



Energie slunce

výroba elektřiny



Centrum pro
obnovitelné
zdroje a úspory
energie

EKIS ČEA

Energie slunce – výroba elektřiny

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



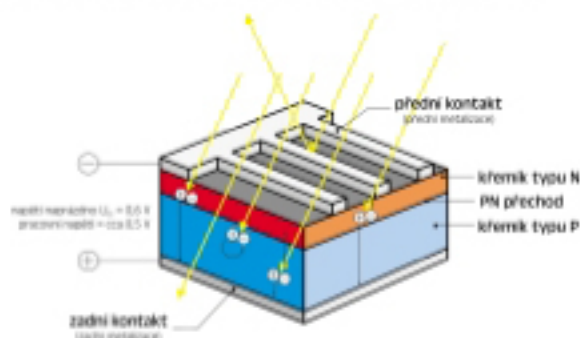
Způsoby využití slunečního záření pro výrobu elektřiny. © EkoWATT

Fotovoltaické panely

Fotovoltaická zařízení představují jednoduchý a elegantní způsob, jak sluneční paprsky přeměnit na elektřinu. Pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla – fotony – dopadají na článek a svou energií z něho „vyřáží“ 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 velké 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 ozářeném solárním článku jsou 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. © EkoWATT

Fotovoltaické články mají za sebou 50 let vývoje. Dnes rozlišujeme celkem čtyři generace:

- První generace – z destiček z monokrystalického křemíku, v současnosti jde stále o nejpoužívanější typ.
- Druhá generace – z polykrystalického, mikrokrystalického nebo amorfního křemíku. Oproti první generaci jsou levnější, protože spotřebují méně křemíku. Lze je použít i na ohebných podkladech (na oblečení, fóliové střešní krytině apod.).
- Třetí generace – nevyužívají křemík, ale třeba organické polymery. Dosud se komerčně příliš nepoužívají.
- Čtvrtá generace – kompozitní články z různých vrstev, schopné lépe využívat sluneční spektrum – každá vrstva využívá světlo jiné vlnové délky.

	běžná účinnost	max. laboratorní účinnost
Monokrystalický	14–17 %	25 %
Polykrystalický	13–16 %	20 %
Amorfni	5–7 %	12 %

Účinnost jednotlivých typů fotovoltaických článků. Zdroj: EkoWATT

Protože výkon článků závisí pochopitelně na okamžitém slunečním záření, udává se jejich výkon jako tzv. špičkový, tedy při dopadajícím záření s intenzitou 1000 W/m² při definovaném spektru. Článek s účinností 17 % má při ploše 1 m² špičkový (peak) výkon 170 W_p.

Energie vložená do výroby fotovoltaických panelů je v našich podmínkách těmito panely získána zpět během asi 6 roků. Předpokládaná životnost je přitom minimálně 20 let. Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po jejich zapouzdření **fotovoltaický panel**. Články jsou sériově-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.). Tím, že mezi články vznikají mezery, klesá energetický zisk z jednotky plochy. Účinnost panelů je tak nižší, než se udává u samotných článků.

Trendy vývoje

Poptávka po fotovoltaických panelech stále roste. Některé země EU, Japonsko a USA instalují fotovoltaické elektrárny jako cestu ke zvýšení vlastní energetické soběstačnosti. Pro země třetího světa jsou fotovoltaická zařízení cestou k zajištění elektřiny i v odlehlých oblastech, navíc spolehlivější než dieselagregáty. I když křemík je na Zemi hojný prvek, produkce velice čistého křemíku potřebného pro fotovoltaiku je drahá. Proto se hledají cesty, jak množství křemíku snížit (výsledkem jsou tenkovrstvé články) nebo jak zvýšit účinnost článků. Využívají se i články na bázi jiných materiálů. Do budoucna lze očekávat, že cena fotovoltaických panelů (a tím i cena produkováné elektřiny) bude klesat. V kombinaci s růstem ceny elektřiny z jiných zdrojů může být použití fotovoltaiky výhodnější.

Zvýšení energetických zisků

Při dané účinnosti fotovoltaických článků lze energetický výnos zvýšit třemi způsoby, které je možné i vzájemně kombinovat. Nevýhodou je, že tyto systémy lze jen výjimečně integrovat do budov. Většinou se tedy neobejdou bez záboru volné plochy.



Systém s dvojosým natáčením. Foto: EkoWATT

Oboustranné moduly – při instalaci článku na průhlednou podložku na něj dopadá světlo z obou stran. I když na spodní stranu dopadá jen odražené a difuzní záření, uvádí se zvýšení produkce až o 30 %.

Natáčení za sluncem – pokud na článek do-

padají paprsky kolmo, zvýší se výtěžnost asi o 35 %. To zajistí dvouosý polohovací systém, který však zvýší také investiční náklady a vyžaduje i údržbu a reinvestice.

Koncentrátory – pro koncentraci záření lze použít čočky nebo různá korýtková zrcadla, nejlevnější jsou ovšem plochá zrcadla. Díky nim se sluneční záření „sbírá“ z větší plochy a koncentruje na článek. Zrcadlo je vždy levnější než fotovoltaický článek. Koncentrátory obvykle vyžadují alespoň jednoosý polohovací systém, který udrží článek v ohnisku. Kvůli koncentraci záření je nutno také použít články, které snesou vyšší teploty. Zvýšení výnosu závisí na velikosti koncentrátoru – běžně je to několik desítek procent.



Systém s plochým zrcadlem a jednoosým natáčením systémem TRAXLE. Foto: Steve Jasper

Systémy připojené k síti (grid-on)

Vzhledem k výhodným výkupním cenám se takto provozují větší systémy. Pokud je systém součástí budovy, je veškerá produkce obvykle prodávána do sítě a budova odebírá elektřinu podle vlastní potřeby, nezávisle na okamžitém výkonu fotovoltaiky. Ekonomicky může být výhodnější spotřebovávat část vlastní výroby v budově a prodávat pouze přebytek, je však potřeba technicky náročnější řešení a ani současná legislativa ho nepodporuje.

Součástí systému je vždy střídač, který přemění stejnosměrný proud z fotovoltaického článku na střídavý. Jeho životnost je obvykle kratší než u zbytku systému a je tedy nutno počítat s reinvesticí. Systémy připojené k síti fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u distributora elektřiny (ČEZ, E.ON, PRE) a je nutné dodržet dané technické parametry.

U větších systémů (cca nad 10 kW) se investiční náklady pohybují v rozmezí 120–180 Kč/W_p, podle toho, zda se jedná o systémy pevné či polohovací. U menších systémů však měrné investiční náklady rostou i nad 200 Kč/W_p.

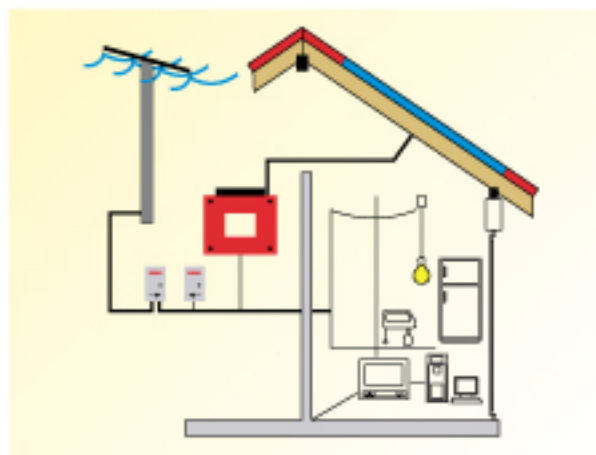


Schéma zapojení systému dodávajícího energii do rozvodné sítě. © EkoWATT

Samostatné (ostrovní) systémy (grid-off)

Fotovoltaiku lze využít i tam, kde jsou náklady na vybudování a provoz elektrické přípojky vysoké nebo zřízení přípojky není možné. Může jít o chatu, jachtu nebo obytný automobilový přívěs, kde díky fotovoltaickým panelům získáme komfort elektrického osvětlení, chladničky a dalších spotřebičů. Setkat se můžeme i s fotovoltaikou napájeným veřejným osvětlením, nouzovými telefonními budkami u dálnic, výstražnou dopravní signalizací nebo parkovacími automaty. Takové zařízení lze kdykoli snadno přemístit, bez nutnosti rozkopávat chodník pro napojení k síti.

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

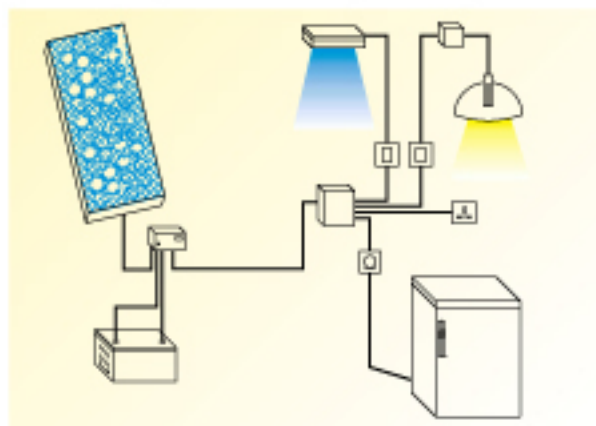


Schéma zapojení ostrovního systému. © EkoWATT

Výkony se pohybují od 100 W_p do 10 kW_p špičkového výkonu. Investiční náklady na ostrovní systémy jsou v rozmezí 230–300 Kč/W_p. Cena závisí zejména na kvalitě a kapacitě akumulátorů.

Fotovoltaika v budovách

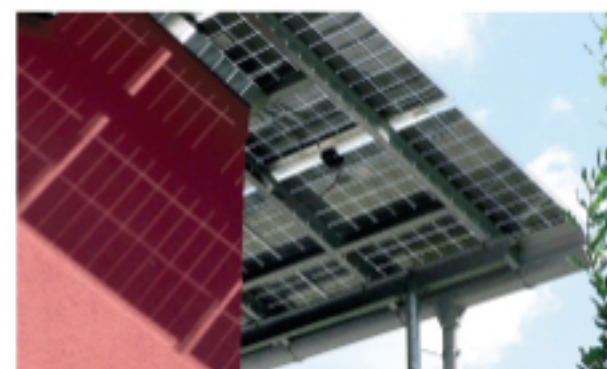
Hlavní výhodou fotovoltaiky je to, že ji lze začlenit do budov, takže není nutno zabírat další plochu. Podmínkou je vhodná orientace a tvar budovy a vstřícný přístup architekta, případně památkářů.

Integrace do fasády není příliš vhodná. Na jižní svislou plochu dopadá asi o 30 % méně slunečního záření než na skloněnou plochu. Protože účinnost panelů klesá s jejich teplotou, je nutno zajistit dostatečné odvětrání fotovoltaické fasády, případně může být potřeba i provedení tepelné izolace stěny domu. Stejný problém nastává při integraci panelů do střechy.



Fasáda z fotovoltaických panelů. Foto: EkoWATT

Integrace do zasklení je velmi působivá. Na smysluplné použití však narazíme jen zřídka. Pokud potřebujeme prosvětlení, je lepší čiré izolační trojsklo, pokud světlo nepotřebujeme, je lepší použít zeď s izolací.



Fotovoltaické panely integrované v prosklení. Foto: EkoWATT

Fotovoltaická krytina se používá pro ploché střechy (speciální hydroizolační fólie s fotovoltaickou vrstvou) nebo i pro šikmé střechy (např. speciální střešní tašky). Přestože ušetříme za konvenční krytinu, jde o poměrně drahé řešení.

Outdoor aplikace

Pro většinu mobilních telefonů lze pořídit fotovoltaickou dobíječku, která přijde vhod zejména na delších výpravách mimo civilizaci. Můžeme se setkat i s bundami, stany či batohy, které díky našitým pružným fotovoltaickým článkům mohou napájet přehrávač nebo dobíjet mobil, GPS, notebook apod.



Batoh s fotovoltaikou. Foto: Voltaic Systems

Ekonomika fotovoltaických technologií

Ekonomika závisí na způsobu provozu. U větších zařízení je třeba zvážit i náklady na obsluhu, pojištění a drobnou údržbu. U malých systémů na rodinném domku se tyto náklady leckdy zanedbávají.

Elektřinu je možno dodávat do sítě. Výkupní ceny předepisuje Energetický regulační úřad (www.eru.cz) pro každý rok zvlášť. Zákonem je garantováno, že tato cena se nezmění po dobu 15 let od uvedení do provozu. Pokud se elektřina spotřebuje v domě (ev. ji výrobce prodá třetí osobě), může dostat tzv. zelené bonusy. Při ceně elektřiny pro domácnost okolo 4,50 Kč/kWh je druhý způsob výnosnější – celková suma je v součtu vyšší než přímá výkupní cena.

Dotaci na instalaci fotovoltaického systému lze žádat u Státního fondu životního prostředí (www.sfpz.cz) nebo ze strukturálních fondů EU (www.strukturalni-fondy.cz). Podmínky jsou různé pro různé žadatele a mění se i v čase.

Elektrárna uvedená do provozu	Výkupní cena elektřiny do sítě Kč/kWh	Zelené bonusy Kč/kWh
po 1. 1. 2008	13,46	12,65
1. 1. 2006 – 31. 12. 2007	13,80	12,99
před 1. 1. 2006	6,57	5,76

Výkupní ceny a zelené bonusy pro fotovoltaiku v r. 2008. Zdroj: ERÚ

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:

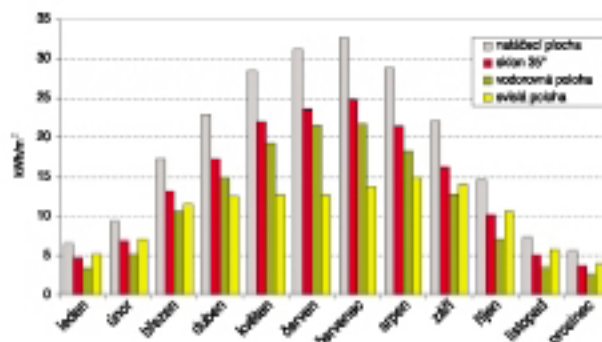
- počet hodin slunečního svitu a intenzita slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry (město, venkov, hory),
- orientace – ideální je na jih (případně s automatickým natáčením panelů za sluncem),
- sklon panelů – pro celoroční provoz je optimální 38° vzhledem k vodorovné rovině,
- množství 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 počítačové programy, např. firmní programy výrobců.

Přírodní podmínky

Na území ČR dopadá za rok 900 až 1200 kWh/m². Rozhodujícími faktory jsou oblačnost a znečištění atmosféry. Množství dopadající sluneční energie se v jednotlivých letech liší běžně o 10 %.

Fotovoltaický systém s instalovaným výkonem 1 kW_p je schopen v podmínkách ČR dodat ročně 800–1000 kWh elektrické energie. Při nevhodné orientaci nebo zastínění to může být výrazně méně. Plocha systému s výkonem 1 kW_p závisí na účinnosti použitých komponent, pohybuje se od 6 do 9 m².



Odhad produkce fotovoltaického panelu. Zdroj: EkoWATT

Použitá a doporučená literatura

- [1] Murtinger, K., Beranovský, J., Tomeš, M.: Fotovoltaika elektřina ze slunce. ERA, Brno, 2007.
- [2] Libra, M., Poulek, V.: Solární energie. ČZU, Praha, 2005.
- [3] Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům. ERA, Brno, 2005.
- [4] Krieg, B.: Elektřina ze slunce. HEL, Ostrava, 1993.
- [5] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. T. Malina, Praha, 1994.
- [6] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům. ERA, Brno, 2004.
- [7] Haller, A., Humm O., Voss, K.: Solární energie – využití při obnově budov. Grada, Praha, 2001.
- [8] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení. Grada, Praha, 2003.
- [9] Karmanolis, S.: Sluneční energie. MAC, Praha, 1996.

Vydal:

EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Sušbky 2
180 00 Praha 8
tel.: +420 266 710 247
fax: +420 266 710 248

Žitkova 1 (budova PVT)
370 01 České Budějovice
tel.: +420 389 608 211
fax: +420 389 608 213
e-mail: info@ekowatt.cz
www.ekowatt.cz, www.energetika.cz

Foto na titulní straně: fotovoltaická elektrárna na střeše budovy MZP ČR, Foto: MZP ČR; fotovoltaická elektrárna (Německo), Foto: EkoWATT

Texty: EkoWATT – Jiří Beranovský, Monika Kašparová, František Macholda, Karel Srdečný, Jan Truxa
Grafický návrh: Irena a Saša Mandíč
Sazba a tisk: Sdružení MAC, spol. s r.o., © EkoWATT, 2007

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek České energetické agentury (EKIS ČEA). Seznam středisek je uveřejněn na: www.i-ekis.cz.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – část A – PROGRAM EFEKT.

Publikace vyšla díky laskavé podpoře České energetické agentury.

