

POROVNÁNÍ FOTOVOLTAICKÉHO A FOTOTERMICKÉHO OHŘEVU VODY



Ing. Antonín Navrátil | Projektant | antonin.navratil@dek-cz.com | 735 768 058

Úkolem článku je obecné porovnání vlastností obou typů využití slunečního záření pro ohřev vody pro území České republiky.

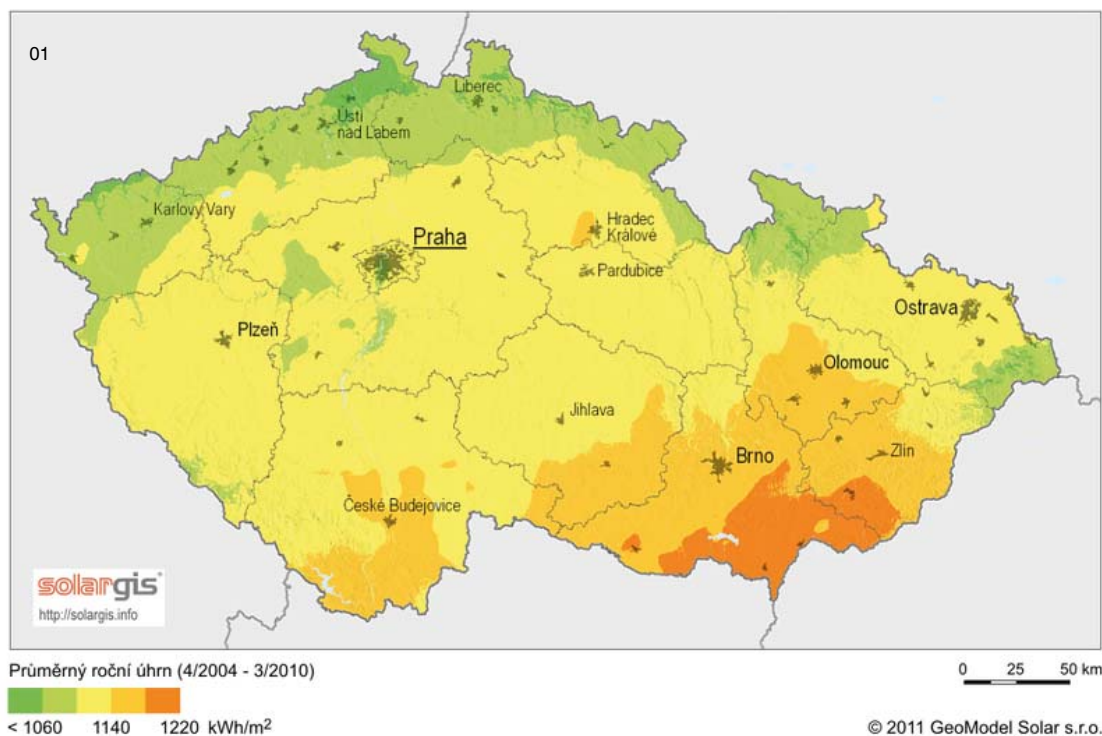
V mapě solárního pokrytí ČR /obr. 01/ je zaznamenáno rozložení dopadajícího slunečního záření v jednotlivých částech republiky. Jak lze očekávat, je nejvyšší osvit dosahován v oblasti jižní Moravy, nejnižší pak v horských oblastech na severu. Přesto je ale třeba počítat s lokálními změnami a to zejména ve velkých městech (Praha, Brno...), kde vzhledem k vysoké prašnosti může být osvit výrazně nižší než ukazuje mapa.

Mapa zároveň ukazuje, že i v podmínkách ČR je instalace systémů využívajících sluneční záření k výrobě některé z forem energie výhodná protože množství dopadajícího záření je v průměru okolo 1 000 kWh/m²/rok.

PRINCIP FOTOTERMICKÝCH KOLEKTORŮ

Fototermické kolektory pracují na principu skleníkového efektu, který vzniká uvnitř kolektoru /obr. 02/. Součástí kolektoru je absorbér, což je dobře tepelně vodivý plech, opatřený černým matným nátěrem.

K absorbérovi je nejčastěji připájen měděný meandr trubek pro vedení solární kapaliny. Kolektor je ze zadní strany opatřen vrstvou tepelné izolace s vysokou teplotní odolností (až 200 °C) a nízkou navlhavostí. Celá konstrukce je uzavřena v kovové vaně, která je z přední strany kolektoru opatřena krycím sklem umožňujícím průchod viditelného slunečního záření k absorbérovi. Vana kolektoru je zároveň využita k uchycení kolektoru na nosné konstrukci.



Tabulka 01 | Technické porovnání

Kritérium	Fotovoltaika	Fototermika
Jednoduchá instalace	+	-
Ztráty ve vedení	+	-
Účinnost v zimě	+	-
Účinnost v létě	-	+
Životnost panelů	+	-
Možnost využití běžného bojleru bez výměníku	+	-
Provozní náklady	+	-
Využití přebytků energie	+	-
Co když není odběr energie	+	-
Údržba	+	-
Měření výroby	+	-
Potřebná plocha pro instalaci	-	+

Řídicí systém je vždy obsažen ve střídači nebo DC měniči. Při využití topné patrony je řízení systému zajištěno termostatem.

POROVNÁNÍ FOTOTERMIKY A FOTOVOLTAIKY

Obě technologie nyní porovnáme z různých hledisek. Porovnání provedeme na ohřevu teplé vody v bojleru do 200l včetně, pro který jsou dnes obě technologie využívány. Uvažujeme umístění panelů na šikmém střeše budovy. Jednotlivá porovnávací kritéria jsou obsahem následující tabulky, jejich vysvětlení bude dále.

NÁROČNOST INSTALACE

Pro fotovoltaiku zde jednoznačně hovoří nízká hmotnost jednotlivých panelů (cca 20 kg vs. cca 45 kg u fototermiky) a tím i snadná manipulace při instalaci. Další výhodou fotovoltaiky je jednoduchost instalace přírodního vedení, kde stačí 2 laněné (ohébné) vodiče oproti instalaci měděných trubek nebo nerezových vlnovců v silné tepelné izolaci, napojení na čerpadlovou skupinu a řídicí systém a naplnění soustavy solární kapalinou.

ZTRÁTY VE VEDENÍ

Vzhledem k nízkému protékajícímu elektrickému proudu u fotovoltaiky stačí pouze tenké vodiče (4 mm² nebo 6 mm²) a vznikající ztráty (do 0,5%) je možno označit za zanedbatelné. Navíc nejsou ztráty ve vedení ovlivňovány okolní teplotou.

U fototermiky jsou ztráty dány

teplotou protékající kapaliny, okolní teplotou a samozřejmě materiálem a tloušťkou použité tepelné izolace. Navíc tepelná izolace při vystavení slunečnímu záření ztrácí svoji pružnost, tvrdne a po čase se rozpadá a ztráty se tak významně zvyšují. Okolní teplota ovlivňuje ztráty ve vedení velmi významně.

ÚČINNOST V ZIMĚ

Fyzikální vlastností fotovoltaiky je zvyšování účinnosti při poklesu okolní teploty. Toto souvisí zejména se snižujícím se proudem a zvyšujícím se napětím fotovoltaických panelů.

Účinnost fototermiky v zimě významně klesá a při klesající okolní teplotě se zvyšují ztráty nejen v samotných kolektorech, ale i ve vedení.

Vzhledem k nízké sluneční aktivitě (nízkému osvitu) v zimním období jsou tedy nízké ztráty fotovoltaiky jednoznačným kladem.

ÚČINNOST V LÉTĚ

S rostoucí okolní teplotou klesají ztráty z fototermiky, protože nedochází k tak vysokým rozdílům teploty média (solární kapaliny) a teploty okolí.

V letním období je však sluneční osvit na tak vysoké úrovni, že ztráty energie způsobené vyšší teplotou fotovoltaických panelů se nijak zásadně neprojevují na celkové výrobě.

ŽIVOTNOST PANELŮ

U fotovoltaických panelů je

při současných využívaných materiálech a technologiích výroby předpokládaná životnost cca 30 let a je jen velmi málo ovlivnitelná. Největší vliv má barevná stálost použité fólie EVA.

Fototermické kolektory jsou naopak z hlediska životnosti velmi snadno ovlivnitelné, ať už je to provozováním na vysokých teplotách, kdy trpí všechny části soustavy, starou, nevyměňovanou kapalinou, která způsobuje korozi uvnitř trubek. Významný vliv na funkci fototermiky má také výše uvedená stárnutí tepelné izolace rozvodů. Zamýšlíme se i nad rizikem neodborných zásahů při doplňování provozní kapaliny. Doplní-li se voda, může dojít v zimním období k zamrznutí kapaliny a nevratnému poškození kolektorů.

MOŽNOST VYUŽITÍ BĚŽNÉHO BOJLERU BEZ VÝMĚNÍKU

Pro tepelné využití elektrické energie vyrobené fotovoltaikou stačí, zjednodušeně řečeno, pouze elektrická topná tyč v bojleru, není třeba nic víc a bojler má tedy nižší pořizovací cenu.

Pro využití fototermické soustavy na ohřev bojleru je třeba pořídit bojler s tepelným výměníkem s dostatečnou teplosměnnou plochou, má tedy vyšší pořizovací náklady.

PROVOZNÍ NÁKLADY

Mezi provozní náklady fotovoltaiky lze započítat opakované revize elektro a servisní práce spočívající v kontrole mechanického uchycení panelů.

Fototermika zase vykazuje provozní náklady na provoz oběhového čerpadla, opakované výměny kapaliny, a servisní práce zaměřené zejména na kontroly úniků kapaliny, přetěšňování apod.

VYUŽITÍ PŘEBYTKŮ ENERGIE

Už ze samotného principu obou technologií je jednoznačné, že elektrická energie vyrobená fotovoltaikou má více možností užití a je tedy i snadnější využít přebytků výroby než u fototermiky.

Případné nevyužití přebytků výroby u fotovoltaiky nemá žádný vliv na instalovanou soustavu. Při správném návrhu fototermického systému nesmí ani k přebytkům výroby docházet, případně je nutné zajistit jejich spotřebu, aby nedošlo k nebezpečnému zvýšení teploty v kolektorech až k teplotě stagnace, kdy by další vyráběná energie způsobila var solární kapaliny a odpaření vody v kapalině obsažené přes přetlakový ventil soustavy. V trubičkách kolektorů by tak zůstaly pouze pevné zbytky, které by je zcela zanesly. Tato závada je neopravitelná.

ÚDRŽBA

Údržba fotovoltaického systému spočívá v podstatě pouze v kontrole mechanického upevnění panelů na střeše a zajištění pravidelných revizí soustavy.

Údržba fototermické soustavy s sebou přináší povinnost kontroly použité kapaliny, zajišťování její

výměny a zejména v létě častou kontrolu úniků kapaliny z potrubí.

MĚŘENÍ VÝROBY

Měření výroby/dodávky elektrické energie z fotovoltaického systému je velmi snadné (elektroměr) a většinou je i obsaženo v připojovaných střídačích, měničích apod. Naproti tomu měření vyrobeného/dodaného tepla fototermickou soustavou kolektorů s sebou nese několik úskalí. Je třeba měřit teplotu kapaliny před vstupem do spotřebiče tepla i na jeho výstupu a dále i hmotnostní průtok kapaliny, vše s dostatečně krátkou časovou konstantou, aby byly eliminovány chyby měření.

POTŘEBNÁ PLOCHA PRO INSTALACI

Fotovoltaické panely mají při současných parametrech výkon až 200 W/m² celkové plochy

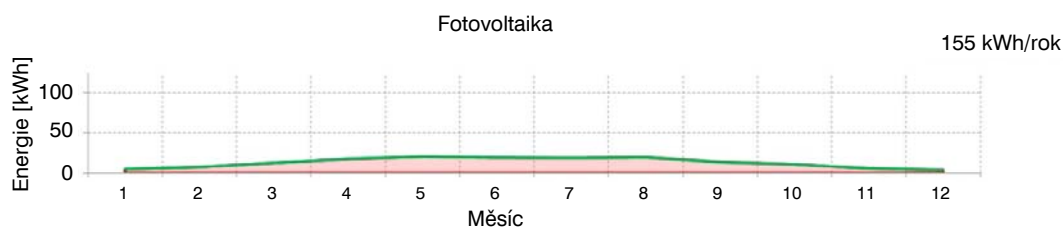
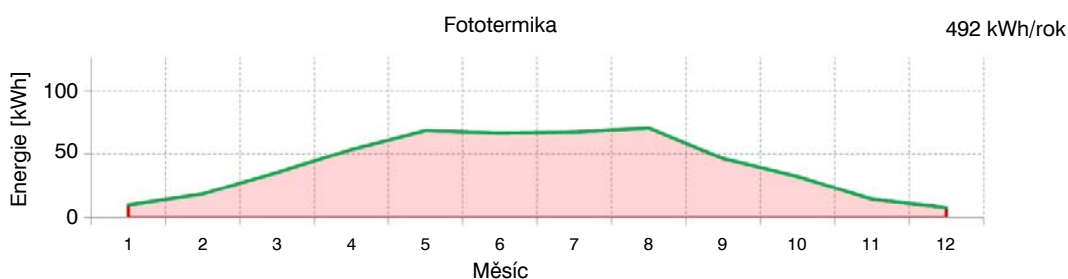
panelu, což lze snadno přepočítat na plochu potřebnou pro instalaci odpovídajícího výkonu. Naproti tomu fototermické kolektory nemají jednoznačně stanovený výkon na plochu, protože ten se mění s teplotou solární kapaliny. Čím je teplota solární kapaliny nižší, tím je výkon kolektoru vyšší a naopak. V běžně dostupné literatuře lze jako vztažnou hodnotu výkonu fototermických kolektorů najít 700 W na 1 m² apertury kolektoru (plocha průmětu otvoru, kterým vstupuje do kolektoru nesoustředěné sluneční záření), a to při 1 000 W/m² kolmo dopadajícího záření a při teplotě 20°C na vstupu kapaliny do kolektoru a 50°C na výstupu kapaliny z kolektoru. Do uvedené hodnoty výkonu není započtena ani elevace, ani azimut kolektoru.

Tabulka 02 | Energetický výnos pro 1 m² fototermických panelů

měsíc	n	t _{ep}	t _{es}	G _{T,m}	η _k	H _{T,měs}	Q _{k,u}	Q _{p,TV}	Q _{p,VYT}	Q _{p,C}	Q _{ss,u}
	dny	°C	°C	W/m²	—	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	31	-1,3	1,8	356	0,49	32,0	10	299	0	299	10
2	28	-0,1	2,7	434	0,55	53,10	19	270	0	270	19
3	31	3,7	6,3	506	0,61	90,8	36	299	0	299	36
4	30	8,1	10,7	529	0,65	128,9	54	289	0	289	54
5	31	13,3	16,0	543	0,69	154,8	69	299	0	299	69
6	30	16,1	18,6	546	0,71	146,2	66	289	0	289	66
7	31	18	20,5	538	0,72	145,8	67	299	0	299	67
8	31	17,9	21,1	526	0,72	151,8	70	299	0	299	70
9	30	13,5	17,1	501	0,69	104,4	46	289	0	289	46
10	31	8,3	11,7	444	0,64	79,6	32	299	0	299	32
11	30	3,2	6,4	369	0,55	41,0	14	289	0	289	14
12	31	0,5	3,6	325	0,49	25,3	8	299	0	299	8
						1154	492	3515	0	3515	492

Tabulka 03 | Energetický výnos pro 1 m² fotovoltaických panelů

měsíc	n	t _{ep}	t _{es}	G _{T,m}	H _{T,den}	t _{FV}	h _{FV}	t _{FV}	H _{T,měs}	Q _{p,TV}	Q _{k,měs}	Q _{FV,měs}
	dny	°C	°C	W/m²	kWh/m².den	kWh	-	kWh	kWh/m²	kWh	kWh	kWh
1	31	-1,3	1,8	356	1,03	10,3	0,172	10,2	32,0	299	5	5
2	28	-0,1	2,7	434	1,90	13,0	0,170	12,9	53,10	270	8	8
3	31	3,7	6,3	506	2,93	18,3	0,167	18,3	90,8	299	13	13
4	30	8,1	10,7	529	4,30	23,3	0,164	23,3	128,9	289	18	18
5	31	13,3	16,0	543	4,99	28,9	0,161	29,0	154,8	299	21	21
6	30	16,1	18,6	546	4,87	31,6	0,159	31,7	146,2	289	19	19
7	31	18	20,5	538	4,70	33,3	0,158	33,4	145,8	299	19	19
8	31	17,9	21,1	526	4,90	33,6	0,157	33,7	151,8	299	20	20
9	30	13,5	17,1	501	3,48	29,0	0,160	29,1	104,4	289	14	14
10	31	8,3	11,7	444	2,57	22,2	0,164	22,3	79,6	299	11	11
11	30	3,2	6,4	369	1,37	15,2	0,168	15,1	41,0	289	6	6
12	31	0,5	3,6	325	0,82	11,3	0,171	11,3	25,3	299	4	4
									1154	3515	156	156



1 m² fototermiky = 3 m² fotovoltaiky

ENERGETICKÉ VÝNOSY

V následujícím textu jsou jako představitel fototermických panelů uvažovány panely TOPSOLAR SOL115 (plocha apertury 2,02 m²) a jako představitel fotovoltaických panelů jsou uvažovány panely Astronergy CHSM6610P/270Wp (plocha 1,63 m²).

Jako snadno dostupný nástroj pro výpočet energetických výnosů lze

použít bilanční kalkulatory dotačního programu Nová zelená úsporám. Oba kalkulatory jsou vytvořeny na stejném modelu výpočtu a se stejnými vstupními údaji o osvětlení, teplotě apod. v závislosti na zadáních parametrech. V tabulkách /02/ a /03/ jsou vypočteny energetické výnosy pro 1 m² plochy fototermického i fotovoltaického panelu právě v těchto kalkulatorech. Jako společná vstupní data pro oba výpočty jsou použita tato:

- Počet osob: **4**
- Objem solárního zásobníku: **200 l**
- Přirážka na tepelné ztráty: **Centrální zásobníkový ohřev bez cirkulace**
- Azimut: **0° (jih)**
- Elevace: **30°**

Z grafů průběhu výroby během roku i z celkové výroby na 1 m² panelu /obr. 04/ je zcela jasně vidět, že výroba z 1 m² fototermických panelů odpovídá zhruba výrobě ze 3 m²

Tabulka 04| Ekonomická návratnost ohřevu teplé vody fototermickými systémy v závislosti na objemu ohřívání vody

Velikost bojleru	litry	100	160	200	300	300	400	500	500	750
Počet fotovoltaických panelů	ks	4	6	8	12	14	16	20	22	24
Instalovaná plocha fotovoltaiky	m ²	6,52	9,78	13,04	19,56	22,82	26,08	32,60	35,86	39,12
Pořizovací cena	Kč	70 000	82 000	98 000	145 000	162 000	183 000	210 000	228 000	265 000
Dotace	Kč	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000
Cena po dotaci	Kč	35 000	47 000	63 000	110 000	127 000	148 000	175 000	193 000	230 000
Náklady na provoz	Kč/rok	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Výroba	kWh	1 014,51	1 521,77	2 029,02	3 043,54	3 550,79	4 058,05	5 072,56	5 579,82	6 087,07
Návratnost	roky	13,58	11,92	11,83	13,42	13,25	13,42	12,75	12,75	13,83

Tabulka 05 | Ekonomická návratnost ohřevu teplé vody fotovoltaickými systémy v závislosti na objemu ohřívané vody

Velikost bojleru	litry	100	160	200	300	300	400	500	500	750
Počet fototerminckých panelů	ks	0	0	1	2	2	2	3	3	4
Instalovaná plocha fototermincky	m²	0	0	2,02	4,04	4,04	4,04	6,06	6,06	8,08
Poživovací cena	Kč	-	-	82 000	93 000	93 000	130 000	152 000	152 000	211 000
Dotace	Kč	0	0	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000	35 000
Cena po dotaci	Kč	-	-	47 000	58 000	58 000	95 000	117 000	117 000	176 000
Náklady na provoz	Kč/rok			1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Výroba	kWh	-	-	993,44	1 986,87	1 986,87	1 986,87	2 980,31	2 980,31	3 973,74
Návratnost	roky	-	-	>21	12,75	12,75	20,17	15,75	15,75	17,17

fotovoltaických panelů což je dáno výrazně nižší účinností přeměny slunečního záření na elektrickou energii než na energii tepelnou.

EKONOMIKA PROVOZU

S využitím výsledků předchozích výpočtů energetických výnosů získáme přehled o ekonomické návratnosti jednotlivých řešení ohřevu teplé vody. Výpočet by proveden s těmito vstupními předpoklady:

- Cena nakupované energie na ohřev: **3,- Kč/kWh**
- V pořizovací ceně je zahrnut i zásobník TV.
- Ceny jsou uvažovány včetně DPH 15%.

Systémy byly navrženy dle obecné zásady 1 m² kolektoru na 100l objemu bojleru.

Náklady na provoz zahrnují zejména náklady spojené s nutností periodické výměny solární kapaliny po 4 letech a další drobné opravy úniků apod.

Systémy byly navrženy dle obecné zásady 1 kWp (4× 270 Wp) na 100l objemu bojleru.

Náklady na provoz zahrnují zejména náklady spojené s doporučenými periodickými revizemi elektro po 4 letech.

SHRNUTÍ

Z uvedeného je zřejmé, že pro malé velikosti akumulace (100 až 200l objemu) je využití fototerminckého ohřevu buď neproveditelné technicky nebo neekonomické z důvodu velmi dlouhé doby návratnosti, která překračuje životnost systému. Naopak ve stejné oblasti je využití fotovoltaického ohřevu ekonomicky dobře návratné. Tyto systémy jsou přitom v domácnostech nejčastější.

Pro střední velikosti akumulace (300–400l) je fototermincký ohřev o něco ekonomicky výhodnější než fotovoltaický.

Pro velké akumulace s objemem nad 400l je opět o něco ekonomicky výhodnější fotovoltaický ohřev.

Oba typy instalací jsou v podmínkách České republiky zajímavé jak z hlediska energetických výnosů tak z hlediska investičních nákladů a s tím spojené návratnosti. Je však třeba podotknout, že princip fototermincké přeměny slunečního záření je známý již dlouhá desetiletí a v tomto směru nedochází k žádným zásadním inovacím. Naproti tomu fotovoltaika, i když její princip popsal Albert Einstein již v roce 1905, jako obor prochází v posledních 10 letech velmi bouřlivým vývojem, jak co se týká zvyšování výkonu panelů na m², tak i ve vlastnostech a možnostech systémů na ni napojovaných. Důkazem toho je i mnoho variant fotovoltaických

systémů podporovaných např. dotačním programem Nová zelená úsporám i vzrůstající zájem majitelů budov.

<Ing. Antonín Navrátil>