

# Slnečná elektrina a perspektívy jej výroby na Slovensku

*M. Šúri: Solar Electricity and Prospects of its Generation in Slovakia. Život. Prostr., Vol. 40, No. 3, p. 127 – 132, 2006.*

Photovoltaics has become an industry with high dynamics and growing markets as a result of successful policies in Japan, Germany, and a few states in the European Union and USA. However, there are still regions where this environmentally friendly energy technology is not duly appreciated. People often perceive present higher costs and they lack sufficient understanding of the technology strengths, and opportunities for sustainable social and economic development. The paper provides an overview of the current state of the photovoltaics and its potential use in Slovakia. Based on a literature review, the present knowledge of environmental impacts of the technology is outlined. Finally, the societal benefits related to creation of jobs, regional development, industrial revitalisation, innovation, research and education are mentioned. Experience from several European countries shows that simple, effective, stable and transparent policy attracts investments, and provides inhabitants with options to decide about their energy future.

Fotovoltaika je súbor technológií, ktoré s využitím polovodičových materiálov premieňajú slnečné svetlo (fotóny) na elektrinu. Proces energetickej premeny je priamy (bez medzistupňov) a neuvolňuje sa pri ňom žiadne emisie skleníkových plynov alebo častíc.

Vývoj fotovoltických (FV) technológií bol motivovaný pred viac ako 50 rokmi potrebou zabezpečiť energiu pre satelity. Pre vysoké ceny sa ich ďalšie využitie obmedzilo len na vybrané aplikácie, napr. v spotrebnej elektronike. Až zníženie cien polovodičov v 90. rokoch bolo impulzom rozvoja systémov na distribuovanú výrobu elektriny.

Najväčšou bariérou využívania fotovoltiky je vyššia investičná náročnosť v porovnaní s tradičnými energetickými technológiami. Príklady z Nemecka, Japonska, ale aj niektorých štátov USA a Európskej únie však poukazujú na to, že podpornými opatreniami možno zabezpečiť výrazný rast trhu. Význam podpory trhu spočíva v tom, že sa vytvára tlak na inováciu, zvyšovanie efektivity a znižovanie výrobných nákladov. Napriek 40 % medziročnému rastu priemyselnej produkcie v ostatných 6 rokoch (Euroserver, 2006), fotovoltaika je v niektorých regiónoch Európy stále málo uznávaná, čo súvisí okrem iného aj s nedostatočnou informovanosťou.

Cieľom príspevku je nadviazať na niektoré predchádzajúce práce (napr. Šály, Ružinský, 2005), stručne

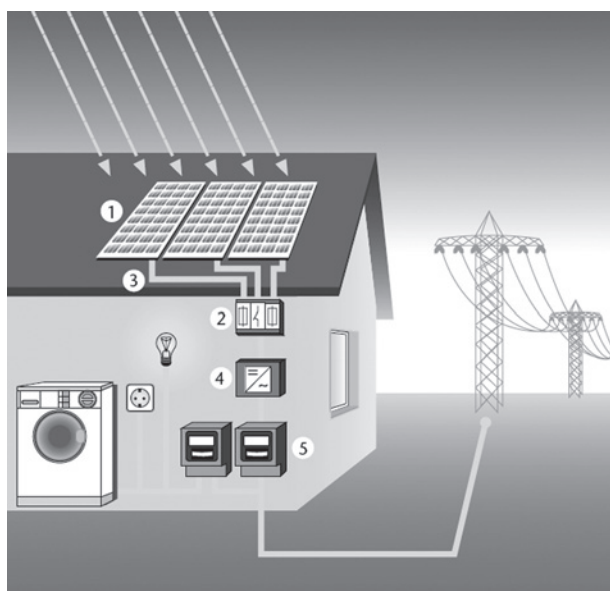
zhodnotiť potenciál fotovoltiky na Slovensku v kontexte svetového vývoja a poukázať na environmentálne a socioekonomické aspekty jej využitia.

## Fotovoltické technológie

Najčastejšie používaný materiál na výrobu FV článkov je *kryštalický kremík* (približne 90 % súčasnej výroby). Hoci je kremík najrozšírenejší prvok na Zemi, jeho spracovanie do formy polovodiča je technologicky náročné. Základnou jednotkou fotovoltických systémov na báze kryštalického kremíka sú články (*solar cells*), ktoré sa spájajú do modulov (panelov).

Pri moduloch druhej generácie sa fotovolticky aktívne *tenké vrstvy* (amorfný kremík, zlúčeniny CdTe, CIS atď.) nanášajú na rôzne podklady. Výhodou tohto postupu je vysoká materiálová úspornosť, nižšie výrobné náklady a lepšia integrácia do stavebných prvkov budov.

Účinnosť premeny slnečnej energie na elektrickú pri súčasných moduloch je od 4 – 11 % (tenké filmy) až po 13 – 18 % (kryštalický kremík). Na rozdiel od konvenčných energetických zariadení, efektívnosť výroby slnečnej elektriny nezávisí od veľkosti systému, ten možno škálovať od mikrosystémov až po rozsiahle elektrárne.



1. Princíp fungovania fotovoltického systému pripojeného do siete: 1 – FV moduly, 2 – elektroinštalčná skrinka s ističmi, 3 – kabeláž, 4 – menič napätia, 5 – elektromer a elektrické istenie

Veľkosť FV systému  $P_k$  sa vyjadruje wattmi špičkového zafarženia (*watt-peak*,  $W_p$ ) a charakterizuje nominálny energetický výkon (*peak power*) konkrétnej plochy FV modulov ( $m^2$ ) v štandardných testovacích podmienkach (pri konšt. žiarení  $1\,000\,W\cdot m^{-2}$  pri povrchovej teplote  $25\,^{\circ}C$ ). V prípade kryštalického kremíka typická zostava s výkonom  $1\,kW_p$  obsahuje niekoľko modulov s celkovou plochou  $8 - 10\,m^2$ .

Reálny výkon FV systému je oproti nominálnemu približne o 25 % nižší, 8 – 12 % strát je z poklesu výkonu modulov vplyvom vyššej teploty prostredia (v prípade kryštalického kremíka) a zvyšok (okolo 15 %) sú systémové straty spôsobené variabilitou slnečného žiarenia, meničom napätia, kabelážou atď. Celková účinnosť systému ( $r_p$ ), t. j. pomer medzi reálnym a nominálnym výkonom, býva okolo 0,75.

Vyrobenú slnečnú elektrinu  $E$  (kWh) z FV zariadenia s nominálnym výkonom  $P_k$  ( $W_p/1\,000\,W\cdot m^{-2}$ ) a celkovou účinnosťou  $r_p$  možno odhadnúť z globálneho slnečného žiarenia  $G$  ( $kWh\cdot m^{-2}$ ):

$$E = P_k \cdot r_p \cdot G.$$

Fotovoltaika sa vyznačuje vysokou spoľahlivosťou. Výrobcovia modulov garantujú ich životnosť 20 rokov, ale na základe skúseností z prevádzky najstarších modulov sa predpokladá, že dosiahne 25 – 30 rokov. Nižšiu životnosť majú meniče.



2. Fotovoltická pergola v Barcelone (Španielsko), postavená r. 2004. Nominálny výkon FV systému je  $444\,kW_p$  s celkovou plochou FV modulov  $5\,600\,m^2$ . Foto: autor

Podľa účelu a požadovaného výkonu sa FV technológia na distribuovanú výrobu elektriny používa v dvoch základných konfiguráciách:

- **Systémy pracujúce v samostatnom režime (off-grid)** pozostávajú z FV modulov, batérie a kontrolného mechanizmu chrániaceho batériu pred nadmerným nabíjaním a vybitím. Väčšie systémy môžu obsahovať aj menič napätia na transformáciu jednosmerného prúdu na striedavý s napätím 220 V. Malé systémy (niekoľko desiatok až stoviek  $W_p$ ) sa používajú na napájanie telekomunikačnej, navigačnej a signalizačnej techniky. Väčšie systémy (niekoľko stoviek  $W_p$  až  $kW_p$ ) sa používajú na zásobovanie sídel mimo dosahu rozvodnej siete a horských chát. Očakáva sa, že zohrajú kľúčovú úlohu pri elektrifikácii vidieckych oblastí tretieho sveta.

- **Systémy pripojené do elektrickej rozvodnej siete (grid-connected)** obsahujú súbor FV modulov, menič napätia, zariadenie na meranie a sieťovú ochranu (obr. 1). Tieto systémy v Európe dominujú (95 % celkovej inštalovanej kapacity r. 2005; Euroserver, 2006). Pripojenie do siete zvyčajne zabezpečujú dva elektromery, jeden meria slnečnú elektrinu dodávanú do siete a druhý elektrinu, ktorú domácnosť zo siete odoberá. Najčastejšie sa používajú systémy s kapacitou 1 – 5  $kW_p$  na strechách rodinných domov. Z hľadiska in-

vestora je atraktívne budovať väčšie inštalácie na strechách polyfunkčných budov a slnečných elektrární mimo zastavaného územia s výkonom 1 – 5 MW<sub>p</sub>. (Na porovnanie – 1 ha pôdy s inštalovanými FV modulmi predstavuje nominálnu kapacitu približne 1 MW<sub>p</sub>).

### Fotovoltaika vo svete a na Slovensku

Svetová produkcia r. 2005 predstavovala 1 700 MW<sub>p</sub> modulov s obratom 8 mld. eur. Koncom toho istého roku bola v EÚ inštalovaná kapacita FV systémov 1 794 MW<sub>p</sub> (Euroserver, 2006), väčšina z nich v Nemecku (1 537 MW<sub>p</sub>), oveľa menej v Španielsku (58), Holandsku (51), Taliansku (36), Francúzsku (33), Luxembursku (23) a Rakúsku (21 MW<sub>p</sub>). V 11 krajinách EÚ je inštalovaná kapacita výrazne nižšia ako 1 MW<sub>p</sub>. Napr. na Slovensku je to len 0,06 MW<sub>p</sub>, pričom ide len o systémy pracujúce v samostatnom režime.

Rozdiely však nekorešponujú s klimatickými pomermi v Európe, dynamiku rozvoja fotovoltaiky podmieňujú politické opatrenia a dĺžka ich garancie. Vo väčšine štátov EÚ existujú rôzne kombinácie podporných opatrení (viac v článku L. Polonca na s. 122), ich účinok je však rozdielny. Jediný stabilný rast FV trhu zaznamenáva Nemecko, vďaka atraktívnym výkupným cenám s garanciou 20 rokov a jednoduchým predpisom. Po prijatí podobných opatrení napr. v Španielsku, Taliansku a Českej republike sa otvárajú nové perspektívy aj týmto krajinám.

V súčasnosti sa výrobná cena slnečnej elektriny na Slovensku pohybuje približne v rozsahu 11 – 17 Sk.kWh<sup>-1</sup> (pri uvažovanej garantovanej životnosti FV systému 20 rokov a cene 150 000 – 220 000 Sk/ kW<sub>p</sub>, 1 euro = 37 Sk; pozri Dunlop et al., 2006). Úrad pre reguláciu sieťových odvetví (ÚRSO) stanovil na r. 2006 výkupnú cenu slnečnej elektriny 8 Sk.kWh<sup>-1</sup>, ale chýba dlhodobá garancia, ktorá by zabezpečovala návratnosť investície.

### Potenciál výroby slnečnej elektriny na Slovensku

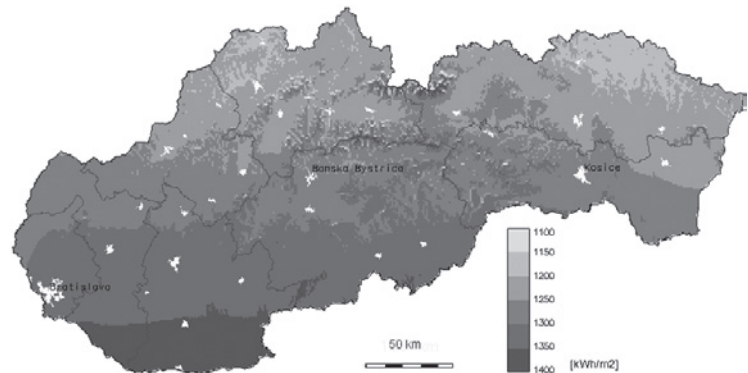
Nie každému je na prvý pohľad zrejmé, že slnečná energetika môže prispieť k výrobe elektriny aj v klimatických pomeroch Slovenska. Slnečnej energie dopadajúcej na zemský povrch je veľký prebytok, ale s nízkou hustotou, okrem toho sa vyznačuje sezónnou a dennou variabilitou ovplyvnenou aj počasím. Väčši-

Tab. 1. Ročná energia globálneho žiarenia a potenciál výroby slnečnej elektriny v zastavanom území Slovenska

	Montáž FV modulu							
	horizontálna		vertikálna		optimálny sklon		sledovací systém	
	G	E	G	E	G	E	G	E
Minimum	1 015	760	780	585	1 160	870	1 450	1 090
Priemer	1 120	840	880	660	1 280	960	1 615	1 210
Maximum	1 205	905	940	705	1 370	1 030	1 760	1 320

Zdroj: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/pv/>

G- ročná energia globálneho žiarenia (kWh.m<sup>-2</sup>), E – potenciál výroby slnečnej elektriny (kWh/1 kW<sub>p</sub>)

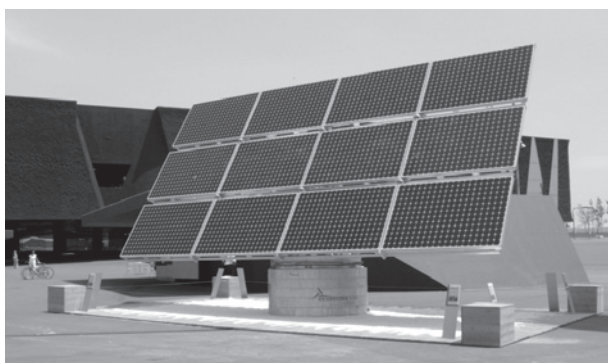


3. Ročný úhrn energie globálneho slnečného žiarenia [kWh.m<sup>-2</sup>] dopadajúceho na rovinu naklonenú v optimálnom uhle (34 – 37 °).

Zdroj: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/pv/>.

na FV systémov však nepotrebuje priame slnečné žiarenie, vyrábajú elektrinu aj pod mrakmi, a ich výkon závisí od sklonu a orientácie modulov.

Tab. 1 poskytuje prehľad o energii slnečného žiarenia dopadajúceho na horizontálnu a naklonenú rovinu, ako aj o potenciáli výroby slnečnej elektriny na Slovensku. FV moduly sa najčastejšie montujú pri optimálnom sklone (na Slovensku 34 – 37 °) s južnou orientáciou, s cieľom maximalizovať energetický zisk zo slnečného žiarenia. Najvhodnejšie klimatické podmienky má juh Podunajskej nížiny, menej priaznivé Kysuce, Orava a Nízke Beskydy (obr. 3). FV moduly sa montujú aj vertikálne, ako obkladový materiál na fasády budov, ich nevýhodou však je nižší príkon slnečného žiarenia. Väčšie slnečné elektrárne využívajú sledovacie systémy (*tracking systems*), ktoré maximalizujú príkon slnečnej energie natáčaním FV modulov v smere pohybu Slnka počas celého dňa (obr. 4).



4. Fotovoltický sledovací systém na výstave v Barcelone. Foto: autor

Pri optimálnom sklone FV modulov sa 52 – 57 % celoročnej produkcie elektriny vyrobí v mesiacoch máj až august. Sezónne výkyvy možno ovplyvniť naklonením FV modulov (obr. 4). Zo sezónnej a dennej variability a výkyvov počasia vyplýva, že celoročná využiteľnosť FV systémov (*capacity factor*) sa na Slovensku pohybuje okolo 7 – 15 %, čo je menej ako pri tradičných energetických technológiách (jadrová elektráreň dosahuje približne 90 %).

Teoreticky (t. j. odhliadnuc od sezónnych výkyvov), na pokrytie celkovej spotreby elektriny na Slovensku by bolo potrebných ca 30 GW<sub>p</sub> inštalovaného výkonu, čo predstavuje približne 285 km<sup>2</sup> FV modulov z kryštallického kremíka, naklonených v optimálnom uhle. V horizonte 15 rokov je na Slovensku reálne dosiahnuť 1 % podiel výroby slnečnej elektriny z celoročnej spotreby (EPIA, 2004), potrebná inštalovaná kapacita (300 MW<sub>p</sub>) predstavuje približne 0,6 m<sup>2</sup> FV modulov na obyvateľa.

Takýto podiel slnečnej elektriny nenaruší *bezpečnosť dodávok* v existujúcej štruktúre rozvodných sietí, naopak, pomôže pokryť zvýšený dopyt po elektrine počas dňa. Distribuovaný spôsob výroby zabezpečuje, že elektrina sa vyrába v mieste spotreby a v regionálnej mierke vyrovnáva krátkodobé fluktuácie spôsobené dynamickou oblačnosťou. Ďalšie zvyšovanie podielu fotovoltiky bude vyžadovať dobudovanie infraštruktúry prenosových sietí, lepšiu integráciu s inými zdrojmi a posilnenie kapacít na skladovanie elektrickej energie (Jäger-Waldau et al., 2006).

### Environmentálne vplyvy

FV systémy počas prevádzky nezaťažujú životné prostredie, naopak, čím výraznejší podiel dosiahnu, tým výraznejšie sa zníži objem emisií skleníkových ply-



5. Fotovoltický systém pripojený do rozvodnej siete s výkonom 18 kW<sub>p</sub> (Künzell-Keulos, Nemecko). Foto: IBC Solar AG

nov a škodlivých častíc, za ktoré je zodpovedná súčasná energetika. Environmentálne vplyvy sú spojené iba s výrobou FV modulov a ich vyradovaním z prevádzky (Jäger-Waldau, 2004; CA, 2006).

*Energetická návratnosť (energy payback time)*, t. j. množstvo energie, ktoré musí FV systém vyrobiť, aby „splatil“ energiu vynaloženú na jeho výrobu, inštaláciu, údržbu a likvidáciu, je v podmienkach Slovenska 3 – 4 roky (podľa typu a montáže modulov). Počas predpokladanej dĺžky životného cyklu (25 – 30 rokov) FV systém vyrobí 6 – 10-krát viac energie, ako sa pri jeho výrobe spotrebovalo. Vo vyspelých krajinách každý inštalovaný kilowatt FV systému počas jeho životného cyklu zabráni vzniku až 40 t CO<sub>2</sub> (v závislosti od energetickej výrobnéj štruktúry a klimatických pomerov). Zlepšenie týchto parametrov sa dá dosiahnuť znížením spotreby kremíka, nepoužívaním hliníkových rámov a pod.

FV priemysel v dôsledku rýchleho rastu čelí *dočasnému nedostatku polovodičového kremíka*. Kým sa v priebehu 2 – 3 rokov dobudujú chýbajúce výrobné kapacity, očakáva sa, že cena tejto základnej suroviny bude stagnovať. Na druhej strane je tento stav hybnou silou inovácií – znižovania hrúbky kremíkových článkov a zvyšovania ich účinnosti. Zároveň sa začali rozširovať kapacity materiálovo menej náročnej technológie tenkých filmov.

Nedostatok kremíka pri pokračujúcom tempe rastu FV priemyslu možno zabezpečiť dobudovaním výrobných kapacít, *niektoré vzácne prvky* sa však budú musieť nahradiť (napríklad striebro) a zaviesť ich recyklácia (indium, telúr a ruténium).

Pri výrobe modulov sa používajú niektoré rizikové plyny a materiály, ktoré môžu uniknúť do prostredia z poškodených modulov alebo pri požiari. Napriek tomu, že ide o veľmi malé množstvá, vý-

voj sa orientuje na ich elimináciu alebo redukcii. Príkladom, ako možno transformovať *toxické odpadové materiály* je výroba kadmiovo-telúrových tenkých filmov. Kadmium a telúr sa v tomto prípade transformujú na inertný polovodič. Tieto moduly okrem výroby elektriny prinášajú úžitok aj tým, že viažu materiály, ktoré by inak zaťažovali životné prostredie na skládkach.

Hoci FV moduly obsahujú veľmi malé množstvá prvkov, ako napr. olovo v spájke, nie sú klasifikované ako elektronický odpad. Poškodené a použité moduly sa vracajú späť do výrobných závodov, alebo sa spracúvajú a recyklujú v pilotných zariadeniach, ktoré budú expandovať s narastajúcim objemom modulov na konci životného cyklu. Výhodná je *recyklácia* najmä kremíkových článkov, kde sa dá usporiť 70 – 80 % energie v porovnaní s ich výrobou.

Výpočet *externých nákladov* podľa súčasných modelov (napr. ExternE) sa sústreďuje na odhad materiálnych a environmentálnych škôd a dôsledkov na zdravie obyvateľstva a ekosystémov, pričom opomína riziká, ktoré vyplývajú z používania konvenčných energetických technológií, ako je vyčerpanie zdrojov, náklady na bezpečnosť dodávok, nelegálne rozširovanie jadrového materiálu, riziko konfliktov a problém s uložením odpadu.

### Socioekonomické aspekty

Hlavnou bariérou rozvoja slnečnej energetiky sú vyššie výrobné náklady oproti konvenčnej energetike. Pri masovej výrobe a vzniku rozsiahleho trhu však možno náklady znížiť, tento proces však môže urýchliť iba intervencia štátu. Vďaka *legislatívnym a finančným opatreniam* v Japonsku, niektorých štátoch EÚ a USA, prešla fotovoltika obdobím detských chorôb a v ostatných rokoch sa dostala do fázy rýchleho rozvoja. Európska fotovoltická priemyselná asociácia (*European Photovoltaic Industry Association*), považuje za reálne dosiahnuť do r. 2020 inštalovanú kapacitu do siete pripojených systémov 41 000 MW, za predpokladu uplatnenia podporných opatrení aj v ďalších štátoch Európskej únie (EPIA, 2004). Európska komisia r. 2005 demonštrovala podporu tomuto odvetviu založením fotovoltickej technologickej platformy (*PV Technology Platform*).

Pri hodnotení reálnych nákladov a prínosov fotovoltiky treba vidieť súvislosti v širšom kontexte. Napriek vyššej cene je v prvej etape nasadenia tejto technológie objem vyrobenej slnečnej elektriny malý, ale zvýšené náklady, ktorými je spoločnosť (koncoví odberatelia elektriny) zaťažená, sú zanedbateľné v porovnaní s prínosmi.

Fotovoltika má inovačný a znalostný potenciál (know-how) v elektrotechnickom priemysle, informa-



6. Slnečná elektrárňa s výkonom 1,5 MW<sub>p</sub> vo Wiedersbachu (Nemecko). Foto: IBC Solar AG

tike, ale aj ďalších high-tech odvetviach. Hoci v prvej etape sa budú musieť technológie dovážať, postupne sa predpokladá vybudovanie domáceho priemyslu s exportnými perspektívami.

Toto odvetvie *ovplyvní rozvoj pracovného trhu a nových služieb*, a zároveň poskytuje priestor na riešenie vedecko-výskumných projektov. FV má potenciál na prelomové objavy najmä v oblasti fotoniky, nanotechnológií, nových koncepcií slnečných článkov a modulov vrátane organických článkov. Príležitosť na inovácie dostáva elektroenergetika, sieťové odvetvia (správa sietí, inteligentný manažment zdrojov s nestálou výrobou), architektúra (nové prvky, integrácia FV technológií do budov), prírodné, sociálne a ekonomické vedy (analýza a predpovedanie priestorovej dynamiky slnečného žiarenia, dôsledky na mikro- a makroekonomiku atď.).

Podpora vzniku trhu v oblasti fotovoltiky na Slovensku umožní lepšie využiť *financovanie z eurofondov*, priláka *zahraničné investície*, ktoré sa ale v prípade nezájmu presmerujú do susedných krajín alebo Ázie. Stanovenie dlhodobých a reálnych podporných opatrení poskytne príležitosť dotknutým stranám (výrobe, inštalácii, službám a prenosovej sústave) a verejnosti oboznámiť sa s touto technológiou postupne, takže prechod na dynamickejšiu rast trhu bude plynulejší. Imidž fotovoltiky ako modernej environmentálnej technológie veľmi oslovuje mládež, ktorá je schopná si ju rýchlo osvojiť. Stálo by za uváženie včleniť do výučby obdoby vzdelávacieho programu *Slnko do škôl*, ktorý bol úspešný v Nemecku a Českej republike.

FV technológie ponúkajú možnosť voľby energetickej budúcnosti Slovenska majiteľom rodinných do-

Tab. 2. SWOT analýza využitia fotovoltickej technológie na Slovensku

<p><b>Silné stránky</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• všadeprítomný potenciál mnohonásobne prevyšujúci potreby</li> <li>• vysoká flexibilita, modularita, spoľahlivosť</li> <li>• minimálne prevádzkové náklady</li> <li>• minimálne vplyvy na životné prostredie</li> <li>• decentralizovaná výroba elektriny</li> <li>• možnosti integrácie do architektonického riešenia budov</li> <li>• veľký potenciál na inovácie a znižovanie cien FV komponentov</li> </ul>	<p><b>Slabé stránky</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• výkon podmienený sezónnou a dennou variabilitou klímy a fluktuáciami počasia</li> <li>• nižšia celoročná využiteľnosť FV systémov (<i>capacity factor</i>)</li> <li>• nízka informovanosť obyvateľstva a nedostatok skúseností</li> </ul>
<p><b>Príležitosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vznik pracovných príležitostí v high-tech priemysle a službách</li> <li>• prilákanie investícií a využitie štrukturálnych fondov</li> <li>• rozvoj vedných odborov a informačných technológií</li> <li>• inovácie v sieťových odvetviach vďaka distribuovanému spôsobu výroby</li> <li>• potenciál na export FV komponentov a špecializovaného know-how</li> <li>• zníženie závislosti ekonomiky od dovozu fosílnych palív</li> <li>• zníženie objemu emisií skleníkových plynov</li> <li>• priame zainteresovanie obyvateľstva na rozhodovaní o energetickej budúcnosti</li> <li>• nové stimuly pre architektúru a dizajn</li> </ul>	<p><b>Ohrozenia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vyššia cena FV komponentov a dlhšia doba návratnosti investície</li> <li>• rozvoj je v súčasnosti závislý od politických opatrení</li> <li>• dočasný nedostatok modulov spôsobený zvýšeným dopytom FV priemyslu po kremíku polovodičovej kvality</li> </ul>

mov, spoločnostvám vlastníkov bytov, správcom budov, ale aj väčším investorom a pri dlhodobej podpore je ich investičné riziko nízke.

\* \* \*

Slnecná energia má veľký potenciál uspokojiť potreby nielen tepelnej, ale aj elektrickej energie. Napriek tomu, že fotovoltika patrí medzi mladšie priemyselné odvetvia, skúsenosti v kontexte ďalších technológií OZE poukazujú na reálne možnosti zmeny súčasnej energetickej paradigmy. Keďže na vybudovanie trhu, priemyslu a služieb, ale najmä na získanie skúseností, je potrebný čas, viacero štátov Európskej únie túto skutočnosť už zohľadnilo v podporných opatreniach a stali sa lídrami nielen v oblasti technologickej, ale aj poznatkovej.

Fotovoltika, podobne ako iné technológie OZE, patrí do okruhu činností, kde si aj menšie krajiny môžu nájsť miesto na trhu a rozvinúť svoj potenciál v oblasti vedy, výskumu a priemyselných inovácií. Svedčia o tom úspešné projekty Dánska, Rakúska alebo Fínska. Základným impulzom rozvoja je vytvoriť jednoduché, stabilné a transparentné legislatívne a finančné prostredie. Popri tom treba podporiť programy na zvýšenie informovanosti obyvateľstva a zaviesť príslušnú výučbu do škôl všetkých stupňov.

Viac informácií možno nájsť na <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/pv/>.

## Literatúra

- Compared Assessment of Selected Environmental Indicators of Photovoltaic Electricity in OECD Cities, 2006. European PV Technology Platform, EPIA, IEA PVPS, <http://www.eupvplatform.org/>
- Dunlop, E., Wald, L., Šúri, M. (eds.): Solar Energy Resource Management for Electricity Generation from Local to Global Scale. Hauppauge : Nova Science Publishers, 2006 (v tlači).
- EPIA Roadmap, 2004, <http://www.epia.org/>
- Euroserver: Photovoltaic Energy Barometer, No. 172, 2006, <http://www.energies-renouvelables.org/>
- Jäger-Waldau, A.: Photovoltaics and Renewable Energies in Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2005 (v tlači).
- Jäger-Waldau, A. (ed.): Proceedings of the Workshop on Life Cycle Analysis and Recycling of Solar Modules – the “Waste” Challenge, 18 – 19. 3. 2004, Brussels, Belgium.
- Jäger-Waldau, A., Huld, T., Šúri, M., Cebecauer, T., Dunlop, E., Ossenbrink, H.: Challenges to Realise 1% Electricity from Photovoltaic Solar Systems in the European Union by 2020, 4<sup>th</sup> World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 7. – 12. 5. 2006, Waikoloa, USA.
- Šály, V., Ružinský, M.: Fotovoltika v kontexte vývoja na začiatku 3. tisícročia a SR. Časopis pre elektrotechniku a energetiku, 2005, 2, s. 17 – 20.

**RNDr. Marcel Šúri, CSc., Spojené výskumné centrum Európskej komisie, Ústav pre životné prostredie a trvalú udržateľnosť, Oddelenie obnoviteľných zdrojov energie, Ispra (VA), Taliansko, [marcel.suri@jrc.it](mailto:marcel.suri@jrc.it)**