Fotovoltaické elektrárny

= aktivní využívání slunečního záření pro přímou výrobu elektrické energie

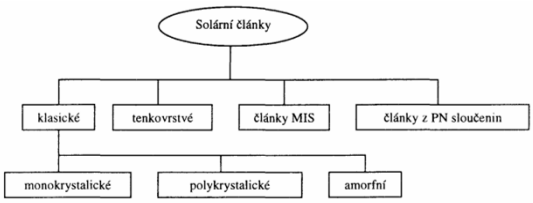
- sluneční záření se zachycuje ve formě fotonů a mění se přímo v elektřinu
- Klady
  - nespotřebovávají při provozu žádnou energii z klasických zdrojů (mechanickou, fosilní apod.),
  - nevydávají hluk
  - mají poměrně dlouhou životnost
- Zápory
  - technologie je velmi nákladná (ve vývoji)
  - nízké výkonové parametry a účinnost

Historie

- Fotovoltaický jev byl objeven v roce **1839** francouzským fyzikem **Alexandrem Becquerelem**.
- První fotovoltaický článek byl sestrojen až v roce **1883** **Charlesem Frittsem** – polovodivý selen pokryl velmi tenkou vrstvou zlata. Účinnost byla cca 1 %.
- **Albert Einstein** obdržel v roce **1921** Nobelovu cenu za teoretické vysvětlení fotoelektrického jevu a práce v oblasti teoretické fyziky.
- V roce **1946** si nechal **Russel Ohl** patentovat konstrukci solárního článku.
- Solární články stávající konstrukce byly vyvinuty v roce **1954** v **Bell Laboratories**.
- Začátkem **70. let 20. st.** se fotovoltaické články dostaly z téměř výhradního užití v kosmické technice do širšího praktického použití – na bóje a majáky, do kapesních kalkulaček aj. aplikací.
- Po roce **2000** začala ve světě rozsáhlá výstavba **fotovoltaických elektráren.**

Solární (fotovoltaický) článek

- je schopen přeměňovat světlo přímo na elektrický proud
- velkoplošný polovodičový konstrukční prvek sestávající z:
  - polovodičového materiálu,
  - kovových kontaktů
  - z tenké vrstvy materiálu sloužící ke zlepšení optických vlastností.



Solární článek – způsoby výroby

- technologie „tlustých" vrstev 0,2 až 0,3 mm – FV článek je tvořen velkoplošnou polovodičovou diodou, základem je krystalický Si v podobě plátků 200x200 mm, technologie užita u téměř 85 % instalovaných panelů
- technologie tenkých vrstev (tzv. 2. generace) – FV článek je tvořen nosičem (např. sklo), na který jsou napařeny tenké vrstvy Si (amorfní či mikrokrystalický); lacinější, ale nižší účinnost
- nekřemíkové technologie (tzv. 3. generace) – např. vodivé polymery

4

Typy solárních článků

- křemíkové solární články - jsou tvořeny čistým křemíkem se zcela nepatrným množství přimíšených cizích atomů
- články druhé generace na bázi tenkých filmů: - z amorfních a mikrokrystalických silikonových tenkých filmů,
  - na bázi měď indium galium diselenid (CIGD)
  - na bázi kadmium telurid (CdTe)
  - na bázi galium arsen (GaAs)
  - barevně citlivé TiO_2
- tzv. tandemové články – využívá se několikanásobných článků, přičemž každý má jinou pásmovou propustnost (spektrální citlivost) a každý konvertuje energii fotonů v úzkém rozsahu blízko jeho pásmové propustnosti (účinnosti kolem 32 %)

Typy solárních článků

a) Klasické články **-** z důvodu stability mají tloušťku 0,2 až 0,3 mm

- z monokrystalického křemíku - účinnosti se v praxi pohybují kolem 12 až 18 %
- polykrystalické články - polykrystalický materiál, který je mnohem lacinější, má menší účinnost okolo 11 až 13 %.
- s amorfním křemíkem – má řadu předností
  - vysoká absorpce světla,
  - velké napětí naprázdno,
  - malá spotřeba materiálu a energie při výrobě
  - velké možnosti automatizace procesů výroby.
  - dosahovaná účinnost se ale pohybuje kolem 7 %.

b) Tenkovrstvé články **-** tloušťka jen několik µm

- spotřebují podstatně méně materiálu
- lépe využít dopadající kvanta - mají kratší dráhu k přechodu p-n.
- vyrobeny z amorfního křemíku
- účinnost takovýchto článků je až 14 %

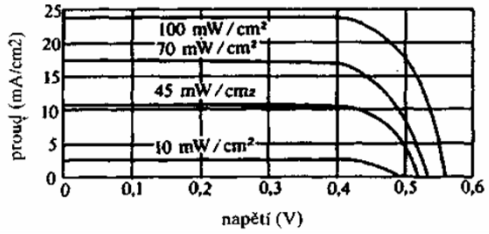
Typy solárních článků

c) Články MIS - s inverzní vrstvou MIS (kov-izolátor-polovodič)
- mají indukovaný přechod p-n, tj. přechod s inverzní vrstvou typu n - podobně jako je tomu u tranzistorů.
- dosahují v laboratoři účinnost až 15 %

d) Články z PN sloučenin
- Arsenid galia (GaAs)
  - je vyšší účinnost 20 %,
  - větší odolnost proti kosmickému (tvrdému) záření
  - schopnost pracovat bez snížení efektivity i při teplotách nad 100°C
  - mnohem vyšší cena a větší hustota GaAs
- Sulfid kademnatý (CdS)
  - výhodou je malá hmotnost
  - nevýhodou je malá stabilita
  - dnes se nepoužívají

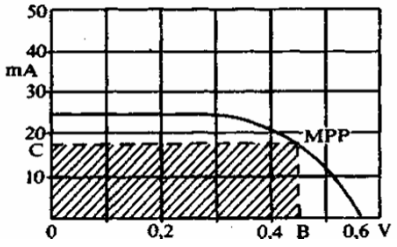
Charakteristiky solárních článků

- údaje výrobců se vztahují k intenzitě ozáření 1 kW/m^2.
- s poklesem ozáření klesá získaný proud a poněkud i napětí naprázdno
- maximální proud nakrátko je asi 24 mA/cm^2
- článek s plochou 10x10cm je schopen dodat nakrátko proud 2,4 A.



Charakteristiky solárních článků

- MPP (Maximum Power Point) – v něm docílíme maximálního výkonu článku
- bod leží vždy v ohbí voltampérové charakteristiky
- výkon článeku s rostoucí teplotou klesá a tím klesá i účinnost.



Charakteristiky solárních článků

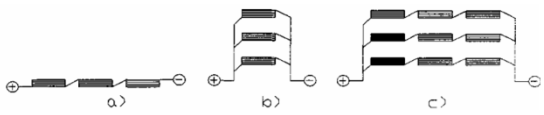
- výkon článků a panelů se udává v jednotkách W_p (watt peak - špičková hodnota)
- výkon článku silně závisí na osvětlení, na úhlu dopadajícího světla a na teplotě => výkon se měří při definovaných podmínkách:
  - výkonová hustota slunečního záření 1000 W·m^{-2}
  - spektrum záření AM1.5
  - teplota solárního článku 25 °C
- stárnutí - degradace fotovoltaického panelu – výkon klesá o cca 0,8 % ročně
- teplotní koeficient je 0,3 až 0,5%/K
- znečištění - roční ztráta solární elektrárny bez údržby povrchu panelů činí 8-14%
  - mytí 2 – 3x ročně
  - ošetření nano vrstvou
  - fotokatalýza – rozklad organických i pevných nečistot

Koncentrátorové články

- Pro lepší využití drahých solárních článků, je možné použití odrazných ploch - zrcadel nebo čoček.
- Ty koncentrují sluneční záření na solární článek a umožňují dlouhodobě ozařovat článek násobně vyššími intenzitami záření než 1,0 kW·m^{-2} - max. hodnota dosažitelná pro konvenční články.
- Pro práci takového systému je potřeba solární panel instalovat do zařízení pro sledování pohybu slunce – tracker.
- Koncentrátorové články je vždy nutné chladit!
- Jsou uzpůsobeny vyššímu proudovému zatížení jinak řešenou metalizací.

Solární moduly

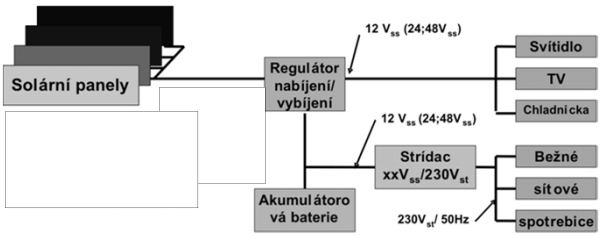
- jeden solární článek je schopen dávat pouze 1,2 až 1,4 W při napětí 500 mV
- je nutné propojení do tzv. modulů.
  - a) sériově,
  - b) paralelné,
  - c) sérioparalelně



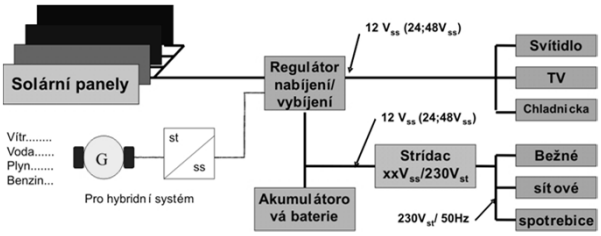
Rozdělení solárních fotovoltaických soustav a jejich schémata

- představují spojení fotovoltaických prvků do řetězce, na jehož konci jsou spotřebiče
- systémy můžeme rozdělit na tři aplikační typy:
  - autonomní
  - hybridní
  - přímo spojené se sítí.

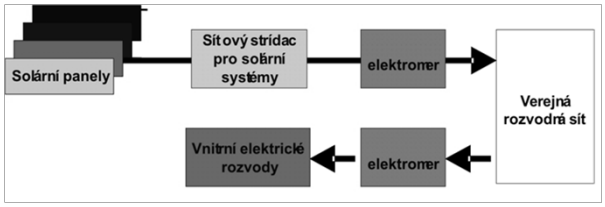
Autonomní systém



Hybridní systém



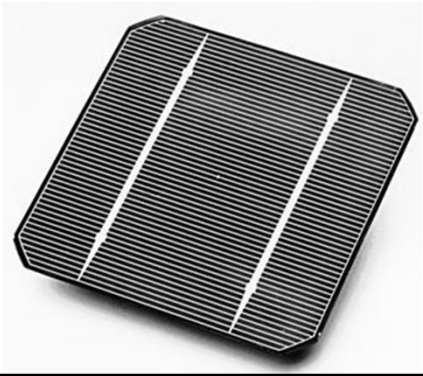
Systém přímo spojený se sítí



Další části solárních elektrických systémů

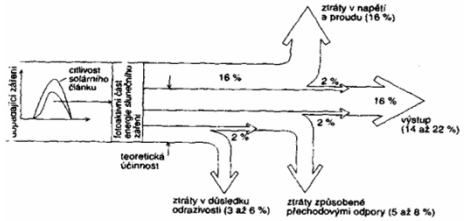
- regulátor nabíjení akumulátoru
  - ochrana proti přílišnému vybití nebo nabití baterie
  - zaručuje předepsaný průběh nabíjení použitých baterií příp. zapojení pomocného generátoru, který přispívá k nabití baterie.
- měnič napětí - stejnosměrné napětí na střídavé
- regulátor - zajišťuje funkci na optimálních výkonových parametrech,
- akumulátor

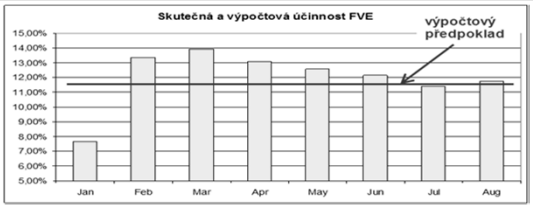
Solární článek vyrobený z monokrystalického křemíkového plátku o síle 1/3 mm



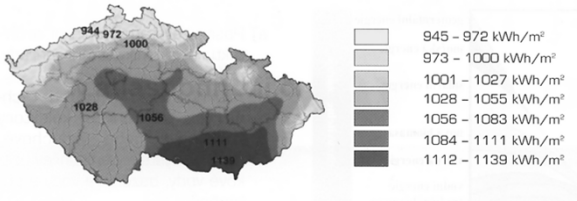
Účinnost fotovoltaických systémů

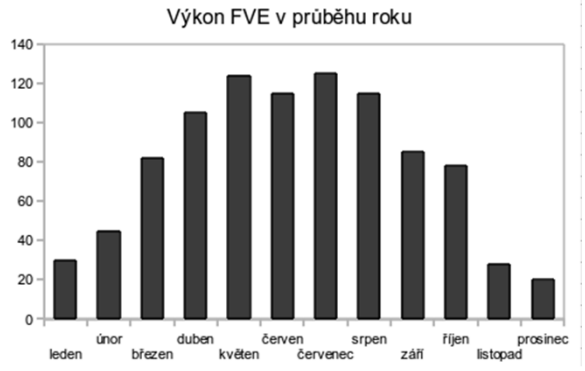
- klasické sluneční články vykazují účinnosti mezi 7 a 16 %.
- při intenzitě 1 kW/m^2 plochy můžeme dostat výkon asi 120 W/m^2.



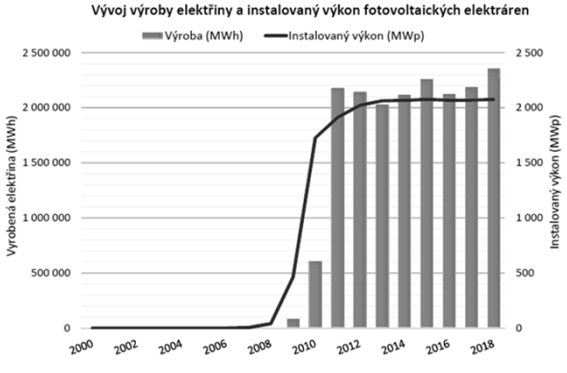


Roční průměrný úhrn slunečního záření



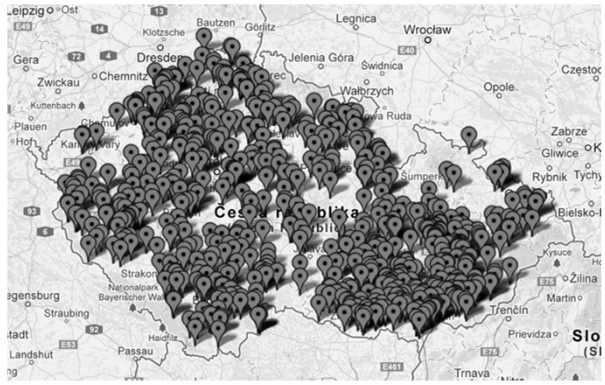


Fotovoltaika v ČR



24

Rozvoj fotovoltaických systémů v ČR



Výstavba fotovoltaických systémů v ČR

Do r. 2008

- fotovoltaické systémy z monokrystalického křemíku,
- elektrická účinnost při jmenovitém ozáření je 16 %.
- zaručovaná životnost je 20 roků,
- cena vlastních panelů byla cca 180 Kč/W_p, tedy 180 000 Kč/kW_p.
- měrná cena celého zařízení včetně úchytné konstrukce, regulátoru, akumulátoru a měniče včetně montáže se pohybovala od 300 000 do 400 000 Kč/kW_p i více
- využití špičkového výkonu bývá 850 až 1100 hodin
- u zařízení o výkonu 1 kW_p můžeme očekávat roční výrobu 850 až 1100 kWh.
- při odpisové době 20 roků vyjde tedy vyrobená 1 kWh na 15 až 20 Kč
- aktuální cena instalace na střechu domu je 25 až 35 tis. Kč/kW_p

Rozvoj fotovoltaických systémů v ČR

- aktuálně elektřina z nových FVE podporována není
- z minulosti je podporována elektřina vyrobená z FVE pouze v případě instalovaného výkonu do 30 kWp, která je instalována na střešní konstrukci nebo obvodové zdi budovy spojené se zemí pevným základem, a která je evidována v katastru nemovitostí
- lze získat podporu na instalaci systému

Podpora fotovoltaických systémů v ČR

	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výrobny do provozu		Instalovaný výkon výrobny [kW]		Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
ř./sl.	a	b	c	d	e	l	m
500	Výroba elektřiny využitím slunečního záření	-	31.12.2005	-	-	8 028	7 328
501		1.1.2006	31.12.2007	-	-	16 848	16 148
502		1.1.2008	31.12.2008	-	-	16 432	15 732
503		1.1.2009	31.12.2009	0	30	15 417	14 617
504		1.1.2009	31.12.2009	30	-	15 304	14 604
505		1.1.2010	31.12.2010	0	30	14 359	13 559
506		1.1.2010	31.12.2010	30	-	14 245	13 545
507		1.1.2011	31.12.2011	0	30	8 615	7 815
508		1.1.2011	31.12.2011	30	100	6 780	6 080
509		1.1.2011	31.12.2011	100	-	6 318	5 618
510		1.1.2012	31.12.2012	0	30	6 938	6 138
511		1.1.2013	30.6.2013	0	5	3 765	2 965
512		1.1.2013	30.6.2013	5	30	3 125	2 325
513		1.7.2013	31.12.2013	0	5	3 301	2 501
514		1.7.2013	31.12.2013	5	30	2 685	1 885