energie slunce • sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu

EKIS ČEA

EkoWATT

ENERGIE SLUNCE - SLUNEČNÍ TEPLO, OHŘEV VODY A VZDUCHU

Sluneční energie je základní podmínkou života na Zemi. Sluneční záření lze **přímo** využívat k výrobě tepla, chladu a elektřiny, **nepřímo** jako energii vodních toků, větru, mořských vln, tepelnou energii prostředí (atmosféra, hydrosféra, litosféra) a energii živé hmoty - biomasy (biochemická energie).

možnosti využití

Přeměna světelného záření na **teplo** (fototermální přeměna) může být **pasivní** (pomocí pasivních solárních prvků budov - prosklené fasády, zimní zahrady) nebo **aktivní** (pomocí přídavných technických zařízení - sluneční sběrače - kolektory). Podrobné rozdělení možností ukazuje následující schéma:

U pasivního systému množství získané energie závisí na poloze, architektonickém řešení a zejména na druhu budovy, použitých materiálech, vytápěcím systému (**míra využití zisků z oslunění**). Podmínkou využití pasivních solárních systémů je vyřešení rizika **tepelné zátěže** (řádné odvětrání, možnost akumulace do stavebních konstrukcí,...). U nově budovaných staveb je nutné přizpůsobit celé architektonické řešení. Starší stavby lze vhodně rekonstruovat (vybudovat skleněné přístavky, prosklené verandy apod.).

Konkrétní budovu je lépe řešit se specializovaným odborníkem (energetický auditor) než s architektem či stavařem. Energetický přínos závisí i na způsobu užívání budovy - např. dodatečně zasklená lodžie přináší úsporu jen pokud není v zimě vytápěná.

Aktivní systémy je téměř vždy možné dodatečně instalovat na stávající budovu. Využívají se zejména k celoroční přípravě **teplé užitkové vody** (TUV), ohřevu bazénové vody a k přitápění budov pomocí teplovodního či teplovzdušného vytápění.

S ohledem na sezónní charakter průběhu slunečního záření je možné tepelnou energii i **dlouhodobě akumulovat** v zásobnících (vodních, štěrkových aj.). Čím je delší doba akumulace, tím je systém dražší a méně ekonomický. Proto se nejčastěji používá **krátkodobá akumulace** spolu s pružnými otopnými systémy, které využijí okamžité solární zisky.

Energie Slunce je v České republice využívána zejména v aktivních solárních systémech s kapalinovými plochými kolektory, které jsou využívány zejména k přípravě teplé užitkové vody v rodinných domech, zemědělství, službách a k ohřevu vody v bazénech. V mnohem menší míře jsou využívány i pro přitápění či jako zdroj pro akumulaci tepla. Teplovzdušné kolektory se většinou využívají pro sušení v zemědělství a v menší míře k přitápění budov.

Obrázek 1: Rodinný dům se solárním systémem (Horní Rakousko).

přírodní podmínky

Sluneční záření dopadající na plochu pod vrstvou atmosféry se skládá z **přímého** a z **rozptýleného** záření. Přímé sluneční záření je **záření od slunečního disku**, které tvoří vzhledem k velké vzdálenosti svazek prakticky rovnoběžných paprsků. Rozptýlené sluneční záření vzniká v důsledku rozptylu přímých slunečních paprsků na molekulách plynných složek vzduchu, vodních kapkách a ledových krystalcích a na různých aerosolových částečkách. Rozptýlené záření se jeví jako **světlo oblohy**; kdyby nebylo, jevila by se obloha i během dne černá s ostře zářícím slunečním kotoučem.

Základní veličinou při popisu přímého slunečního záření je **intenzita I**, která je definována jako množství zářivé energie dopadající za jednotku času na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům. **Solární konstanta I*** udává intenzitu slunečního záření na hranici (vně) zemské atmosféry ve střední vzdálenosti Země - Slunce, $I^* = 1367\ W/m^2$.

Množství celkového slunečního záření dopadajícího za jednotku času na jednotku plochy horizontálního zemského povrchu se nazývá **globální sluneční záření** a je dáno algebraickým součtem intenzity **přímého** a intenzity **difúzního slunečního záření na horizontálním zemském povrchu**.

Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje kolem 1460 h/rok (od 1400 do 1700 h/rok). Nejmenší počet hodin má severo-západ území. Směrem na jiho-východ počet hodin narůstá. Lokality se od sebe běžně liší v průměru o ±10 %. V některých ojedinělých případech je odchylka vyšší.

Na plochu jednoho čtverečního metru dopadne za rok průměrně 1100 kWh energie. Roční výroba slunečních kolektorů v našich podmínkách dosahuje přibližně 300 - 550 kWh/m^2 rok. Pro reálné odhady hrubé výroby energie v průměrných solárních zařízeních v podmínkách ČR lze uvažovat průměrnou roční výrobu 380 - 420 kWh/m^2 kolektorové plochy, což odpovídá i obvyklým naměřeným hodnotám.

Mapka ukazuje globální sluneční záření dopadající na vodorovnou plochu o velikosti 1 m^2 za rok a dává tak představu o množství využitelné sluneční energie. Mapka neplatí pro oblasti se silně znečištěnou atmosférou, kde je nutné počítat s poklesem globálního záření o 5 - 10 %, někdy až 15 - 20 %. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2000 m. n. m. je nutné počítat s 5 % nárůstem globálního záření.

Obrázek 2: Průměrné roční sumy globálního záření v MJ/m^2.

základní části solárního systému

Základním stavebním prvkem **slunečního kolektoru** (solární tepelný jímač) je **absorbér**, což je např. plochá deska s neodrazivým povrchem a trubicemi pro odvod teplonosného média. Uložením absorbéru pod skleněnou desku vznikne sluneční kolektor, který využívá "skleníkového efektu". Z hlediska teplonosného média dělíme kolektory na **kapalinové** a **vzduchové**, resp. **kombinované**.

Sluneční absorbéry přeměňují zachycené sluneční záření na tepelnou energii (dlouhovlnné záření). Ta je pomocí teplonosného média (kapalina, vzduch) odváděna do místa okamžité spotřeby nebo akumulována v zásobníku.

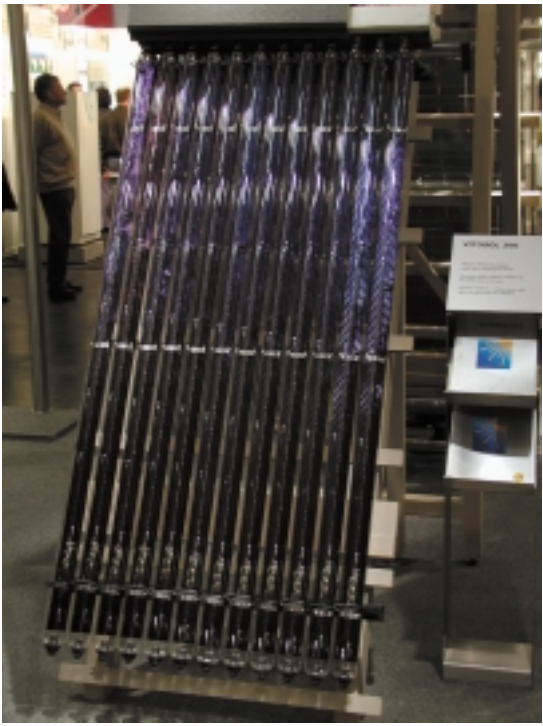
Kolektory dělíme podle tvaru na **ploché** a **trubicové** (mají absorbér zataven ve vakuové trubici). Vakuum snižuje tepelné ztráty a zvyšuje účinnost při dosažení vyšších výstupních teplot; používá se i u plochých kolektorů.

Kvalitní kolektory mají absorbér opatřený **spektrálně selektivní vrstvou** (speciální černá barva nebo galvanické pokovení), mají vyšší účinnost a dokáží zpracovat i difúzní záření.

U **koncentračních kolektorů** čelní (**lineární Fresnelovy čočky**) nebo odrazová plocha (**duté zrcadlo**) koncentruje záření na menší absorpční plochu. Dosáhne se tak vyšších teplot a vyšší účinnosti. Doplňují se polohovacím zařízením, které natáčí kolektor nebo jeho absorbér za Sluncem.

Solární zásobník slouží pro přípravu TUV, doplňkově se ohřívá tepelnou energií z ústředního vytápění a elektřinou (při nedostatku sluneční energie). Objem zásobníku musí odpovídat ploše kolektorů, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Z hygienických důvodů je žádoucí alespoň jednou týdně ohřát obsah zásobníku na 72 °C, neboť při provozu za nízkých teplot a malém odběru se mohou rozmnožit nežádoucí mikroorganizmy.

Solární výměník tepla je v zásobníku umístěn co nejníže, nad ním je výměník okruhu ústředního vytápění a nejvýše je elektrické topné těleso. Plochy výměníků musí být navrženy s ohledem na materiál, z něhož jsou vyrobeny, na teplotu kapaliny v solárním okruhu a dále na průtok a objem zásobníku.



Obrázek 3: Pohled na vakuový trubicový kolektor.

Potrubí by mělo být co nejkratší s kvalitní tepelnou izolací, navržené na odpovídající požadovaný průtok, teplotu a tlak teplonosné kapaliny v solárním okruhu. **Oběhové čerpadlo** zajišťuje cirkulaci teplonosné kapaliny. **Armatury** zabezpečují správnou funkci z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti včetně kontroly a regulace (manometr, teploměr, zpětný ventil). Vyrovnání tlaku vlivem značného kolísání teploty zajišťuje **expanzní nádoba**, jejíž konstrukce a umístění musí odpovídat předpokládané maximální teplotě, objemu a tepelné roztažnosti teplonosné kapaliny. Jako ochrana proti extrémnímu zvýšení tlaku při výpadku elektřiny se instaluje pojistný ventil. **Automatická regulace** zabezpečuje optimální výkon systému, chrání ho před poškozením a umožňuje potřebnou regulaci tepla mezi spotřebiči.

Pro sezónní přípravu užitkové vody se jako **teplonosná kapalina** používá voda. Pro celoroční provoz je nutné použít nemrznoucí směs, která má mít podobné fyzikální vlastnosti jako voda (kromě bodu tuhnutí). Tomu vyhovují kapaliny na bázi roztoku vody a propylenglykolů s inhibitory koroze, například Solaren.

výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

Sluneční systém pracuje nejlépe, pokud je navržen pro skutečné místní podmínky (dimenzování, umístění kolektorů a způsob využití).

Pro dimenzování je důležité znát **spotřebu TUV**, zda bude ohříván **bazén**, zda bude požadováno **přitápění**, způsob **napojení na klasický zdroj energie**, způsob **regulace** a další vstupní údaje:

- **počet hodin** slunečního svitu a **intenzita** slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry (město, venkov, hory),
- chod ročních venkovních teplot, větru či jiných nepříznivých **meteorologických jevů**, které určují tepelné ztráty kolektorů (zejména námrazy),
- **orientace**; ideální je na jih (případně s mírným odklonem max. ±45°), JZ směr je výhodnější než JV, neboť maximum výkonu nastává obvykle kolem 14. hodiny, kdy jsou v důsledku nejvyšší denní teploty nejnižší tepelné ztráty; automatické natáčení kolektorů za Sluncem je neekonomické,
- **sklon slunečních kolektorů**; pro celoroční provoz je optimální 45° vzhledem k vodorovné rovině, při preferenci výhradně letního provozu 30°, u zimního provozu je výhodnější sklon 60 - 90°,
- **množství stínících překážek**; ideální je celodenní osvit Sluncem, krátkodobé zastínění je přípustné spíše v dopoledních hodinách,
- **délka potrubních rozvodů**; má být co nejkratší (minimalizace tepelných ztrát),
- možnost **umístění**,
- **únosnost střechy**; pokud nedostačuje, nebo není správně orientovaná, lze využít i štítovou stěnu, střechu garáže, přístavku, pergoly,

- **rozložení spotřeby tepla**; v ideálním případě kopíruje roční průběh slunečního záření, např. pro instalace jsou vhodnější bytové a rodinné domy, naproti tomu školy se jeví jako problematické, protože v době nejvyššího slunečního svitu bývají většinou nevyužívané.

Z výše uvedených parametrů je možné stanovit množství vyrobené energie z celého systému za rok. Pro podrobnější výpočty existují již počítačové programy, např. firemní programy výrobců slunečních kolektorů.

Následující tabulka slouží pro orientační dimenzování solárního systému na ohřev TUV se standardními plochými solárními kolektory s konverzní selektivní vrstvou (Heliostar, Ekostart Therma apod.).

Počet osob	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spotřeba TUV (l/den)	82	164	246	328	410	492	574	656	738	820
Použitý zásobník TUV (l)	80	160	240	300	400	500	600	700	700	800
Absorpční plocha solárního pole (m^2)	1,6	3,2	4,8	6	8	10	12	14	14	16

V případě využití **pasivních solárních prvků** se obtížně stanovuje roční energetický přínos, je potřeba sledovat zejména:

- Optimální využití jižní strany budovy, která musí být v zimě osluněná (bez stínících překážek), měla by mít co největší plochu. Prvky pasivní solární architektury se umísťují na jižní stěnu, u jednodušších systémů to jsou např. velká okna pro zachycení solárního záření, u složitějších systémů je celá jižní stěna prosklená a za ní je teprve vlastní nosná a akumulační stěna s okny do místností, dveřmi, větracími kanály a pod.
- V případě orientace prosklených ploch na V nebo Z se zvyšuje riziko přehřívání interiéru v letních měsících.
- Prosklené plochy a další prvky musí být zkonstruovány tak, aby se snížil únik tepla vedením a sáláním v době bez slunečního svitu (např. v zimě nebo v noci).
- U všech pasivních systémů je potřeba dávat pozor na vznik tepelné zátěže a je nutné zabezpečit akumulaci získaného tepla - obvykle do stavební konstrukce, nebo odvést teplý vzduch do ostatních místností. Zejména v letních měsících je nutné odvětrání jižních místností v budově a zabezpečit systém clonění velkých prosklených ploch z důvodu možného přehřívání budovy. V ideálním případě lze využít přebytky tepla pro přípravu TUV či ohřev vody v bazénu.

přehled zařízení

Podle způsobu oběhu teplonosné kapaliny:

a) **Solární systémy se samotížným oběhem** využívají k oběhu teplonosné kapaliny gravitace mezi kolektorem a zásobníkem. Kapalina v systému proudí díky rozdílu hustoty mezi ochlazenou a ohřátou teplonosnou kapalinou. Solární zásobník je nutné umístit výše než kolektory. Nevýhodou je horší regulace průtoku teplonosné kapaliny kolektorem (nižší účinnost zařízení). Většina moderních kolektorů je navržena na nucený oběh a pro svůj velký hydraulický odpor není k tomuto zapojení vhodná. Výhody jsou nižší pořizovací náklady, maximální jednoduchost, nezávislost na vnějším zdroji energie, vyšší spolehlivost, nehrozí výpadek čerpadla. Systém samotížného oběhu se využívá u velmi jednoduchých malých solárních systémů určených převážně pro sezónní ohřev.

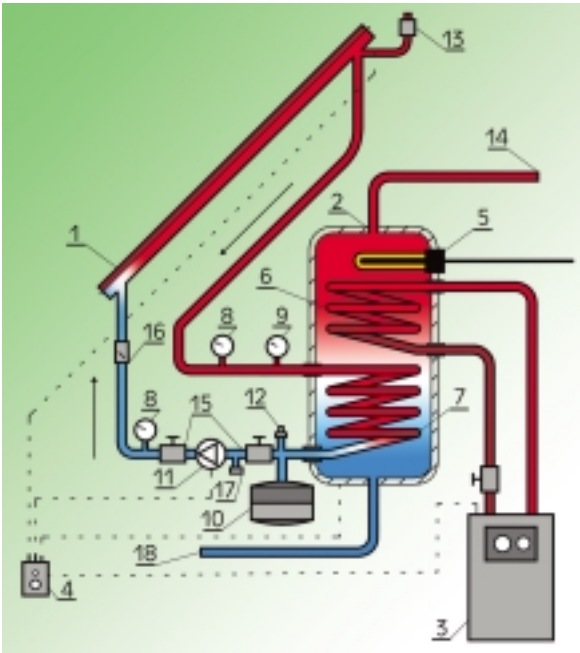
b) **Solární systémy s nuceným oběhem** využívají k oběhu teplonosné kapaliny oběhové čerpadlo. Výhodou je přesná regulace průtoku teplonosné kapaliny kolektorem, která umožňuje vyšší účinnost přenosu tepla. Zmenšení průtoku vlivem hydraulických ztrát se nechá částečně kompenzovat změnou otáček čerpadla, snížení průtoku lze docílit škrcením. Nevýhody jsou vyšší pořizovací náklady, větší složitost, nižší spolehlivost (výpadek čerpadla) a závislost na vnějším zdroji energie.

Podle počtu okruhů:

a) **Jednookruhové systémy** přímo ohřívají vodu bez výměníku tepla. Výhody jsou vysoká účinnost přenosu tepla, nižší pořizovací náklady, jednoduchost. Nevýhody jsou možnost použití pouze pro sezónní provoz (bazény), nebezpečí tvorby bakterií a řas, při nízkých teplotách hrozí zamrznutí vody. Propojení okruhu spotřeby a výroby tepla komplikuje návrh zejména složitějších systémů. Vlivem používání neupravené vodovodní vody dochází k zanášení a korozi (oxidaci) kolektoru i systému. Používají se výhradně v nejjednodušších zařízeních pro sezónní ohřev vody.

b) **Dvouokruhové systémy** pracují s výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy. První okruh rozvádí ohřátou teplonosnou kapalinu od kolektorů do výměníku tepla. Druhý přebírá teplo z výměníku a vede jej do místa spotřeby (solární zásobník). Primární okruh bývá napuštěn nemrznoucí směsí. Výhoda je celoroční provoz. Tlakové oddělení okruhů umožňuje velkou variabilitu zapojení s různými průtoky médií. Nevýhody jsou horší účinnost v důsledku ztrát ve výměníku tepla, vyšší pořizovací náklady a složitost.

Pro letní ohřev vody (bazén, sprcha) stačí použít jednookruhový systém s jednoduchým absorbérem (plastová deska s dutinami pro ohřívanou vodu). Pro celoroční provoz se používá nejčastěji dvouokruhový systém s kolektory, výměníkem a nemrznoucí teplonosnou kapalinou.



Obrázek 4: Dvouokruhový solární systém s nuceným oběhem.

Popis: 1-solární kolektor, 2-solární zásobník (trivalentní), 3-kotel ústředního vytápění, 4-elektronická regulace solárního systému, 5-elektrické topné těleso, 6-výměník tepla okruhu ústředního vytápění, 7-výměník tepla solárního okruhu, 8-teploměry, 9-manometr, 10-expanzní nádrž, 11-oběhové čerpadlo, 12-pojišťovací ventil, 13-odvzdušňovací ventil, 14-výstup teplé vody, 15-uzavírací ventily, 16-zpětná klapka, 17-plnicí kohout, 18-vstup studené vody z vodovodního řadu. Pozice č. 8, 9, 10, 11, 12, 16 spolu s průtokoměrem jsou na solární instalační jednotce.

Obrázek 5: Solární systém na ohřev teplé vody, Boží Dar, hotel Slunečná.

použitá a doporučená literatura

[1] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. T. Malina, Praha, 1994.
[2] Hájek, L.: Sluneční kolektory. Poradenská knižnice ČEA, ČEA, Praha, 1997.
[3] Karmanolis, S.: Sluneční energie. MAC, Praha, 1996.
[4] Kol. autorů: Energie - kde ji vzít? EkoWATT, Praha, 1993. ISBN 87-87669-74-1. Dotisk EkoWATT, Praha, 1995.
[5] Kol. autorů: Obnovitelné zdroje energie. FCC Public, Praha, 1994, druhé upravené a doplněné vydání 2001.
[6] Krieg, B.: Elektřina ze Slunce. HEL, Ostrava, 1993.
[7] Mittermair, F.: Zařízení se slunečními kolektory. HEL, Ostrava, 1995.
[8] Pázral, E., Kára, J., Kotková, J., Svobodová, V.: Kombinované energetické systémy s využitím obnovitelných zdrojů energie. Poradenská knižnice ČEA, ČEA, Praha, 1997.
[9] RAEN, spol. s r. o.: Alternativní zdroje energie. Poradenská knižnice ČEA, ČEA, 1997.
[10] Vaníček, K. a kol.: Popis pole globálního záření na území České republiky v období 1984 - 1993. Národní klimatický program České republiky, Praha, 1994.
[11] Vaníček, K., Čeněk, J., Reichrt, J.: Sluneční záření na území ČSSR. MLVH ČSR ve spolupráci a DT ČSVTS Pardubice, Pardubice, 1985.

Vydal:
EkoWATT, středisko pro obnovitelné zdroje a úspory energie
Bubenská 6, 170 00 Praha 7
tel.: +420 266 710 247
fax: +420 266 710 248
e-mail: ekowatt@ekowatt.cz
http://www.ekowatt.cz, www.energetika.cz

Autoři textů: Jiří Beranovský, Karel Srdečný, Jan Truxa
Spolupráce: Radim Bařinka, František Hrdlička, Evžen Přibyl, Libor Šamánek, Jiří Vašíček, Jaroslav Knápek
Grafický návrh: Irena a Saša Mandić
Realizace: Helvetica & Tempora, spol. s r. o., Pod Kaštany 8, Praha 6

© EkoWATT, 2002

Podrobnější informace lze získat také v celostátní síti Energetických informačních a konzultačních středisek České energetické agentury (EKIS ČEA), jejichž seznamy jsou uveřejněny např. na internetové adrese http://www.ceacr.cz.

Publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2002 - část A. Byla vydána díky laskavé podpoře České energetické agentury a Nadace Partnerství.