

# Systemy pro využití solární energie

## Základní části solárních systémů

Jak jsme již uvedli výše, budeme se zabývat hlavně systémy, v nichž se sluneční záření přeměňuje v teplo, tj. **solárními termálními systémy**.

Získat ze slunečního záření teplo není žádný problém, postačí k tomu jakýkoli matně černý povrch. Základním problémem všech termálních solárních systémů je však to, jak zabránit tepelným ztrátám a jak vzniklé teplo odvést a uložit pro pozdější potřebu. Lze říci, že právě tím se zabývala většina výzkumu a vývoje v oblasti solární energie. Problém snížení tepelných ztrát a zajištění akumulace se rozhodujícím způsobem podílí na ceně solárních systémů.

Každý solární systém obsahuje v zásadě tyto hlavní části:

- Kolektor, který (jak název napovídá) záření „sbírá“ a mění jej v teplo.
- Zásobník, v němž je teplo uloženo pro pozdější potřebu.
- Transportní systém, který teplo převádí z kolektoru do zásobníku nebo přímo do místa potřeby (rozvody, čerpadlo nebo ventilátor, ventily apod.).
- Regulační zařízení, které zajišťuje, aby teplo přecházelo z kolektoru do zásobníku, a ne naopak.
- Záložní zdroj tepla, který pokryje spotřebu v době bez slunečního svitu.

Ne vždy však musí být všechny tyto části v systému přítomny a ne vždy jsou oddělené! Například nejjednodušší systém pro ohřev vody může být tvořen pouze tmavě natřeným zásobníkem uloženým v izolovaném boxu s průhledným víkem. Zde je zásobník současně kolektorem a žádné potrubí nebo regulační systém už není zapotřebí. Za takovouto jednoduchost ale pochopitelně platíme malou účinností a krátkou dobou akumulace.

## Rozdělení solárních systémů

Solární systémy lze dělit podle různých kritérií. Pokud se omezíme na termické systémy, tj. ty, které přeměňují energii slunečního záření na teplo, pak je můžeme dále rozdělit:

## Systemy pro využití solární energie

- a) podle toho, k čemu používáme získanou energii:
- systémy pro ohřev teplé vody,
  - systémy pro ohřev bazénů,
  - systémy pro vytápění,
  - systémy pro chlazení a klimatizaci;
- b) podle toho, jakým způsobem je zajištěn přenos tepla:
- **systémy pasivní** – zde je teplo přenášeno pasivně, bez použití nějakého technického zařízení a bez nároků na elektrickou energii, například pouze s využitím přirozené konvekce. Výhodou je jednoduchost a spolehlivost, nevýhodou je menší flexibilita, například to, že je nutno umístit zásobník nad kolektory,
  - **systémy aktivní** – k přenosu tepla (cirkulaci teplonosného média) se používá čerpadlo nebo ventilátor ve spojení s vhodným regulačním zařízením. Výhodou je, že celý systém je daleko flexibilnější a lépe se reguluje;
- c) podle toho, jaké médium slouží k přenosu tepla:
- **systémy využívající k přenosu tepla vodu nebo nemrznoucí směs** – jsou u nás zdaleka nejběžnější; souvisí to s tím, že se dobře integrují do existujících systémů pro vytápění a ohřev vody. Jejich značnou výhodou je, že voda má velkou tepelnou kapacitu (měrné teplo), a proto stačí relativně malé průměry rozvodů (trubek),
  - **systémy využívající vzduch** – jsou rozšířené např. v USA; u nás by se mohly uplatnit v nízkoenergetických a pasivních domech, které mají nucené větrání s rekuperací a přihříváním vzduchu. Jejich výhodou je jednoduchá konstrukce kolektoru, nevýhodou je nutnost používat rozvodná potrubí o velkém průměru (vzduch má malou tepelnou kapacitu) a větší potřebné objemy zásobníků (používá se zpravidla šterk či oblázky).

Pěkné schéma možných konfigurací solárních systémů je v [4] na str.127.

## Využití solární energie pro ohřev teplé vody

Jak jsme již uvedli dříve, ohřev vody je nejběžnějším a nejvýhodnějším využitím solární energie v našich podmínkách. V této oblasti také existuje největší nabídka systémů a řada firem, které zařízení montují, a proto budeme této aplikaci solární energie věnovat největší pozornost.

## 2

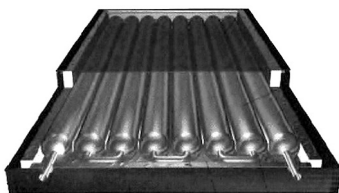
## Systémy pro využití solární energie

**Pasivní systémy pro ohřev vody****Akumulační kolektor****(batch collector, Integral Collector Storage System)**

Patrně nejjednodušším systémem na ohřev vody je černě natřená nádoba (plechový sud nebo plastový vak) umístěná na slunci. Má však některé očividné nevýhody:

- velké tepelné ztráty, a tedy malá účinnost a nemožnost uchování ohřáté vody po delší dobu;
- zařízení musí být umístěno tam, kde svítí slunce, a ne tam, kde bychom vodu potřebovali;
- nelze jej používat v zimním období, kdy hrozí zamrznutí systému;
- voda nemá dostatečný tlak.

Významným vylepšením je použití tlakové nádoby a její umístění do izolovaného boxu s transparentním zasklením. Často se používají dvě vrstvy zasklení a selektivní povrch na kovovém zásobníku. Ideální je použít například transparentní izolaci z granulovaného aerogelu (viz níže). Pokud je toto zařízení umístěno na přístupném místě, lze dosáhnout podstatného zlepšení vlastností použitím tepelně izolujícího víka, jehož přiklopení na konci dne podstatně omezí noční tepelné ztráty. Pokud je víko na vnitřní straně opatřeno reflexní fólií, je možno jej v otevřené poloze využít i jako jednoduchý koncentrátor, který zvýší intenzitu dopadajícího záření. Díky tomu, že je nádoba tlaková, se může takovéto zařízení zařadit i jako předehřev do existujícího systému pro ohřev teplé vody – např. před zásobníkový ohříváč vody (viz schéma na obr. 72 v barevné příloze). Akumulační kolektory jsou komerčně dostupné, jako příklad lze uvést systémy firmy Kingsolar [45] (obr. 7 a 8). V mnoha případech mohou dosáhnout poměrně slušného poměru užité hodnoty k ceně. Na našem trhu se objevila solární sprcha využívající tento princip.



**7** Integrovaný kolektor Sun Flow solar systém



**8** ProgressivTube Solar Water Heater PT-50

**Samotížný systém pro ohřev vody**

Podstatného snížení tepelných ztrát v době bez slunečního svitu dosáhneme oddělením kolektoru a zásobníku. Pokud je kolektor umístěn pod zásobníkem, není

## Systemy pro využití solární energie



9 SCOUT 40

třeba žádné čerpadlo ani regulační zařízení, protože v době slunečního svitu obíhá voda z kolektoru do zásobníku samotížně. Pokud slunce přestane svítit a teplota v kolektoru se sníží, oběh vody ustane a zásobník, pokud je dobře izolovaný, vychládá jen velmi pomalu. Vzhledem k tomu, že tlak vyvozený rozdílem teplot vody je velmi malý, je třeba mít potrubí od kolektoru do zásobníku pokud možno krátké, dobře vypádané a s větším průměrem. Také kolektor musí být přizpůsoben pro samotížný oběh a totéž platí pro výměník, pokud jej používáme.

Samotížné systémy jsou velmi běžné v zemích okolo Středozevního moře, kde nehrozí mrazy a kde se hojně po-

užívají ploché střechy, na něž se dají tyto systémy dobře umístit.

Na našem trhu se v poslední době objevují tyto systémy v nabídce některých firem, které je z této oblasti dovážejí (např. samotížný solární systém Megasun firmy Ioanna [100], dovážený z Řecka). Slovenská firma Thermosolar nabízí kolektory Heliostar H380 [44], které lze použít pro samotížný systém. Pokud se v solárním zásobníku použije vhodný výměník, lze použít v kolektorech nemrznoucí směs a provozovat samotížný systém i v zimě. Pokud kolektor umístíme na zem u stěny domu, pak lze dát zásobník dovnitř domu a nehrozí zamrznutí přívodů vody. Takový systém má již mnoho výhod obvyklých u aktivních systémů.

Malá a přenosná solární zařízení na ohřev vody se samotížným oběhem vyráběl (v současné době ale již v jeho výrobním programu nejsou) Ekosolaris Kroměříž (obr. 9) a jsou vhodná pro letní tábory a podobná místa, kde nelze vodu ohřát jinak.

### Aktivní systémy pro ohřev teplé vody

Významně větší flexibility dosáhneme, když pro oběh kapaliny použijeme čerpadlo spínané vhodným solárním regulátorem, tj. když přejdeme od pasivního systému k systému aktivnímu. Pak je možno umístit kolektor na střechu, kde není zastíněn, a zásobník dát do sklepa, kde nevádí jeho váha a rozměry, nebo do koupelny, což minimalizuje tepelné ztráty v rozvodech teplé vody. Potrubí od kolektorů k zásobníku může mít poměrně malý průměr a ani jeho délka nehraje velkou roli. Tím, že je solární systém rozdělen na jednotlivé moduly, není nutno dělat takové kompromisy jako u systémů pasivních a je mnohem jednodušší systém přizpůsobit

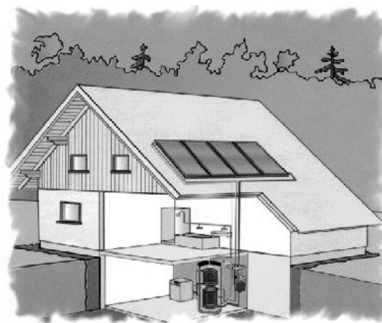
## 2

## Systémy pro využití solární energie

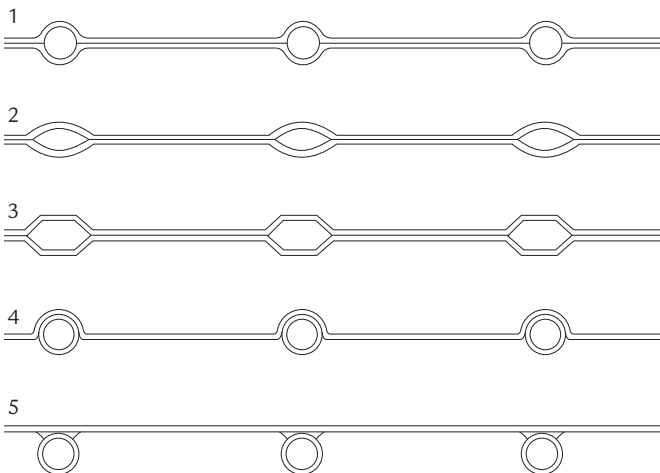
požadavkům uživatele a dosáhnout dobré funkčnosti a účinnosti. Pro tyto systémy také existuje největší výběr vhodných kolektorů. Výhody aktivního solárního systému jsou však pochopitelně zaplacený vyšší pořizovací cenou.

### Kapalinové kolektory

Základní a nejdůležitější částí aktivního solárního systému pro ohřev vody jsou kolektory. V dnešní době je technologie výroby kolektorů dostatečně zralá a ustálená a není problém si z nabídky vybrat jeho optimální typ. Na trhu se setkáme s kolektory několika různých konstrukčních typů. Nejčastěji se používá rozdělení podle toho, jakým způsobem sluneční záření dopadá na absorbér, tj. na kolektory **ploché**, kdy je plocha absorbéru stejná jako vstupní apertura (plocha kolektoru, do níž vstupuje sluneční záření), a **koncentrující**, kdy je absorbér menší a vstupující záření je na něj soustředěno čočkou nebo zrcadlem. Někdy se dělí podle materiálu absorbéru na kolektory **plastové**, které se používají tam, kde ohříváme vodu jen na relativně nízkou teplotu (např. ohřev bazénů), a kolektory **kovové**, které jsou použitelné i za vyšších teplot.



10 Schéma aktivního solárního systému pro ohřev vody



11 Různá provedení absorbéru kapalinových kolektorů [5]  
1, 2, 3 – absorbéry vytvořené bodovým svařením dvou plechů (roll bond),  
4 – trubka + plech (bodově přivařeno), 5 – trubka + plech (pájeno)

## Systémy pro využití solární energie

U plochých kolektorů se nejčastěji používá absorbér tvořený plechem, ke kterému jsou přichyceny trubky, jimiž proudí teplotonosná kapalina. Existuje však i řada dalších konstrukčních uspořádání (obr. 11).

Bez ohledu na konstrukční provedení plní všechny druhy absorbérů svou základní funkci, tj. zachytit dopadající záření a přeměnit jej na teplo, zhruba stejně dobře. Podstatně větší rozdíly jsou v tom, jak dokáží zabránit tepelným ztrátám, tedy jaký je užitečný výkon, respektive účinnost kolektoru.

Abychom mohli vybrat optimální typ kolektoru pro dané použití, je třeba porozumět tomu, jaké má vlastnosti a na čem závisí jeho účinnost.

S jistým zjednodušením je užitečný výkon kolektoru dán následující rovnicí:

$$W = \alpha \cdot \tau \cdot E - U \cdot (t_m - t_a),$$

kde je:

**W** užitečný výkon [W];

**$\alpha$**  koeficient absorbce (udává, jaký podíl záření je pohlcen absorbérem);

**$\tau$**  koeficient propustnosti zasklení (udává, jaký podíl záření projde na absorbér);

**E** intenzita slunečního záření [W/m<sup>2</sup>];

**U** součinitel prostupu tepla z absorbéru do okolí;

**$t_m - t_a$**  je rozdíl mezi střední teplotou absorbéru a venkovní teplotou.

Účinnost kolektoru, tj. podíl užitečného tepelného výkonu, který z kolektoru získáme, a výkonu slunečního záření, které na kolektor dopadá, je pak dána vztahem:

$$\eta = \alpha \cdot \tau - U \cdot (t_m - t_a) / E.$$

Jak je vidět, skládá se účinnost ze dvou členů. První člen v rovnici se nazývá optická účinnost; ta závisí jen na vlastnostech absorbéru (jeho pohltivosti) a zasklení (jeho propustnosti). Čítec v druhém členu rovnice popisuje tepelné ztráty; ty závisí na tom, jak dobře je absorbér izolován a jaký je rozdíl teplot mezi absorbérem a okolním vzduchem. Ve jmenovateli druhého členu je pak intenzita slunečního záření. Podíl  $(t_m - t_a) / E$  se někdy nazývá redukováná teplota a charakterizuje vlastně vnější podmínky, v nichž kolektor pracuje. Čím je rozdíl teplot menší a čím je intenzita slunečního záření větší, tím jsou podmínky příznivější, relativní velikost tepelné ztráty menší a účinnost větší.

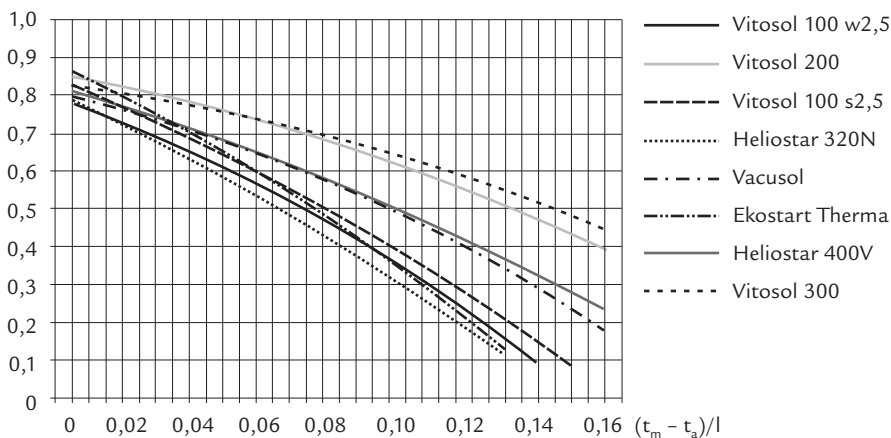
Tento vztah se většinou vyjadřuje graficky ve formě účinnostní křivky (obr. 12), tj. závislosti účinnosti kolektoru na redukováné teplotě. Jednoduchým a srozumitelným způsobem nám popisuje, jak se kolektor chová za různých podmínek, a můžeme ji použít k rozhodování při výběru optimálního kolektoru pro danou

## 2

## Systémy pro využití solární energie

aplikaci (viz níže). Lze říci, že tam, kde kolektor pracuje jen s malým teplotním rozdílem, je pro jeho účinnost důležitý první člen v rovnici. Je tedy třeba, aby byl absorbér co nejvíce pohltivý (černý) a případně zasklení co nejvíce propustné. V takovéto situaci jsou výhodné plastové kolektory bez zasklení a s neselektivním, matně černým a dobře absorbujícím povrchem.

Pokud má naopak kolektor pracovat s velkým rozdílem teplot mezi absorbérem a okolím (například ohřívat vodu v zimě v horské chatě) nebo pokud je k dispozici jen malá intenzita slunečního záření (častá oblačnost), pak je naopak důležité, aby tepelné ztráty kolektoru byly co nejmenší. Dobře se uplatní například vakuové kolektory se selektivní vrstvou na absorbéru.



**12** Účinnostní křivky různých typů kolektorů. Graf: EkoWATT

Nejjednodušší kolektor (např. na ohřev bazénové vody), který je tvořen samotným nezakrytým absorbérem, se ani v létě nevyhřeje na více než nějakých 60 °C (teplota chodu naprázdno, stagnační teplota). Při této teplotě se tepelné ztráty absorbéru rovnají tepelným ziskům ze slunečního záření a užitečný výkon kolektoru je nulový.

Pokud potřebujeme vyšší teploty a větší účinnost, musíme absorbér vhodným způsobem izolovat. Izolovat zadní stranu absorbéru je jednoduché – stačí na to použít několik centimetrů minerální vaty a tepelná ztráta poklesne na zlomek původní hodnoty. Podstatně obtížnější je to na přední straně, kam dopadá sluneční záření. Zde potřebujeme nějaký druh transparentní izolace, což je problém (ani ne tak technický jako spíše finanční). Teplo se z této strany absorbéru do okolí přenáší v zásadě třemi způsoby (stejně jako např. mezi skly okna):

- konvekcí, tj. prouděním ohřátého vzduchu;



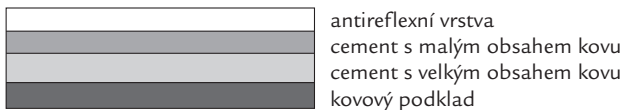
## Systémy pro využití solární energie

- radiací, tj. vyzařováním v dlouhovlnné infračervené oblasti spektra (tepelným sáláním);
- kondukcí, tj. vedením tepla vzduchem.

Nejvýznamnější jsou ztráty konvekcí, menší jsou ztráty radiací a nejméně významné jsou ztráty kondukcí.

Nejjednodušším způsobem, jak snížit ztrátu konvekcí, je zakrýt absorbér jedním nebo více skly. Vzhledem k tomu, že sklo nepropouští dlouhovlnné infračervené záření, dojde současně i k omezení radiálních ztrát. Potíží je ale v tom, že každé krycí sklo sníží množství záření, které dopadá na absorbér (optickou účinnost kolektoru), velmi přibližně o 10 %. Z tohoto důvodu se zpravidla používá zakrytí jen jedním sklem. Dokonalého snížení tepelných ztrát konvekcí i kondukcí se dá dosáhnout tím, že z okolí absorbéru odstraníme vzduch. K významnému omezení konvekce stačí snížit tlak na úroveň pod 100 Pa. Pro odstranění ztrát kondukcí je třeba použít vysoké vakuum (tlak pod 0,001 Pa).

Radiální ztráta se dá výrazně snížit pomocí takzvaného selektivního povrchu. Běžná matně černá barva sice dobře absorbuje sluneční záření, ale současně neméně dobře i teplo vyzařuje. Selektivní povrch je v oblasti viditelného a blízkého infračerveného záření černý a pohlcuje více než 90 % slunečního záření, ale v dlouhovlnné infračervené oblasti spektra se chová jako kovově lesklý, nevyzařující povrch (vyzařuje méně než 20 % tepla ve srovnání s černou barvou). Tyto povrchy jsou obvykle tvořeny velmi tenkou vrstvičkou se směsí kovu a oxidu kovu (Cermet), která má vysokou pohltivost pro dopadající sluneční záření, tj. záření ve viditelné a blízké infračervené oblasti slunečního spektra, a vysokou odrazivost, a tedy malou schopnost vyzařování v oblasti dlouhovlnného infračerveného záření. Tyto vrstvičky lze na povrchu kovu vytvořit například **galvanickým pokovením** – např. černý chrom na měděném absorbéru. Na hliníkovém absorbéru lze selektivní povrch vytvořit anodickou oxidací (eloxováním) s přídavkem sloučenin niklu; takto jsou vyráběny kolektory Heliostar v Žiaru nad Hronom. Galvanické postupy produkují poměrně velké množství odpadních vod, které je nutno velmi pečlivě čistit. Z hlediska ochrany životního prostředí je výhodnou a v poslední době oblíbenou technologií **vakuumové, respektive magnetronové napařování**. Takto se vyrábějí např. hojně využívané vysoce selektivní povrchy na absorbéry Tinox [46] nebo Sunselect, používané v kolektorech Sun Wing T2 české firmy T.W.I. [50]. Vakuumové napařování má velkou výhodu i v tom, že lze vytvářet



**13** Vícevrstvý selektivní absorbér



## 2

## Systémy pro využití solární energie

vícevrstvé struktury (obr. 13), které umožňují optimalizovat vlastnosti tak, aby bylo dosaženo vysoké pohltivosti slunečního záření a současně velmi malé hodnoty tepelného vyzařování. Použitím dvou vrstev s různým obsahem kovových částic a antireflexní vrstvy na povrchu lze docílit zachycení 96,5 % dopadajícího slunečního záření při pouze 3,5% tepelném vyzařování (srovnáno s neselektivním povrchem).

Důležité je, že v oblasti dlouhovlnného infračerveného záření přichází ze slunce jen asi 1 % z celkové dopadající energie, a tak selektivní povrch nezpůsobí žádné znatelné snížení pohlcené energie.

Radiační ztrátu z povrchu absorbéru by bylo možno snížit také pomocí selektivní odrazivé vrstvičky na krycím skle (používá se v moderních oknech), problém je však v tom, že takováto vrstva znatelně sníží množství dopadajícího záření. Selektivní povrch na absorbéru je velmi dobré řešení a většina moderních kolektorů jej používá.

Dalším způsobem, jak snížit tepelné ztráty absorbéru, je zmenšit jeho rozměry při zachování toku slunečního záření, tj. použít koncentrátor. Pokud je například tepelná ztráta z metru čtverečního absorbéru 500 W a na absorbér dopadá 1 000 W, pak je získaný užitečný výkon 500 W. Soustředíme-li těchto 1 000 W na absorbér, který bude mít polovinu plochy, a tedy ztrátu jen 250 W, získáme užitečný výkon 750 W.

Pokud zkombinujeme výše uvedené možnosti, tj. absorbér opatřený selektivní vrstvou a umístěný ve vakuu a případně na něj ještě soustředíme záření koncentrátorem, dostaneme ideální kolektor, jehož tepelné ztráty jsou velmi nízké a který bez potíží dosáhne vysoké teploty i v zimních podmínkách s malým množstvím slunečního svitu. Nevýhoda existuje snad jen jediná, ale významná – vysoká cena takového řešení.

Tvůrčí aplikací výše uvedených poznatků se dospělo k různým typům kolektorů, které se hodí pro různá použití.

### Typy kapalinových kolektorů, s nimiž se u nás můžeme setkat

V dnešní době je množství kolektorů na našem trhu značné a vyčerpávající přehled by byl příliš rozsáhlý. Situace je navíc komplikována tím, že různé firmy prodávají stejný kolektor (z dovozu) pod různými názvy.

#### Plastové absorbéry

Při ohřevu vody ve venkovním bazénu je často teplota vzduchu jen nepatrně nižší než teplota bazénové vody a tepelné ztráty kolektoru jsou tedy nevýznamné. V takovém případě by vedlo zakrytí absorbéru sklem ke snížení výkonu, protože by se snížila intenzita dopadajícího záření. Používají se proto holé absorbéry bez jakéhokoli zakrytí a tepelné izolace. Podobně zbytečný by byl i selektivní povrch, navíc by měl i trochu nižší pohltivost pro sluneční záření.

## Systemy pro využití solární energie

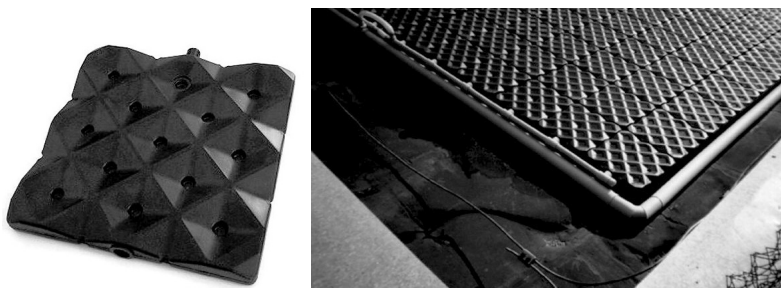
Pro ohřívání vody v bazénu také potřebujeme dost velké plochy kolektorů (srovnatelně s plochou hladiny bazénu), a tudíž by měly být levné. Pokud chceme cirkulovat bazénovou vodu skrz kolektory přímo, bez použití výměníku, pak je třeba, aby měly i dobrou korozní odolnost; v bazénové vodě je přítomen velmi reaktivní chlor. Nejběžnější bazénové kolektory jsou proto vyráběny z plastu. Na našem trhu se setkáme s následujícími typy:

- **Soladur S** – je vyroben z polypropylenu černé barvy s UV-filtrem a je povětrnostně stálý. Tento absorbér má rovnoběžné kanálky (obr. 14), které nahoře a dole ústí do sběrného prostoru. Podrobnější informace lze najít v článku [47];



14 Řez absorbérem Soladur

- **plastové kazety KM Solar** [103] – jde o zajímavý modulární systém celoplastových panelů (kazet) z vysokohustotního polyetylenu. Jednotlivé kazety se spojují pomocí těsnících O kroužků do větších celků (obr. 15);



15 Absorbér KM

### Kovové kolektory s neselektivním povrchem

Dnes se již téměř výlučně používají absorbéry se selektivním povrchem a je těžké najít na trhu nějaké zástupce tohoto typu.

- **Svépomocně vyrobený kolektor** – jako příklad vtipně řešeného jednoduchého a levného kolektoru bez selektivního povrchu (tj. natřeného obyčejnou matnou černou barvou případně „solárním lakem“) lze uvést svépomocně vyráběné kolektory, jejichž výrobu a instalaci organizoval brněnský Ekologický institut Veronica např. v oblasti Bílých Karpat [51].

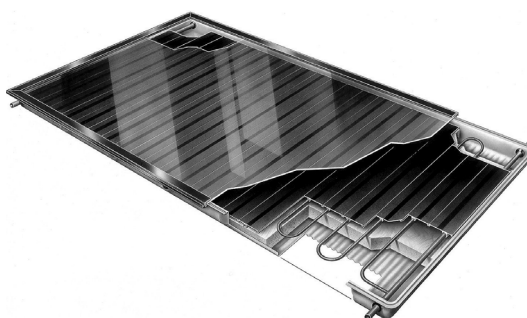
## 2

## Systémy pro využití solární energie

- **Solární kolektor firmy Svoboda a spol.** používal povrch natřený „solárním lakem“, nicméně firma brzy přešla na použití komerčního selektivního povrchu.

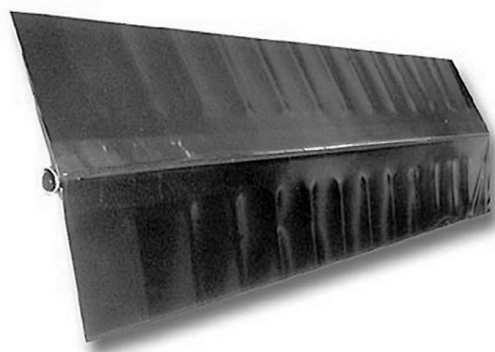
## Kovové kolektory se selektivním povrchem

- **Kolektory Heliostar [44]** – jde o kolektory s hliníkovým absorberem opatřeným galvanicky vytvořenou selektivní vrstvou tvořenou oxidem hliníkovým, v němž jsou inkorporovány černé částice niklu, respektive směsi niklu a jeho oxidu. Jsou to nejstarší kolektory se selektivní vrstvou na našem trhu. Existuje řada typů pro různé použití.



16 Řez kolektorem Heliostar H300

- **Kolektory se selektivním povrchem vytvořeným vakuovým napařováním.** Komerčně vyráběné absorbové měděné proužky opatřené selektivním povrchem Tinox (obr. 17) jsou základem pro více typů komerčně vyráběných kolektorů. U nás se setkáme např. se solárními kolektory:



17 Měděný absorbér TINOX

- **solární kolektor Sun Wing T2** české společnosti T.W.I. [50]. Kolektory jsou vybaveny celoplošnými absorberými, vyráběnými z návinů měděného plechu s vysoce selektivním povrchem;



18 Kolektor Sun Wing T2

## Systémy pro využití solární energie

- **IDMK** firmy Solarpower [52]. Typ SP 95 je určen k zabudování do střešní krytiny, FK 7000 v kovové vaně je určen k zabudování do stojanu nebo nad krytinu (výrobce je rakouská firma GREENoneTEC);
- **plochý sluneční kolektor VS F2-T** s absorpční vrstvou Tinox firmy VacuSol [54];
- **solární kolektor CC-A/F Selecton Blue** (vyráběný firmou SUNSET Energietechnik GmbH, Adelsdorf, Německo), který na našem trhu nabízí např. I.G.B. Holding Ostrava [71];
- **solární kolektor KPC** firmy Regulus s absorpční vrstvou z galvanicky nanášeného černého chromu [138].

### Vakuové kolektory

Vyčleňují se jako samostatná skupina, i když se v nich používají různá geometrická uspořádání absorberu. Absorbér je umístěn ve vakuu a opatřen selektivním povrchem; díky tomu, že jsou jeho tepelné ztráty velmi malé, je účinnostní křivka těchto kolektorů více plochá, tj. kolektor dosáhne vysoké teploty i při nízké úrovni slunečního svitu nebo velkém rozdílu teplot mezi absorberem a vnějším prostředím. Vakuové kolektory se selektivním povrchem jsou z technického hlediska asi nejdokonalejším řešením problému tepelných ztrát absorberu.

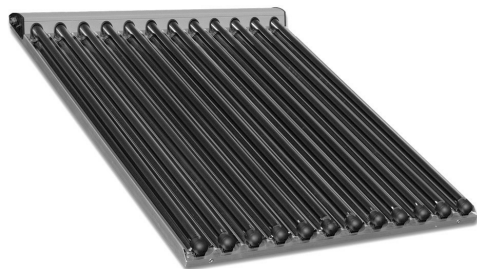
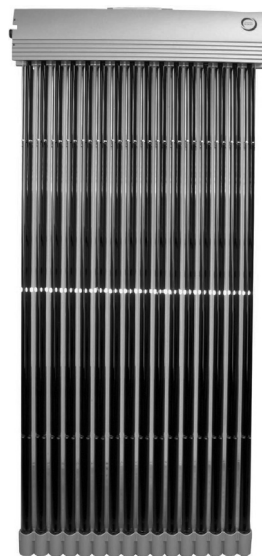
- **Vakuový kolektor Heliostar** [53] je unikátní v tom, že jde v podstatě o běžný plochý kolektor, který má mezi kolektorovou vanou a krycím sklem rozpěrky, které umožní vyčerpat z kolektoru vzduch na tlak menší než 100 Pa. Díky tomu se prakticky eliminují konvekční tepelné ztráty absorberu a podstatně sníží tepelné ztráty vedením tepla vzduchem (ještě lepšího výsledku se dosáhne, pokud se zbylý vzduch zamění za argon nebo krypton, které mají menší tepelnou vodivost). Určitou daní za tuto výhodu je malé snížení plochy absorberu způsobené tím, že jsou v něm vytvořeny otvory pro distanční rozpěrky. Kolektory se spojují do větších celků a jsou připojeny na rotační olejovou vývěvu, která čas od času obnoví vakuum v systému. Účinnostní křivka (obr. 12) klesá oproti normálnímu kolektoru (Heliostar H200) podstatně méně strmě, a kolektor má tedy znatelně vyšší účinnost při malé intenzitě slunečního svitu a velkých rozdílech teploty.
- **Trubicový vakuový kolektor VacuSol** [54]. Kolektor se skládá z trubic, v nichž je umístěn absorber se selektivní vrstvou. V trubicích je vysoké vakuum ( $10^3$  Pa), což zcela odstraní nejen konvekční ztráty, ale i ztráty vedením vzduchem. Přenos tepla z absorberu do nemrznoucí kapaliny se děje pomocí takzvané tepelné trubice (heat pipe). Výhodou je, že stačí udělat ve vakuové trubici jen jeden vývod (obr. 19).
- **Vakuový kolektor Greenpipe Vacuum VK25**, nabízený u nás firmou Millenium House, s. r. o. [55], a vyráběný rakouskou firmou GREENoneTEC,

## 2

## Systémy pro využití solární energie

19 *Trubicový vakuový kolektor*

je příkladem trubicového vakuového kolektoru s parabolickým koncentrátorem typu CPC (viz níže) s malou mírou koncentrace. Zajímavým řešením je oddělení absorberu od skleněné trubice. Zde jsou použity dvě koncentrické skleněné trubky (tvořící jakousi dlouhou termosku) a do nich je zasunut absorber (není tedy nutno dělat průchod skrz vakuum). Selektivní povrch je nanesen na vnější straně vnitřní trubky (tedy je ve vakuu). Tento druh kolektoru v sobě spojuje všechny výše zmíněné možnosti snižování tepelných ztrát, tj. selektivní povrch, vakuum a koncentrátor.

20 *Kolektor VK*21 *Trubicový vakuový kolektor SCHOTT ETC 16*

Přehled solárních kolektorů a systémů na našem trhu lze najít např. na [139].

### Koncentrační kolektory

Důvodem pro koncentraci záření je primárně snížení tepelných ztrát absorberu, a tím i možnost dosažení vyšší teploty. Je-li např. ztráta z 1 m<sup>2</sup> absorberu 500 W

## Systémy pro využití solární energie

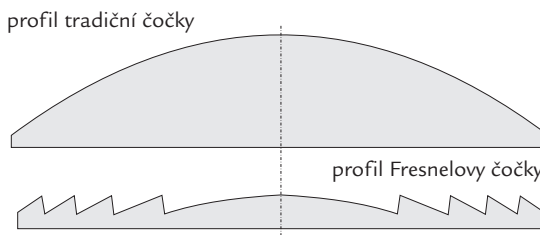
a dopadá-li na něj 1 000 W, je účinnost tohoto kolektoru 50 %. Soustředíme-li na absorbér záření z plochy 2 m<sup>2</sup> (tj. přibližně 2 000 W), stoupne účinnost na 75 %. Koncentrátor také umožní snížit množství materiálu potřebného na absorbér, a tím i jeho cenu a tepelnou setrvačnost. Zpravidla je ale díky optice celý systém dražší než plochý kolektor stejného výkonu. Hlavní oblast použití koncentrátorů je proto v systémech pro výrobu elektřiny nebo pro získání vysokých teplot a intenzit záření potřebných např. pro chemické reakce nebo tavení látek.

Sluneční záření lze koncentrovat (soustředit) na absorbér pomocí **odrazu** (zrcadlový koncentrátor) nebo **lomů** (čočkový koncentrátor). Lze použít např. klasické spojné čočky tvořené kulovými plochami nebo zrcadla ve tvaru rotačního paraboloidu. Je to vlastně stejná optika, jaká se používá u astronomických dalekohledů; Slunce se zobrazí v ohnisku jako kotouček. Lze tak dosáhnout značně vysokého stupně koncentrace. Teoreticky může koncentrační faktor dosáhnout hodnoty 46 000 a teplota absorbéru se může blížit teplotě slunečního povrchu. Koncentrační faktor udává, kolikrát je plocha absorbéru (na niž je záření soustředěno) menší než celková vstupní plocha (apertura) kolektoru (na niž záření dopadá). Tyto koncentrátorů je však nutno přesně navádět za Sluncem ve dvou na sebe kolmých směrech, tj. kompenzovat měnící se výšku Slunce nad obzorem a azimut Slunce, aby obraz slunečního kotouče stále dopadal na absorbér. Takové naváděcí zařízení je ovšem dosti nákladná záležitost, a proto se tento druh koncentrátorů pro ohřev vody nebo vytápění nepoužívá.

Jednodušší je koncentrovat záření jen ve dvou dimenzích, tj. použít válcovou čočku nebo válcové zrcadlo ve tvaru korýtky s parabolickým průřezem. Absorbér má potom tvar úzkého proužku a je umístěn v ohniskové přímce čočky, resp. zrcadla (takzvaná 2D geometrie, nebo liniové koncentrátorů, tj. Slunce se zde zobrazí jako obdélníček). Maximální teoretická hodnota koncentrace je jen 215 (stále ještě mnohem více, než potřebujeme), ale stačí navádět jen v jednom směru. Více informací o koncentrátořech a optice v nich používané lze najít např. na [57] a [58].

V našich podmínkách se v praxi setkáme s liniovým koncentrátořem používajícím válcové Fresnelovy čočky u kolektorů Solarglas od firmy ENVI Třeboň [59]. Fresnelova čočka koncentruje stejně jako čočka sférická, ale je mnohem tenčí a lehčí (obr. 22). **Fresnelovy čočky**

tohoto kolektoru koncentrují dopadající záření na absorbér (ve tvaru proužku), který je umístěn v pohyblivém rámu pod čočkou (obr. 23). Čočky jsou usazeny napevno (tvoří prosklenou střechnu) a udržování absorbéru v ohniskové přímce je zajištěno

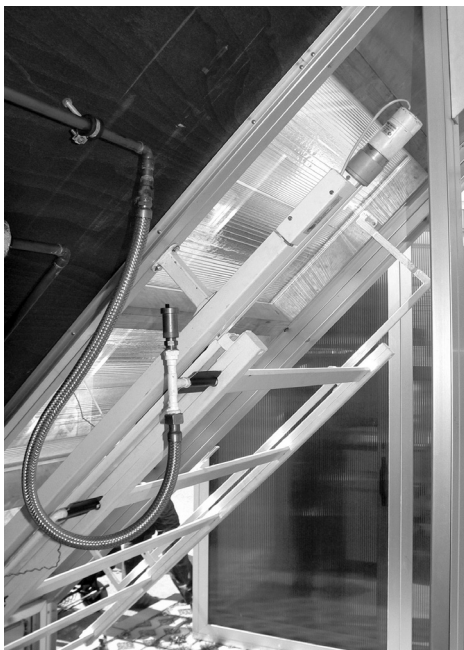


22 Schéma Fresnelovy čočky



## 2

## Systémy pro využití solární energie



**23** Pohled na kolektor Solarglas ze spodní strany

pohybem rámu. Čočka pochopitelně koncentruje jen přímou složku slunečního záření, difuzní záření (rozptýlené světlo oblohy) prochází do prostoru pod kolektor. Účinnost tohoto systému je proto nižší než účinnost plochého kolektoru, takže se používá především tam, kde je primárním cílem prosvětlit nějaký prostor (skleník, ateliér, učebnu apod.) a přitom jej odstínit od přímého slunečního záření.

V posledních asi třiceti letech se udělalo hodně práce na takzvaných CPC (compound parabolic concentrator), patřících mezi **nezobrazující koncentrátoři**. Nezobrazující koncentrátoři nemají jasné ohnisko a jsou schopny (při malé koncentraci) zachycovat záření z větší části oblohy, tj. mohou částečně využít i difuzní záření. Obecně zde platí vztah mezi maximální možnou koncentrací

a velikostí úhlu, z něhož jsou schopny záření sbírat. V případě 2D geometrie platí:

$$C = 1 / \sin(\theta / 2),$$

kde je:

- C** koncentrace;
- $\theta$**  maximální velikost úhlu, z něhož může koncentrátor přijmout dopadající záření (viz obr. 24).

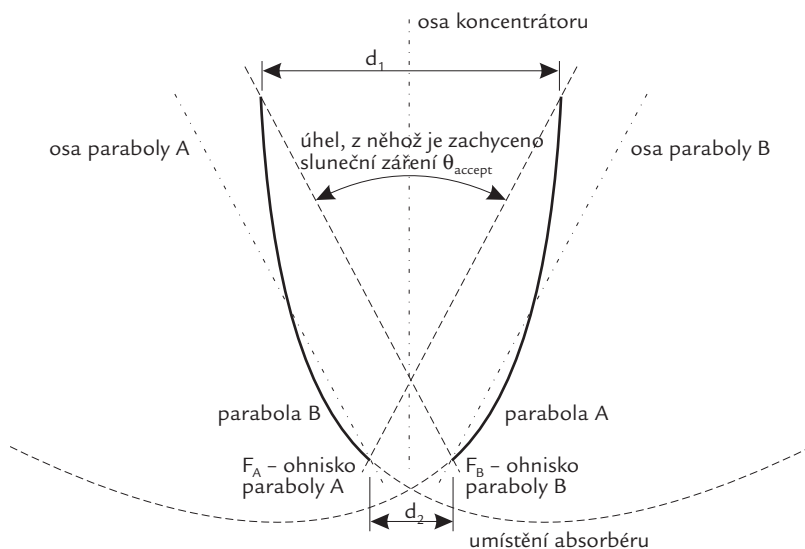
Významné je, že díky této vlastnosti není třeba koncentrátoři navádět za Sluncem. Pokud se absorbér umístí vodorovně, pak mohou být (v závislosti na požadované koncentraci) zcela nepohyblivé, nebo se jen několikrát do roka natočí podle změny výšky slunce nad obzorem (tab. 3). Pokud se spokojíme jen s malou koncentrací ( $C = 2$ ), pak může být kolektor zcela stacionární. Pokud bychom ale chtěli dosáhnout například desetinásobné koncentrace, pak by teoreticky bylo třeba nastavení sklon 84krát za rok; to je prakticky nemožné, zde je na místě použití automatického navádění.



## Systémy pro využití solární energie

$\theta$ [°]	180	90	60	40	30	20	10
C	1	1,41	2,00	3	3,86	5,76	11,47
N	0	0	0	2	4	10	84

- 3** *Závislost mezi úhlem a koncentrací*  
 $\theta$  – úhel, z něhož lze zachytit záření; C – max. dosažitelný koncentrační faktor, N – minimální počet nutných změn sklonu za rok



### 24 Schematický řez CPC-koncentrátorem

Tvar zrcadla lze navrhnout v podstatě pro libovolný tvar absorbérů; často se však CPC používá pro absorbér ve tvaru trubice, jako je tomu například u výše zmíněného vakuového kolektoru Greenpipe Vacuum.

Jako jednoduchý koncentrátor může posloužit i rovinná lesklá nebo bíle natřená plocha umístěná vedle kolektoru. Například dvě lesklé odrazné plochy stejné velikosti jako kolektor, umístěné pod úhlem  $45^\circ$  po stranách kolektoru, mohou zvýšit jeho výkon téměř na dvojnásobek. Pokud je kolektor umístěn na rovné střeše natřeném reflexním nátěrem, může být někdy výhodné zvětšit jeho sklon a využít tak záření odražené od střechy. V praxi se ale příliš nevyužívá.

## Výběr optimálního typu kolektoru pro dané použití

Základním kritériem pro volbu vhodného typu solárního kolektoru je to, jakou teplotu na něm potřebujeme dosáhnout (přesněji řečeno – jaký je rozdíl mezi teplotou kolektoru a okolí). Při výběru nám pomůže znalost účinnostní křivky kolektoru, která popisuje jeho účinnost při různých rozdílech teplot mezi absorberem a okolím a při různých intenzitách slunečního záření.

- Při ohřevu vody pro koupací bazén v létě (vodu ohříváme přibližně na teplotu okolního vzduchu) stačí nejlevnější plastový absorber bez průhledného krytu (zasklení by zvýšilo cenu a účinnost by spíše klesla). Důležitá je tedy optická účinnost a tepelné ztráty absorberu nás tolik netrápí. Pokud ovšem jde o zvláště chladnou nebo větrnou lokalitu nebo chceme-li maximálně prodloužit koupací sezonu, pak se lépe uplatní kolektor se zasklením; to totiž výrazně sníží tepelné ztráty.
- Při ohřevu teplé vody (z 10 °C přibližně na 40 °C) lze použít kolektor s neselektivním povrchem (obyčejnou černou barvou) a jedním zasklením. Použití selektivního povrchu přinese (zvláště v zimních měsících) znatelné zvýšení účinnosti, současně ale také zvýšení pořizovacích nákladů. Jak již bylo uvedeno výše, dnes prakticky všechny komerčně dostupné kolektory mají selektivní povrch, takže není nad čím přemýšlet. V poslední době se začínají i pro ohřev vody stále více využívat vakuové kolektory; firmy, které je prodávají, tvrdí, že jejich vyšší účinnost a lepší schopnost využívat difuzní záření dokáže vykompenzovat jejich vyšší cenu.
- Pro vytápění s použitím běžného ústředního topení, kde potřebujeme teplotu vody mezi 60 a 80 °C při nízké venkovní teplotě, nebo k ohřevu teplé vody v extrémních klimatických podmínkách (horská chata) je rozhodně potřebný kolektor se selektivním povrchem. Velmi dobře se v těchto podmínkách uplatní vakuové kolektory, které jsou použitelné i při rozdílu teplot přes 100 °C.
- Pokud potřebujeme ještě vyšší teplotu (například v průmyslu), nezbývá než použít nějaký druh koncentrátoru.

Dalším hlediskem, které ovlivní náš výběr, je možnost umístění kolektorů. Pokud nelze dodržet optimální sklon a orientaci kolektorů nebo potřebujeme-li získat maximum energie z omezené plochy, je vhodné použít kolektory s menšími ztrátami.

V místech s častou oblačností mohou být výhodné vakuové kolektory, které mohou pracovat i při nízké úrovni záření a zužitkovat i rozptýlené záření, které je k dispozici při mírně zatažené obloze.

## Solární zásobníky

Ve většině solárních systémů pro ohřev vody musí být zařazen vhodný zásobník, který uchová ohřátou vodu na dobu, kdy ji budeme potřebovat.

Lidé si často dostatečně neuvědomují, že zásobník má na výslednou účinnost solárního systému přinejmenším stejně velký vliv jako kolektory, a je proto třeba věnovat jeho výběru patřičnou pozornost. Velmi pěkně a podrobně je problematika tepelných zásobníků probrána v [4].

Teoreticky existuje celá řada možností, jak akumulovat teplo:

- a) Můžeme akumulovat teplo jako takové – významnou výhodou je jednoduchost, nevýhodou jsou tepelné ztráty takovýchto zásobníků.

Teplo lze uložit tak, že v zásobníku dochází například:

- k ohřátí kapaliny nebo tuhé látky na vyšší teplotu beze změny skupenství – využívá se takzvané „citelné“ teplo (sensible heat). Nejlepší náplní zásobníku je voda, která má z dostupných látek největší měrné teplo;
- k roztavení tuhé látky – využívá se takzvané „latentní“ teplo, tj. skupenské teplo tání tuhé látky tající ve vhodném tepelném rozmezí (např. parafín nebo některé mastné kyseliny či solné hydráty jako Glauberova sůl) [63];
- k vypaření kapaliny – využívá se výparné teplo, které je zpravidla mnohem větší než skupenské teplo tání, nicméně objem páry je zase podstatně větší než objem kapaliny, což činí tento způsob ukládání tepla poněkud nepraktickým.

- b) Můžeme přeměnit teplo na jinou formu energie a tu akumulovat; lze využít například:

- **desorpce (vysušení) vhodné hygroskopické látky**, např. zeolitu [60] nebo silikagelu; zde je při nabíjení zásobníku teplo spotřebováno na uvolnění molekul vody vázaných na zeolit a při vybíjení je uvolněno jako sorpční teplo při adsorpci vodní páry na zeolit. Mezi nabitím a vybitím může uplynout libovolně dlouhý čas a nedojde k žádným energetickým ztrátám. Na projektu sorpčního rezervoáru pracuje např. známý Fraunhoferův institut ve Freiburgu v Německu [61];
- **reversibilní (vratné) chemické reakce**; např. tepelný rozklad hydridu hořčíku ( $\text{MgH}_2 \rightarrow \text{Mg} + \text{H}_2$ ) spotřebuje 3 000 kJ/kg, tj. můžeme uložit 14krát více tepla než ve stejném množství vody při zahřátí ze 40 na 90 °C [62].

V praxi se v systémech pro ohřev vody používá převážně ten nejjednodušší způsob, a tím je zásobník naplněný vodou, která je ohřívána solárními kolektory. Protože v našich klimatických podmínkách je nutno pro celoroční provoz kolektorů používat nemrznoucí směs, musí být pro předání tepla do zásobníku použit tepelný výměník. V zásobníku se může ohřívat přímo vodovodní voda (pak musí zásobník

## 2

## Systémy pro využití solární energie

snést tlak vodovodního řádu, tj. asi 6 atmosfér). Takovýto systém (s nepřímým nabíjením a přímým vybíjením) je zdaleka nejběžnější. U velkých zásobníků je někdy výhodnější použít zásobník beztlakový, který je levnější a lehčí, nicméně potom musíme použít další výměník tepla (systém s nepřímým nabíjením a nepřímým vybíjením). Protože na každém výměníku je nějaký spád teploty (5 až 10 °C), musíme mít v tomto uspořádání teplotu vody v zásobníku o něco vyšší než v případě zásobníku s přímým vybíjením. Následně musí také kolektor pracovat při vyšší teplotě, což s sebou nese i určité zvýšení jeho tepelných ztrát. Zde je třeba poznamenat, že solární výměníky musí mít dostatečný výkon, respektive teplosměnou plochu, aby spád teploty na nich byl co nejmenší. Z tohoto důvodu nelze použít pro solární systém například existující bojler s výměníkem určeným pro ohřev topnou vodou nebo párou. I kdyby byl jeho objem dostatečný, plocha výměníku je zpravidla příliš malá pro efektivní přenos tepla z kolektorů.

Množství tepla, které je uloženo v zásobníku tohoto typu, je dáno jednoduchým vztahem:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1),$$

kde je:

- Q** akumulované teplo;
- c** měrné teplo vody (4,2 kJ/kg);
- m** hmotnost vody v zásobníku;
- t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** rozdíl mezi teplotou vody v zásobníku a teplotou vody z vodovodního řádu, která do zásobníku přichází.

Vzhledem k tomu, že měrné teplo vody ani teplotu vody z vodovodního řádu ovlivnit nemůžeme, zbývají nám jen dvě proměnné – množství vody v zásobníku a teplota, na niž vodu ohříváme (zde je horní mez dána teplotou varu vody, ale v praxi se zpravidla nejde přes 90 °C).

Vzhledem k tomu, že účinnost kolektorů s rostoucí teplotou klesá, je výhodné ohřívát větší množství vody na nižší teplotu, tedy použít větší zásobník. Také vzhledem k nepravidelnosti slunečního svitu je lepší mít zásobník velký; v případě potřeby umožní akumulovat teplo na více dní. Velký zásobník má ovšem i své nevýhody – s velikostí zásobníku roste jeho cena, obtížněji se hledá prostor na jeho umístění a také rostou jeho tepelné ztráty. Zásobníky mají v dnešní době poměrně kvalitní tepelnou izolaci z polyuretanové pěny, nicméně u běžného 300litrového zásobníku je tepelná ztráta někde mezi 50 až 100 W, což není vůbec zanedbatelné. Je proto výhodné umístit zásobník na takové místo, kde se tyto tepelné ztráty dají nějak využít. Ideální je z tohoto hlediska patrně koupelna, protože tam požadujeme poměrně vysokou teplotu (často přitápíme elektrickým topením i v letním období).

## Systemy pro využití solární energie

Schopnost zásobníku udržet akumulované teplo po dlouhou dobu se charakterizuje **časovou konstantou zásobníku**, tj. dobou, za kterou poklesne množství akumulované energie na 37 % původní hodnoty. Vzhledem k tomu, že akumulované množství tepla je úměrné hmotnosti vody (v zásadě třetí mocnině rozměrů zásobníku), zatímco tepelné ztráty jsou úměrné povrchu zásobníku (druhé mocnině rozměrů), je výhodnější jeden velký zásobník než několik malých. Pěkným příkladem aplikace tohoto poznatku je solární systém pro malé sídliště tvořené nízkoenergetickými a pasivními domy na předměstí Salcburku (obr. 58). Velký válec na obrázku (sahá ještě jedno patro pod zem) je centrální zásobník, do něhož se ukládá teplo z kolektorů na jednotlivých domech.

Kolik tepla dokážeme dostat ze zásobníku, ovlivňuje v praxi ještě jeden faktor, takzvaná **stratifikace** (rozvrstvení) v zásobníku. Teplá voda je lehčí, a proto (při odběru vody) přitékající studená voda vytlačuje teplou vodu, aniž by se s ní výrazněji mísila. Pokud tedy ze 400litrového zásobníku natopeného na 60 °C odebereme denně 100 litrů teplé vody (je nahrazena vodou o teplotě zhruba 15 °C), tak by nám při dokonalé stratifikaci měl vystačit na čtyři dny bez slunečního svitu. Pokud ovšem dojde při odběru k promíchání vody, pak po prvním dnu máme v zásobníku 400 l vody o teplotě necelých 50 °C (to ještě stačí), nicméně po druhém dnu je teplota vody jen 38 °C, a to je již málo. Podobně je stratifikace výhodná i při nabíjení zásobníku. Stratifikace se nejlépe dosahuje v zásobnících bez výměníku (přímé nabíjení i vybíjení); zde stačí, když nastavíme vhodnou rychlost průtoku kolektory a pomocí nějakých přepážek zpomalíme tok vody na vstupu a výstupu zásobníku (aby nedocházelo k jejímu víření). Pokud máme na straně kolektorů tepelný výměník, tak je situace trochu komplikovanější, nicméně ve stojatém zásobníku se solárním výměníkem se ve spodní třetině vytvoří docela přijatelná stratifikace. Existuje řada důmyslných způsobů jak stratifikaci zlepšovat, podrobnější informace lze nalézt v [4] na str. 78–83.

V době nedostatečného slunečního svitu je třeba dohřívát vodu nějakým jiným zdrojem tepla. Lze to udělat tak, že solární zásobník předřadíme před nějaký již existující ohříváč (obvykle elektrický bojler). Častěji se ale do solárního zásobníku



25 Centrální zásobník v sídlišti Gneis-Moos

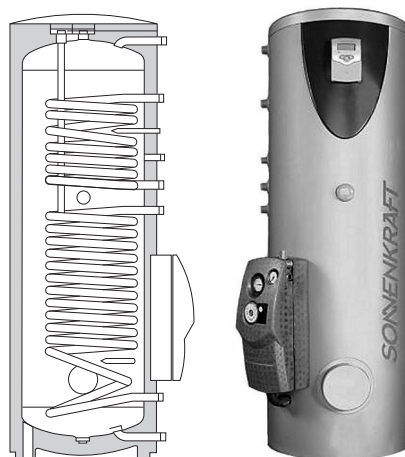
## 2

## Systémy pro využití solární energie

přidá další výměník pro ohřev pomocí topné vody z kotle ústředního topení nebo elektrické topné těleso. Pokud se používá k topení plyn, je optimální použít zásobník se dvěma výměníky – takzvaný **bivalentní zásobník**. Ve spodní části je solární výměník a v horní je výměník pro topnou vodu z plynového kotle (obr. 26). Pokud používáme kotel na tuhá paliva (dřevo, pelety, uhlí), pak je vhodné mít v solárním zásobníku kromě zmíněných dvou výměníků ještě elektrickou topnou vložku pro ohřev vody elektrinou v letním období, kdy se kotel nepoužívá (trivalentní zásobník).

Závažným problémem zásobníků s výměníky je **vylučování vodního kamene** (tj. uhličitanu vápenatého, případně i s příměsí síranu vápenatého). Silný nános poměrně málo tepelně vodivé látky totiž značně zhorší přestup tepla a sníží výkon výměníku, což následně vede k tomu, že kolektory musí pracovat při vyšší teplotě a tedy i s menší účinností. Toto nebezpečí hrozí zvláště tam, kde se používá tvrdá voda (např. ze studny), nicméně i v místech, kde se do vodovodní sítě používá relativně měkká říční voda, se do ní na úpravě přidávají vápníkové ionty. Tvorbu vodního kamene nelze podceňovat a je dobré po určité době stav výměníku zkontrolovat (v zásobníku bývá pro tento účel příruba). Informace o složení vody v místní síti lze zpravidla získat od příslušné vodárenské společnosti, někde jsou informace přístupné online na internetu. Vodu lze samozřejmě před zásobníkem změkčovat (odstranit ionty vápníku, případně jim zabránit v tom, aby se vylučovaly v nerozpustné formě). Není to ale až tak jednoduché; v poslední době se objevuje mnoho téměř „zázračných“ zařízení, která snižují usazování vodního kamene pomocí účinku magnetického pole na protékající vodu (viz např. [67]). Problém je v tom, že není příliš jasné, jak vlastně působí a zda opravdu budou účinná pro různá složení vody. Zájemcům doporučuji seznámit se se stanoviskem Národního referenčního centra (NRC) pro pitnou vodu k přístrojům na úpravu vody na bázi magnetické úpravy [65].

Další nebezpečí, které zásobníku hrozí, je **koroze**. Dnes se používají jednak ocelové smaltované zásobníky, jednak zásobníky nerezové. Ocelové smaltované zásobníky jsou korozí ohrožovány především tam, kde jsou ve styku s jiným kovem (např. měď), což vytváří galvanický článek, v němž je ocel anodou, a tedy je narušována. Nelze totiž zaručit, že smalt dokonale pokryje povrch oceli, vždy jsou v něm mikrotřhlinky. Nejčastěji se používá katodická ochrana, tj. do zásobníku se přidá



26 Schéma solárního zásobníku



## Systemy pro využití solární energie

**pomocná elektroda**, která tvoří anodu. Používá se buď hořčíková anoda, která se postupně rozpouští a je nutno ji časem vyměnit za novou (takzvaná „obětovaná anoda“), nebo **anoda titanová**, která je pomocí vnějšího elektrického zdroje (potenciostat) polarizována vůči kovu zásobníku tak, že tvoří anodu. Proud a tedy i spotřeba elektrické energie jsou nevýznamné. Tento druh protikorozní ochrany se používá např. v zásobnících, které standardně dodává ke svým kolektorům Thermosolar [66], ale najdeme ji i u bojlerů řady dalších výrobců.

**Nerezavějící ocel** se obecně považuje za odolnou vůči korozi, její odolnost je však dána pasivací povrhu (vytvořením ochranné vrstvičky). Za určitých podmínek (např. vysoký obsah chloridů ve vodě, anoxické prostředí, znečištění povrchu apod.) může docházet k jejímu narušení a vzniku takzvané **důlkové koroze** (pitting) kdekoliv v ploše, nebo ke **korozi v místech svaru**, kde se plechy překrývají. Řešením je použít i zde ochranu aplikací vhodného napětí pomocí přídavné elektrody a potenciostatu. Nedoporučujeme dělat amatérsky, není to tak jednoduché!

### Přehled solárních zásobníků na našem trhu

Opět, jako v případě kolektorů, je následující přehled spíše ilustrací typů, s nimiž se můžeme v praxi setkat:

- **Solární zásobníky z družstevních závodů Dražice** [68]. V nabídce jsou jak klasické zásobníky pro solární ohřev vody, tak i akumulční nádrže o objemu 500 až 1 000 litrů, umožňující kombinovat solární ohřev vody a akumulaci tepla z kotle na tuhé palivo či z tepelného čerpadla. V těchto systémech lze pak solární teplo použít i k přitápění (více u vytápěcích systémů). Zásobníky jsou z ocelového plechu, uvnitř smaltované a obsahují hořčíkovou anodu.
- **Ohříváče vody Hurt**. Tato firma nabízí zakázkovou výrobu různých druhů zásobníků, včetně beztlakových [73].
- **Zásobníkové ohříváče typu SKL** firmy Solarpower (jde o výrobky firmy Sonnenkraft) obsahují na zásobníku instalovanou solární instalační jednotku v tepelně izolovaném pouzdře (čerpadlo, pojistný ventil, manometr, odvěšovací armatura, systém napouštění a vypouštění) a řídicí systém s možností dvou ovládaných výstupů (obr. 26). Toto uspořádání zjednodušuje instalaci [74]. V nabídce jsou také akumulční nádrže, např. Solartank PSK950 o objemu 950 litrů s integrovaným zásobníkem o objemu 150 nebo 250 litrů (někdy se toto uspořádání nazývá plovoucí bojler) nebo akumulční nádrže se zásobníkovým ohříváčem řady DUO firmy Regulus [138], které jsou vhodné i pro využití dalších obnovitelných zdrojů energie.
- **Akumulční nádrže** dodávané jako příslušenství ke kotlům na dřevo, například akumulční nádrž **firmy Atmos** [75].