

# Slunce na Moravě a v Čechách

doc. Ing. Jiří Plch, CSc., Česká společnost pro osvětlování,  
doc. Ing. Jitka Mohelníková, Ph.D., Fakulta stavební VUT v Brně

Časopis Světlo věnuje problematice fotovoltaiky velkou pozornost. Ne jinak tomu bylo i v dobách dávno minulých. Již v roce 1360 př. n. l. ve starém Egyptě bylo Slunce povýšeno do božského stavu a vnímány jeho magické účinky, jak výstižně ukazuje objevený reliéf v pyramidě faraona.

U nás byly v poslední době publikovány články [1], kde byla podrobně rozebírána problematika FVE z pohledu investičních nákladů a návratnosti. Autoři přitom vycházeli z výsledků dlouhodobého měření slunečního záření dopadajícího na vodorovnou podložku v dané lokalitě mimo území ČR – v Bratislavě.

Vzhledem k tomu, že zakomponování výsledků z jiné lokality při hodnocení a posuzování může vést k nerelevantním výsledkům, považovali autoři článku za nutné zařadit doplnění ukazující na reálné podmínky u nás.

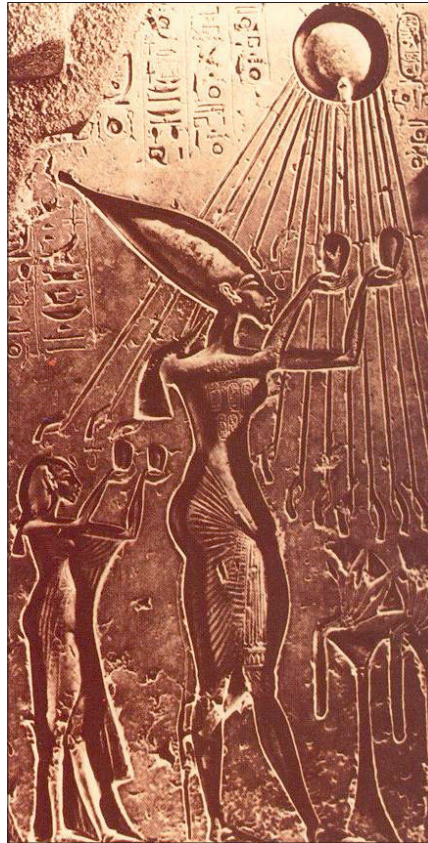
## Malé historické ohlédnutí

I solární článek má svou historii; počátek je datován přibližně do roku 1839, kdy ve Francii uskutečňoval experimenty s kovovými elektrodami ponořenými do elektrolytu fyzik Edmund Becquerel. Zjistil, že při osvětlení celého zařízení vzrostlo na elektrodách napětí – fotovoltaický efekt byl objeven.

V roce 1877 objevili William Grylls Adams a Richard Evans Day fotovoltaický efekt na selenu. Byl vyroben první selenový článek, který se ve fotometrii stal základem objektivní fotometrie po mnoho let.

Mezníkem současné fotovoltaiky byl objev růstu monokrystalu křemíku polským vědcem Czochralským v roce 1918. Fotovoltaický efekt byl v podstatě objeven i u několika dalších chemických prvků, přesto nejvýhodnější vlastnosti měl právě křemík.

Za historicky pojímaného „otce“ křemíkového solárního článku je považován Američan Russel S. Ohl (přibližně v roce 1941), přesto patent (s názvem Solární převaděč energie) získali počátkem roku 1954 GERAL L. PEARSON, DARYL M. CHAPIN a CALVIN S. FULLER. Světlo světa spatřily první křemíkové solární články. Jejich účinnost se s ohledem na technologické možnosti té doby pohybovaly jen na úrovni asi 4,5, později 6 %.



Obr. 1. Reliéf ze starého Egypta

## Provozní účinnosti fotovoltaických panelů

Vývoj fotovoltaických panelů (FVP) pokračoval a právě křemíkové panely se staly základem dnešních fotovoltaických panelů. Ve sféře jejich použití odbor-

níky v první řadě zajímá jejich provozní účinnost.

Výrobci běžně uvádějí, že provozní účinnost polykrystalických panelů je asi 14 %, monokrystalických panelů až 19 %. Tyto hodnoty jsou však stanoveny pro kolmé dopady slunečního záření na FVP a tuto provozní účinnost lze označit za statickou.

Nejsou-li instalovány systémy kontinuálního natáčení soustavy FVP na otočných stojanech, které zajistí trvale kolmý dopad paprsků, bude se s ohledem na postavení Slunce v našich klimatických podmínkách měnit úhel dopadu, změní se i provozní účinnost FVP. To je dáno odraznými vlastnostmi jejich povrchů. Nezanedbatelnou roli hraje i teplota okolního prostředí.

Taková korekce, kterou se určí skutečná provozní účinnost, se stanoví podle rovnice

$$\eta_{vd} = \eta_p \times k_{pp} + \eta_d \times k_{pd} \quad (1)$$

kde

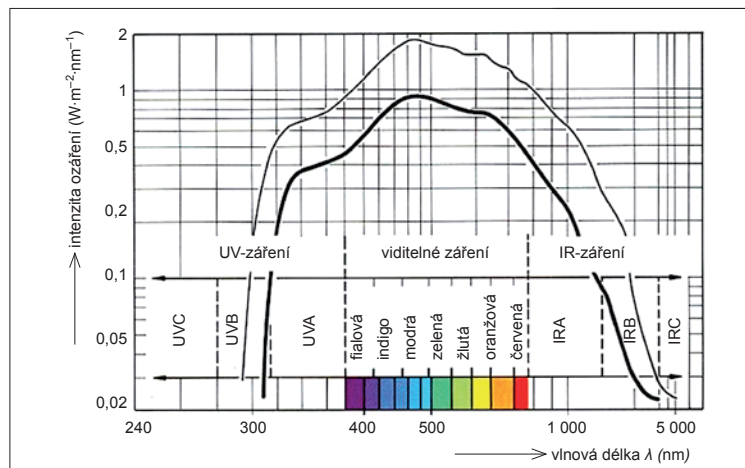
$\eta_{vd}$  je reálná provozní účinnost panelu,  
 $\eta_p$  provozní účinnost panelu pro kolmý dopad záření,

$k_{pp}$  parametrický koeficient změny účinnosti pro šikmé dopady,

$\eta_d$  provozní účinnost panelu pro difuzní záření,

$k_{pd}$  parametrický koeficient změny účinnosti pro difuzi.

Analytické vyjádření, které je uvedeno, tak předurčuje dynamickou provozní účinnost fotovoltaických panelů, kte-



Obr. 2. Spektrální skladba globálního záření podle Schulze (tenká čára průběhu platí pro Ekvádor, silná pro Německo a Česko)

rá vždy bude nižší než statická provozní účinnost. Zjištění hodnot parametrických koeficientů měřením by bylo velmi nákladné. Ukazuje se, že výhodnější bude analyzovat vlastní „výrobu“ elektrické energie již ve vybudované fotovoltaické elektrárně (FVE) a tak získat naprosto přesné hodnoty těchto koeficientů.

Vícevrstvé FVP, které se v současné době objevují na trhu, mohou dosahovat statické provozní účinnosti až 40 %, jejich cena je však více než dvojnásobná oproti cenám předcházejících typů.

Tab. 1. Průměrné podíly složek optického záření Slunce

Energie optického záření Slunce			
Část spektra	složka	(W/m <sup>2</sup> )	(%)
UV	UV-C	0	0
	UV-B	4	0,38
	UV-A	44	3,93
viditelné	(380 až 780 nm)	580	51,87
IR	IR-A + IR-B	490	43,82
<b>Suma</b>		<b>1 118</b>	<b>100</b>

## Slunce

Určujícím způsobem řídí pozemský život na naší planetě, je významným zdrojem energie, kterou dotuje Země, má přesně danou skladbu energie, která je ovšem závislá na mnoha faktorech.

V našich klimatických podmínkách spektrální skladbu globálního záření Slunce a jeho energetické úrovně nejlépe vystihuje grafický průběh na obr. 1.

Z celého optického záření připadá na jednotlivé složky energie ve wattch na metr čtvereční (W/m<sup>2</sup>) a procentní podíly, jak je uvedeno v tab. 1.

## Sluneční svit v našich lokalitách

Na podkladě dlouhodobých sledování slunečního svitu je možné např. pro lokalitu hlavního města Prahy uvést výsledky za období šesti let (2000 až 2005) a stanovit průměrné hodnoty slunečního svitu. Tabele zpracování naměřených hodnot je uvedeno v tab. 2.

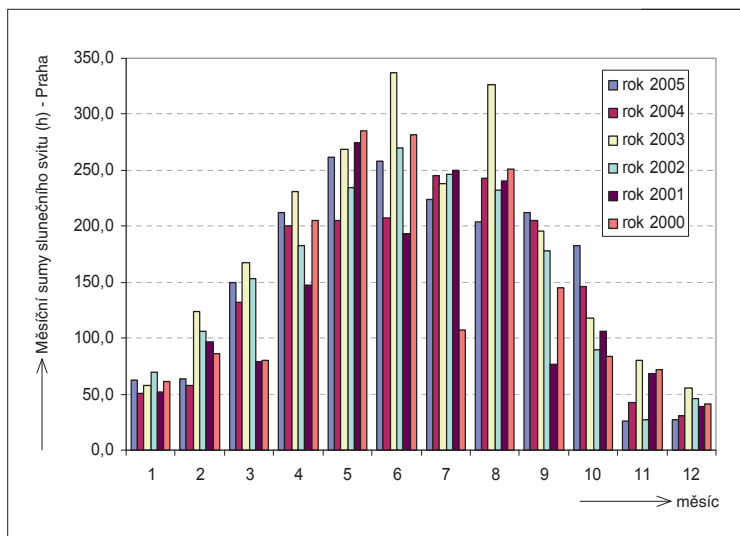
Grafické zpracování získaných výsledků (obr. 2) poskytuje o změnách slunečního svitu v uvedené lokalitě daleko lepší informace. Ukazuje, že existují velmi rozdílné hodnoty slunečního svitu ve sledovaném období.

Velmi zajímavý pohled poskytnou zpracované hodnoty denního průměrného slunečního svitu v jednotlivých měsících ve sledovaném období. Ty jsou přehledně uvedeny v tab. 3.

V tab. 3 jsou deklarovány hodnoty denního slunečního svitu v lokalitě Prahy za posledních šest let. Ukazují velmi nápadně, jak se tyto hodnoty mění. V lednu

Tab. 2. Měsíční sumy slunečního svitu v Praze v období let 2000 až 2005

Rok	2005	2004	2003	2002	2001	2000	Suma	Průměr
1	62,4	50,8	58,3	70,0	52,2	61,0	354,6	59
2	63,7	57,8	123,4	106,1	96,8	85,8	533,6	89
3	149,8	132,1	166,8	152,8	79,1	80,4	761,0	127
4	212,2	200,9	231,3	182,8	147,8	204,6	1 179,6	197
5	261,9	204,8	268,9	235,1	274,7	285,1	1 530,5	255
6	258,0	207,7	336,5	270,4	193,5	281,5	1 547,6	258
7	223,8	245,2	238,5	246,0	250,1	107,8	1 311,4	219
8	204,2	243,3	325,9	232,6	240,3	251,4	1 497,7	250
9	212,5	205,3	196,0	178,5	76,2	145,3	1 013,9	169
10	182,4	146,0	118,3	89,1	105,9	83,1	724,9	121
11	26,4	42,0	80,0	27,5	68,0	71,4	315,3	53
12	26,6	30,1	55,5	46,0	38,5	41,6	238,2	40
<b>Sumárně roční svit</b>								<b>1835</b>



Obr. 3. Grafický průběh slunečního svitu pro Prahu v období 2000 až 2005

dosahuje průměrná doba slunečního svitu jen 1,9 h během dne, naopak v červnu je to až 8,6 h/den.

Obdobně je možné vyhodnotit údaje pro další lokality, tak jak jsou k dispozici z měření Českého hydrometeorologického ústavu.

## Souhrny na Moravě a v Čechách

Jedním z klíčových parametrů je analýza měsíčních sum relativního slunečního svitu k astronomickému alespoň pro čtyři základní lokality na území ČR. Ty jsou tabulárně zpracovány v tab. 4 a ukazují, že v našich podmínkách lze počítat s většími rozdíly v celkové době slunečního svitu.

Přepočtené hodnoty slunečního svitu v hodinách pro uvedené lokality jsou zaneseny v tab. 5. Souhrny sum slunečního svitu ukazují tab. 6.

## Celkové záření na Moravě a v Čechách

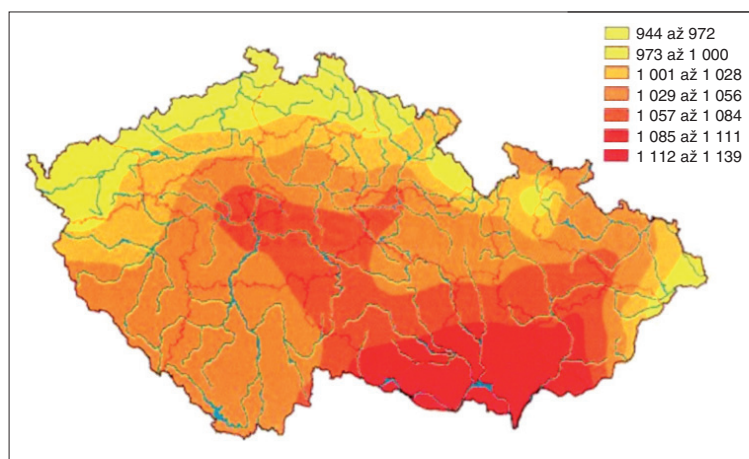
Rozložení celkového záření na Moravě a v Čechách je všeobecně známo. Ukazuje, že maximální hodnoty jsou na jižní Moravě, kde v průběhu celého roku

Tab. 3. Průměrné hodnoty slunečního svitu během roku za období 2000 až 2005 (lokality Praha)

Měsíc	Doba svitu (h)	Počet dnů	Průměr na den (h/den)
1	59	31	1,9
2	89	28	3,1
3	127	31	4,1
4	197	30	6,5
5	255	31	8,2
6	258	30	8,6
7	219	31	7,0
8	250	31	8,0
9	169	30	5,6
10	121	31	3,9
11	53	30	1,7
12	40	31	1,2
<b>Suma</b>	<b>1 835</b>	<b>365</b>	<b>5,0</b>

ze Slunce dopadne energie v úrovních od 1 112 až 1 138 kW·h/m<sup>2</sup>.

Ve sledované oblasti Prahy a okolí se průměrná hodnota dopadající sluneční energie pohybuje mezi 1 057 a 1 084 kW·h/m<sup>2</sup>·rok, střední hodnota je 1 070 kW·h/m<sup>2</sup>·rok. Přepočtem této celkové roční



Obr. 4. Rozložení dopadající sluneční energie na 1 m<sup>2</sup> za rok (kWh/m<sup>2</sup>·rok)

Tab. 4. Relativní hodnoty slunečního svitu k astronomickému

Rok	MES	Kucharovice	Hradec Králové	Praha	Ostrava
		(%)	(%)	(%)	(%)
2005	2	29,1	31,2	23,2	21,6
	3	50,0	48,6	41,0	43,7
	4	48,1	51,9	51,9	46,8
	5	57,0	57,0	55,1	53,7
	6	58,0	55,7	53,4	41,0
	7	43,0	45,3	46,2	44,2
	8	46,7	49,1	46,6	40,2
	9	47,3	59,9	56,8	59,7
	10	51,3	59,1	55,9	46,5
	11	12,9	14,4	9,9	14,4
	12	18,4	11,1	10,8	14,9
		φ	41,3	42,6	39,5

Tab. 5. Souhrny sum slunečního svitu pro vybrané lokality

Rok	MES	Kucharovice	Hradec Králové	Praha	Ostrava
		(h)	(h)	(h)	(h)
2005	1	89,4	75,2	62,4	67,6
	2	80,3	84,4	63,7	59,6
	3	182,6	178,1	149,8	160,7
	4	195,9	211,5	212,2	190,5
	5	271,0	271,1	261,9	255,9
	6	280,4	269,3	258,0	198,3
	7	207,9	219,3	223,8	214,2
	8	205,5	215,6	204,2	175,6
	9	177,9	225,2	212,5	224,1
	10	167,3	193,3	182,4	150,5
	11	33,9	38,5	26,4	39,2
	12	45,2	27,4	26,6	36,5
	Suma	1 937,3	2 008,9	1 883,9	1 772,7

dopadající sluneční energie po jednotlivých měsících s využitím údajů v tab. 3 se získá rozložení energie po jednotlivých měsících uvedené v tab. 4.

Ze znalostí provozní účinnosti fotovoltaických panelů lze poté velmi snadno zjistit, jaká bude „výroba“ elektrické energie v jednotlivých měsících.

Tab. 6. Měsíční průměrné hodnoty dopadající sluneční energie v Praze a okolí

Měsíc	Doba svitu (h)	Počet dnů	Doba svitu (%)	Sluneční energie (kWh/m <sup>2</sup> )
1	59	31	3,22	34,40
2	89	28	4,85	51,90
3	127	31	6,92	74,05
4	197	30	10,74	114,87
5	255	31	13,90	148,69
6	258	30	14,06	150,44
7	219	31	11,93	127,70
8	250	31	13,62	145,78
9	169	30	9,21	98,54
10	121	31	6,59	70,56
11	53	30	2,89	30,90
12	40	31	2,18	23,32
Suma	1 835	365	100,00	1 070,00

## Závěr

U nás je věnována velká pozornost fotovoltaickým elektrárnám. Byly publikovány odborné a jiné články, kde byla tato problematika podrobně rozebírána ze všech možných úhlů pohledu. Autoři předloženého článku však považovali za nutné seznámit odbornou i laickou veřejnost s některými skutečnostmi, které vycházejí z toho, že naše republika má přesně určenou zeměpisnou polohu a z toho vyplývající skutečnosti v přístupu ke slunečnímu svitu – je na nesprávném místě, v nesprávnou dobu a na nesprávné úrovni, než jak bychom si přáli.

Byly zde doplněny již publikované výsledky, a to tak, aby byla zdůrazněna realita našich podmínek.

Závěrem je také možné konstatovat, že jde o jistou fázi využití sluneční energie – obecně. Nelze se však ztotožnit s názorem, který byl publikován na některých úrovních, že sluneční energie je východisko z ekologicko-energetické krize. To je vskutku velmi zavádějící.

## Literatura:

- [1] NOVÁK, T. – ŠNOBL, J. – SOKANSKÝ, K.: *FVE z pohledu investičních nákladů a návratnosti*. Světlo, 2010/6, s. 48–50, ISSN 12512-0812.
- [2] PHILIPS GmbH: *Sonne und Solarium – Licht und Bräunung*. Hamburg, 1/200, s. 44.
- [3] PLCH, J.: *Světelná technika v praxi*. IN-EL, Praha, 2000, s. 210, ISBN 80-86230-09-0.w



**tzbinfo**  
stavebnictví, úspory energií  
technická zařízení budov

- recenzované tematické články - tabulky a výpočty  
- krátké zprávy o dění v oboru - přístup ZDARMA  
- komentáře norem  
- adresář firem  
- diskusní fórum

[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)