

**Jak lze využít
Slunce?**

Obsah

1	Sluneční energie	2
1.1	Projevy sluneční energie na Zemi	2
1.2	Dopad sluneční energie na Zemi	2
1.3	Základní přeměny sluneční energie	4
1.4	Využití sluneční energie	4
1.5	Solární elektrárny	6
2	Fotovoltaika	8
2.1	Podstata	8
2.2	Vývoj	9
2.3	Současnost	10
2.4	Výhody	10
2.5	Nevýhody	11
3	Fotovoltaický článek	12
3.1	Historie	12
3.2	Různé technologie výroby	12
3.3	Výroba solárních článků	13
3.4	Koncentrátorové články	13
3.5	Účinnost	13
3.6	Výkon fotovoltaického článku	14
3.7	Využití	14
4	Solární panel	16
4.1	Typy	16
5	Fotovoltaika v Česku	18
5.1	Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů	18
6	Fotovoltaická elektrárna Dukovany	19

1 Sluneční energie

Sluneční energie (sluneční záření, solární radiace) představuje drtivou většinu energie, která se na Zemi nachází a využívá. Vzniká jadernými přeměnami v nitru Slunce. Vzhledem k tomu, že vyčerpání zásob vodíku na Slunci je očekáváno až v řádu miliard let, je tento zdroj energie označován jako obnovitelný.

1.1 Projevy sluneční energie na Zemi

Podle zákona zachování energie se sluneční energie, dopadající na planetu Zemi, přeměňuje beze zbytku v jiné formy.

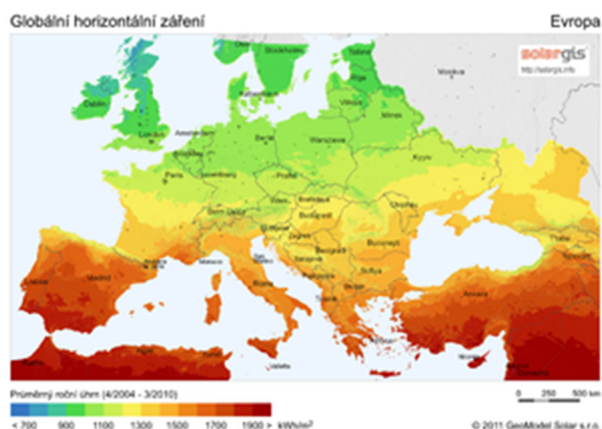
Mezi projevy sluneční energie na Zemi **patří** energie fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn), energie větru, energie biomasy, vodní energie, teplo, nepřeměněné elektromagnetické záření Slunce, sluneční vítr.

Mezi projevy sluneční energie na Zemi **nepatří** geotermální energie (termální prameny, projevy posunu litosférických desek, teplotní ohřev hlouběji položených míst), energie gravitačních sil, energie atomových jader, energie kosmického záření.

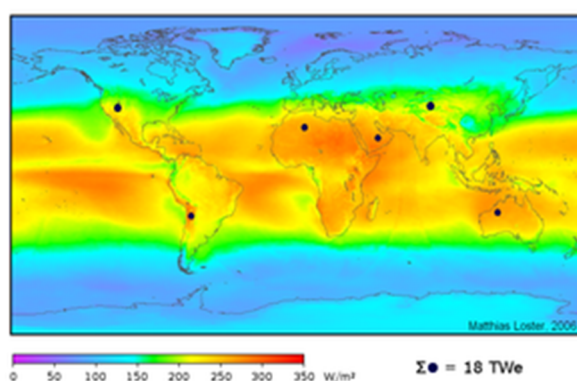
1.2 Dopad sluneční energie na Zemi



Solární záření v České Republice



Solární záření v Evropě



Mapa intenzity sluneční energie dopadající na Zemi

Sluneční energie je energií elektromagnetického záření. Spektrum slunečního záření lze rozdělit na záření ultrafialové (vlnová délka pod 380 nm), záření viditelné (vlnová délka 380 až 780 nm), záření infračervené (vlnová délka přes 780 nm).

Viditelné záření tvoří asi 45 % dopadajícího záření, přičemž jeho podíl je vyšší při zatažené obloze (může dosáhnout až 60 %). V rostlinné fyziologii se používá též pojem fotosynteticky aktivní záření, což je záření o vlnových délkách přibližně odpovídajících viditelnému záření (většinou se udává rozsah 380 – 720 nm).

Příkon záření dopadajícího na povrch zemské atmosféry činí $1\,373\text{ W/m}^2$. Toto množství se nazývá solární konstanta. Ve skutečnosti není konstantní, neboť oběžná dráha Země kolem Slunce je eliptická, a to způsobuje kolísání ve velikosti solární konstanty přibližně 3 % (asi 40 W/m^2). Malé změny solární konstanty jsou též spjaté s cykly sluneční aktivity, ty ale dosahují maximálně desetin procenta.

Část záření je pohlcena atmosférou. Pohlcení se týká ovšem jen některých vlnových délek. Jedná se především o prakticky celou nejkratší část ultrafialového záření (do vlnové délky 290 nm je pohlceno zcela, od 290 do 320 nm zčásti), kterou pohlcuje ozónová vrstva a o vybrané vlnové délky infračerveného záření (pohlcení především oxidem uhličitým a vodou).

Ve viditelné oblasti je pohlcení jen částečné a závisí na síle vrstvy atmosféry, kterou musí záření projít. Při stejné výšce slunce nad obzorem se tedy větší pohlcení odehrává v rovníkových oblastech, naopak menší v polárních oblastech a na horách. Pohlcení v polárních oblastech je ovšem zároveň zvětšeno tím, že sluneční paprsky pronikají do atmosféry pod ostrým úhlem a musí tak proniknout delší vrstvou.

1.3 Základní přeměny sluneční energie

Lze ji popsat rovnicemi pro čistou radiaci

$$R_n = R_g - R_a - R_{lw} \quad (3)$$

$$R_n = A + Q + G + H + LE \quad (4)$$

kde jednotlivé veličiny vyjadřují následující:

- R_n – čistá radiace (po odečtení albeda a dlouhovlnného vyzařování)
- R_a – albedo (procento odraženého záření)
- A – fotosyntéza (vyjádřená v energetických tocích)
- Q – teplo spotřebované na ohřev vegetace
- G – tok tepla do půdy
- H – pocitové teplo
- LE – latentní teplo výparu neboli evapotranspirace

Součin LE představuje energetickou hodnotu vypařené vody, kterou lze vypočítat jako množství vody E (v mm, neboli l/m^2) vynásobené měrným latentním teplem výparu L (při teplotě $20^\circ C$ platí $L = 2439 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$).

1.4 Využití sluneční energie

1.4.1 Přímé

Slunečními paprsky dopadne na povrch Země přibližně $1 \text{ kW}/\text{m}^2$. Toto číslo se nazývá solární konstanta. Tuto energii lze využít přímo pro výrobu elektrické energie (obvykle fotovoltaický článek ale také stirlingův motor), v zemědělství (skleníky), zpracování užitkové vody (ohřev, ale též desalinace¹ a desinfekce), vytápění.

1.4.2 Nepřímé

¹ Desalinace – odsolování

Nepřímo se sluneční energie v přírodě přeměňuje na potenciální energii vody (využívaná ve vodních elektrárnách), kinetickou energii vzdušných mas (vítr), chemickou energii biomasy (včetně fosilních paliv, kde akumulace sluneční energie proběhla před dlouhou dobou).

1.4.3 Solární články

Solární články (sluneční baterie) jsou polovodičové prvky, které mění světelnou energii v energii elektrickou. Fotoelektrický efekt vysvětluje vznik volných elektrických nosičů dopadem záření. Celkově se daří přeměnit v elektrickou energii jen asi 17 % energie dopadajícího záření.

Solární články jsou tvořeny polovodičovými plátky tenčími než 1 mm. Na spodní straně je plošná průchozí elektroda. Horní elektroda má plošné uspořádání tvaru dlouhých prstů zasahujících do plochy. Tak může světlo na plochu svítit. Povrch solárního článku je chráněn skleněnou vrstvou. Sloužící jako antireflexní vrstva a zabezpečuje tak, aby co nejvíce světla vniklo do polovodiče. Antireflexní vrstvy se většinou tvoří napařením oxidu titanu. Tím získá článek svůj tmavomodrý vzhled. Jako polovodičový materiál se používá převážně křemík. Jiné polovodičové materiály, např. galium arsenid, kadmiumsulfid, kadmiumtellurid, selenid mědi a india, nebo sulfid galia se zatím zkoušejí. Krycí sklo chrání povrch solárních článků i před vlivy prostředí.

Využití solárních článků

Využití těchto článků je různorodé: od solárních kalkulaček až po energetické zabezpečení horských chat v rozsahu jednotek až desítek kW. Elektrický výkon je dán celkovou plochou a účinností solárních článků. Při ploše 1 dm² a plném slunečním svitu může při napětí 0,5 V a proudu 2,5 A dávat článek výkon 1,25 W. Vyšší napětí se získá sériovým řazením a větší proud paralelním řazením. Panel bývá složen z 33 až 36 křemíkových solárních článků. Nevýhodou je ale vyšší cena proti klasickým zdrojům.

Oblast průmyslu pro výrobu solárních článků a adaptaci sluneční energie zažívá v současné době rychlý růst a některé programy (jako např. *Clean Power from Deserts* od kooperace TREC při Římském klubu či projekt solárních ostrovů Spojených arabských emirátů) začínají pozvolna získávat prostor v energetických strategiích jednotlivých států.

1.4.4 Soustředění sluneční energie

Jiný způsob využití sluneční energie je nikoli přijímat ji plošně, ale pomocí soustavy parabolických zrcadel ji odrážet a soustředit do jednoho místa s „receptorem“ schopným tuto přeměrovanou energii zpracovat nebo uchovat. Tímto receptorem může být i Stirlingův motor.

Konstrukce, které tento způsob získávání energie využívají, se označují jako CSP (zkratka z *Concentrating Solar Power*).

1.5 Solární elektrárny

Další možností je využití **sluneční energie na výrobu elektřiny (fotovoltaika)**. Kolik energie sluneční elektrárna vyrobí se odvíjí od **intenzity slunečního záření**. Pokud je obloha bez mráčku, výkon slunečního záření je kolem **1kW/m²**. Když se však obloha zatáhne, sluneční záření je až 10krát méně intenzivní. Počet **slunečních hodin** v České republice je v průměru **1330–1800 hodin** ročně. Konkrétní údaj váží se k místu, v němž plánujete stavět solární elektrárnu, poskytuje Český hydrometeorologický ústav.

Vždy nicméně záleží na konkrétním místě, které pro stavbu solární elektrárny zvolíme. Intenzitu a dobu slunečního záření ovlivňuje nadmořská výška, oblačnost a další lokální podmínky jako jsou časté ranní mlhy, znečištění ovzduší či úhel dopadu slunečních paprsků. Množství energie z fotovoltaických panelů pro různá místa, čas a sklon je možné spočítat zde.

Na místě je samozřejmě také otázka kapacity. Jinými slovy: kolik se na plochu střechy (či na jiné místo zvolené pro instalaci elektrárny) vejde solárních panelů? Obecně platí, že **1 kWp** (maximální výkon elektrárny) **zabere asi 8–10 m²**. Tato plocha je schopna vyrobit přibližně **1 MWh ročně**. Pokud se majitel vyrobenou elektřinu rozhodne prodávat distributorské společnosti (na základě garantované výkupní ceny), za dvanáct měsíců získá zhruba 12 890 Kč.

Prodej nebo spotřeba elektřiny

Majitel solární elektrárny se může rozhodnout, zda využije garantovanou výkupní cenu elektřiny a bude veškerou elektřinu prodávat regionálnímu distributorovi. Ten ji musí od majitele solární elektrárny podle legislativy EU vykupovat.

Vlastník solární elektrárny se může rozhodnout pro samostatný prodej elektřiny a získat podporu formou **zelených bonusů**. V tom případě si prodává elektřinu sám (tedy jakémukoli koncovému uživateli) a od ČEZu, E.ONu či PRE získává zmíněné zelené bonusy. Je třeba upozornit na to, že výkupní ceny elektřiny a zelené bonusy, které každoročně stanovuje Energetický regulační úřad (ERÚ), se pro letošní rok snížily. V případě solárních elektráren klesly výkupní ceny elektřiny o 4,2 %.

Pro fotovoltaická zařízení uvedená do provozu v roce 2009 platí tyto ceny: V případě solární elektrárny do 30 kW je stanovena na 12,89 Kč za 1 kWh (zelený bonus na 11,91 Kč za 1 kWh), pokud je instalovaný výkon sluneční elektrárny nad 30 kW, pak je výkupní cena stanovena na 12,79 Kč za 1 kWh (zelený bonus na 11,81 Kč za 1 kWh). Tyto ceny jsou garantovány po dobu 20 let provozování konkrétního zařízení. Pro provozovatele je jistě zajímavá i skutečnost, že je po dobu pěti let osvobozen od daní z příjmů. Živnostenský list není nutné zřizovat. ERÚ vám pouze vystaví licenci a přidělí IČ.

Pokud porovnáme **výkupní cenu 1kWh elektřiny** vyrobené v solární elektrárně a cenu 1 kWh, za níž domácnost elektřinu nakupuje (cca 4,65 Kč), je zřejmé, že vlastnit solární elektrárnu se vyplatí – výkupní cena je totiž asi třikrát vyšší než cena, za níž 1 kWh domácnosti od elektrárenských společ-

ností nakupují. Pokud tedy domácí solární elektrárna nepokryje spotřebu rodinného domu, lze i přesto na jejím provozu vydělat prodejem veškeré, resp. zbylé elektřiny.

Pro porovnání – Jaderná elektrárna Dukovany vyrábí 1kWh za 0,60Kč Dokud nebude účinnost a cena solárních panelů na takové úrovni aby cena vyrobené energie byla maximálně cca trojnásobkem ceny elektřiny z jaderné elektrárny, nelze o ekologičnosti tohoto zdroje energie hovořit. Dnešní solární panely nejsou bez dotací schopny za svoji životnost pokrýt pořizovací náklady.

1.5.1 Solární ostrovy

Solární ostrov (Solar island) dostalo označení projektu, na kterém v současné době spolupracují Spojené arabské emiráty ve spolupráci s jistou švýcarskou inženýrskou firmou. Výsledkem návrhu je umělý ostrov – na moři plovoucí objekt kruhového tvaru s několika stovkami až tisíci zrcadel, odrážejících dopadající sluneční energii na (pravděpodobně kovovou) kolonu (potrubí), které taktéž tvoří svrchní část solárního ostrova. V tomto potrubí cirkuluje voda, kterou přijaté záření dokáže přivést k varu. Vzniklá pára poté začne pohánět turbínu ve středu ostrova (kam se toto potrubí sbíhá), kde má být tato energie některou z dostupných technologií uložena. Projekt předpokládá, že jeden takovýto průměrný solární ostrov bude vyrábět řádově GigaWatty energie z dopadajícího slunečního záření.

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_energie

2 Fotovoltaika

Fotovoltaika je metoda přímé přeměny slunečního záření na elektřinu (stejnosměrný proud) s využitím fotoelektrického jevu na velkoplošných polovodičových fotodiodách. Jednotlivé diody se nazývají fotovoltaické články a jsou obvykle spojovány do větších celků – fotovoltaických panelů. Samotné články jsou dvojího typu – krystalické nebo tenkovrstvé. Krystalické články jsou vytvořeny na tenkých deskách polovodičového materiálu, tenkovrstvé články jsou přímo nanášeny na sklo nebo jinou podložku. V krystalických technologiích převažuje křemík, a to monokrystalický nebo multi-krystalický, jiné materiály jsou používány pouze ve speciálních aplikacích. Tenkovrstvých technologií je celá řada, například amorfní křemík amikrystalický křemík, jejichž kombinace se nazývá tandem, dále telurid kadmia a CIGS sloučeniny. Díky rostoucímu zájmu o obnovitelné zdroje energie a dotacím se výroba fotovoltaických panelů a systémů v poslední době značně zdokonalila.

V roce 2013 se její rychle rostoucí kapacita zvýšila o 38 procent na celkových celosvětových instalovaných 139 GW. To je umožňuje roční produkci nejméně 160 terawatthodin (TWh) elektřiny nebo uspokojení 0,85 procent poptávky elektřiny na Zemi.

2.1 Podstata

Fotony slunečního záření dopadají na přechod P-N a svou energií vyřázejí elektrony z valenčního pásu do pásu vodivostního (uvolňují je z pevných vazeb na atomy krystalové mřížky). Takto vzniklé volné elektrony se pomocí elektrod odvedou u nejjednodušších systémů přímo ke spotřebiči, případně do akumulátoru. Pro napájení běžných domácích elektrospotřebičů na střídavý proud je nutno doplnit střídač, který energii převede na střídavé napětí o velikosti a frekvenci shodné s distribuční soustavou.

V nejjednodušším solárním článku jsou vytvořeny dvě vrstvy s rozdílným typem vodivosti. V jedné z vrstev – materiál typu N – převažují negativně nabitě elektrony, kdežto v druhé vrstvě – materiál typu P – převažují "díry", které se dají popsat jako prázdná místa, která snadno akceptují elektrony. V místě, kde se tyto dvě vrstvy setkávají – P-N přechod – dojde ke spárování elektronů s děrami čímž se vytvoří elektrické pole, které zabrání dalším elektronům v pohybu z N-vrstvy do P-vrstvy.

Za normálních okolností jsou elektrony v polovodičovém materiálu pevně vázány k atomům krystalové mřížky, materiál je nevodivý. Například každý atom křemíku má čtyři valenční elektrony. Přídáním velmi malého množství prvku s větším počtem valenčních elektronů (donor) se vytvoří oblast s vodivostí typu N, v níž se vyskytují volné elektrony, které mohou přenášet elektrický náboj. Naopak příměs prvku s menším počtem elektronů vytvoří oblast s vodivostí typu P, v níž se krystalovou mřížkou pohybují "díry" – místa, kde chybí elektron. Při zachycení fotonu o dostatečné energii (odpovídající vlnové délce) v polovodičovém materiálu vznikne jeden pár elektron-díra. Je-li vnější

obvod uzavřen, pohybují se tyto nositele náboje opačným směrem, elektrony k záporné elektrodě, díry ke kladné.

Solární články vyžadují ochranu před vlivy prostředí, proto se umísťují mezi ochranné vrstvy, obvykle sklo a plastovou fólii, ale používají se i dvě skla nebo jiné kombinace materiálů. Protože napětí jednoho článku je nízké, propojují se články sériově do větších panelů. Jeden solární panel poskytuje dostatek energie (do cca 300 W) pro napájení jednoduchých zařízení jako je rozhlasový přijímač. Pro napájení větších spotřebičů nebo v případě fotovoltaických elektráren jsou jednotlivé solární panely propojeny do větších systémů.

2.1.1 Moderní technologie

V současné době se vyvíjí takzvaná třetí generace fotovoltaiky. Nosnou myšlenkou této generace fotovoltaiky je zvýšení účinnosti za použití tenkovrstvých technologií, pokud možno při použití netoxických, hojně se vyskytujících materiálů. Zvýšení účinnosti lze dosáhnout obejitím Shockleyova-Queisserova limitu pro fotovoltaický článek s jedním polovodičovým přechodem použitím struktur s větším počtem P-N přechodů. Teoreticky byly navrženy i jiné principy, dosud se však nepodařilo je experimentálně ověřit. Shockleyův-Queisserův limit definuje maximální účinnost fotovoltaického článku s jedním P-N přechodem. Další možnosti, jak zvýšit účinnost fotovoltaického článku je modifikace spektra záření dopadajícího na P-N přechod konverzí vysokoenergetických fotonů nebo nízko-energetických fotonů na fotony o energii, která nejlépe odpovídá fyzikálním vlastnostem P-N přechodu.

Každý z výše uvedených přístupů má své výhody a nevýhody a nacházejí se v různých stupních vývoje.

2.2 Vývoj

2.2.1 Dějiny fotovoltaiky

Fotoelektrický jev byl objeven v roce 1839 francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquelem. V roce 1876 objevili stejný efekt pro selenové krystaly pánové William G. Adams a Richard E. Day. V roce 1905 se Albertu Einsteinovi podařilo fotoelektrický jev vysvětlit, za což získal v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku. Po mnoha letech (během nichž bylo učiněno mnoho vynálezů a objevů) se v roce 1954 povedlo pánům Drylovi Chapinovi, Calvinu Fullerovi a Geraldovi Pearsonovi vyvinout první článek s účinností vyšší než čtyři procenta. Fotovoltaické články našly první praktické použití koncem padesátých let pro napájení satelitů. První družice napájená solárními panely se jmenovala Vanguard I. Tato družice byla vypuštěna na oběžnou dráhu 17. března 1958. Díky poptávce leteckého průmyslu během šedesátých a sedmdesátých let minulého století došlo k významnému pokroku ve vývoji těchto technologií.

Díky energetické krizi v sedmdesátých letech a zvýšeného povědomí o životním prostředí se alternativní zdroje energie staly politicky zajímavými. Došlo k úpravě zákonů a vytvoření programů na podporu fotovoltaiky. Lídry jsou v této oblasti jsou zejména Německo, USA a Japonsko.

2.3 Současnost

Fotovoltaické systémy rychle rostou ze zanedbatelné úrovně na celkovou světovou kapacitu 139 gigawattů (GW), na konci roku 2013. Celkový výkon všech světových FV článků za kalendářní rok je asi 160 miliard kWh elektřiny. To je dostatečné na pokrytí ročních potřeb 40 milionů domácností ve světě a představuje to 0,85 procent celosvětové poptávky po elektřině. Více než 100 zemí využívá solární fotovoltaické články. Nejrychleji rostoucím trhem je nyní Čína, následovaná Japonskem a Spojenými státy Americkými, zatímco Německo je stále největším světovým výrobcem, uspokojující takto téměř 6 procent svých národních požadavků elektřiny. Fotovoltaika je nyní po vodní a větrné energii, třetí nejdůležitější zdroj energie z obnovitelných zdrojů, pokud jde o celosvětově instalovaného výkon (nepočítaje solární zisky a biomasu).

Zpráva Evropské asociace fotovoltaického průmyslu (EPIA) z roku 2014 odhaduje, že globální instalace panelů v roce 2014 vzroste o 35 až o 52 GW. O Číně se předpokládá, že se v roce 2016 ujme od Německa vedení a stane se největším světovým výrobcem elektřiny z fotovoltaiky. Předpokládá se, že do roku 2018 se po celém světě fotovoltaická kapacita během pěti let zdvojnásobí (nízký scénář 320 GW) nebo dokonce ztrojnásobí (vysoký scénář 430 GW). EPIA také odhaduje, že fotovoltaika bude uspokojovat 10 až 15 procent poptávky po energii v Evropě v roce 2030.

Scénář EPIA a Greenpeace "Posun paradigmatu solární generace" (dříve zvaný pokrokový scénář) z roku 2010 ukazuje, že do roku 2030 by 1845 GW fotovoltaických systémů mohlo po celém světě generovat přibližně 2 646 TWh elektřiny za rok. V kombinaci se zlepšením účinnosti využívání energie, by to znamenalo uspokojení potřeb po elektřině více než 9 procent světové populace. V roce 2050 by více než 20 procent veškeré elektřiny mohlo pocházet z fotovoltaiky.

Cena fotovoltaiky se díky neustálému vývoji technologií a masivní výrobě neustále snižuje (viz i graf vpravo). Díky finančním pobídkám, dotacím a výhodným tarifním podmínkám pro energii z fotovoltaiky dochází v mnoha zemích k prudkému nárůstu instalací.

2.4 Výhody

- ✓ Množství sluneční energie dopadající na zemský povrch je tak obrovské, že by současnou spotřebu pokrylo 6000 krát – na zemský povrch dopadá 89 petawatů přičemž naše spotřeba činí 15 terawatů. Solární energie má také nejvyšší hustotu výkonu (celosvětový průměr je 170 W/m²) ze všech známých zdrojů obnovitelné energie.
- ✓ Během výroby elektrické energie fotovoltaický systém neznečišťuje životní prostředí. Znečištění během výroby a likvidace zařízení se dá udržet pod kontrolou za použití již známých

metod likvidace elektroodpadu. Také se pracuje na vývoji technologií na recyklaci zařízení po skončení jejich užitečného života.

- ✓ Fotovoltaické systémy vyžadují minimální údržbu po jejich nainstalování. Provozní náklady jsou tudíž extrémně nízké ve srovnání s existujícími technologiemi, náklady na vybudování těchto systémů ale nejsou triviální.
- ✓ Díky vysoké, státem garantované, podpoře je návratnost investice velmi rychlá.
- ✓ Pokud je fotovoltaický systém připojen na síť, energie může být spotřebována místně a tudíž snížit celkové ztráty rozvodné soustavy.

2.5 Nevýhody

- ✗ Instalace fotovoltaických systémů již není velmi drahá jak tomu před rokem 2014. Proto státy, které chtějí fotovoltaiku podpořit, přenášejí zákonnými úpravami tyto náklady na daňové poplatníky nebo spotřebitele elektřiny. Jedná se o různá daňová zvýhodnění, garantovanou výkupní cenu a jiné.
- ✗ Nainstalovaný systém nelze přemístit pokud se majitel objektu odstěhuje. To bylo ve Spojených státech vyřešeno patřičnou daňovou legislativou. Nebo nejsou instalováno pomocí zemních vrtů, které je možné převrtat kamkoli.
- ✗ Elektrická energie generovaná fotovoltaickými systémy dosáhla v 2014 tzv. parity s energií z fosilních zdrojů.
- ✗ Solární energie není k dispozici v noci a je velmi nespolehlivá za špatného počasí (mlha, déšť, sníh). Tudíž je nutná instalace systémů, které chybějící energii nahradí.
- ✗ Výkon fotovoltaických panelů se výrazně snižuje, pokud jsou pokryty vrstvou sněhu.
- ✗ Solární panely produkují stejnosměrný proud, který musí být pomocí střídače převeden na proud střídavý což způsobuje další ztráty ve výši 4-12 %.
- ✗ Fotovoltaické články postupem času snižují svou účinnost tedy dodávaný výkon. Pokles výkonu je přibližně 1 % za rok provozu.

Zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika>

3 Fotovoltaický článek

Fotovoltaický článek je velkoplošná polovodičová dioda schopná přeměňovat světlo na elektrickou energii. Využívá při tom fotovoltaický jev.

3.1 Historie

Fotovoltaický jev poprvé pozorovali William Grylls Adams a jeho žák Richard Evans Day v roce 1876. První fotovoltaický článek však byl sestaven až v roce 1883 Charlesem Frittssem, který potáhl polovodivý selen velmi tenkou vrstvou zlata. Jeho zařízení mělo pouze jednorozhodný účinnost. V roce 1946 si nechal patentovat konstrukci solární článku Russel Ohl. Současná podoba solárních článků se zrodila v roce 1954 v Bell Laboratories. Při experimentech s dopovaným křemíkem byla objevena jeho vysoká citlivost na osvětlení.

Výsledkem byla realizace fotovoltaického článku s účinností kolem šesti procent. Význam fotovoltaiky se projevil zvláště v kosmonautice, kde fotovoltaika tvoří prakticky jediný zdroj elektrické energie pro umělé družice Země. Prvou družicí s fotovoltaickými články byla americká družice Vanguard I, vypuštěná na oběžnou dráhu 17. března 1958.

Na začátku sedmdesátých let se fotovoltaické články dostaly z laboratoří a z kosmického prostoru i na zem, z velké části díky ropným společnostem těžícím v Mexickém zálivu. Na automatických ropných plošinách je elektrická energie potřebná pro osvětlení (maják) a pro ochranu proti korozi. Fotovoltaické články zcela vytlačily do té doby používané primární články elektrické energie.

3.2 Různé technologie výroby

3.2.1 Technologie tlustých vrstev

Fotovoltaický článek je tvořen polovodičovou P-N diodou. Tyto články se vyrábějí z křemíkových plátek, ať už z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku. V současné době se touto technologií vyrábí více než 85 % solárních článků na trhu.

3.2.2 Technologie tenkých vrstev

Fotovoltaický článek je tvořen nosnou plochou (například sklem, textilií a podobně), na které jsou napařené velmi tenké vrstvy amorfního nebo mikrokrytalického křemíku. Množství materiálu, použitého pro výrobu tenkovrstvého fotovoltaického článku, je nižší, než u tlustých vrstev, takže články jsou levnější. Nevýhodou současných tenkovrstvých fotovoltaických článků je nižší účinnost a nižší životnost.

3.2.3 Nekřemíkové technologie

Na rozdíl od předešlých dvou se pro konverzi světla na elektrickou energii nepoužívá tradiční P-N polovodičový přechod. Používají se různé organické sloučeniny, polymery a podobně. Tyto technologie jsou většinou ve stadiu výzkumů.

Vzhledem k možnému masovému využití fotovoltaických článků, jejichž výrobní cena by byla podstatně nižší než v současnosti, probíhá také výzkum fotovoltaických článků pracujících s jinými fotocitlivými materiály než je křemík. Jednou z možností jsou vodivé polymery; např. v listopadu 2005 se podařilo výzkumné skupině na University of California v Los Angeles dosáhnout zatím maximální účinnosti 4,4 %.

3.3 Výroba solárních článků

Velká část dnes používaných článků je vyráběná z monokrystalického (případně polykystalického) dotovaného P křemíku. Polykystalické křemíkové ingoty se vyrábějí se čtvercovým průřezem, vhodným pro výrobu solárních článků. Kulaté monokrystalické ingoty se často ořezávají na pseudočtvercový průřez, aby byla lépe využita plocha solárních panelů. Ingoty se rozřežou na tenké destičky (maximálně 1/3 mm).

Na těch se pak vytvoří leptáním textura (destička zmatní a lépe pohlcuje světlo). Destička se poté dopuje fosforem, čímž se vytvoří polovodičový P-N přechod, vybaví se antireflexní vrstvou nitridu (článek získá tmavě modrou barvu), a vodivou pastou se sítotiskem vyrobí metalizace na zadní i přední straně. Poté se článek vypálí (sintruje) – vytvoří se vodivé propojení metalizace s křemíkem. Hotové články se spojují do série (a/nebo paralelně) pájenými plochými kovovými pásky a montují se do fotovoltaických panelů.

3.4 Koncentrátorové články

Aby se lépe využily drahé solární články, je možné použít odrazné plochy (zrcadla) nebo čočky, které koncentrují sluneční záření na solární článek a umožňují osvětlovat článek mnohem vyššími intenzitami světla. Pro práci takového systému je potřeba přimontovat panel do zařízení pro sledování slunce (tracker) a články je nutné chladit.

Běžně vyráběné fotovoltaické články jsou určené pro práci při osvětlení slunečním zářením o intenzitě $1\text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ (1 slunce). Především metalizace běžných fotovoltaických článků není uzpůsobená vyššímu proudovému zatížení, proto se používají speciální koncentrátorové solární články.

3.5 Účinnost

Sluneční světlo vzniká termonukleární reakcí ve slunečním centru při teplotách okolo 15 miliónů Kelvinů. Na povrchu Slunce už je teplota kolem 6 tisíc Kelvinů.

Zářivý výkon celého slunce je $3,85 \cdot 10^{23}$ kW. Většina tohoto výkonu se vyzáří do prostoru a k Zemi dorazí jen asi půl miliardy. I tak je to výkon $1,744 \cdot 10^{14}$ kW na celou ozářenou polokouli.

Země obíhá kolem Slunce ve vzdálenosti 150 milionů kilometrů. Energetická hustota slunečního záření v této vzdálenosti je ve vakuu $1367 \pm 7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Tato energie je rozložena do elektromagnetického spektra přibližně odpovídající záření absolutně černého tělesa o teplotě 5700 K.

Při průchodu atmosférou se část sluneční energie ztratí. Asi $300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ se v atmosféře absorbuje, kolem $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ se rozptýlí. Část rozptýlené energie přispívá k celkovému osvětlení jako difuzní záření oblohy. Účinnost solárních článků se měří při definovaném osvětlení AM1.5 – energetická hustota tohoto spektra je $1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, ale silně závisí na průhlednosti atmosféry.

Energie fotonu, která překračuje potřebnou hranici pro výrobu elektřiny, se mění v teplo. Ve fotovoltaickém článku tak lze na elektřinu přeměnit teoreticky maximálně padesát procent dopadajícího světla. Prakticky se dosahuje účinnosti asi patnáct procent u průmyslově vyráběných článků. U experimentálních laboratorně vyráběných článků se dosahuje účinnosti až třicet procent.

U současných tenkovrstvých článků dosahuje účinnost přibližně 8-9 procent, časem se však snižuje mnohem rychleji, než u tlustovrstvých článků. V roce 2006 Národní laboratoř pro obnovitelnou energii (USA) představila články využívající trojnásobné přechody s efektivitou až 40,7 %.

3.6 Výkon fotovoltaického článku

Výkon fotovoltaických článků a panelů se udává v jednotkách Wp (watt peak – špičková hodnota). Výkon silně závisí na osvětlení a na úhlu dopadajícího světla, proto se výkon článků měří při definovaných podmínkách.

V praxi bývá většinu doby výkon článku nižší, protože článek není natočen přesně na slunce a světlo prochází v závislosti na denní době různou vrstvou atmosféry. Navíc je množství dopadajícího slunečního záření silně závislé na oblačnosti.

3.7 Využití

Solární články mají mnoho aplikací. Dříve se používaly solární články především v kosmonautice. Od sedmdesátých let pronikají díky snížení cen fotovoltaické články i do míst, kde není k dispozici zdroj elektrické energie ze sítě, například na ropné plošiny, koncová světla železničních vagónů, retranslační stanice v telekomunikacích nebo na pobřežní majáky. V zemích, kde neexistuje energetická síť v rozsahu podobném Evropskému, se používá fotovoltaika pro zásobování domácností elektřinou nebo třeba pro pohon vodních čerpadel. U nás se používá fotovoltaika například na jachtách, karavanech nebo na odlehlých místech, například horských chatách.

V našich podmínkách se fotovoltaické systémy často připojují na jednotnou energetickou síť, kde by v budoucnu mohly velmi dobře sloužit k vyrovnaní zvýšené spotřeby elektrické energie v denních hodinách.

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltack%C3%BD_%C4%8DI%C3%A1nek

4 Solární panel

Solární panel je tvořen solárními (fotovoltaickými) články, které mohou být tvořeny polovodičovými nebo organickými prvky, které mění elektromagnetickou energii světla v energii elektrickou. Přímou přeměnou světla na elektrickou energii se dnes zabývá samostatná specializace. Fotoelektrický efekt vysvětluje vznik volných elektrických nosičů dopadem záření. Celkově se daří za pomoci křemíkových solárních panelů přeměnit v elektrickou energii jen asi 17 % energie dopadajícího záření. Při použití organických solárních panelů vyvinutých v Izraeli by měla být účinnost až 25 %. Teoretická maximální účinnost pro jeden přechod je 34 % (tzv. Shockley-Queisser limit).

4.1 Typy

4.1.1 Křemíkový solární panel

Solární články jsou tvořeny polovodičovými plátky tenčími než 1 mm. Na spodní straně je plošná průchozí elektroda. Horní elektroda má plošné uspořádání tvaru dlouhých prstů zasahujících do plochy. Tak může světlo na plochu svítit.

Povrch solárního článku je chráněn skleněnou vrstvou sloužící jako antireflexní vrstva. A tak je zabezpečeno, aby co nejvíce světla vniklo do polovodiče. Antireflexní vrstvy se většinou tvoří napařením oxidu titanu. Tím získá článek svůj tmavomodrý vzhled.

Jako polovodičový materiál se používá převážně křemík. Jiné polovodičové materiály, např. arsenid gallitý, sulfid kademnatý, telurid kademnatý, selenidy mědi a india, nebo sulfidy gallia, se zatím zkoušejí. Krycí sklo chrání povrch solárních článků i před vlivy prostředí.

4.1.2 Organický solární panel

Novou technologii výroby sluneční energie za pomoci speciální techniky, pomocí fotosyntézy vyvinuli izraelští vědci z Telavivské univerzity. Novou technologií by měly být geneticky zkonstruované bílkoviny, které mají využívat fotosyntézu k výrobě elektrické energie. Nové články by měly být levnější než současné křemíkové. 1 m² solárního panelu na křemíkové bázi v současné době vyjde na 200 dolarů, zatímco stejná plocha solárního panelu z geneticky zkonstruované bílkoviny (*Protein Structure Initiative, PSI*) vyjde na 1 dolar. Větší má být i účinnost, která se má zvýšit z 12-14 % u křemíkových panelů až na 25 %. Nová technologie je umožněna díky poznatkům z genetického inženýrství a nanotechnologií.

4.1.3 Fotovoltaické fólie

Jiným typem solárních článků jsou takzvané „thin film solar cells“, neboli tenkovrstvé solární články, někdy přezdívaných **fotovoltaické fólie**. Fotovoltaické fólie se dají nanášet na poměrně velké plo-

chy pomocí technologie, která je principiálně shodná s inkoustovou tiskárnou. Fotovoltaické fólie se dají tisknout v širokých a dlouhých pásech na ohebné podklady. Polovodičová vrstva je široká asi jen jeden mikrometr.

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_panel

5 Fotovoltaika v Česku

Fotovoltaika je v Česku jeden ze způsobů získávání elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, které jsou podporovány státem dle zákona č. 165/2012 Sb. V letech 2009 a 2010 došlo podle původního zákona č. 180/2005 Sb. ke skokovému snížení ceny fotovoltaických panelů na trhu a návratnost investice do fotovoltaiky v Česku se tak snížila z plánovaných 15 let na přibližně 6–7 let.

5.1 Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Státní podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie byla v České republice vyhlášena zvláštním zákonem č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, tj. energie větru, slunečního záření, geotermální energie, vodní energie, energie půdy, biomasy, skládkového plynu, kalového plynu a bioplynu. Vyhlášené dotační podmínky vedly zejména v letech 2009 a 2010 k prudkému nárůstu výstavby solárních elektráren od malých až po velkoplošné, který způsobil hrozbu zdražení elektrické energie pro odběratele ve státě o desítky procent. Kritická situace vedla vládu k tomu, že nechala v režimu legislativní nouze v září 2010 schválit novelu zákona, která pro další nově postavené solární elektrárny, zejména velkoplošné, podporu značně omezuje. Elektrárny postavené do konce roku 2010 však mají zaručeny extrémně zvýhodněné výkupní ceny elektřiny na dobu 20 let. Zákon pak byl od 1. ledna 2013 nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie.

5.1.1 Kritika

Na pražském semináři Centra pro ekonomiku a politiku s názvem *Fotovoltaika a růst cen elektřiny* v říjnu 2010 vyslovil Václav Klaus pochybnosti o tom, zda je vláda schopna regulovat cenu elektřiny tak, aby nedošlo k prudkému zvýšení ceny elektrické energie v důsledku dotace fotovoltaiky státem.

František Matějka (bývalý místopředseda Strany svobodných občanů) začal organizovat podání hromadného trestního oznámení proti podpoře obnovitelných zdrojů.

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaika_v_Česku

6 Fotovoltaická elektrárna Dukovany

Fotovoltaická elektrárna Dukovany (původně **FVE Mravenečník**) byla první česká sluneční elektrárna v České republice s výkonem 10 kW. Je tvořena 200 fotovoltaickými panely o celkové účinné ploše 75 m². V letech 1997–2002 byla součástí komplexu větrných elektráren na hoře Mravenečník. V současné době se nachází v areálu jaderné elektrárny Dukovany (kam byla přesunuta z původní lokace kvůli tamnímu řádění vandalů (z doslechu v JA Dukovany) jako součást jejího informačního střediska a slouží k demonstračním účelům. Svůj výkon využívá na necelých 10 %, roční časové využití je cca 40 %, ročně se zde vyrobí téměř 8 000 kWh.

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotovoltaick%C3%A1_elektr%C3%A1rna_Dukovany