplikace: zdroj elektrické energie pro chaty a další objekty, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení nebo monitorovacích přístrojů v terénu, zahradní svítidla, světelné reklamy, camping a jachting.

Hybridní ostrovní systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz a kde je občas používáno zařízení s vysokým příkonem. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou proto je rozšíření systému **doplňkovým zdrojem elektriny**, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem a při provozu zařízení s vysokým příkonem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod.

Příklad aplikace: rozsáhlejší systémy pro napájení budov s celoročním provozem.

FOTOVOLTAIKA V ARCHITEKTUŘE

Solární panely se nejčastěji umisťují tak, aby byly orientovány na jih, se sklonem 30 až 60°. Tak získávají nejvíce energie. Zařízení, která panely automaticky naklápí a natáčejí za Sluncem, se příliš nepoužívají, protože jsou nákladné.

U větších systémů jsou solární panely z estetických důvodů často integrovány do fasády domu, i když to z energetického hlediska není nejvýhodnější. Architekt může při návrhu využít i to, že křemíkové články lze různě zbarvit.



Budova s fotovoltaickou fasádou (Wels, Rakousko). Fotovoltaika v kostele (Německo).

Při návrhu větších prosklených ploch lze využít fotovoltaické články integrované do skla, takže fungují jako žaluzie. Důvody pro jejich použití však mohou být pouze architektonické, z energetického hlediska jde o nesmysl.



Fotovoltaikou napájená roleta střešního okna.

KAPESNÍ APLIKACE

Asi nejčastěji se s fotovoltaikou můžeme setkat v kalkulačkách, budících, rádiích a podobné elektronice, která nemá příliš vysokou spotřebu. Pro většinu mobilních telefonů lze pořídit fotovoltaickou dobíječku, která přijde vhod zejména na delších výpravách mimo civilizaci. Fotovoltaické články mohou být nanесeny i na pružné podložce. To využívá "elektrická" bunda, která díky našité fotovoltaice na ramenou a zádech může napájet walkman nebo dobíjet mobil tomu, kdo ji má na sobě. I když se zdá, že jde jen o hračky, fotovoltaika zde zajímavým způsobem snižuje množství problematického odpadu, který jinak představují alkalické tužkové i jiné baterie.



Kapesní nabíječka tužkových akumulátorů.

DOTACE, VÝKUPNÍ CENY

Na instalaci solárního systému lze získat dotaci od Státního fondu životního prostředí (www.sfzp.cz). Podmínky jsou různé pro různé žadatele a mění se i v čase. Fyzické osoby mohly v roce 2007 získat až 50 % investičních nákladů.

Je-li systém připojen k elektrorozvodné síti a dodává do ní proud, lze elektřinu prodávat za státem regulovanou cenu. V roce 2007 to bylo 13,46 Kč/kWh

VÝBĚR VHODNÝCH LOKALIT A ZÁSADY PRO DIMENZOVÁNÍ

Fotovoltaický systém pracuje nejlépe, pokud je navržen pro skutečné místní podmínky (dimenzování, umístění solárních článků a způsob využití).

Pro dimenzování je důležité znát účel, uvažovanou spotřebu (výrobu) elektřiny, typ a provozní hodiny připojených spotřebičů, zda bude systém připojen do sítě, či nikoliv, způsob napojení na doplňkový zdroj energie a další vstupní údaje:

- **počet hodin** slunečního svitu a **intenzita** slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry (město, venkov, hory);
- **orientace** - ideální je na jih (případně s automatickým natáčením panelů za Sluncem);
- **sklon panelů** - pro celoroční provoz je optimální 45° vzhledem k vodorovné rovině;
- **množství stínících překážek** - je nutný celodenní osvit Sluncem.

Z výše uvedených parametrů je možné stanovit množství vyrobené energie z celého systému za rok. Pro podrobnější výpočty existují již počítačové programy, např. firemní programy výrobců.



Pevně umístěné panely - roční produkce cca 110 kWh/m² (100%)



Panely s natáčením ve dvou osách - roční produkce cca 150 kWh/m² (136%)



*Panely s natáčením kolem jedné osy se zrcadlem - roční produkce cca 170 kWh/m² (156%)
(produkce závisí na ploše zrcadla, je-li zrcadlo příliš velké, hrozí "spálení" článků)*



Pevně umístěné panely na fasádě s jižní orientací - roční produkce cca 75 kWh/m² (68 %)

PŘÍRODNÍ PODMÍNKY

Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1 460 h/rok (od 1 400 do 1 700 hodin za rok). Nejmenší počet hodin má severo-západ území. Směrem na jihovýchod počet hodin narůstá. Lokality se od sebe běžně liší v průměru o $\pm 10\%$. V některých ojedinělých případech je odchylka vyšší.

Technický potenciál výroby elektřiny je omezen na plochy, kde lze fotoelektrické systémy instalovat s ohledem na stav sítě, možnosti připojení atd. Pro odhady se používá hodnota roční sumy globálního záření (průměr pro celou Českou republiku je kolem $1\,081\text{ kWh/m}^2$).

Jeden m^2 fotovoltaického panelu s monokrystalickými články má špičkový výkon 110 - 120 W_p . Během roku z něho lze získat 80 až 120 kWh elektrické energie.

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok [Wh]
Energie [Wh/den]	80	138	213	302	383	390	408	360	265	179	83	60	87 237

Průměrné hodnoty elektrické energie [Wh/den], kterou lze získat během jednoho dne ze solárního panelu s výkonem 110 W_p (cca 1 m^2) dle měsíců.



Fotovoltaické články různých barev.

Fotovoltaický systém s instalovaným výkonem 1 kW_p je schopen v podmínkách ČR dodat ročně 800 - 1 000 kWh elektrické energie.

POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA

- [1] Krieg, B.: Elektřina ze Slunce. HEL, Ostrava, 1993.
- [2] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. T. Malina, Praha, 1994.
- [3] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům. ERA, Brno, 2004.
- [4] Haller, A., Humm O., Voss, K.: Solární energie - Využití při obnově budov. Grada, 2001.
- [5] Karmanolis, S.: Sluneční energie. MAC, Praha, 1996.

Infolist byl zpracován díky podpoře České energetické agentury a Evropské unie.
Vyšel také v tištěné podobě.

Autoři textů: Jiří Beranovský, František Macholda, Karel Srdečný, Jan Truxa