

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta**

Návrh solárního systému pro krytí spotřeby tepla ve vybraném objektu

diplomová práce

**Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.
Autor práce: Bc. Josef Chlad**

PRAHA 2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Josef Chlad

obor Zemědělská technika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 17 odst. 2 určuje tuto diplomovou práci.

Název práce: **Návrh solárního systému pro krytí spotřeby
tepla ve vybraném objektu**

Osnova diplomové práce:

1. Úvod
2. Literární rešerše
3. Cíl práce a metodika
4. Závěr
5. Seznam literatury
6. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 40 - 60 stran

Doporučené zdroje:

CIHELKA, J. 2002. Solární tepelná technika. MALINA TOMÁŠ NAKLADATELSTVÍ, 2002, ISBN 80-900759-5-9.

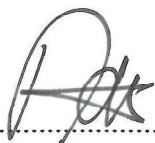
FILLEUX, CH., GÜTERMANN, A. 2006. Solární teplovzdušné vytápění - koncepce technika projektování. HEL, 2006, ISBN 80-86167-28-3.

REMMERS, K., H. 2008. Velká solární zařízení. ERA vydavatelství , 2008, ISBN 80-7366-110-1.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2011



Vedoucí katedry



Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh solárního systému pro krytí spotřeby tepla ve vybraném objektu** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze, dne 7. 4. 2011

.....
podpis

Abstrakt: Tato diplomová práce pojednává o solárních systémech. Jejím hlavním cílem je návrh solárního systému pro vesnický rodinný dům.

V úvodu této práce je čtenář uveden do problematiky solární energie a solárních systémů. To je v teoretické části. V praktické části je popsán současný stav objektu, tři návrhy řešení, které jsou rozebrány v následné diskuzi.

Klíčová slova: solární energie, solární systémy, solární kolektor, ohřev teplé vody.

Proposal of Solar System to cover the heat consumption of selected object

The Abstract: This thesis deals with the solar systems. The main goal is to propose a solar system for a rural family house.

In the introduction of this thesis the problems of solar energy and solar systems are outlined. This concerns the theoretical part. In the practical part a current state of the building is described and three proposals for the possible solution are presented which are analyzed in the subsequent discussion.

Key words: solar energy, solar systems, solar collector, heating of hot water.

OBSAH

1	Úvod.....	1
1.1	Původ solární energie	1
1.2	Slunce a jeho energie	2
2	Problematika solárních kolektorů	4
2.1	Jak solární kolektory fungují?.....	4
2.2	Dostupnost solární energie	4
2.3	Typy solárních kolektorů	6
2.4	Co by měla splňovat realizace solární soustavy?.....	10
2.5	Parametry solárních kolektorů.....	13
2.6	Solární příprava teplé vody	20
2.7	Solární vytápění	23
2.8	Komponenty solárního systému	26
2.9	Kladné argumenty pro uplatnění solárních soustav	26
3	Cíl práce.....	29
4	Materiál a metody.....	30
4.1	Popis objektu.....	30
4.2	Metody výpočtu	33
4.3	Výpočty a návrhy.....	33
4.3.1	Výpočet.....	33
4.3.2	Návrh dle programu Solar 2.10.....	44
4.3.3	Nabídka od firmy Bramac.....	46
5	Výsledky	50
6	Diskuse	52
7	Závěr	53

Seznam použité literatury	54
Seznam tabulek.....	55
Seznam obrázků	55
Seznam příloh	57

1 Úvod

Krásný letní den, nebe bez jediného mraku, na nebi zářící Slunce. Většina lidí si neuvědomí jaký poklad má nad hlavou, vnímá sluneční energii pouze pocitově. Nezamyslí se, že Slunce řídí veškerý život na naší planetě Zemi. Bez něj by vše živé zaniklo.

V dnešní době už umíme jeho energii využívat, ale stále je to využití jen zlomku této obrovské masy energie, nepoškozující životní prostředí. Slunce je jedním slovem dar. Naučme se tento dar využívat v co největší možné míře.

1.1 Původ solární energie

Jako solární energii označujeme energii, která dopadá na Zemi ve formě slunečního záření. Energie uvolňovaná termonukleárními reakcemi na Slunci je na Zemi „dopravována“ ve formě elektromagnetického záření. Slunce vyzařuje v širokém rozsahu vlnových délek. Pro nás nejvýznamnější oblast záření v rozsahu přibližně 400 až 650 nm, záření těchto vlnových délek je totiž pro naše oči viditelné. V této oblasti také na Zemi dopadá největší množství energie (asi tři čtvrtiny). Energeticky významné je ještě takzvané blízké infračervené záření v oblasti od 650 nm do přibližně 2000 nm. Naproti tomu je většina ultrafialového záření (hlavně oblast pod 280 nm) pohlcena ozónem ve stratosféře a na povrch Země se nedostane. Podobně je atmosférou zadržováno dlouhovlnné infračervené záření (nad asi 3000 nm). Na hranici zemské atmosféry je hustota energie dopadajícího záření $1,37 \text{ kW/m}^2$.

Energie Slunce je nejvýznamnějším primárním zdrojem energie pro biosféru, tj. pro veškerý život na Zemi, včetně naší civilizace. Od energie Slunce je odvozena velká většina v praxi využívaných energetických zdrojů, tj. energie větru, proudící vody, biomasy a v podstatě také fosilních paliv. Fosilní paliva jsou vlastně „energetickou konzervou“ – je v nich obsažena energie slunečního záření, kterou zachytily rostliny před miliony let. Jediné významnější zdroje, které používáme a které nemají svůj původ v energii Slunce, jsou jaderná energie, geotermální energie a energie mořského přílivu. [1]

1.2 Slunce a jeho energie

Co je Slunce?

Slunce je obrovská koule ze žhavých plynů (čili z plazmatu). Je milionkrát větší než naše planeta Země. Je složeno především z nejlehčích plynů tj. z vodíku a hélia. Jsou tam i ostatní prvky, o nichž se učíme v chemii (uhlík, dusík, kyslík...) - ale těch je všech dohromady jen asi jedno procento všech atomů. Mohli bychom říci - jakási špína ve vodíku a héliu. Slunce je pouze obyčejná hvězda. Hvězd jako je Slunce napočítali astronomové jen v Mléčné dráze 150 miliard. Kdyby Abraham začal počítat hvězdy, když opouštěl město Uru před 4 tisíci roky a každou sekundu by ukázal na jednu hvězdu v Mléčné dráze, dodnes by neskončil. Ještě by musel pokračovat dalších tisíc roků. Hvězd jako naše Slunce je v naší Mléčné dráze opravdu velmi mnoho.

A takových mléčných drah (říkáme jim galaxie) je obrovské množství. Do vzdálenosti, kam až dohlédnou největší dalekohledy světa, je sto miliard galaxií.

Hvězd je ve vesmíru skutečně nesmírné množství a mnohé z nich mají také planety a pravděpodobně i život. Ale pro nás na Zemi je zdaleka nejdůležitější hvězda zvaná Slunce. Je blízko k Zemi, pouhých 150 milionů km, čili 8 světelných minut. Ostatní hvězdy, které vidíme v noci na obloze, jsou mnoho milionkrát až miliardkrát vzdálenější než Slunce. Světlo z nich letí mnoho roků. Jsou tak vzdálené, že je vidíme jako svítící tečky. Při tom jsou některé z nich mnoho milionkrát větší než naše Slunce. Např. červená hvězda Betelgeuze v zimním souhvězdí Oriona. Slunce je však pro nás mnohem důležitější než všechny ostatní hvězdy ve všech galaxiích dohromady, protože je zdrojem energie pro Zemi a pro všechny život na ní. V jeho nitru se přetváří část hmotnosti vodíku ve fotony rentgenového záření. Slunce - stejně jako všechny ostatní hvězdy - je obrovský jaderný reaktor. Jeho jádro je dokonalý přírodní termonukleární reaktor.

Co dělá Slunce?

Hluboko pod povrchem, v jádru Slunce, je obrovský žár. Za teplot kolem 15 milionů stupňů se protony pohybují rychlostmi několika set km za sekundu. Při srážce se k sobě mohou přiblížit až na vzdálenost jedné biliontiny milimetru (10^{-15} m). To je velikost protonů. V takové blízkosti přitažlivá jaderná síla převládne

nad odpudivou elektrickou, přitáhne protony k sobě a vytvoří z nich jádro hélia (alfa částici). Jádro je počátek a základ atomu, takže se může říct, že vodík se mění v helium. Při tom jaderná síla "vyždímá" z každého protonu energii 7 MeV. O těchto 7 MeV "zhubne" každý atom vodíku, když se z něj stává atom hélia. Při vzniku jednoho atomu hélia ze čtyř atomů vodíku se tedy uvolní 28 MeV energie. Takže jádro hélia je o 28 MeV hubenější než čtyři protony, ze kterých vzniklo. Této energii "zhubnutí" se říká vazebná energie. Ta zajišťuje stabilitu jádra. [2]

Sluneční záření

Mimozemské solární záření má hodnotu asi 1300 W/m^2 , z toho dosahuje do našich zeměpisných šířek při dobrých podmínkách zemského povrchu max. 1000 W/m^2 . Toto globální záření je součtem přímého a difusního záření.

Přímé záření

Pod přímým zářením se rozumí část slunečního svitu, která dopadá na zemský povrch bez rozptylu. Pro solární techniku jsou rozhodujícími hodnotami častost a doba trvání.

Difusní záření

Toto záření vzniká tehdy, když narazí část přímého záření při pronikání atmosférou na různé atmosférické vznášející se částičky a rozptyluje se. Rozptyl nastává do různých, předem neurčených směrů, takže ozáření přichází ze všech směrů prostoru. Difusní záření je rozličně rozptýleno a je v každém případě slabší, než přímé záření, je však přesto možno ho tepelně technicky využívat.

Globální záření = přímé záření + difusní záření

Globální záření pro určitou plochu je závislé na prostorové poloze této plochy oproti dopadajícím slunečním paprskům. Kromě globálního záření přispívá svým podílem k získávání energie konečně také ještě odrazové záření blízko stojících budov, stromů a odraz od země. [3]

2 Problematika solárních kolektorů

2.1 Jak solární kolektory fungují?

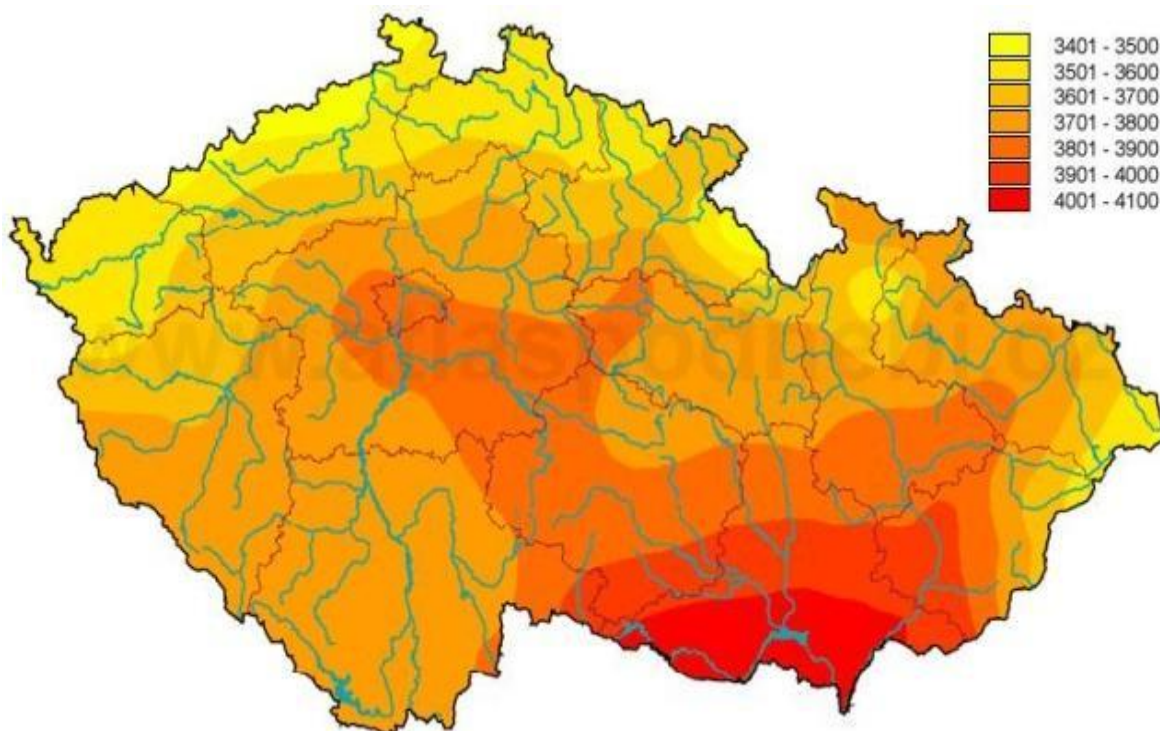
Princip je jednoduchý. Sluneční teplo, které dopadá na plochu solárního panelu, se v absorbéru, který je nejčastěji kovový, přemění na teplo. Toto teplo z absorbérů odebírá teplotonosné médium, nejčastěji nemrznoucí směs, které je odvádí do výměníku, kde se teplo uchovává nebo předává k dalšímu použití (vytápění objektu či bazénu, ohřev TUV). Tento jednoduchý princip však není snadné technicky realizovat – absorbér musí pohlcovat dostatečné množství tepla a zároveň ho co nejméně vyzařovat, celý systém musí být velmi dobře izolován aby nedocházelo ke ztrátám, solární panely musí být zároveň odolné a mít dostatečně dlouhou životnost. V dnešní době však všechny tyto technologické obtíže dokázalo zvládnout již poměrně velké množství výrobců a tak reálnému nasazení solárních panelů jako zdroje energie nic nebrání. [4]

2.2 Dostupnost solární energie

Pokud využíváme solární energii ve vesmíru (např. pro výrobu elektrické energie na družicích), nejsou žádné problémy s její dostupností a spolehlivostí. Pokud není družice ve stínu Země, dopadá zde na 1m^2 solárních panelů $1,37\text{ kW}$, což při obvyklé účinnosti 15% představuje čistý elektrický výkon 200W . Jinak to ovšem vypadá s dostupností na povrchu Země. Solární energie je na Zemi dostupná všude, existují však značné rozdíly mezi jednotlivými lokalitami. Kolik energie lze ze slunečního záření získat, záleží na následujících faktorech:

- Zeměpisná šířka – největší množství záření dopadá na Zemi v oblastech okolo rovníku a nejméně u pólů.
- Roční doba – nabídka slunečního záření se také mění v průběhu roku – v zimě je den kratší a Slunce je na obloze nízko, což spolu s častějším výskytem oblačnosti výrazně omezuje energetický zisk solárních zařízení. Uvádí se, že v letním období za jasného dne dopadne na 1m^2 plochy orientované na jih 7 až 8 kWh , při oblačném počasí jen přibližně 2 kWh . V zimě za slunečného počasí jsou to jen 3 kWh a při oblačném počasí pak méně než $0,3\text{ kWh}$ (obr.1).

Obr.1 Sluneční záření, sluneční svit a oblačnost. Průměrný roční úhrn globálního záření v MJ/m² [14]



Místní klima, oblačnost – při průchodu záření zemskou atmosférou je část záření odražena a část pohlcena. Zásadní vliv mají v tomto ohledu mraky – za jasné oblohy dopadá na povrch Země 75% záření, tj. asi 1 kWh/m², při zatažené obloze je to pod 15%, tj. méně 200 W/m². Také znečištění atmosféry a některé lokální vlivy, jako je výskyt přízemní mlhy, ovlivňují množství energie, které lze ze slunečního záření získat. Oblačnost kromě toho způsobuje rozptýlení dopadajícího záření, což dále snižuje jeho využitelnost některými solárními systémy.. Vzhledem k tomu, že vliv oblačnosti nelze předpovědět na delší dobu, používají se pro výpočty dostupnosti solárního záření průměrné hodnoty (zpravidla za 50 let).

Sklon a orientace plochy, na niž sluneční záření dopadá (obr.2) – je zřejmé, že maximální výkon ze slunečního záření získáme na ploše, která je kolmá k dopadajícím paprskům. Optimální je proto natáčet zařízení za Sluncem tak, aby paprsky dopadaly stále kolmo. V praxi se to dělá spíše výjimečně, je to drahé a těžkopádné. Zpravidla se solární kolektory nebo fotovoltaické články osazují se sklonem přibližně 45° k jihu, což zaručuje dobrý celoroční zisk. Pokud chceme

zvýšit zisk v zimním období, je možno zvýšit sklon na 60° a pro zvýšení zisku v letním období lze použít sklon kolem 30°. Bez ohledu na sklon je množství energie získané v letní polovině roku podstatně větší než v polovině zimní. [5]

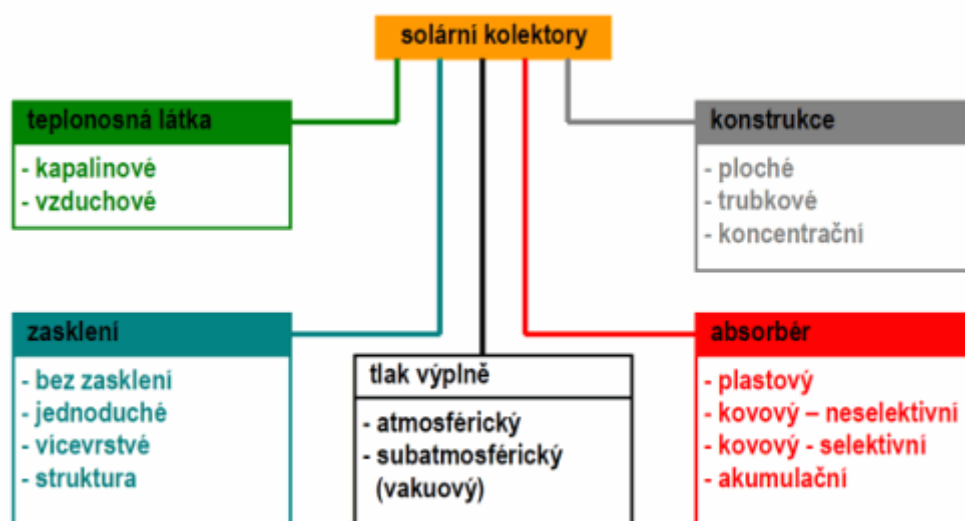
Obr.2 Teoreticky možná dopadající energie [1]

Úhel sklonu oslněné plochy α	Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{S \text{ den teor}} \text{ (kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$						
	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Azimutový úhel oslněné plochy $a_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

2.3 Typy solárních kolektorů

Solární kolektory (obr.3), ve kterých je používána kapalina jako teponosná látka (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu), se využívají pro naprostou většinu aplikací v budovách. Solární vzduchové kolektory jsou v ČR využívány pouze okrajově pro předehřev čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění (teplovzdušné, sálavé - hypokaustické).

Obr.3 Rozdělení solárních kolektorů [6]



Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit podle řady hledisek. Z uvedeného rozdělení vyplývají konstrukční kombinace, se kterými je možné se v praxi setkat:

- Plochý nekrytý kolektor (obr.4) - zpravidla plastová rohož bez zasklení s vysokými tepelnými ztrátami závislými na venkovních podmínkách, zvláště na rychlosti proudění větru; nekryté kolektory jsou proto určeny hlavně pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni.

Obr.4 Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [6]



- Plochý neselektivní kolektor - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem); neselektivní kolektory mohou být vzhledem ke značným tepelným ztrátám vlivem sálání absorbéru v zimním období využity pouze pro

sezónní předeřev vody při nízké teplotní úrovni; na trhu se v současné době příliš nevyskytují.

- Ploché selektivní kolektor - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérém se spektrálně selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně; vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorbérů se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně a tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu.
- Ploché vakuový kolektor (obr.5) - zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorbérém se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) pro zajištění nízké celkové tepelné ztráty; ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C.

Obr.5 Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru [6]



- Trubkový jednostěnný vakuový kolektor (obr.6) - kolektor s plochým spektrálně selektivním absorbérém umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak $< 10^{-3}$ Pa); výrazné omezení tepelných ztrát (nízkoemisivní absorbér, vakuová izolace) a vysoký přenos tepla z absorbérů do teplotnosné kapaliny svařovaným spojem poskytuje vysokou účinnost kolektoru v celém teplotním rozsahu, kolektor je použitelný pro většinu aplikací, avšak vzhledem k relativně vysoké ceně především pro

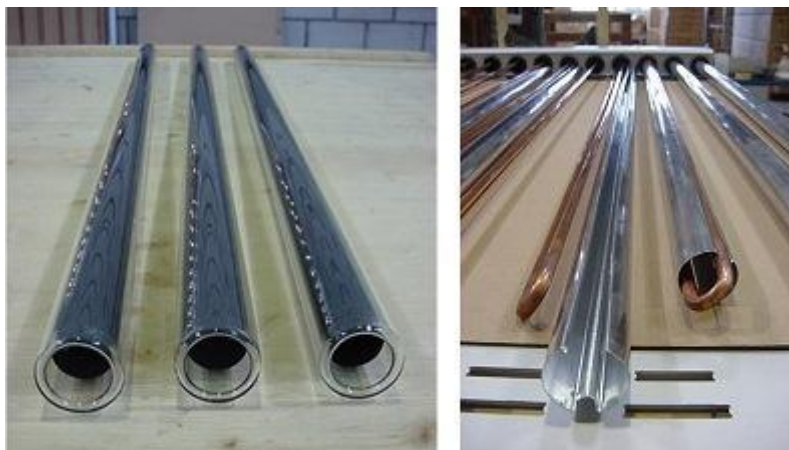
kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C).

Obr.6 Trubkové jednotěnné vakuové kolektory: s přímo protékajícím koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo) [6]



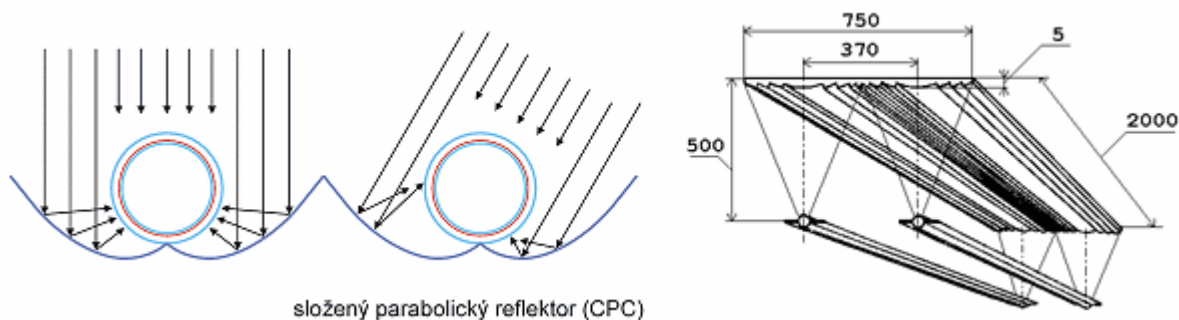
- Trubkový dvojtěnný (Sydney) vakuový kolektor (obr.7) - kolektor s válcovým spektrálně selektivním absorberem (absorpční skleněná trubka) umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak $< 10^{-3}$ Pa); vzhledem k problematickému zajištění přenosu tepla z absorpční trubky do teplotné kapaliny pomocí hliníkové teplosměnné lamely se Sydney kolektory vyznačují obecně nižší účinností při nízkých teplotách (např. oproti plochým kolektorům) a používají se především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C).

Obr.7 Trubkový dvojtěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplosměnnou lamelou [6]



- Soustředující (koncentrační) kolektor (obr.8) - obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru, do ohniska (absorbéru) o výrazně menší ploše než je vlastní plocha apertury. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými Sydney trubkami opatřené reflektorem jsou rovněž považovány za soustředující kolektory. Pro účinné použití koncentračních kolektorů je základní podmínkou dostatek energie přímého slunečního záření během roku.

Obr.8 Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách: trubkový Sydney kolektor s reflektorem (vlevo), solární kolektor s lineární Fresnelovou čočkou (vpravo) [6]



Nejčastějšími typy kolektorů, se kterými je možné se na trhu v ČR setkat jsou bazénové nekryté absorbéry (40 až 50 tis. m² v roce 2008), ploché atmosférické selektivní kolektory (26,5 tis. m² v roce 2008) a trubkové vakuové kolektory, často také nazývané trubicové (8,5 tis. m² v roce 2008). Koncentrační kolektory tvoří zatím na českém trhu zanedbatelný podíl. [6]

2.4 Co by měla splňovat realizace solární soustavy?

Následující požadavky podmiňující efektivní funkci solární soustavy jsou určeny pro nejčastější realizace maloplošných soustav v rodinných domech, jejichž splnění by investor měl po realizační firmě vyžadovat, případně si podle míry splnění firmu vybrat. Nesplnění uvedených požadavků sice vede k nižší ceně

solární soustavy, avšak současně k omezení úspory dosažitelné soustavou či přímo k nefunkčnosti soustavy.

- Parametry solárních kolektorů udávaných výrobcem jsou doloženy protokolem o zkouškách v souladu s EN 12975 z akreditované zkušebny.
- Pro uchycení kolektorů jsou použity nosné konstrukce doporučené výrobcem nebo je jejich použití doloženo statickým výpočtem.
- Objem solárního zásobníku odpovídá ploše solárních kolektorů: 50 až 70 l/m² (příprava teplé vody), 70 až 100 l/m² (podpora vytápění).
- Primární okruh solární soustavy je naplněn zdravotně nezávadnou nemrznoucí kapalinou s bodem tuhnutí ≤ -30 °C (kontrola refraktometrem) a pH ≥ 8 (po naplnění, kontrola lakmusovým papírkem) a musí splňovat další podmínky výrobce kolektorů, pokud jsou stanoveny.
- V primárním okruhu solární soustavy je zajištěno řádné odvětrání / odplynění, např. instalací uzavíratelných odvětrávacích armatur v nejvyšších místech solární soustavy.
- Odvětrání primárního okruhu je během provozu solární soustavy odstaveno (ruční odvětrání, automatický odvětrávací ventil zapojen před uzavírací kohout).
- V primárním okruhu solární soustavy je instalován alespoň orientační měřič průtoku a průtok primárním okruhem je nastaven v rozmezí 15 až 70 l/(h.m²) plochy solárních kolektorů.
- Všechny materiály, tvarovky a prvky použité v primárním okruhu v blízkosti kolektorů jsou odolné maximálním teplotám (150 °C) a tlakům (> 3 bar) v provozu.
- Pro rozvod primárního okruhu je použito kovové potrubí, s vyloučením pozinkovaného. Pro solární soustavy se zasklenými kolektory nelze použít plastové potrubí.
- Kolektorová pole a úseky potrubí (kromě vlnovcových) s délkou nad 10 m jsou vybaveny prvky pro kompenzaci dilatací a jsou v pravidelných úsecích uchyceny k pevné konstrukci (všechny typy potrubí).

- Rozvod je opatřen souvislou tepelnou izolací s teplotní odolností nad 150 °C a pokud není opatřena oplechováním, také s odolností proti vnikání vlhkosti a odolností proti UV záření.
- Tloušťka tepelné izolace samostatně izolovaných rozvodů je minimálně rovna průměru potrubí. U předizolovaných dvojitých kompaktních potrubí může být tloušťka izolace poloviční. U světlostí nad DN40 je možné tloušťku tepelné izolace snížit na základě výpočtu hospodárné tloušťky izolace.
- Primární okruh solární soustavy je vybaven prvkem zabraňujícím obrácenému proudění vlivem vztlaku (zpětná klapka, termosifon z potrubní smyčky, plovák v měřiči průtoku, aj.).
- Kolektorový okruh je vybaven tlakovou expanzní nádobou určenou pro solární soustavy (materiál, tlaková odolnost).
- Expanzní nádoba je připojena na přívodním potrubí ke kolektorům za zpětnou klapkou ve směru proudění kapaliny.
- Objem expanzní nádoby je minimálně 2,5 l/m² plochy solárních kolektorů.
- Otevírací tlak pojistného ventilu je nižší nebo rovný maximálnímu dovolenému tlaku nejslabšího prvku solární soustavy (např. deskový výměník, zásobník).
- Mezi pojistným ventilem solární soustavy a solárními kolektory není instalována uzavírací armatura.
- Plocha vnitřního výměníku v zásobníku je větší než 0,2 m²/m² plochy kolektoru.
- Teplotní čidlo kolektoru (rozběhové) je umístěno v kolektoru v jímce v kontaktu s absorbérem nebo v připojovací tvarovce přímo na výstupu teplotnosné kapaliny z kolektoru.
- Teplotní čidlo zásobníku (rozběhové) je umístěno v jímce v úrovni výměníku tepla (u zásobníků s vnitřním výměníkem) nebo v dolní části zásobníku (u zásobníků s externím výměníkem).
- Výstupní teplota teplé vody ze solárního zásobníku je omezena na maximálně 65 °C, např. termostatickým trojcestným směšovacím ventilem nebo nastavením regulátoru solární soustavy.

- Primární okruh solární soustavy je vybaven napouštěcím a vypouštěcím ventilem.

Obecná doporučení

- Optimální sklon solárních kolektorů je 45°, nicméně pro systémy celoroční přípravy teplé vody lze uvažovat sklon 15 až 50°, pro podporu vytápění 45° až 90°.
- Optimální orientace kolektorů je ve směru jihovýchod až jihozápad (odchylka $\pm 45^\circ$ od jihu), možná je i orientace na východ (snížení zisků o 25 %) nebo západ (snížení zisků o 20 %). [7]

2.5 Parametry solárních kolektorů

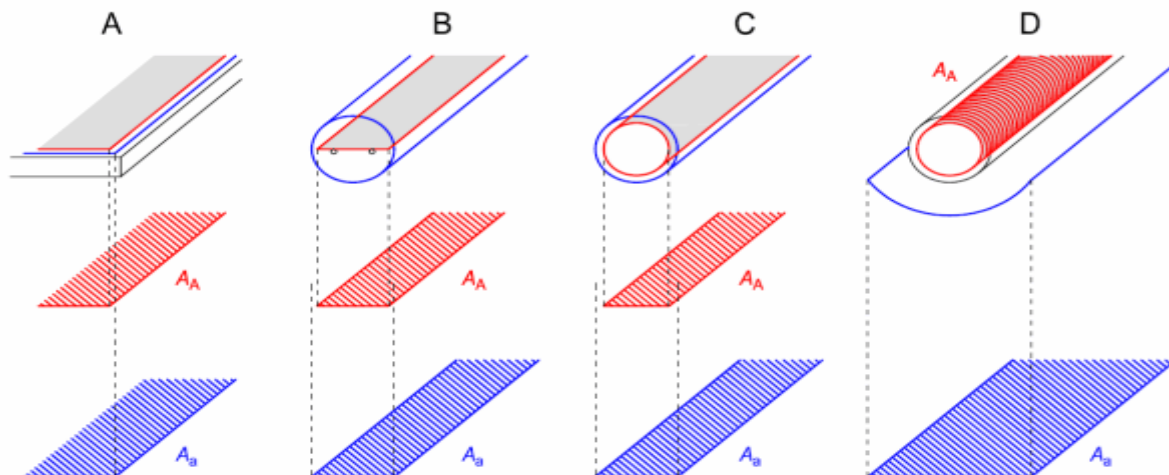
Pro účely energetických výpočtů solárních soustav a hodnocení výkonnosti solárních kolektorů je nezbytné, stejně jako u jakéhokoliv jiného zdroje tepla, mít k dispozici základní technické parametry. Ty se získávají standardizovanými zkouškami a popisují tepelné a optické chování kolektoru za definovaných podmínek. Jde především o křivku tepelného výkonu kolektoru, případně z ní odvozenou křivku účinnosti, a křivku modifikátoru úhlu dopadu vyjadřující závislost účinnosti solárního kolektoru na úhlu dopadu slunečního záření.

Vztažná plocha

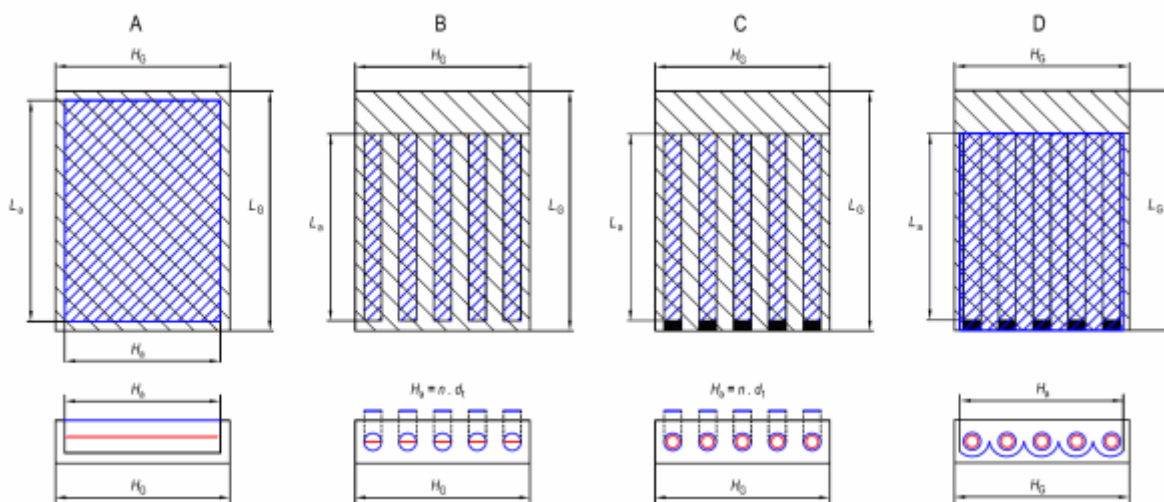
U solárních kolektorů se rozlišují celkem tři plochy, ke kterým se vztahují parametry, především účinnost kolektoru (obr.9 a obr.10):

- plocha absorberu A_A - plocha, na které dochází k přeměně slunečního záření v teplo
- plocha apertury A_a - plocha průmětu otvoru, kterým vstupuje do kolektoru nesoustředěné sluneční záření, zpravidla plocha průmětu zasklení nebo reflektoru
- celková obrysová (hrubá) plocha A_G - plocha průmětu celkového obrysu solárního kolektoru.

Obr.9 Definice plochy apertury a absorbéru solárních kolektorů: A) plochý; B) trubkový s plochým absorbérem; C) trubkový s válcovým absorbérem; D) trubkový s válcovým absorbérem a reflektorem [8]



Obr.10 Definice plochy apertury a obrysové plochy solárních kolektorů: A) plochý; B) trubkový s plochým absorbérem; C) trubkový s válcovým absorbérem; D) trubkový s válcovým absorbérem a reflektorem [8]



Dodavatelé solárních kolektorů někdy uvádějí z marketingových důvodů plochu absorbéru a k ní vztaženou křivku účinnosti, protože v grafickém porovnání leží křivka účinnosti podle absorbéru nejnižší. Plocha absorbéru je totiž zpravidla menší než plocha apertury nebo plocha obrysová. Obecně se však plocha

absorbéru nepoužívá jako vztažná z řady praktických důvodů, především: nelze ji změřit bez poničení kolektoru (narozdíl od apertury); je různě definovaná pro různé typy kolektorů (narozdíl od apertury), navíc pro koncentrační trubkové kolektory s reflektorem není normou jasně definovaná.

Evropské normy a certifikační systémy (např. Solar Keymark, Modrý anděl, aj.) používají jako vztažnou plochu pro solární kolektory zásadně plochu apertury. Vztažení křivky účinnosti k ploše apertury kolektoru je vhodné z hlediska porovnání vlastností dvou kolektorů, konstrukce a kvality provedení, nicméně nevhodné z hlediska rozhodování o potenciálu kolektoru pro danou aplikaci či pro porovnání kolektorů s různými účinnými plochami.

Vyhodnocování účinnosti kolektoru vztažené k obrysové ploše kolektoru A_G , tedy ke skutečné ploše, kterou kolektor zaujímá v prostoru (na střeše, na terénu, apod.) však investora zajímá při analýze potenciálu využití sluneční energie na konkrétním místě instalace. Zejména trubkové vakuové kolektory bez reflektoru vykazují výrazný podíl neúčinné plochy na celkové ploše zastavěné kolektorem na střeše (cca 40 %), zvláště v porovnání s plochými kolektory (cca 10 %). V případě omezeného prostoru pro instalaci solárních kolektorů, např. u bytových domů, může dojít k situaci, že na ploše, která je pro instalaci k dispozici, lze plochými kolektory zajistit vyšší výkony a celkové zisky než s trubkovými vakuovými kolektory bez reflektoru.

Výkon a účinnost

Výkon solárního kolektoru se stanovuje z měření průtoku teplotosné kapaliny kolektorem a rozdílu teplot mezi vstupem a výstupem kolektoru

$$\dot{Q}_k = \dot{M} \cdot c \cdot (t_{k2} - t_{k1})$$

Kde:

\dot{M} - hmotnostní průtok teplotosné kapaliny kolektorem, v kg/s

c - měrná tepelná kapacita teplotosné kapaliny, v J/(kg K)

t_{k1} - teplota na vstupu do solárního kolektoru, ve °C

t_{k2} - teplota na výstupu ze solárního kolektoru, ve °C

Účinnost solárního kolektoru η je za ustálených podmínek definována jako poměr tepelného výkonu odváděného teplotonosnou kapalinou z kolektoru Q_k k "příkonu" slunečního záření (zářivému toku) dopadajícího na kolektor

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{G \cdot A_k}$$

Kde:

G sluneční ozáření, ve W/m^2

A_k vztažná plocha kolektoru, v m^2

Účinnost solárního kolektoru je závislá na venkovních klimatických podmínkách (sluneční ozáření G , venkovní teplota t_e) a provozních podmínkách (střední teplota teplotonosné kapaliny t_m). Vyhodnocuje se experimentální zkouškou v souladu s ČSN EN 12975 jako křivka 2. řádu ve tvaru

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G}$$

Kde:

η_0 - účinnost solárního kolektoru při nulovém teplotním spádu mezi střední teplotou teplotonosné kapaliny t_m a okolím t_e (nulové tepelné ztráty), zjednodušeně označována jako "optická účinnost"

a_1 - lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru, ve $W/(m^2 K)$

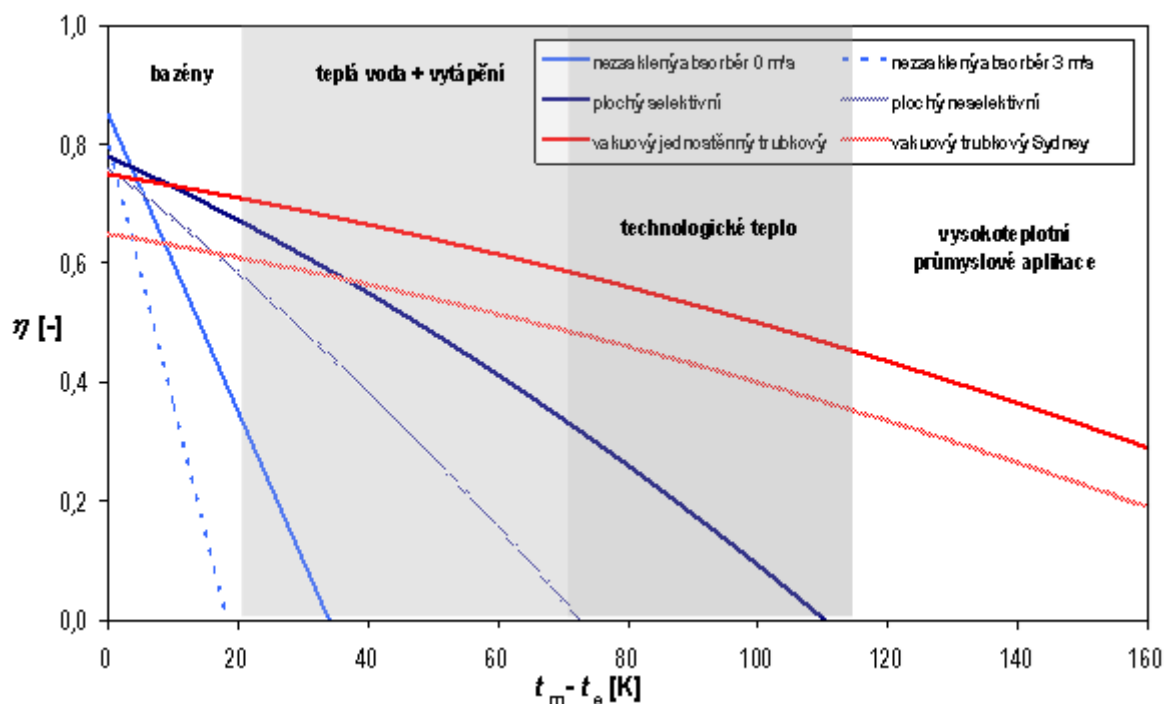
a_2 - kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru (vyjadřuje teplotní závislost), ve $W/(m^2 K^2)$

Graficky se křivka zobrazuje v obecné závislosti na středním redukovaném teplotním spádu $(t_m - t_e)/G$. Účinnost, resp. křivka účinnosti (konstanty η_0 , a_1 , a_2) solárního kolektoru musí být vždy uváděna společně se vztažnou plochou kolektoru A_k , ke které byla vztažena. Člen η_0 je účinnost kolektoru při nulovém teplotním rozdílu mezi kapalinou a okolím, tedy při maximálním omezení tepelných ztrát. Vyjadřuje optickou kvalitu kolektoru (propustnost zasklení, pohltivost absorbéru) a zároveň schopnost kolektoru odvést teplo z povrchu absorbéru do teplotonosné kapaliny. Často se označuje jako optická účinnost kolektoru. Členy a_1 a a_2 pak vyjadřují tepelné ztráty kolektoru, tedy sklon a zakřivení křivky účinnosti (lineární a kvadratický charakter).

Křivka účinnosti je nejčastěji citovaný parametr solárního kolektoru a dodavatel, který ji nedokáže prokázat protokolem ze zkoušky v akreditované laboratoři, vlastně zákazníkovi nemůže podat informaci o energetické kvalitě kolektoru a jeho potenciálním tepelném výkonu. V grafu (obr. 11) jsou znázorněny typické křivky účinnosti základních druhů solárních kolektorů, vyjádřené v závislosti na teplotním spádu pro hodnotu slunečního ozáření 800 W/m^2 . Nezasklené kolektory se vyznačují vysokou optickou účinností, na druhé straně vysokými tepelnými ztrátami, výrazně ovlivněnými rychlostí proudění okolního vzduchu (větru). Naproti tomu u kvalitních solárních kolektorů s nízkými tepelnými ztrátami (selektivní absorbér, vakuový kolektor) klesá účinnost s rostoucím teplotním spádem výrazně méně. V grafu jsou vyznačeny typické rozsahy provozních teplotních rozdílů mezi teplonosnou kapalinou a okolním vzduchem v základních aplikacích.

Z jednoduchého porovnání křivek vyplývá použití jednotlivých druhů solárních kolektorů v daných aplikacích. Pro sezónní ohřev bazénové vody nemá smysl používat drahé trubkové vakuové Sydney kolektory vykazující v nízkoteplotních hladinách dokonce nižší účinnost než levné nezasklené kolektory. V oblasti přípravy teplé vody a vytápění jsou trubkové vakuové kolektory a atmosférické ploché kolektory z hlediska účinnosti vztažené k ploše apertury srovnatelné. Pro průmyslové aplikace s vysokými provozními teplotami jsou nutné kolektory s velmi nízkou tepelnou ztrátou (trubkové vakuové, případně kvalitní koncentrační kolektory).

Obr.11 Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů [8]



Tepelný výkon solárního kolektoru je dán vztahem

$$\dot{Q}_k = A_k \cdot [G \cdot \eta_0 - a_1 \cdot (t_m - t_e) - a_2 \cdot (t_m - t_e)^2]$$

Výkon kolektoru se vyhodnocuje jako závislost na teplotním rozdílu ($t_m - t_e$) při referenční hodnotě slunečního ozáření $G = 1000 \text{ W/m}^2$. Uvádění křivky výkonu solárního kolektoru má tu výhodu, že oproti křivkám účinnosti je vyjádřena pro celý kolektor bez vlivu volby vztažné plochy (absorbér, apertura, obrysová plocha). Na druhé straně výkonovými křivkami nelze porovnat energetickou kvalitu dvou různě velkých kolektorů.

Pro uvádění instalovaného výkonu solárního kolektorového pole jsou definovány podmínky: $G = 1000 \text{ W/m}^2$, $t_e = 20 \text{ °C}$, $t_m = 50 \text{ °C}$. Instalovaný výkon je určen bez ohledu na sklon či orientaci kolektoru, předpokládá se kolmý dopad paprsků na aperturu kolektoru, podobně jako např. u biomasy je jmenovitý výkon kotle stanoven pro referenční palivo. Pro orientační stanovení instalovaného výkonu solárních soustav bez ohledu na konkrétní použitý typ kolektoru a

konkrétní typ aplikace se ve statistických šetřeních používá hodnota 700 W/m^2 apertury kolektoru.

Modifikátor úhlu dopadu

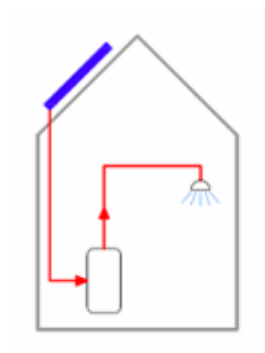
Uvedené vyjádření křivky účinnosti a výkonu solárních kolektorů vychází z výsledků zkoušek tepelného chování solárního kolektoru v ustáleném stavu za definovaných podmínek: jasný den s výraznou přímou složkou slunečního záření a kolmý (normálový) úhel dopadu slunečního záření na rovinu kolektoru. Takové podmínky však v běžném provozu solárního kolektoru nejsou časté, úhel dopadu slunečních paprsků na kolektory je obecně různý vlivem proměnlivé geometrie slunečního záření během dne a roku a podíl přímého záření je závislý na oblačnosti. Křivka účinnosti, resp. výkonu solárního kolektoru pro komplexní charakterizaci jeho výkonnosti proto nestačí. Křivku účinnosti je nutné doplnit závislostí vyjadřující změnu účinnosti kolektoru s úhlem dopadu slunečního záření oproti kolmému úhlu dopadu. Takovou závislostí je křivka modifikátoru úhlu dopadu K_θ , někdy označovaného také IAM (z angl. zkratky Incidence Angle Modifier), která vyjadřuje optickou charakteristiku kolektoru. Modifikátor úhlu dopadu je definován jako poměr optické účinnosti při obecném úhlu dopadu k optické účinnosti při kolmém úhlu dopadu

$$K_\theta = \frac{\eta_o(\theta)}{\eta_o(0^\circ)}$$

Křivka modifikátoru v závislosti na úhlu dopadu se experimentálně vyhodnocuje v souladu s ČSN EN 12975 v podélné ($K_{\delta L}$) a příčné ($K_{\delta T}$) rovině. Ploché opticky symetrické solární kolektory mají obě křivky modifikátoru totožné, tvar optické charakteristiky je předvídatelný a pro různé typy plochých kolektorů se liší v rozsahu několika procent. Proto se zkouškou stanovuje hodnota modifikátoru pouze pro úhel 50° . U opticky nesymetrických solárních kolektorů, jako jsou jednostěnné nebo dvojtěnné trubkové vakuové kolektory, je nutné podrobné stanovení hodnot pro získání křivky modifikátoru zvláště v příčné rovině. V podélné rovině má křivka modifikátoru trubkového kolektoru obdobný tvar jako u plochých kolektorů. [8]

2.6 Solární příprava teplé vody

Obr.12 Příprava TUV [9]



Využití sluneční energie pro předehřev a přípravu teplé vody (obr. 12) je výhodné vzhledem k celoročně přibližně konstantní spotřebě tepla. Solární soustavy pro přípravu teplé vody proto mají dobrou využitelnost, jsou rozšířené a známé a veřejností jsou vnímány jako smysluplné opatření.

Solární soustavy pro přípravu teplé vody jsou kromě obytných budov vhodné i pro využití v terciárním sektoru např. pro ústavy sociální péče, domovy důchodců, hotely, sportovní centra, apod., kde je stálá spotřeba teplé vody celoročně nebo s výraznými špičkami odběru v letním období.

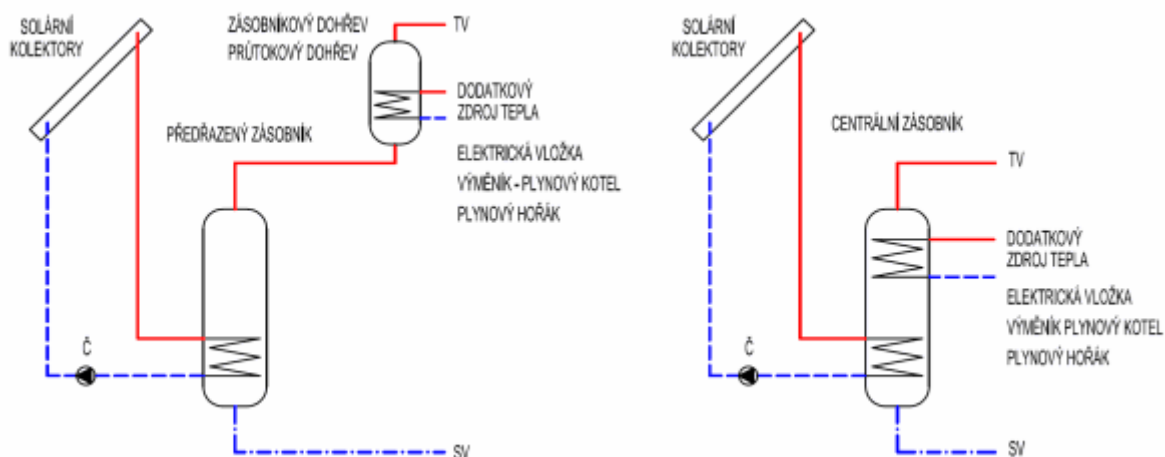
Maloplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody v rodinných domech (obr. 13) jsou zpravidla standardním řešením jako průmyslové vyráběné a dodávané komplety. Vzhledem k běžné spotřebě teplé vody 30 až 50 l/os.den jde o solární soustavy s plochou kolektorů 4 až 8 m² se solárním zásobníkem teplé vody o objemu 200 až 400 l.

Používají se solární soustavy ve variantách:

- S předehřívacím solárním zásobníkem - solární zásobník je předřazen konvenční přípravě teplé vody.
- S bivalentním solárním zásobníkem - solární zásobník má vestavěný dodatkový zdroj tepla.

Malé soustavy se vyznačují především jednoduchým řešením, ale také výrazným podílem tepelných ztrát (20-30 %) a proto relativně nízkými měrnými tepelnými zisky.

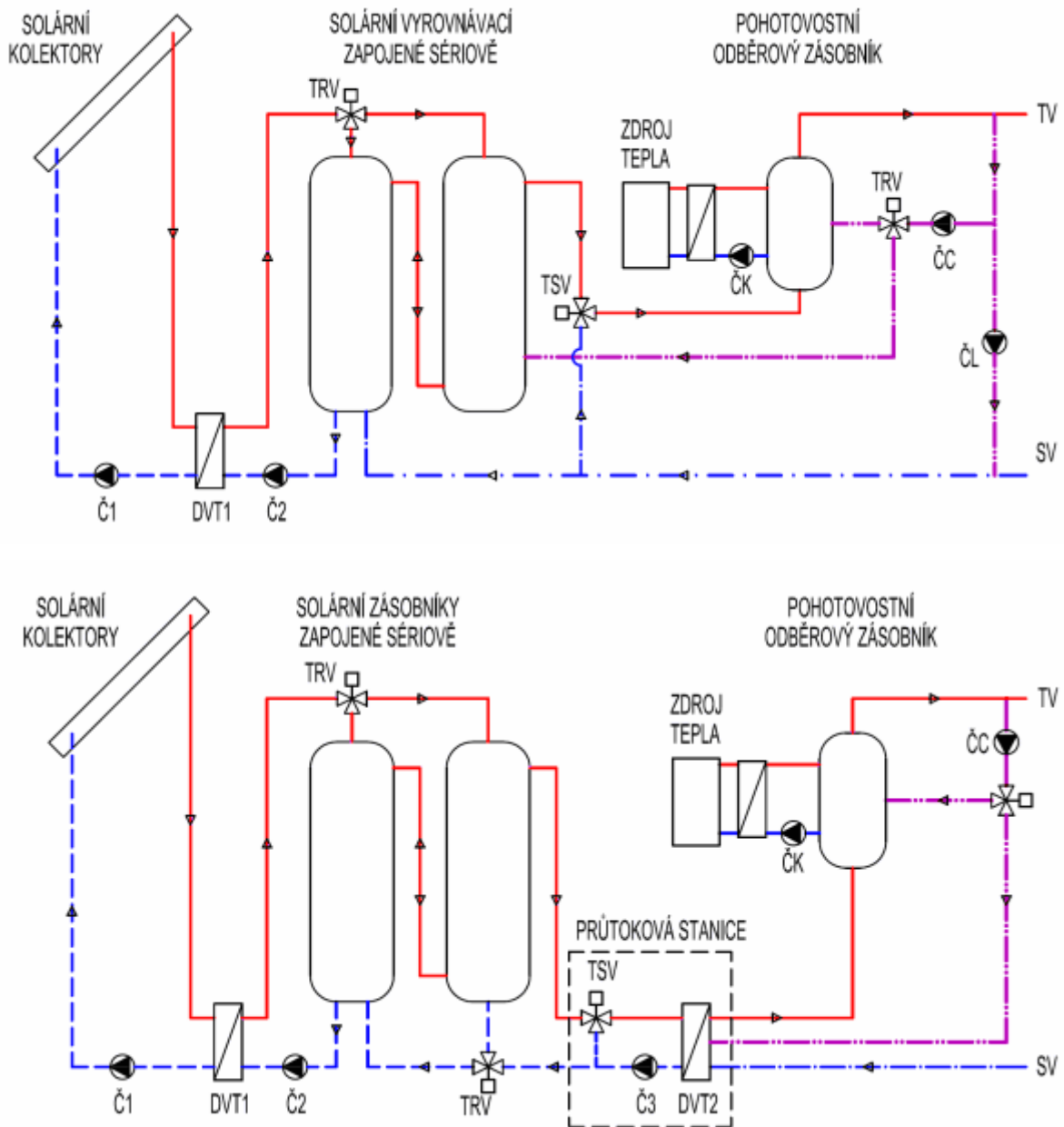
Obr.13 Schéma solární přípravy teplé vody pro rodinný dům: vlevo - s předehřívacím zásobníkem, vpravo - s bivalentním zásobníkem [9]



Velkoplošné solární soustavy (obr. 14) pro přípravu teplé vody s kolektorovou plochou nad 50 m², které mezi primárním kolektorovým okruhem a zásobníkem používají deskový výměník, lze rozlišit na soustavy:

- Se solárními zásobníky teplé vody - odběrový okruh (studená a teplá voda) přímo napojen na solární zásobníky.
- Se solárními zásobníky tepla - oddělení odběrového okruhu výměníkem tepla (průtokový, zásobníkový ohřev vody).

Obr.14 Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody: nahoře - se zásobníky teplé vody, dole - se zásobníky tepla s velkoobjemovým solárním zásobníkem - vhodné pro novostavby s objemem rozděleným do více menších zásobníků - vhodné pro rekonstrukce, zásobníky zapojeny paralelně nebo sériově s tlakovými zásobníky, s beztlakovými zásobníky [9]



Velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody jsou dimenzovány zpravidla na pokrytí potřeby tepla v letním období za účelem vyloučení problematických stagnačních stavů ve velké ploše kolektorů. Navíc poměr

tepelných ztrát k energii produkované kolektory je výrazně menší (5-10 %) než u maloplošných soustav pro rodinné domy a dosahují tak vyšších měrných tepelných zisků.

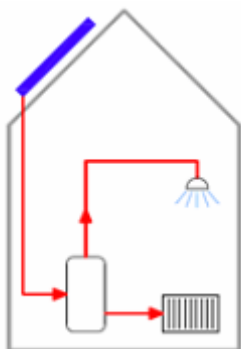
Typické zisky solárních soustav pro přípravu teplé vody:

	maloplošné do 20 m ²	velkoplošné nad 50 m ²
přehřev vody	450 až 500 kWh/(m ² .rok)	500 až 600 kWh/(m ² .rok)
příprava teplé vody	300 až 400 kWh/(m ² .rok)	400 až 500 kWh/(m ² .rok)

[9]

2.7 Solární vytápění

Obr.15 Příprava TUV a vytápění [10]



Se snižováním potřeby tepla na vytápění budov (nízkoenergetické domy, energeticky pasivní domy) nachází stále větší uplatnění solární vytápění, tedy solární soustavy sdružující přípravu teplé vody a vytápění (obr. 15), tzv. solární kombinované soustavy. Propojení solární soustavy s otopnou soustavou pro krytí potřeby tepla zvláště v jarních a podzimních měsících je možné vzhledem k nízkým provozním teplotám otopné vody (nízkoteplotní vytápění) výhodným pro efektivní provoz solárních kolektorů. Potřeba tepla na vytápění budov se však během roku časově rozchází se špičkami dostupných solárních zisků a lze proto dosáhnout vždy jen částečného pokrytí potřeby tepla. Zpravidla ekonomicky přijatelné jsou roční hodnoty pokrytí mezi 15 a 35 % celkové roční potřeby tepla pro přípravu teplé vody a vytápění. Požadovaná hodnota solárního pokrytí ovlivňuje návrh zařízení a jeho energetické přínosy.

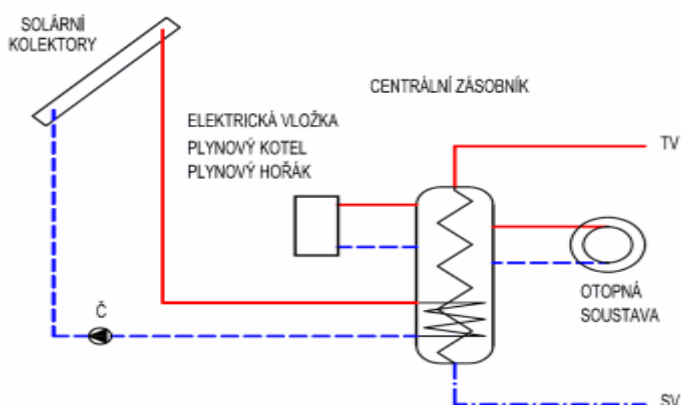
Základními předpoklady úspěšného návrhu solárních kombinovaných soustav jsou: dostatečná tepelná izolace domu a kvalitní okna - nízkoenergetický nebo pasivní standard budov; nízkoteplotní otopná soustava - velkoplošné sálavé vytápění, vhodná otopná tělesa; vhodná návaznost na ostatní zdroje tepla a technologie v budově včetně regulace; sklon kolektoru cca 45° až 90°, jižní orientace kolektoru v nezastíněném prostoru; možnost využít letní přebytky solární soustavy (bazén, sušení, akumulace).

Maloplošné solární kombinované soustavy pro rodinné domy lze pořídit jako průmyslově vyrobené a dodávané komplety nebo jako soustavy dodané na objednávku, vyznačující se různým stupněm originality v závislosti na požadované funkci a využívaných zdrojích tepla.

Lze rozlišit dvě základní koncepce:

- Se dvěma solárními zásobníky - solární zásobník teplé vody, solární zásobník otopné vody.
- S centrálním (integrováným) solárním zásobníkem tepla - zásobník otopné vody s přípravou teplé vody přes dodatečnou teplosměnnou plochu: vestavěný zásobník TV v solárním zásobníku, průtočný výměník vestavěný v solárním zásobníku (obr. 16), externí deskový výměník pro průtokový ohřev vody.

Obr.16 Schéma solární kombinované soustavy s centrálním zásobníkem tepla [10]



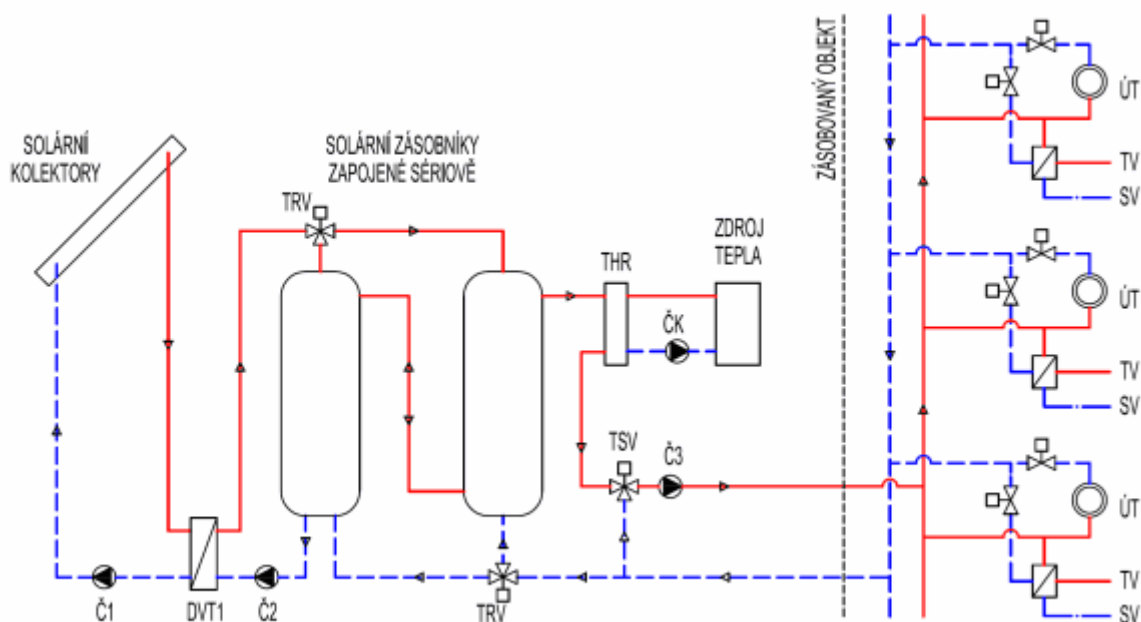
Velkoplošné solární kombinované soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění nejsou tak častým řešením jako soustavy čistě pro přípravu teplé vody. Využívá se velkoobjemového solárního zásobníku tepla nebo více zásobníků tepla o menším

objemu (s ohledem na dopravu). Dodatkový zdroj tepla je zapojen buď do centrálního zásobníku nebo na jeho výstupu (dohřev).

V zásadě se používají dvě koncepce zapojení sekundární části:

- Čtyřtrubkový rozvod - příprava teplé vody je centrální a v objektu je veden potrubní rozvod: teplá voda, cirkulace, přívodní, vratná otopná voda.
- Dvojtrubkový rozvod - příprava teplé vody je lokální, v objektu je rozvod otopné vody (přívodní, vratná) veden do jednotlivých odběrů (bytové předávací stanice pro vytápění a přípravu teplé vody) (obr. 17).

Obr.17 Schéma velkoplošné solární kombinované soustavy s dvojtrubkovým rozvodem pro přípravu teplé vody a vytápění [10]



Typické zisky solárních soustav pro přípravu teplé vody a vytápění:

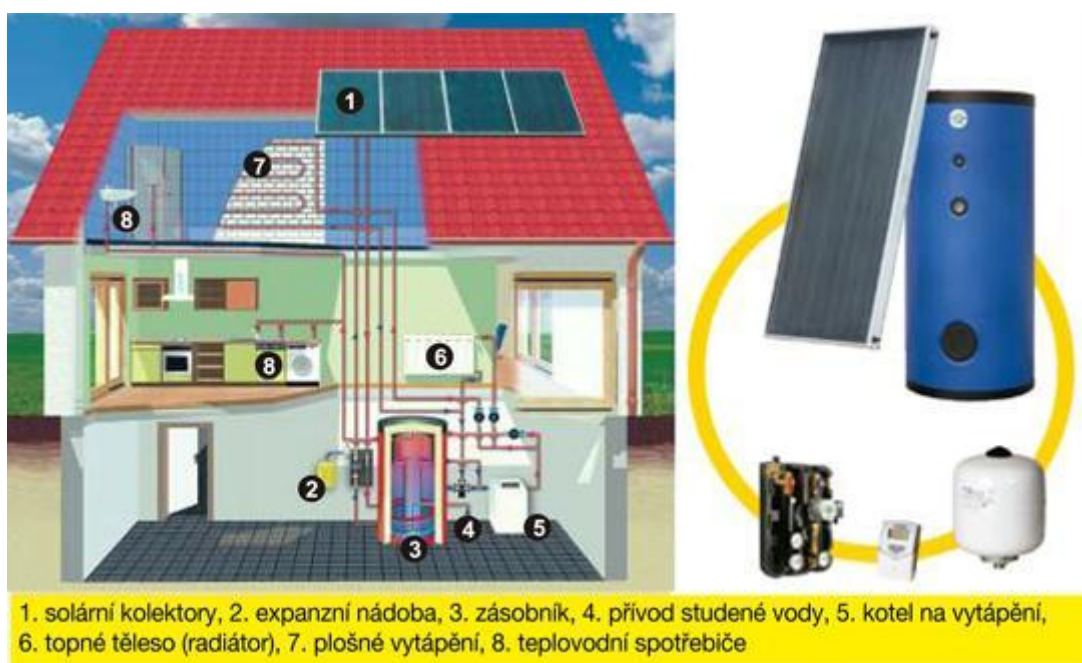
	maloplošné do 20 m ²	velkoplošné nad 50 m ²
příprava TV a vytápění	200 až 350 kWh/(m ² .rok)	350 až 450 kWh/(m ² .rok)

[10]

2.8 Komponenty solárního systému

Základní součástí solárního systému (obr. 18) je sluneční kolektor. V solárním bojleru s výměníkem je zajištěn vlastní ohřev TUV. Může být osazen dalšími výměníky pro ostatní zdroje tepla či elektrickým topným tělesem. Solární instalační jednotka sestává z oběhového čerpadla, potřebných pojišťovacích prvků a měřidel. Další důležitou součástí je solární regulace, která řídí činnost oběhového čerpadla. V nejjednodušším provedení se skládá ze dvou čidel. Solární soustava dále obsahuje expanzní nádobu, odvzdušňovací ventil a plnicí armaturu. A nesmíme zapomenout na příslušenství k montáži na střechu. [11]

Obr.18 Solární systém [11]



2.9 Kladné argumenty pro uplatnění solárních soustav

Úvahy o ekologických a ekonomických okrajových podmínkách

Následující úvahy o jednotlivých bodech dnešního zajišťování energie pro zásobování teplem nutí k zamyšlení a kontroverzním, ale i konstruktivním diskuzím.

- Se změnami klimatu narůstá neustále počet přírodních katastrof a z nich vyplývajících škod. V roce 1983 způsobil hurikán v USA škody ve výši přes 1 miliardu USD. Od roku 1987 se vyskytlo ještě dalších 18 přírodních katastrof s podobně vysokými škodami, přičemž špičkou se stal hurikán Andrea se škodami kolem 20 miliard USD. Škody byly kryty pojišťovnami, které disponují zase zpětným pojištěním, nabízeným i v německy hovořících zemích. Tím na ně tou či jinou formou doplácí vlastně každý pojištěnec.
- Vliv oxidu uhličitého (CO₂) na klimatické změny je stále ještě sporný. Jedno je však nepopíratelné: až budou vědomosti o působení oxidu uhličitého dostatečně průkazné, nebude již nadále smlouvání o omezování škod možné.
- Bude-li v průběhu nastávajících 50 let stoupat střední teplota zemské atmosféry vlivem skleníkového efektu o 3 K, nebude již možné další probíhající změny ani odhadnout. Poslední doba ledová, která zasáhla území dnešního Německa silným ledovým příkrovem, byla vyvolána změnou globální teploty o pouhých 2,5 K.
- Velmi nejistý je cenový vývoj energie, protože v zemích, jako je Čína, stoupá spotřeba energie z fosilních zdrojů obrovskou měrou, zatímco technicky a ekonomicky dostupné zásoby těchto fosilních zdrojů se doslova scvrkávají.
- Ve stávajících propočtech nákladů na zásobování energií nejsou vůbec zohledněny škody způsobené na životním prostředí a zdraví obyvatel, natož jejich náprava.
- Rizika výroby energie provozováním atomových elektráren jsou často bagatelizována, nebo jsou jen nepatrně zdůrazněna. Atomový proud není žádnou obnovitelnou energií. Světové zásoby uranu jsou omezené, jeho těžba a zpracování působí rušivě na životní prostředí, poškozují zdraví a konečně vede k četným závislostem. Nejen od teroristického útoku na World Trade Center v New Yorku hrozí konkrétní možnost leteckého napadení kterékoli jaderné elektrárny s regionálními až globálními účinky, a to nikoli pouze v dané oblasti.

- Každý rok odvádějí plátcí daní miliardy EUR na subvence výroby energie z fosilních a jaderných zdrojů.
- Tváří v tvář nutným změnám v postižených oblastech je třeba nastolit kritickou otázku, jak dlouho může být ještě podporováno každé pracovní místo v německém uhelném průmyslu částkou přes 50 000 EUR ročně. Možná by byl dřívější přechod lidí na jiné výrobní odvětví méně komplikovaný než vyhlášení hospodářského „autu“, tedy vyřazení pracovníků „mimo hru“ během několika měsíců.
- Solární technika vytváří pracovní místa. Postupnou tvorbou podmínek pro využití tepelné solární energie může být jen v Německu do roku 2010 zajištěno 50 000 dodatečných pracovních míst v průmyslu a řemeslech.
- Na nákladech na politické a vojenské konflikty za zajištění levného přístupu k rezervám energetických zdrojů se podílí rovněž každý daňový poplatník. Tak například v roce 1991 musel vyplatit každý Němec (ať dítě nebo důchodce) 100 EUR na financování války v Perském zálivu, tedy položku, která se neobjeví v žádném účtu za topný olej nebo plyn.
- Doprovodem bezuzdné těžby přírodních zdrojů jsou války, konflikty, útlak a bída v postižených zemích, neboť lačnost po bohatství je příliš velká. V tomto kontextu je zcela oprávněná otázka, zda širší využívání solární energie nepovede v tomto případě i k spravedlivějším a stabilnějším poměrům v postižených krajinách, tedy k vývoji, podporovanému i německy hovořícími zeměmi (rozumí se Německo, Švýcarsko a Rakousko) a ostatními evropskými zeměmi.

Argumenty pro zřizování solárních soustav

Solární soustavy mohou široko daleko dávat na vědomí majitelovu zodpovědnost vůči společnosti.

- Se solární soustavou získávají provozovatelé kousek hospodářské nezávislosti.
- Koupání v solárně ohřáté vodě dává pocit dosud nepoznané pohody z komfortu.

- Solární soustavy jsou při své výrobě energie absolutně prosté odpadních, prostředí zatěžujících plynů, a vykazují tím prakticky provozovatelův aktivní přístup k ochraně životního prostředí.
- Solární soustavy představují při své životnosti přes 20 let spolehlivou a vyzrálou techniku.
- Solární soustavy jsou extrémně nenáročné na údržbu a jejich energie je trvale využitelná.
- Intenzivnější využívání solární energie umožňuje zemím větší politickou a hospodářskou nezávislost.
- Nabývání a provoz solárních soustav zajišťuje a rozšiřuje v německy hovořících zemích svazové budování a znalosti expertů. To zase poskytuje solidní základy pro pozitivní hospodářský vývoj a otevírá nové trhy v tuzemsku i při exportu.
- Uživatelům solárních soustav jsou přínosem daňové výhody a státní podpůrné prostředky.
- V obytných domech se solárními soustavami oproti domům tradičním stoupá nájemné z titulu nákladů na vytápění mnohem mírněji, při jistých kontraktních smlouvách může naopak klesat.
- Solární soustavy zvyšují hodnotu nemovitosti i image majitele. „Solární domy“ se rychleji pronajímají.
- Největší blok nákladů při uplatnění termických solárních soustav vzniká vazbou kapitálu, kterou lze při jejich pořizování exaktně kalkulovat na mnoho let. Naproti tomu náklady na konvenční paliva na dobu 20 let nelze vzhledem ke kolísání jejich cen předem kalkulovat.

Solární soustava je peněžním vkladem odolávajícím krizím, poskytuje majiteli podstatně větší záruky než tradiční vytápěcí zařízení na fosilní paliva. [15]

3 Cíl práce

V předcházejících kapitolách byla popsána problematika sluneční energie a solárních kolektorů. V následujících kapitolách bude řešen návrh, výpočty a výsledky solárního systému v konkrétním objektu s následným vyhodnocením.

4 Materiál a metody

4.1 Popis objektu

Vybraným objektem, kde bude proveden návrh solárního systému, je opravená vesnická chalupa (obr. 19), která byla postavena přibližně na přelomu 19. a 20. století. Zrekonstruovaná byla v průběhu 90. let 20. století.

Obr.19 Vybraný objekt



Zeměpisná poloha objektu

Objekt je v malé obci Blažejovice, která se nachází ve Středních Čechách, ve východním cípu okresu Benešov, v mikroregionu Želivka (obr. 20). Nadmořská výška obce je 432 – 450 m. Pro pozdější výpočty a návrhy budeme uvažovat stejné klimatické podmínky jako pro Prahu.

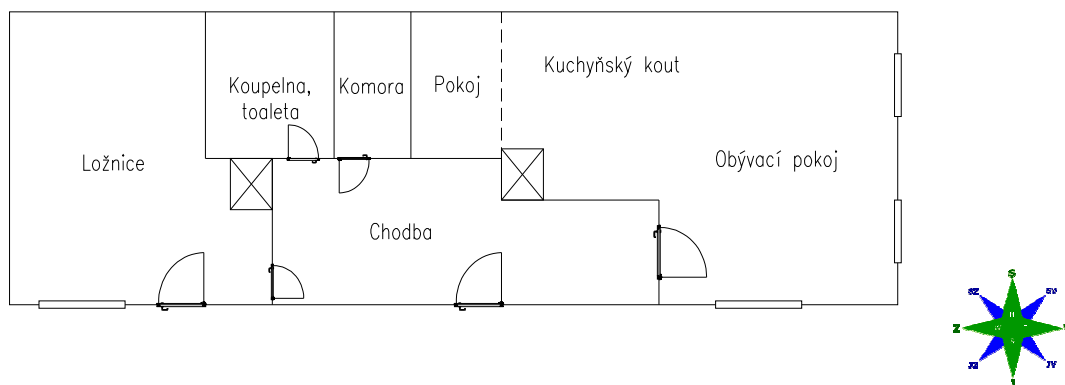
Obr.20 Zeměpisná poloha objektu



Současný stav objektu

Vnější rozměry objektu – 6 x 20 m; vytápěná plocha 120 m². Obvodové kameninové zdivo je tloušťky 70 cm. Sklon střechy je 45°, střešní krytina z pálených tašek o stáří přibližně 30 let. Strop mezi přízemím a půdou je dřevěný. Jako izolace jsou použity dřevěné hobliny a skelná vata. Obvodové zdi nejsou izolovány. Okna jsou dřevěná s dvojsklem. Na obr.21 je dispoziční řešení objektu.

Obr.21 Dispoziční řešení objektu



Vytápění a ohřev TUV v objektu

Vytápění

Centrální kamna Kora IV o výkonu 16 kW jsou umístěna v chodbě. Vytápí chodbu, koupelnu s toaletou a ložnici. V obývací části, kde se zároveň nachází i kuchyňský kout, jsou kamna KVS Moravia 9103 s výkonem 6 kW. Obě kamna jsou na tuhá paliva. Otopné období je převážně od října do dubna, ale záleží na teplotě v ostatních měsících.

Ohřev TUV

V koupelně je umístěn kombinovaný ohříváč OKCV od firmy Dražice o objemu 200 l. Ohřev vody je pomocí elektrické energie za využití nízkého tarifu tzv. nočního proudu. Ohřev vody je celoroční.

Přibližné náklady na ohřev vody – pro návrh uvažován zásobník 300 l (pro 5 lidí), ohřev vody z 10 °C na 50 °C.

Denní spotřeba tepla na ohřev vody

$$\begin{aligned} Q_{\text{spotř}} &= c_w \times \rho_w \times V \times (t_2 - t_1) \\ &= 4186 \times 995,651 \times 0,3 \times (50 - 10) \\ &= 50 \times 10^6 \text{ J} = 13,9 \times 10^3 \text{ W.h} = \mathbf{13,9 \text{ kW.h}} \end{aligned}$$

Kde $c_w = 4186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ je měrná tepelná kapacita vody

$$\begin{aligned} \rho_w &= \text{ hustota vody při střední teplotě } t = 0,5 \times (t_1 + t_2) = 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 995,651 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Roční spotřeba tepla na ohřev vody

$$\begin{aligned} Q_{\text{roční}} &= Q_{\text{spotř}} \times 365 \\ Q_{\text{roční}} &= 13,9 \times 365 \\ Q_{\text{roční}} &= \mathbf{5073,5 \text{ kW.h}} \end{aligned}$$

Cena 1 kW.h v objektu při sníženém tarifu (nočním proudu) je **1,96 Kč / kW.h**

Roční přibližné náklady na ohřev vody jsou **9 944,06 Kč**

Podrobný popis s parametry zdrojů vytápění a ohřevu TUV je v příloze 1.

4.2 Metody výpočtu

V práci jsou uvedeny tři druhy výpočetních postupů nebo návrhů solárního systému:

- výpočet podle vzorového příkladu [1] ve dvou variantách. Obě varianty řeší pouze ohřev TUV
- návrh dle programu Solar 2.10 od firmy REFLEX CZ [12] – ohřev TUV
- nabídky firmy Bramac [13] – ohřev TUV a podpora vytápění

4.3 Výpočty a návrhy

4.3.1 Výpočet

Varianta 1

Úkolem je vypočítat celkovou plochu kolektorů pro ohřev vody v období od dubna do září. Denní spotřeba vody 400 l; objem zásobníku je tedy $V = 0,4 \text{ m}^3$. Voda se ohřívá z teploty $t_1 = 8 \text{ °C}$ na teplotu $t_2 = 60 \text{ °C}$. Kolektory jsou orientovány na jih a skloněny pod úhlem $\alpha = 45^\circ$.

Denní spotřeba tepla pro ohřev užitkové vody

$$\begin{aligned} Q_{\text{spotř}} &= c_w \times \rho_w \times V \times (t_2 - t_1) \\ &= 4186 \times 994,6 \times 0,4 \times (60 - 8) \\ &= 86,6 \times 10^6 \text{ J} = 24,1 \times 10^3 \text{ W.h} = 24,1 \text{ kW.h} \end{aligned}$$

Kde $c_w = 4186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ je měrná tepelná kapacita vody

$$\begin{aligned} \rho_w &= \text{ hustota vody při střední teplotě } t = 0,5 \times (t_1 + t_2) = 34 \text{ °C} \\ &= 994,6 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Nejnepříznivější sluneční podmínky mohou nastat v okrajových měsících daného období, tj. buď v dubnu nebo v září. Proto se v dalším výpočtu postupuje paralelně pro oba jmenované měsíce.

V tomto výpočtu budou zobrazeny všechny měsíce, je to z účelu pozdějšího využití v energetické bilanci.

Podle tab. 1 je pro plochu orientovanou na jih a skloněnou pod úhlem $\alpha = 45^\circ$ teoreticky možná dopadající energie:

Tab. 1 Teoreticky možná dopadající energie [1]

Úhel sklonu osluňené plochy α	Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{S \text{ den teor}} \text{ (kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$						
	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
Azimutový úhel osluňené plochy $a_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Pro Prahu (Blažejovice) je podle tab. 2 poměrná doba slunečního svitu τ

Tab. 2 Poměrná doba slunečního svitu [1]

Měsíc	Poměrná doba slunečního svitu $\bar{\tau} = \tau_{\text{skut}} / \tau_{\text{teor}}^1$							
	Praha	České Budějovice	Hradec Králové	Brno	Bratislava	Košice	Sněžka (1 602 m)	Lomnický štít (2 632 m)
I.	0,21	0,18	0,18	0,18	0,25	0,26	0,33	0,48
II.	0,32	0,29	0,27	0,31	0,35	0,31	0,33	0,47
III.	0,42	0,37	0,40	0,38	0,46	0,42	0,37	0,50
IV.	0,45	0,39	0,44	0,39	0,50	0,46	0,33	0,42
V.	0,51	0,43	0,50	0,48	0,56	0,53	0,40	0,36
VI.	0,54	0,46	0,51	0,53	0,59	0,54	0,38	0,33
VII.	0,55	0,49	0,52	0,56	0,66	0,58	0,39	0,37
VIII.	0,55	0,51	0,54	0,53	0,66	0,59	0,40	0,43
IX.	0,53	0,48	0,52	0,50	0,63	0,57	0,40	0,52
X.	0,37	0,34	0,37	0,37	0,47	0,47	0,30	0,60
XI.	0,21	0,22	0,19	0,23	0,25	0,27	0,31	0,46
XII.	0,14	0,15	0,17	0,12	0,20	0,23	0,28	0,48

Skutečná dopadající energie

$$Q_{Sden} = T \times Q_{Sden \text{ teor}}$$

Leden	$Q_{Sden} = 0,714 \text{ kW.h.m}^{-2}$	Červenec	$Q_{Sden} = 5,181 \text{ kW.h.m}^{-2}$
Únor	$Q_{Sden} = 1,5782 \text{ kW.h.m}^{-2}$	Srpen	$Q_{Sden} = 4,03 \text{ kW.h.m}^{-2}$
Březen	$Q_{Sden} = 2,814 \text{ kW.h.m}^{-2}$	Září	$Q_{Sden} = 3,551 \text{ kW.h.m}^{-2}$
Duben	$Q_{Sden} = 3,627 \text{ kW.h.m}^{-2}$	Říjen	$Q_{Sden} = 1,8352 \text{ kW.h.m}^{-2}$
Květen	$Q_{Sden} = 4,8042 \text{ kW.h.m}^{-2}$	Listopad	$Q_{Sden} = 0,714 \text{ kW.h.m}^{-2}$
Červen	$Q_{Sden} = 5,2056 \text{ kW.h.m}^{-2}$	Prosinec	$Q_{Sden} = 0,378 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Dále je podle tab. 3 pro Prahu střední teplota vzduchu v době slunečního svitu

Tab. 3 Střední teplota vzduchu [1]

Místo	Střední teplota v době slunečního svitu t_v v jednotlivých měsících (°C)											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Praha	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5
České Budějovice	1,7	2,4	6,2	10,7	15,8	18,6	20,8	20,6	17,4	12,1	6,9	3,3
Hradec Králové	1,6	2,4	6,0	10,7	15,9	18,9	20,7	20,8	18,0	12,7	7,2	3,3
Brno	1,7	2,8	7,0	12,0	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5
Bratislava	2,1	3,6	8,5	13,4	18,5	21,6	23,5	23,6	20,5	14,7	8,5	4,2
Košice	0,1	1,7	6,6	12,1	16,3	20,5	22,4	22,2	18,7	13,1	7,5	2,8
Sněžka (1 602 m)	-3,5	-3,6	-1,7	1,7	6,6	9,6	11,6	11,9	9,7	5,5	0,9	-2,0
Lomnický štít (2 632 m)	-6,9	-7,5	-5,8	-2,2	2,4	5,1	7,1	8,0	5,7	2,3	-2,6	-5,5

A podle tab. 4 střední intenzita záření $I_{stř}$ (q_s) na plochu orientovanou na jih a skloněnou pod úhlem $\alpha = 45^\circ$

Tab. 4 Střední intenzita záření [1]

Úhel sklonu oslněné plochy α	Střední intenzita slunečního záření $I_{stř}$ ($W \cdot m^{-2}$) v jednotlivých měsících						
	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Azimutový úhel oslněné plochy $\alpha_s = \pm 0^\circ$ (orientace na jih)							
0°	139	188	271	411	484	534	561
15°	227	278	371	485	540	581	597
30°	299	358	443	537	574	609	611
45°	344	412	490	558	580	600	590
60°	382	449	520	545	533	515	519
75°	392	472	526	520	463	410	394
90°	396	479	494	463	373	286	264

Účinnost kolektoru se dvěma krycími skly: $t_a = 60^\circ C$

$$\eta_A = 0,75 - \frac{4 \times (t_a - t_v)}{q_s}$$

Leden $\eta_A = 0,19$

Únor $\eta_A = 0,29$

Březen $\eta_A = 0,37$

Duben $\eta_A = 0,42$

Květen $\eta_A = 0,46$

Červen $\eta_A = 0,48$

Červenec $\eta_A = 0,5$

Srpen $\eta_A = 0,49$

Září $\eta_A = 0,46$

Říjen $\eta_A = 0,37$

Listopad $\eta_A = 0,24$

Prosinec $\eta_A = 0,1$

Energie zachycená plochou 1 m² kolektoru za den s průměrnou oblačností

$$Q_{A\text{den}} = \eta_A \times Q_{S\text{den}}$$

Leden $Q_{A\text{den}} = 0,136 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Únor $Q_{A\text{den}} = 0,46 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Březen $Q_{A\text{den}} = 1,04 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Duben $Q_{A\text{den}} = 1,53 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Květen $Q_{A\text{den}} = 2,21 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Červen $Q_{A\text{den}} = 2,5 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Červenec $Q_{A\text{den}} = 2,6 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Srpen $Q_{A\text{den}} = 1,98 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Září $Q_{A\text{den}} = 1,42 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Říjen $Q_{A\text{den}} = 0,68 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Listopad $Q_{A\text{den}} = 0,17 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Prosinec $Q_{A\text{den}} = 0,04 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Plocha kolektoru se počítá pro nejméně příznivý měsíc ve smyslu klimatických podmínek. Výše uvedené výpočty byly provedeny pro celý rok. Měsíce leden, únor, březen, říjen, listopad, prosinec nebudeme zahrnovat pro ohřev teplé vody pomocí solárního systému. Ohřev bude nahrazen náhradním zdrojem energie. Ze zbývajících měsíců je nejméně příznivé září, a proto pro tento měsíc je nutno počítat plochu kolektoru.

Předpokládáme-li, že na tepelné ztráty zásobníku a potrubního rozvodu připadá 10% z celkové spotřeby tepla (přirážka na ztráty $p = 0,1$), musí být celková plocha kolektorů následující:

$$S_A = \frac{(1 + p) \times Q_{\text{spotř}}}{Q_{\text{A den}}} = \frac{(1 + 0,1) \times 24,1}{1,42} = 18,67 \text{ m}^2$$

Takto navržené zařízení s plochou kolektorů $S_A = 18,67 \text{ m}^2$ určenou podle skutečné průměrné energie dopadající v nejnepříznivějším měsíci daného období (září) bylo investičně poměrně drahé. Proto se často navrhne zařízení s plochou kolektorů určenou podle teoreticky možné energie dopadající za slunečný den, a potom je energie zachycená kolektorem

$$\text{Duben } Q_{\text{Steor}} = 8,06 \text{ kW.h.m}^{-2}$$

$$\text{Září } Q_{\text{Steor}} = 6,7 \text{ kW.h.m}^{-2}$$

$$\text{Potom } Q_{\text{A den}} = \eta_A \times Q_{\text{S den}}$$

$$\text{Duben } Q_{\text{A den}} = 3,39 \text{ kW.h.m}^{-2}$$

$$\text{Září } Q_{\text{A den}} = 3,09 \text{ kW.h.m}^{-2}$$

Nepříznivé podmínky zůstávají neustále v měsíci září, potom plocha kolektorů:

$$S_A = \frac{(1 + p) \times Q_{\text{spotř}}}{Q_{\text{A den}}} = \frac{(1 + 0,1) \times 24,1}{3,09} = 8,58 \text{ m}^2$$

Zařízení s více než poloviční plochou kolektorů je levnější, avšak v okrajových měsících daného období (duben, září) je nutno ve dnech s větší oblačností dohřívat vodu jiným zdrojem tepla. Tento další zdroj je ovšem vždy nutný pro zimní období od října do března.

Tepelná bilance

V tepelné bilanci (tab. 6, obr.22) se počítá se zaokrouhlenou plochou kolektorů 10 m². Účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory (tab. 5)

Tab. 5 Účinnost a energie zachycená kolektory varianta 1

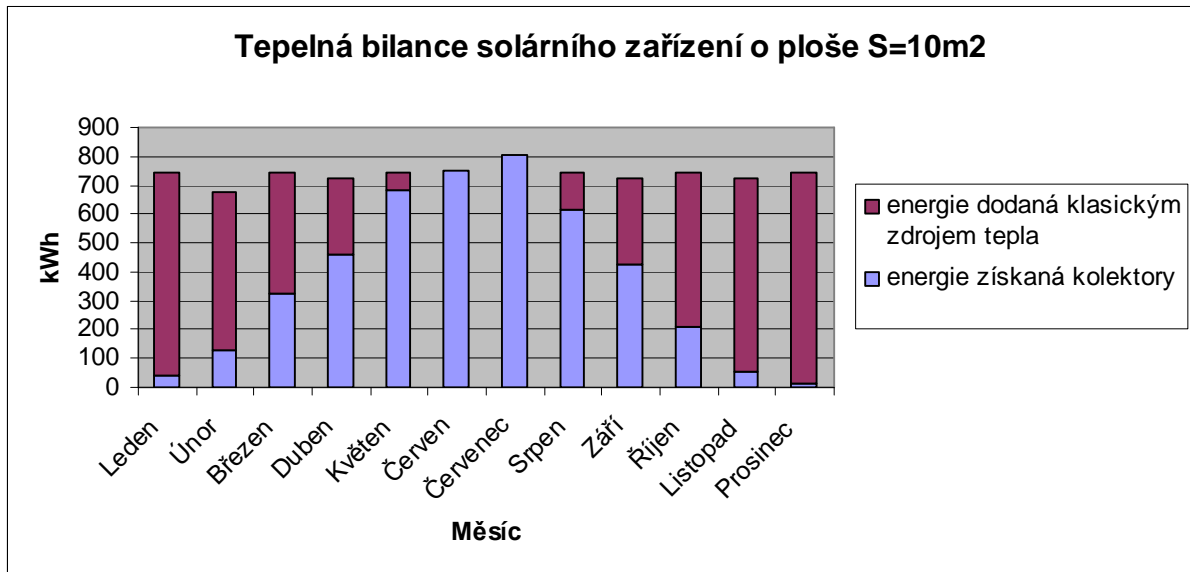
Měsíc	t_v (°C)	$t_a - t_v$ (°C)	$I_{stř} (q_s)$ (W.m ⁻²)	η	Q_{Sden}^{teor} (kW.h.m ⁻²)	τ	Q_{Aden} (kW.h.m ⁻²)
Leden	2,2	57,8	412	0,19	3,4	0,21	0,136
Únor	3,4	56,6	490	0,29	4,96	0,32	0,46
Březen	6,5	53,5	558	0,37	6,7	0,42	1,04
Duben	12,1	47,9	580	0,42	8,06	0,45	1,53
Květen	16,6	43,4	600	0,46	9,42	0,51	2,21
Červen	20,6	39,4	590	0,48	9,64	0,54	2,5
Červenec	22,5	37,5	600	0,5	9,42	0,55	2,6
Srpen	22,6	37,4	580	0,49	8,06	0,5	1,98
Září	19,4	40,6	558	0,46	6,7	0,53	1,42
Říjen	13,8	46,2	490	0,37	4,96	0,37	0,68
Listopad	7,3	52,7	412	0,24	3,4	0,21	0,17
Prosinec	3,5	56,5	344	0,1	2,7	0,14	0,04

Tab. 6 Tepelná bilance zařízení varianta 1

Měsíc	Pro průměrný den v měsíci		Pro celý měsíc	
	Zachycená energie $S_A \cdot Q_{Aden}$ (kW.h)	rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla (kW.h)	Zachycená energie $n \cdot S_A \cdot Q_{Aden}$ (kW.h)	rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla (kW.h)
Leden	1,36	-22,7	42,16	-703,7
Únor	4,6	-19,5	128,8	-546
Březen	10,4	-13,7	322,4	-424,7
Duben	15,3	-8,8	459	-264
Květen	22,1	-2	685,1	-62
Červen	25	0,9	750	27
Červenec	26	1,9	806	58,9
Srpen	19,8	-4,3	613,8	-133,3
Září	14,2	-9,9	426	-297
Říjen	6,8	-17,3	210,8	-536,3
Listopad	1,7	-22,4	51	-672
Prosinec	0,4	-23,7	12,4	-734,7

Výsledná tepelná bilance

Obr.22 Graf tepelné bilance varianta 1



Varianta 2

V této variantě je snižená denní spotřeba vody na 300 l, vstupní teplota je $t_1 = 10\text{ °C}$, výstupní $t_2 = 50\text{ °C}$. Ostatní zadání jako v předchozí variantě.

Denní spotřeba tepla pro ohřev užitkové vody

$$\begin{aligned} Q_{\text{spotř}} &= c_w \times \rho_w \times V \times (t_2 - t_1) \\ &= 4186 \times 995,651 \times 0,3 \times (50 - 10) \\ &= 50 \times 10^6 \text{ J} = 13,9 \times 10^3 \text{ W.h} = 13,9 \text{ kW.h} \end{aligned}$$

Kde $c_w = 4186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ je měrná tepelná kapacita vody

$$\begin{aligned} \rho_w &= \text{hustota vody při střední teplotě } t = 0,5 \times (t_1 + t_2) = 30\text{ °C} \\ &= 995,651 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Teoreticky možná dopadající energie viz. Varianta 1 (tab. 1)

Poměrná doba slunečního svitu τ viz. varianta 1 (tab. 2)

Skutečná dopadající energie viz. Varianta 1

Střední teplota vzduchu v době slunečního svitu viz. varianta 1 (tab. 3)

Střední intenzita záření $I_{stř}$ (q_s) viz varianta 1 (tab. 4)

Účinnost kolektoru se dvěma krycími skly: $t_a = 50\text{ °C}$

$$\eta_A = 0,75 - \frac{4 \times (t_a - t_v)}{q_s}$$

Leden	$\eta_A = 0,28$	Červenec	$\eta_A = 0,56$
Únor	$\eta_A = 0,37$	Srpen	$\eta_A = 0,56$
Březen	$\eta_A = 0,44$	Září	$\eta_A = 0,53$
Duben	$\eta_A = 0,49$	Říjen	$\eta_A = 0,46$
Květen	$\eta_A = 0,53$	Listopad	$\eta_A = 0,36$
Červen	$\eta_A = 0,55$	Prosinec	$\eta_A = 0,21$

Energie zachycená plochou 1 m^2 kolektoru za den s průměrnou oblačností

$$Q_{A\text{den}} = \eta_A \times Q_{S\text{den}}$$

Leden	$Q_{A\text{den}} = 0,2\text{ kW.h.m}^{-2}$	Červenec	$Q_{A\text{den}} = 2,9\text{ kW.h.m}^{-2}$
Únor	$Q_{A\text{den}} = 0,59\text{ kW.h.m}^{-2}$	Srpen	$Q_{A\text{den}} = 2,26\text{ kW.h.m}^{-2}$
Březen	$Q_{A\text{den}} = 1,24\text{ kW.h.m}^{-2}$	Září	$Q_{A\text{den}} = 1,88\text{ kW.h.m}^{-2}$
Duben	$Q_{A\text{den}} = 1,78\text{ kW.h.m}^{-2}$	Říjen	$Q_{A\text{den}} = 0,84\text{ kW.h.m}^{-2}$
Květen	$Q_{A\text{den}} = 2,55\text{ kW.h.m}^{-2}$	Listopad	$Q_{A\text{den}} = 0,26\text{ kW.h.m}^{-2}$
Červen	$Q_{A\text{den}} = 2,86\text{ kW.h.m}^{-2}$	Prosinec	$Q_{A\text{den}} = 0,08\text{ kW.h.m}^{-2}$

Plocha kolektoru se počítá pro nejméně příznivý měsíc ve smyslu klimatických podmínek. Výše uvedené výpočty byly provedeny pro celý rok. Měsíce leden, únor, březen, říjen, listopad, prosinec nebudeme zahrnovat pro ohřev teplé vody pomocí solárního systému. Ohřev bude nahrazen náhradním zdrojem energie. Ze zbývajících měsíců je nejméně příznivý duben, a proto pro tento měsíc je nutno počítat plochu kolektoru.

Předpokládáme-li, že na tepelné ztráty zásobníku a potrubního rozvodu připadá 10% z celkové spotřeby tepla (přirážka na ztráty $p = 0,1$), musí být celková plocha kolektorů následující:

$$S_A = \frac{(1 + p) \times Q_{\text{spotř}}}{Q_{\text{Adeň}}} = \frac{(1 + 0,1) \times 13,9}{1,78} = 8,6 \text{ m}^2$$

Takto navržené zařízení s plochou kolektorů $S_A = 8,6 \text{ m}^2$ určenou podle skutečné průměrné energie dopadající v nejnepříznivějším měsíci daného období (duben) je proti předchozí variantě přijatelné. Nebudeme navrhovat kolektor podle teoretické energie, ale podle skutečné. Přesto v okrajových měsících daného období (duben, září) je nutno ve dnech s větší oblačností dohřívat vodu jiným zdrojem tepla. Tento další zdroj je ovšem vždy nutný pro zimní období od října do března.

Tepelná bilance

V tepelné bilanci (tab. 8, obr.23) se počítá se zaokrouhlenou plochou kolektorů 8,6 m²

Účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory (tab. 7)

Tab. 7 Účinnost a energie zachycená kolektory varianta 2

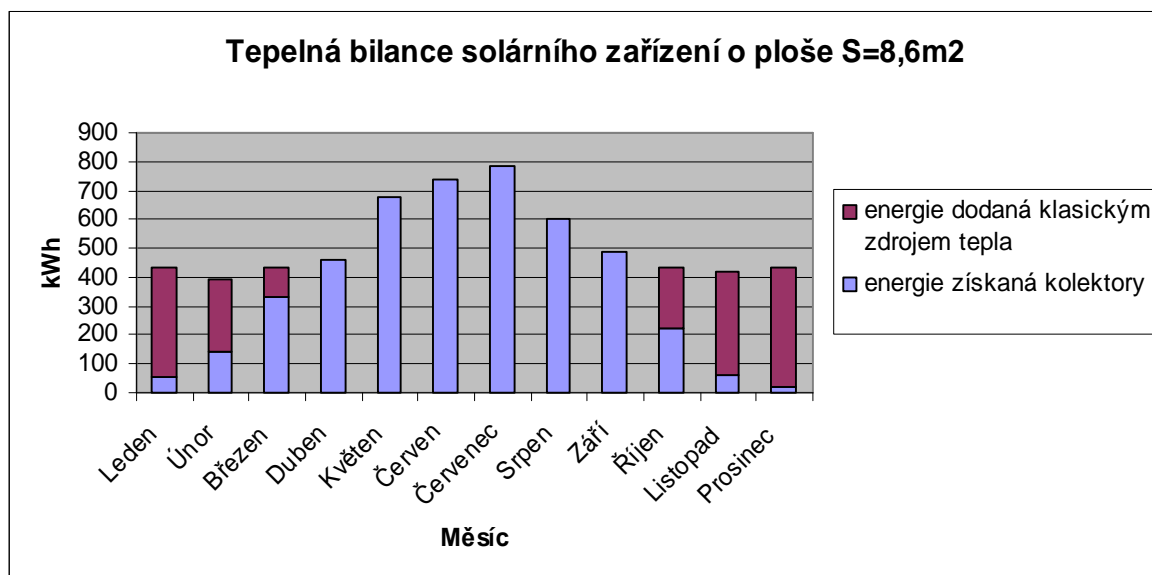
Měsíc	t _v (°C)	t _a - t _v (°C)	I _{stř} (q _s) (W.m ⁻²)	η	Q _{Sdenteor} (kW.h.m ⁻²)	τ	Q _{Aden} (kW.h.m ⁻²)
Leden	2,2	47,8	412	0,29	3,4	0,21	0,21
Únor	3,4	46,6	490	0,37	4,96	0,32	0,59
Březen	6,5	43,5	558	0,44	6,7	0,42	1,24
Duben	12,1	37,9	580	0,49	8,06	0,45	1,78
Květen	16,6	33,4	600	0,53	9,42	0,51	2,55
Červen	20,6	29,4	590	0,55	9,64	0,54	2,86
Červenec	22,5	27,5	600	0,57	9,42	0,55	2,95
Srpen	22,6	27,4	580	0,56	8,06	0,5	2,26
Září	19,4	30,6	558	0,53	6,7	0,53	1,88
Říjen	13,8	36,2	490	0,45	4,96	0,37	0,83
Listopad	7,3	42,7	412	0,34	3,4	0,21	0,24
Prosinec	3,5	46,5	344	0,21	2,7	0,14	0,08

Tab. 8 Tepelná bilance zařízení varianta 2

Měsíc	Pro průměrný den v měsíci		Pro celý měsíc	
	Zachycená energie S _A ·Q _{Aden} (kW.h)	rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla (kW.h)	Zachycená energie n·S _A ·Q _{Aden} (kW.h)	rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla (kW.h)
Leden	1,806	12,094	55,99	374,914
Únor	5,074	8,826	142,07	247,128
Březen	10,664	3,236	330,58	100,316
Duben	15,308	-1,408	459,24	-42,24
Květen	21,93	-8,03	679,83	-248,93
Červen	24,596	-10,696	737,88	-320,88
Červenec	25,37	-11,47	786,47	-355,57
Srpen	19,436	-5,536	602,52	-171,616
Září	16,168	-2,268	485,04	-68,04
Říjen	7,138	6,762	221,28	209,622
Listopad	2,064	11,836	61,92	355,08
Prosinec	0,688	13,212	21,33	409,572

Výsledná tepelná bilance

Obr.23 Graf tepelné bilance varianta 2

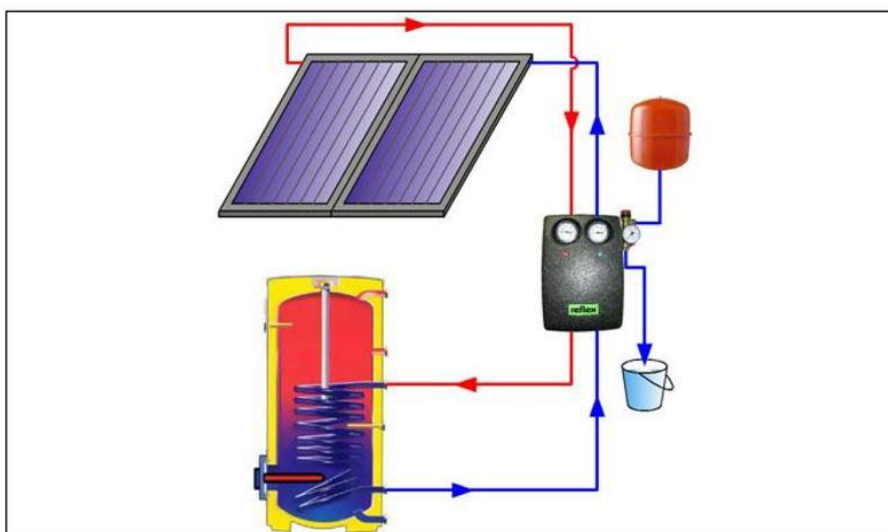


4.3.2 Návrh dle programu Solar 2.10

Zadání: návrh solárního systému pro ohřev TUV v Blažejovicích (okres Benešov) Sklon kolektorů 45°, orientace na jih. Systém dimenzován pro 5 lidí, objem zásobníku 400l, teplota vstupní vody 8 °C, teplota výstupní vody 60 °C.

Navržené schéma solárního systému (obr.24). Nejjednodušší systém pro solární ohřev teplé vody. Solární látka ohřívá vodu přes trubkový výměník v dolní části zásobníku. Jako doplňkový zdroj tepla slouží elektrická topná tyč, na které se pomocí termostatu nastavuje požadovaná teplota vody.

Obr.24 Schéma solárního systému REFLEX



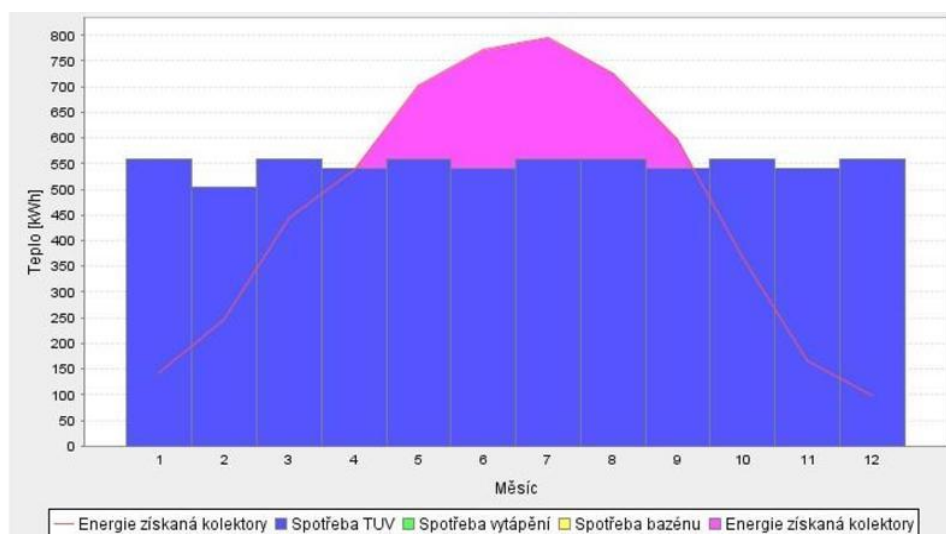
Navržená plocha kolektorů - 8,76 m²; počet kolektorů – 4

V tabulce (tab. 9) a v grafu (obr.25) je energetická bilance tohoto systému.

Tab. 9 Energetická bilance systému REFLEX

Měsíc	Spotřeba celkem	Zisk kolektorů	Solární pokrytí	Spotřeba pro TUV	Zisk pro TUV	Zisk pro TUV	Spotř.pro vytápění	Zisk pro vytápění	Zisk pro vytápění	Spotř. pro bazén	Zisk pro bazén	Zisk pro bazén
	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%
Leden	558	142	25,5	558	142	25,5	0	0	0,0	0	0	0,0
Únor	504	247	49,0	504	247	49,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Březen	558	445	79,8	558	445	79,8	0	0	0,0	0	0	0,0
Duben	540	537	99,4	540	537	99,4	0	0	0,0	0	0	0,0
Květen	558	701	100,0	558	558	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Červen	540	771	100,0	540	540	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Červenec	558	794	100,0	558	558	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Srpen	558	726	100,0	558	558	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Září	540	597	100,0	540	540	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Říjen	558	369	66,1	558	369	66,1	0	0	0,0	0	0	0,0
Listopad	540	166	30,5	540	166	30,5	0	0	0,0	0	0	0,0
Prosinec	558	99	17,7	558	99	17,7	0	0	0,0	0	0	0,0
	6570	5593	72,4	6570	4758	72,4	0	0	0,0	0	0	0,0

Obr.25 Graf energetické bilance systému REFLEX



Celý návrh systému, projekční informace a cenová nabídka jsou v příloze 2.

4.3.3 Nabídka od firmy Bramac

Odborný výpočet ročního zisku energie ze solárního systému provedený pomocí software T*Sol Professional 4.5. Příloha k žádosti o státní dotaci v rámci dotačního programu Zelená úsporám.

Investor: Josef Chlad

Akce: Realizace solárního systému pro celoroční přípravu teplé vody a přitápění na RD Blažejovice 36

Spotřeba teplé vody: 5 x 50 l/den = 250 l/den (45°C)

Zpracovatel: Bramac střešní systémy spol. s r.o.

Zadání

Klimatická data

Lokalita: Blažejovice 36

Klimatická data: "Praha"

Roční úhrn záření na 1 m²: 998,35 kWh

Zeměpisná šířka: 50,1 °

Zeměpisná délka: -14,28 °

Teplá užitková voda

Průměrná denní spotřeba: 250 l / 5 os. / 50 l

Požadovaná teplota: 45 °C

Spotřební profil: Rodinný dům (večerní špička)

Teplota studené vody: únor: 8 °C / srpen: 12 °C

Cirkulace: ne

.

Vytápění

Tepelná ztráta objektu: 9 kW

Výpočtová venkovní teplota: -15,3 °C

Výpočtové teploty: 50 °C / 30 °C

Výsledky roční simulace

Výkon instalovaných kolektorů: 8,58 kW

Celková kolektorová plocha: 12,26 m²

Zařízení na plochu absorberu: 12,07 MWh = 1 087,44 kWh/m²

Energie získaná z kolektorů: 4,90 MWh = 441,61 kWh/m²

Energie získaná z kolektorového okruhu: 4,29 MWh = 386,93 kWh/m²

Energie na přípravu teple vody: 3,7 MWh

Energie do topného systému: 17,88 MWh

Energie ze sol. systému na ohřev TV: 2644,34 kWh

Energie ze sol. systému na vytápění: 1650,53 kWh

Energie z doplňkového zdroje: 18,06 MWh

Úspora : 4 656,3 kWh

Ušetřené emise CO₂: 3 101,11 kg

Podíl sol. energie na přípravě TV: 59,1 %

Podíl krytí celkem: 19,2 %

Součásti systému

Solární okruh

Výrobce: BRAMAC střešní systémy s.r.o.

Typ: BSK 6

Počet: 2,00

Celková plocha bez oplechování: 12,26 m²

Plocha apertury: 11,1 m²

Sklon: 45 °

Azimut: -10 °

.

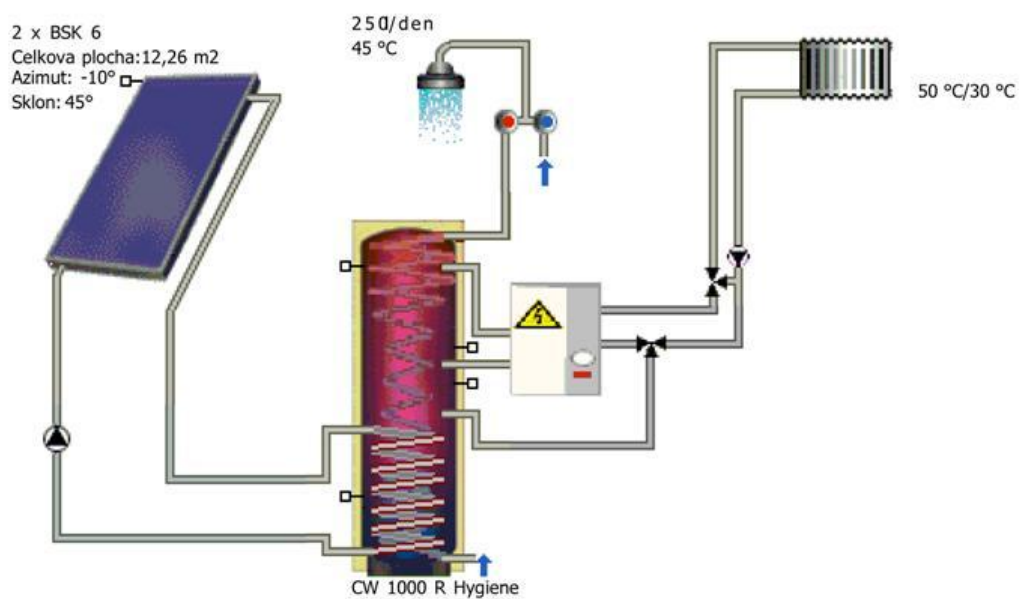
Kombinovaný zásobník

Výrobce: BRAMAC střešní systémy s.r.o.

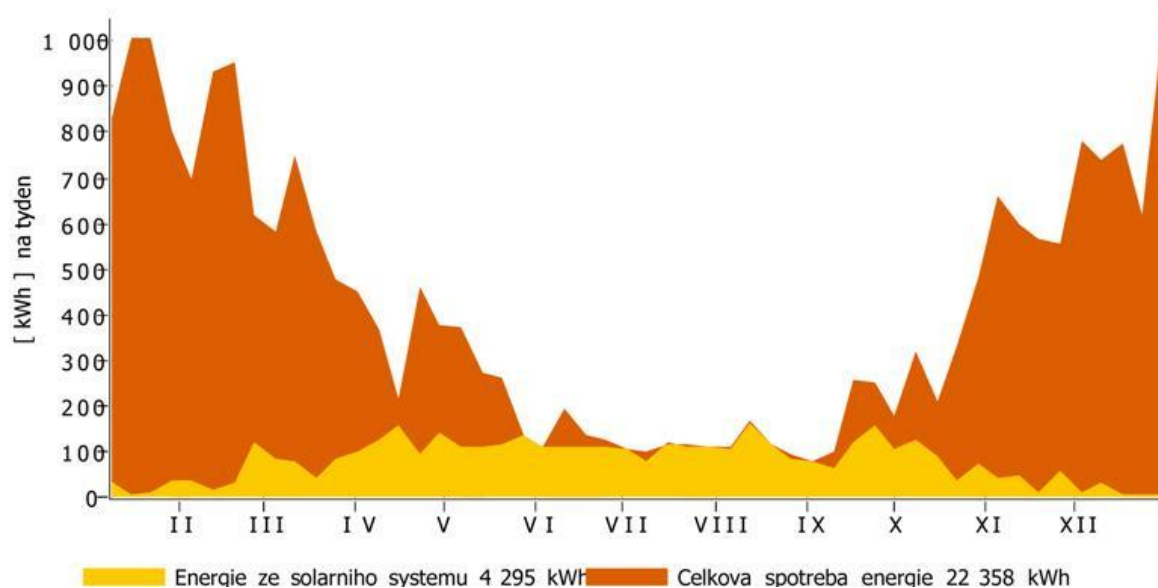
Typ: CW 1000 R Hygiene

Objem: 1000 l

Obr.26 Systémové schéma systému Bramac



Obr.27 Podíl solární energie systému Bramac



Výpočty byly provedeny pomocí simulačního programu pro termické solární systémy T*SOL Pro 4.5. Výpočty byly provedeny pomocí matematického modelového výpočtu s proměnou délkou časového intervalu max. 6 minut. Skutečné výnosy mohou být na základě změn počasí, spotřeby a dalších faktorů odlišné. Výše uvedené systémové schéma (obr.26) nenahrazuje odborně technický projekt solárního systému. Podíl solární energie na celkové spotřebě je na obr.27.

Podrobná nabídka od společnosti Bramac je umístěná v příloze 3.

5 Výsledky

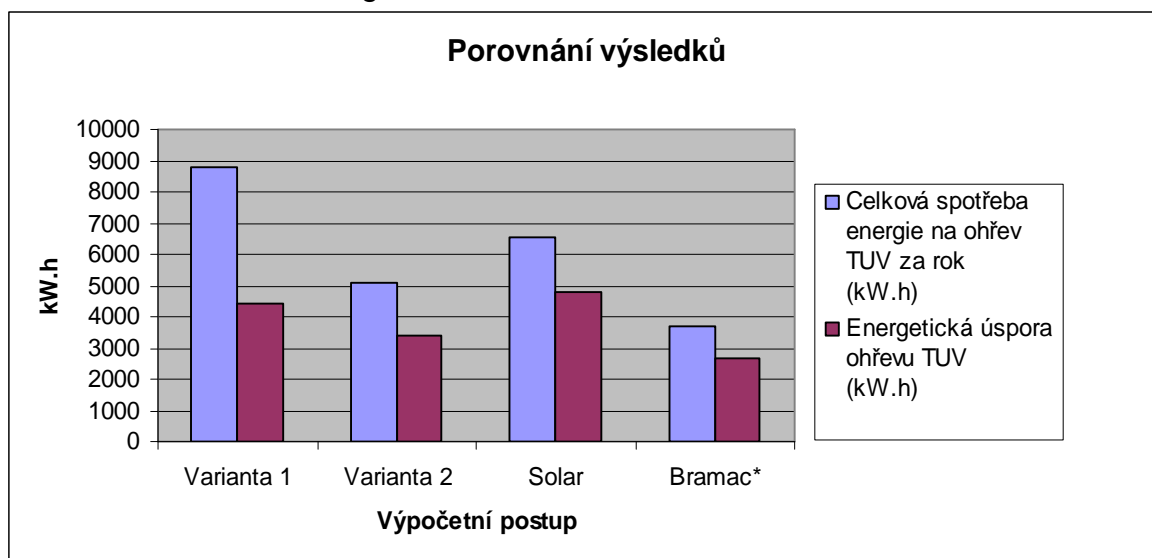
V předchozí kapitole jsem došel ke konkrétním výsledkům (tab. 10). Nejdůležitější je plocha solárního kolektoru a podíl solární energie na ohřevu vody (obr.28) či vytápění.

Tab. 10 Porovnání výsledků

Výpočetní postup	Vstupní teplota (°C)	Výstupní teplota (°C)	Denní spotřeba energie pro ohřev vody (kW.h)	Plocha kolektoru (m ²)	Celková spotřeba energie na ohřev TUV za rok (kW.h)	Energie získána kolektory za rok (kW.h)	Energetická úspora ohřevu TUV (kW.h)	Uspora (%)
Varianta 1	8	60	24,1	10	8796,5	4465,3	4422,8	50,3
Varianta 2	10	50	13,9	8,6	5073,5	4584	3377	66,6
Solar	8	60	18	8,76	6570	5593	4758	72,4
Bramac*	10	45	?	12,26	3700	4900*	2644,3	71,5

* pouze ohřev TUV

Obr.28 Podíl solární energie všech návrhů



Hrubá návratnost (HN)

Uvažována varianta 2

Denní spotřeba tepla na ohřev vody

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{spotř}} &= c_w \times \rho_w \times V \times (t_2 - t_1) \\
 &= 4186 \times 995,651 \times 0,3 \times (50 - 10) \\
 &= 50 \times 10^6 \text{ J} = 13,9 \times 10^3 \text{ W.h} = \mathbf{13,9 \text{ kW.h}}
 \end{aligned}$$

Kde $c_w = 4186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ je měrná tepelná kapacita vody

$$\begin{aligned}\rho_w &= \text{ hustota vody při střední teplotě } t = 0,5 \times (t_1 + t_2) = 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 995,651 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Roční spotřeba tepla na ohřev vody

$$Q_{\text{roční}} = Q_{\text{spotř}} \times 365$$

$$Q_{\text{roční}} = 13,9 \times 365$$

$$Q_{\text{roční}} = \mathbf{5073,5 \text{ kW.h}}$$

Roční přibližné náklady na ohřev vody při ceně **1,96 Kč / kW.h** jsou **9 944,06 Kč**

Roční úspora energie - **3377 kW.h = 6 622,7 Kč**

Předpokládaná cena solárního systému na ohřev vody **100 000 Kč**, bez dotace od státu.

$$\text{HN} = \frac{\text{cena solárního systému}}{\text{roční úspora energie}}$$

$$\text{HN} = \frac{100\,000}{6\,622,7}$$

$$15,1$$

$$\text{HN} = \mathbf{15,1 \text{ let}}$$

Předpokládaná cena solárního systému na ohřev vody **100 000 Kč**, s dotací od státu (zelená úsporám) **55 000 Kč**. Cena systému po slevě **45 000 Kč**.

$$\text{HN} = \frac{\text{cena solárního systému}}{\text{roční úspora energie}}$$

$$\text{HN} = \frac{45\,000}{6\,622,7}$$

$$6,8$$

$$\text{HN} = \mathbf{6,8 \text{ roků}}$$

Minimální životnost systému 20 let.

6 Diskuse

Ve výpočtech bylo záměrně uvažováno pouze ohřívání TUV. Jen v nabídce od firmy Bramac byla zahrnuta i podpora vytápění.

Tento objekt za současného stavu není vhodný pro vytápění pomocí solární energie, muselo by tomu předcházet mnoho úprav objektu. Například vybudování technické místnosti, kde by byl umístěn zásobník na teplou vodu a kotel na tuhá paliva. To by s největší pravděpodobností znamenalo vystavění dalšího komínu pro odvod kouře. Stávající dispoziční řešení neumožňuje umístění zásobníku a kotle. Dále by musel být objekt opatřen topnými tělesy, novými okny, stropní a venkovní izolací. A to by stále teplo unikalo podlahovou částí, o tepelných mostech nemluvě. Toto řešení by bylo vysoce finančně náročné. Hlavně z těchto důvodů jsem zvolil pouze ohřev TUV pomocí solární energie. Vytápění je za současného stavu plně vyhovující.

Z výpočtu varianty 1 a 2 a z návrhu dle programu Solar je zřejmé dosažení obdobných velikostí ploch kolektoru. Ze všeho nejvíce záleží na požadované výstupní teplotě a denní spotřebě teplé vody.

Při instalaci nového solárního systému pro ohřev TUV by byl využit stávající ohřivač TUV od firmy Dražice. Zásobník a expanzní nádoba spolu s regulací by byly umístěny do komory, která se nachází vedle koupelny. Regulace zajistí, aby v měsících s dostatkem sluneční energie byl využit solární ohřev a v měsících s nedostatkem sluneční energie byla voda dohřívána elektricky a nebo zcela ohřívána pouze elektricky (např. v zimním období).

Důležitým faktorem pro investici do solárního systému ohřevu TUV je příspěvek od státu, konkrétně projekt „Zelená úsporám“. Tato dotace by výrazně snížila celkové náklady a urychlila návratnost investice.

Na trhu je velké množství firem nabízejících solární systémy. Je vhodné oslovit co nejvíce firem a udělat si přehled o jejich nabídkách, porovnat ceny a zboží, které nabízejí. Nejlépe si nechat vypracovat projekt na konkrétní stavbu.

7 Závěr

Náplní této práce bylo navrhnout solární systém pro krytí spotřeby tepla ve vybraném objektu. Vybraným objektem je vesnická chalupa, ve které bydlím.

V úvodní kapitole jsem se zaměřil na solární energii. V následující je popsána problematika solárních kolektorů, konkrétně vysvětlení principu solárního kolektoru, dostupnost solární energie, rozdělení a parametry solárních kolektorů, popis solárního systému na přípravu teplé vody a vytápění. Tyto kapitoly byly zaměřeny na teoretickou část.

V další části jsem se věnoval praktické stránce problematiky. Materiál a metody – zde jsem popsal objekt, na kterém má být návrh realizován. V části výpočty jsem uvedl tři druhy různých návrhů, kde jsem došel téměř ke shodným výsledkům. Dá se říci, že čím méně bude člověk náročný na výstupní teplotu ze soustavy, tím efektivnější bude solární ohřev a menší nároky na dohřev pomocí elektrické energie. Nutno však dodat, že méně náročný člověk neznamena otužilý. Vytápění solární energií nebylo řešeno z ekonomických důvodů. Tyto důvody jsou popsány v kapitole diskuze.

Díky této práci jsem se dozvěděl mnoho užitečných věcí a rad. Jsem rozhodnut v budoucnosti realizovat solární ohřev vody ve svém bydlišti, jakmile to finanční situace dovolí. Závěr práce je napsán, jdu si dát sprchu vodou, ohřátou pomocí elektrické energie. Těším se, až ta energie bude čerpána ze Slunce. A co Vy? Najdete si v této práci pár důvodů proč využít sluneční energii? To už je jen a jen na Vás.

Seznam použité literatury

1. Cihelka, Jaromír. *Solární tepelná technika*. 1. vydání. Praha: nakladatelství T. Malina, 1994. 208 s. ISBN 80-900759-5-9
2. Josip Kleczek. Slunce a jeho energie. Vystaveno 27.04.2004 [citace 13.02.2011]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/1948-slunce-a-jeho-energie>>
3. E-vytápění.cz. Vystaveno 04.08.2006 [citace 15.02.2011]. Dostupné z: <http://www.e-vytopeni.cz/soubory/204/SOLARNI_SYSTEMY_2007.pdf>
4. Solary.cz. Vystaveno 12.11.2008 [citace 29.02.2011]. Dostupné z: <<http://www.solary.cz/technologie/solarni-panely/>>
5. Murtinger, Karel. Truxa, Jan. *Solární energie pro váš dům*. 1. vydání. Brno: Computer Press, a.s., 2010. 07 s. ISBN 978-80-251-3241-8
6. doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Typy solárních kolektorů. Vystaveno 09.07.2009 [citace 15.02.2011]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>>
7. Československá společnost pro sluneční energii. Vystaveno 25.01.2011 [citace 20.02.2011]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7097-co-by-mela-splnovat-realizace-solarni-soustavy>>
8. doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Parametry solárních kolektorů. Vystaveno 08.05.2009 [citace 17.02.2011]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/parametry-solarnich-kolektoru>>
9. doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Solární příprava teplé vody. Vystaveno 23.09.2009 [citace 27.02.2011]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/solarni-priprava-teple-vody>>
10. doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Solární vytápění. Vystaveno 24.10.2009 [citace 27.02.2011]. Dostupné z: <<http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory/solarni-vytopeni>>
11. Vpo.cz. Komponenty solárního systému. Vystaveno 16.03.2010 [citace 26.02.2011]. Dostupné z: <<http://www.vpo.cz/komponenty-solarniho-systemu--368.html>>
12. Reflexcz.cz. Program Solar 2.10. Vystaveno 25.09.2010 [citace 01.03.2011]. Dostupné z: <<http://www.reflexcz.cz/cz/stazeni-programu>>

13. Bramac.cz. Nabídka firmy Bramac. Vystaveno 17.08.2010 [citace 24.01.2011]. Dostupné z: < <http://www.bramac.cz/produkty/solarni-systemy.html>>
14. Michal Kos. Energeticky.cz. Vystaveno 25.10.2008 [citace 28.02.2011]. Dostupné z: <<http://www.energeticky.cz/62-solarni-systemy.html>>
15. Remmers, Karl-Heinz. *Grosse Solaranlagen*. 2. Auflage. Berlin: Solarpraxis AG, 2001. 315 s. ISBN 3-934595-06-5

Seznam tabulek

- Tab. 1 Teoreticky možná dopadající energie
- Tab. 2 Poměrná doba slunečního svitu
- Tab. 3 Střední teplota vzduchu
- Tab. 4 Střední intenzita záření
- Tab. 5 Účinnost a energie zachycená kolektory varianta 1
- Tab. 6 Tepelná bilance zařízení varianta 1
- Tab. 7 Účinnost a energie zachycená kolektory varianta 2
- Tab. 8 Tepelná bilance zařízení varianta 2
- Tab. 9 Energetická bilance systému REFLEX
- Tab. 10 Porovnání výsledků

Seznam obrázků

- Obr. 1. Sluneční záření, sluneční svit a oblačnost. Průměrný roční úhrn globálního záření v MJ/m²
- Obr. 2. Teoreticky možná dopadající energie
- Obr. 3. Rozdělení solárních kolektorů
- Obr. 4. Bazénové absorbery jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření
- Obr. 5. Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru
- Obr. 6. Trubkové jednostěnné vakuové kolektory: s přímo protékáním koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo)
- Obr. 7. Trubkový dvojtěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplosměnnou lamelou

- Obr. 8. Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách: trubkový Sydney kolektor s reflektorem (vlevo), solární kolektor s lineární Fresnelovou čočkou (vpravo)
- Obr. 9. Definice plochy apertury a absorberu solárních kolektorů: A) plochý; B) trubkový s plochým absorberem; C) trubkový s válcovým absorberem; D) trubkový s válcovým absorberem a reflektorem
- Obr. 10. Definice plochy apertury a obrysové plochy solárních kolektorů: A) plochý; B) trubkový s plochým absorberem; C) trubkový s válcovým absorberem; D) trubkový s válcovým absorberem a reflektorem
- Obr. 11. Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů
- Obr. 12. Příprava TUV
- Obr. 13. Schéma solární přípravy teplé vody pro rodinný dům: vlevo - s přehřívacím zásobníkem, vpravo - s bivalentním zásobníkem
- Obr. 14. Schéma velkoplošné solární soustavy pro přípravu teplé vody: nahoře - se zásobníky teplé vody, dole - se zásobníky tepla s velkoobjemovým solárním zásobníkem - vhodné pro novostavby s objemem rozděleným do více menších zásobníků - vhodné pro rekonstrukce, zásobníky zapojeny paralelně nebo sériově s tlakovými zásobníky, s beztlakovými zásobníky
- Obr. 15. Příprava TUV a vytápění
- Obr. 16. Schéma solární kombinované soustavy s centrálním zásobníkem tepla
- Obr. 17. Schéma velkoplošné solární kombinované soustavy s dvojtrubkovým rozvodem pro přípravu teplé vody a vytápění
- Obr. 18. Solární systém
- Obr. 19. Vybraný objekt
- Obr. 20. Zeměpisná poloha objektu
- Obr. 21. Dispoziční řešení objektu
- Obr. 22. Graf tepelné bilance varianta 1
- Obr. 23. Graf tepelné bilance varianta 2
- Obr. 24. Schéma solárního systému REFLEX
- Obr. 25. Graf energetické bilance systému REFLEX
- Obr. 26. Systémové schéma systému Bramac
- Obr. 27. Podíl solární energie systému Bramac
- Obr. 28. Podíl solární energie všech návrhů

Seznam příloh

- Příloha 1 Zdroje vytápění a ohřevu TUV
- Příloha 2 Návrh systému, projekční informace a cenová nabídka firmy REFLEX CZ
- Příloha 3 Nabídka firmy Bramac

PŘÍLOHA 1

Zdroje vytápění a ohřevu TUV

Kamna KORA IV

Kamna jsou určena k vytápění obytných, rekreačních a provozních objektů. Vzhledem ke své ojedinělé konstrukci a vysoké účinnosti zajišťují téměř okamžitě po zatopení vysoký výkon.

Jako palivo je nejvhodnější dřevo, dřevní odpad a brikety. Pro snížení pracnosti při přípravě paliva jsou vkládací dvířka natolik rozměrná, že je možno topit neštípaným dřevem.

Celková výška mm:

1150

Kamna zabezpečí vytopení m³:

170-250

Výška spalovacího prostoru mm:

1000

Výška osy zadního kouřovodu mm:

985

Šířka kamen mm:

550

Váha kg:

152

Vývod spalin o průměru mm:

150

Výkon kW:

16



KVS MORAVIA VSP 9103.61

Kuchyňský sporák na pevná paliva s troubou v tmavě hnědé barvě v provedení plastové doplňky, plotna litinová + ocelová stříkaná má jmenovitý výkon 6 kW regulovatelný v rozmezí 6 až 10 kW. Průměrná spotřeba hnědého uhlí je 21,8 kg/den. a suchého dřeva 3 kg/hod.. Rozměry trouby (šxvxd): 400x294x482 mm. Prosklená dvířka trouby jsou vybavena teploměrem.

Dodávané příslušenství (v ceně): pekáč, pečící plech, pohrabáč. Vývod kouřovodu je možno zvolit zadní, boční nebo horní (u **sklokeramické desky je možnost**

napojení pouze z boční a zadní stěny). Rozměrné topeniště snadno přestavitelné na letní a zimní provoz (vyjímatelný horní rošt). Sporák má 2 plotny: kruhovou litinovou umístěnou nad ohništěm (pro rychlé vaření) a ocelovou nad troubou (pro pomalé vaření a udržování teploty). V tomto sporáku je možno spalovat dřevo, dřevní brikety, hnědé uhlí a hnědouhelné brikety. Za příplatek 4.000,-Kč je možné nahradit litinovou nebo ocelovou plotnu sklokeramickou deskou.



Ohřivače vody OKCV 125, OKCV 160, OKCV 180, OKCV 200

Charakteristika ohřivačů

Pracovní poloha – vodorovná

Kombinovaný akumulční ohřivač s vodorovnou pracovní polohou do prostor s nedostatkem místa o objemech 125–200 litrů. Ohřivač může být upevněn na zdi pomocí dodávaných konzolí nebo připevněn ve vodorovné poloze ke vhodné konstrukci pomocí závěsů (nutno přiojednat). Vždy je třeba počítat s dostatkem místa nad a pod ohřivačem pro montáž přívodního potrubí.

Možnosti ohřevu

Elektrickou energií. Keramické topné těleso ovládané provozním termostatem a jištěné bezpečnostním termostatem (tepelnou pojistkou). Teplotní rozsah 5–74 stupňů Celsia. Připojovací napětí 1-PE–N/AC 230 V/50 Hz. Elektrické krytí IP 44 umožňuje umístění ohřivače do zóny dle ČSN 33 2000–7–701.

Výměníkem. Ohřivač lze napojit na externí teplovodní zdroj s max. teplotou 110 stupňů Celsia a tlaku 0,4 MPa. Ohřev zajišťuje výkonný dvouplášťový výměník vrstvením teplé vody. Výměník ohřeje nejprve vodu v horní části nádoby a pak ohřívá spodní vrstvy objemu. Tento způsob postupného ohřevu je vhodný zvláště k samotížným ústředním vytápěním a malým samotížným solárním

systemům. Výměník pracuje v nuceném oběhu i v samotížném systému. Čidlo regulace topné vody lze vložit do společné jímky s čidly elektroinstalace.

Využití

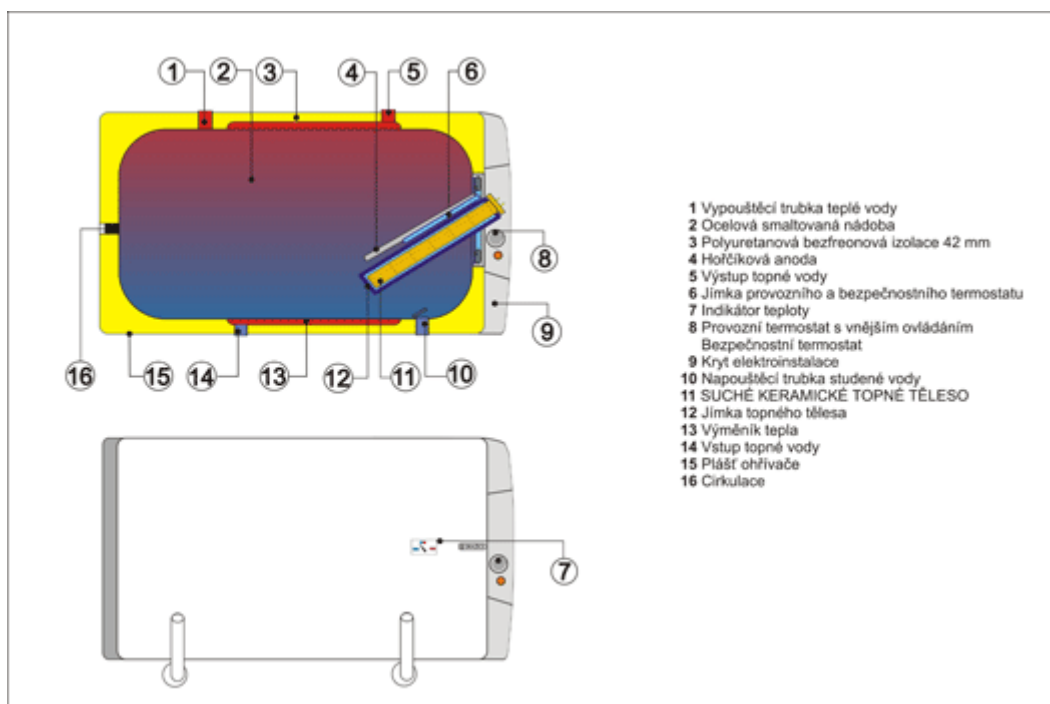
- Příprava TUV pro objekty s teplovodním ústředním vytápěním na plyn, tuhá paliva v zimním období.
- Ohřev elektrickou energií mimo topnou sezónu s možností využití nízkého tarifu elektrické energie (noční proud).

Příslušenství:

- Pojistný ventil
- Sada závěsů pro upevnění na vodorovnou konstrukci

Výbava na přání

- Cirkulační vstup
- Topné těleso s výkonem 4 kW a zapojením 3 PE-N 400 V/50 Hz — jen u OKCV 180 a OKCV 200



PŘÍLOHA 2

Návrh systému, projekční informace a cenová nabídka firmy REFLEX CZ



Návrh solárního systému

Název projektu: Blažejovice

Navrhl: Josef Chlad

Místo instalace: Benešov

Navržené kolektory: RSK II 25

Počet: 4

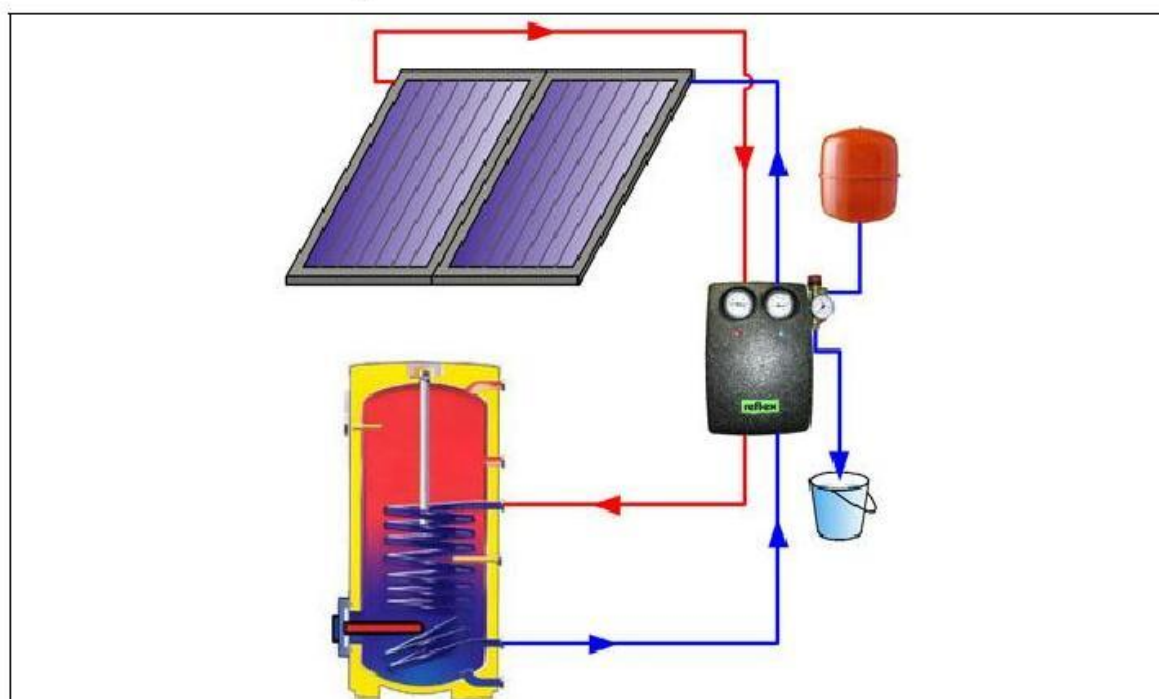
Orientace kolektorů: 0 °

Sklon kolektorů: 45 °

Navržené zásobníky: S300-2

Počet: 1

1. Schéma solárního systému

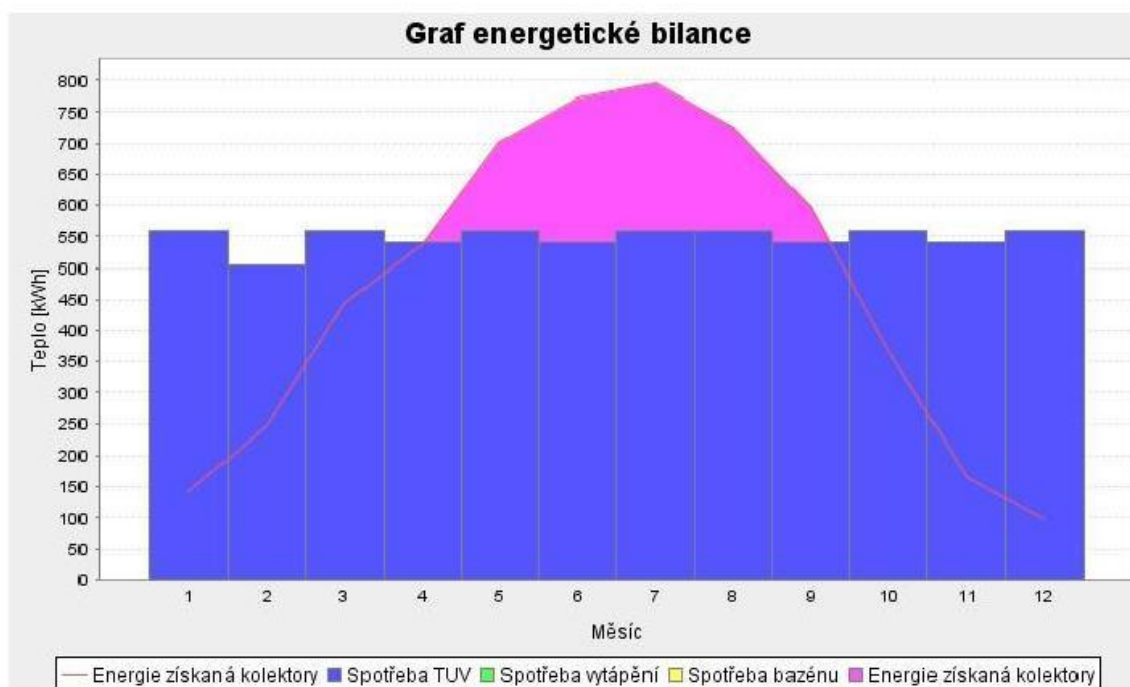


Ohřev TV v kombinovaném zásobníku

POPIS : Nejjednodušší systém pro solární ohřev teplé vody. Solární látka ohřívá vodu přes trubkový výměník v dolní části zásobníku. Jako doplňková zdroj tepla slouží elektrická topná tyč, na které se pomocí termostatu nastavuje požadovaná teplota teplé vody.

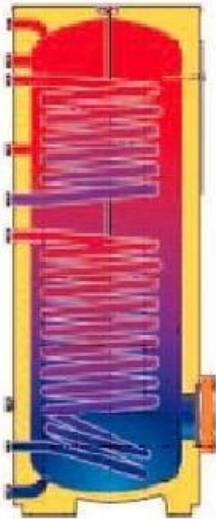
2. Energetická bilance

Měsíc	Spotřeba celkem	Zisk kolektorů	Solární pokrytí	Spotřeba pro TUV	Zisk pro TUV	Zisk pro TUV	Spotř. pro vytápění	Zisk pro vytápění	Zisk pro vytápění	Spotř. pro bazén	Zisk pro bazén	Zisk pro bazén
	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%	kWh	kWh	%
Leden	558	142	25,5	558	142	25,5	0	0	0,0	0	0	0,0
Únor	504	247	49,0	504	247	49,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Březen	558	445	79,8	558	445	79,8	0	0	0,0	0	0	0,0
Duben	540	537	99,4	540	537	99,4	0	0	0,0	0	0	0,0
Květen	558	701	100,0	558	558	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Červen	540	771	100,0	540	540	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Červenec	558	794	100,0	558	558	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Srpen	558	726	100,0	558	558	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Září	540	597	100,0	540	540	100,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Říjen	558	369	66,1	558	369	66,1	0	0	0,0	0	0	0,0
Listopad	540	165	30,5	540	165	30,5	0	0	0,0	0	0	0,0
Prosinec	558	99	17,7	558	99	17,7	0	0	0,0	0	0	0,0
	6570	5593	72,4	6570	4758	72,4	0	0	0,0	0	0	0,0



3. Popis hlavních komponent solárního systému

<p>Kolektor: RSK II25</p> <p>POPIS: Deskový solární kolektor, rám a zadní vana z Al, trubky a absorber z Cu, povrch absorberu selektivní TiNox vrstva, vhodný pro celoroční provoz.</p> <p>TECHNICKÉ ÚDAJE: Celková plocha: 2,51 m² Absorbční plocha: 2,19 m² Rozměry (V x Š x H): 2240/1060/86 mm Hmotnost: 43 kg Objem: 1,7 l Koef. absorpce: 0,95 Koef. emise: 0,05 Připojení: CU 22x0,8 Optimální průtok: 25 l/m², hod Optická účinnost: 78% Součinitel Q1: 2,097 W/m²K Součinitel Q2: 0,014 W/m²K²</p>	
--	--

<p>Zásobník: S300-2</p> <p>POPIS: Bivalentní stojatý zásobník pro ohřev pitné vody; dvě výhřevné plochy pro ohřev pitné vody; nádoba zásobníku z kvalitní oceli RSt 37-2; hygienicky nezávadná voda; hořčíková anoda; teploměr; nátrubek Rp 1 1/2 pro dodatečné topné těleso.</p> <p>TECHNICKÉ ÚDAJE: Dovolený provozní přetlak: topná voda, solár 16 barů / pitná 10 barů Dovolená provozní teplota: topná voda, solár 110 °C / pitná 95 °C Jmenovitý objem: 300 l Průměr: 600 mm Výška: 1834 mm Hmotnost: 160 kg Výhřevná plocha horní: 0,8 m² dolní: 1,55 m² Tloušťka izolace: 50 mm Trvalý výkon horní: 26 kW 630 l/hod dolní: 48 kW 1170 l/hod</p>	
---	---



Projekční informace

Název projektu: Blažejovice

Navrhl: Josef Chlad

Základní informace

Počet kolektorů:	4
Počet kolektorových polí:	1
Souměrná kolektorová pole (zapojení dle Tichelmann):	Ano
Počet kolektorů v každém poli:	4

Hydraulické poměry

Průtok hlavním řadem v l/hod.:	219,0
Min. doporučený vnitřní průměr potrubí hlavního řadu v mm:	16,63
Průtok každým kolektorovým polem v l/hod.:	219,0
Tlaková ztráta každého kolektorového pole v kPa:	6,0

Další informace

Min. velikost expanzní nádoby v litrech:	120
Typ expanzní nádoby:	S12/10

Nabídka

Název projektu: Blažejovice

Navrhl: Josef Chlad

Datum vystavení dokladu: 7/4/2011

Oddíl č.1: Materiál

Objednací číslo	název	Množství	Cena	Cenou celkem
111101125	RSKII 25	4ks	12990,-	51960,-
Plochý kolektor, absorber CU+selektivní vrstva TINOX, solární sklo, rozměry 2240x1060x86mm, plocha 2,5 m2, absorpční plocha 2,19 m2				
181111132	NP-1_RSKII_25_RVT_II	1ks	2300,-	2300,-
Hliníko-nerezová montážní sada pro 1 kolektor. Plechová střecha, šindele a pod.				
1810021027	NP-2_RSKII_25_RVTII	1ks	4150,-	4150,-
Hliníko-nerezová montážní sada pro 2 kolektory. Plechová střecha, šindele a pod.				
1810021036	NPR-4_RSKII_25_RVTII	1ks	1850,-	1850,-
Hliníko-nerezová rozšiřující montážní sada pro 1 kolektor. Plechová střecha, šindele a pod.				
1707019902	PR22	2ks	159,-	318,-
1301000210	PKP - RSK II	1ks	1850,-	1850,-
9704000	ReflexS12/10	1ks	1451,-	1451,-
Tlaková expanzní nádoba s membránou pro topné, solární a chladicí soustavy s koncentrací glykolu do 50 %.				
8600113	RTR 0603_Solární regulace	1ks	8800,-	8800,-
Rozšířená solární regulace - 6 vstupů / 3 výstupy, včetně regulace otáček čerpadla. Přiložena 3 čidla PT 1000.				
8410019	RegusolR 130-III_Hrnací sada	1ks	7500,-	7500,-
Solární hrnací sada dvoutrubková, včetně odlučovače vzduchu.				
14300138	Tyfocon_L_konzentrát_10l	2ks	1380,-	2760,-
Nemrzoucí směs pro deskové kolektory, kanystr 10 l, koncentrát na 22 l.				
3622300	S300/2b	1ks	26541,-	26541,-
Zásobníkový ohřevač s dodatkovou předávací plochou pro využití solární energie.				

Celková cena: 109480,-

- Ceny jsou základní ceníkové bez DPH.
- Orientační cenová nabídka. Pro přesnou nabídku kontaktujte firmu Reflex CZ na telefonu +420 272090311 nebo e-mailem: reflex@reflexcz.cz.

Reflex CZ, s.r.o., Průmyslová 5, 10800 Praha 10, +420 272090311, 272090308, reflex@reflexcz.cz, www.reflexcz.cz

PŘÍLOHA 3

Nabídka firmy Bramac



Odborný výpočet ročního zisku energie ze solárního systému

provedený pomocí software T*Sol Professional 4.5

Příloha k žádosti o státní dotaci v rámci dotačního programu
Zelená úsporám

Investor: Josef Chlad

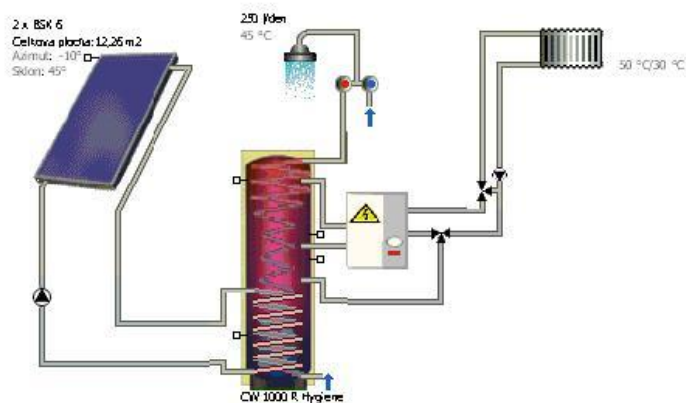
Akce: Realizace solárního systému
pro celoroční přípravu teplé vody a přitápění
na RD Blažejovice 36

Spotřeba teplé vody:
5 x 50 l/den = 250 l/den (45 °C)

Zpracovatel: Bramac střešní systémy spol. s r.o.
Lenka Leskovjanová
Kolbenova 5a, 190 00 Praha 9
tel. +420 844 106 106
email: solar.cz@bramac.com

Datum: 1. 2. 2011





Výsledky roční simulace

Vykon instalovaných kolektorů:	8,58kW	
Celková kolektorová plocha:	12,26 m ²	
Záření na plochu absorberu:	12,07MWh	1 087,44 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorů:	4,90MWh	441,61 kWh/m ²
Energie získaná z kolektorového okruhu:	4,29MWh	386,93 kWh/m ²
Energie na přípravu teple vody:	3,7MWh	
Energie do topného systému:	17,88MWh	
Energie ze sol. systému na ohřev TV:	2644,34kWh	
Energie ze sol. systému na vytápění:	1650,53kWh	
Energie z doplňkového zdroje:	18,06MWh	
Uspora:		4 656,3kWh
Ušetřené emise CO₂:		3 101,11kg
Podíl sol. energie na přípravě TV:		59,1%
Podíl krytí celkem:		19,2%

Odborný výpočet technické ziskové energie

110201034_inw.: Chlad, R.D Blazejovice
Příprava teple vody a vytápění



Zadání

Klimatická data

Lokalita:	Blazejovice 36
Klimatická data:	"Praha"
Roční uhm zření na 1 m ² :	998,35 kWh
Zeměpisná šířka:	50,1 °
Zeměpisná délka:	-14,28 °

Teplá užitková voda

Průměrná denní spotřeba:	250 l / 5 os. / 50 l
Požadovaná teplota:	45 °C
Spotřební profil:	Rodinný dům (večerní spíčka)
Teplota studené vody:	únor: 8 °C / srpen: 12 °C
Cirkulace:	re

Vytápění

Teplná ztrata objektu:	9 kW
Vypočítaná venkovní teplota:	-15,3 °C
Vypočítané teploty:	50 °C / 30 °C

Součásti systému

Solární okruh

Výrobce:	BRAMAC střešní systémy s.r.o.
Typ:	BSK6
Pocet:	2,00
Celková plocha bez oplechování:	12,26 m ²
Plocha pertury:	11,1 m ²
Sklon:	45 °
Azimut:	-10 °

Kombinovaný zásobník

Výrobce:	BRAMAC střešní systémy s.r.o.
Typ:	CW 1000R Hygiene
Objem:	1000 l

Doplňkové vytápění

Výrobce:	T*SOL database
Typ:	Jrny
Jmenovitý výkon:	nespecifikováno

Legenda

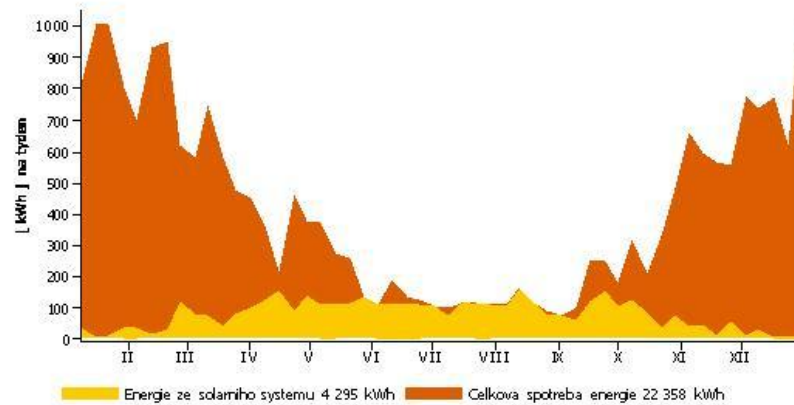
	Original T*SOL database
	Certifikováno
	SolarKeymark

**Odborný výpočet ročního
zisku energie**

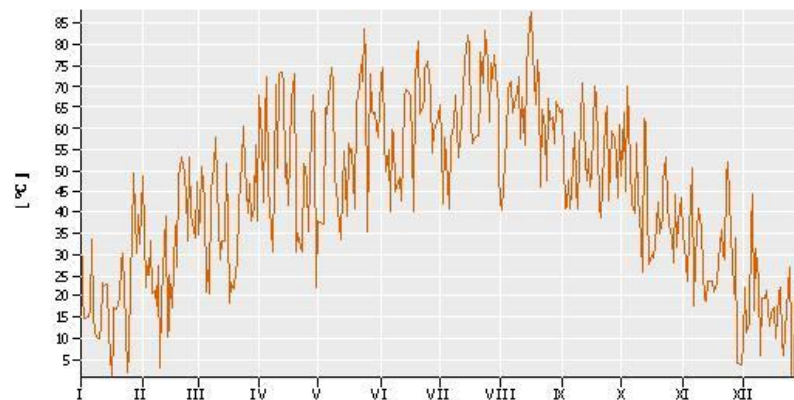
1102010094_inov.: Chlad, RD Blazejovice
Příprava teple vody a přitápení



Podíl solární energie na celkové spotřebě



Denní maximální teploty v kolektoru



Výpočty byly provedeny pomocí simulačního programu pro termické solární systémy T*SOL Pro 4.5. Výpočty byly provedeny pomocí matematického modelového výpočtu s proměnou délkou časového intervalu max. 6 minut. Skutečné výnosy mohou být na základě změn počasí, spotřeby a dalších faktorů odlišné. Vyše uvedené systémové schéma nenahrazuje odborně technický projekt solárního systému.

RD Blažejovice 36
investor: Josef Chlad

Praha, 1.2.2011



Vážený pane Chlade,

velmi nás těší Váš zájem o solární kolektory Bramac. Navržené kolektory se umísťují do krytiny, čímž je docíleno perfektního vzhledu. Součástí kolektoru je oplechování, není tedy třeba kolektor složitě oplechovávat. Rozměry kolektoru jsou přizpůsobeny krytině Bramac (formát 10 ks/m²), a proto se nemusí tašky řežat. Vysoké účinnosti je docíleno použitím kvalitních komponentů – především měděného absorberu se speciální vysoce selektivní vakuově nanášenou vrstvou, která minimalizuje tepelné ztráty vyzařováním.

Na základě Vámi zaslanych podkladů jsme vypracovali návrh solárního systému:

Solární systém pro přípravu teplé vody a přitápění:

Č. Bramac	Název	Typ	Velikost	Počet	Cena / j.m. bez DPH (Kč)	Cena celkem bez DPH (Kč)
31983	solární kolektor	BSK 6 (vč. montážní sady)	6,1 m ²	2	54 800,00	109 600,00
35969	akumulační nádrž	CW 1000 R Hygiene	1000 l	1	68 366,00	68 366,00
35999	čerpací skupina	BRG 15/6 vč. regulace R1S2		1	13 480,00	13 480,00
35980	expanzní nádoba	solar MAG 50	50 l	1	2 978,00	2 978,00
35992	ventil pro exp. nádobu MAG 35/50			1	410,00	410,00
35989	nemrzoucí kapalina	FLUID 25, koncentrát	25 l **)	1	2 533,00	2 533,00
celkem						197 367,00

** Řeď se v poměru 40% koncentrát + 60% vody.

Doporučené příslušenství

36037	nerez. potrubí	FLEX 2 x DN 20	25 m*)	1	18 416,00	18 416,00
36039	příslušenství k potrubí	Přechod FLEX DN 20 na 3/4" vnější závit		8	410,00	3 280,00
36095		T - kus Cu 18 x 1, výstup Cu 18 x 1		2	377,00	754,00
36044		Přechod FLEX DN 20 na CU 18 x 1		6	568,00	3 408,00
36151		Přechod FLEX DN 20 na 1" vnitřní závit		2	405,00	810,00
36027		Přechod FLEX DN 20 na 1" vnější závit		2	571,00	1 142,00
35984	elektrické topné těleso	6,0 kW, 5/4"		1	6 139,00	6 139,00
35822	směšovací ventil 30 - 70 °C			1	1 440,00	1 440,00

Pozn: Směšovací ventily zabraňují vniknutí příliš horké vody ze zásobníku teplé vody do rozvodů teplé vody.

*) Nutno ověřit dle skutečné vzdálenosti zásobníku teplé vody od kolektoru



Na solární systémy Bramac lze získat státní dotaci v rámci dotačního programu **ZELENÁ ÚSPORÁM**. Jednotlivé produkty Bramac jsou zapsány v SVT (Seznam výrobků a technologií) a mají přiděleny tyto kódy:

	kód SVT
solární kolektor fototermický BSK 4	SVT 17
solární kolektor fototermický BSK 6	SVT 734
solární kolektor fototermický BSK 8	SVT 750
solární kolektor fototermický BSK 10	SVT 770
solární kolektor fototermický BSK nadstřešní vertikální	SVT 790
solární kolektor fototermický BSK nadstřešní horizontální	SVT 827
solární zásobník teplé vody BWS 300	SVT1659
solární zásobník teplé vody BWS 400	
solární zásobník teplé vody BWS 500	
akumulační nádrž CW 800 R Hygiene	SVT5401
akumulační nádrž CW 1000 R Hygiene	SVT 7979
akumulační nádrž CW 1000 2R Hygiene	SVT 8035
akumulační nádrž CW 1500 2R Hygiene	SVT 8037
akumulační nádrž CW 1000+ Compact Hygiene	SVT 8038
	SVT 8039



Provedli jsme počítačovou roční simulaci, pomocí které jsme určili roční procentuální pokrytí potřeby energie solárním systémem. Výsledky této simulace naleznete v příloze (Odborný výpočet ročního zisku energie). Tento výpočet můžete použít jako přílohu k žádosti o státní dotaci prokazující splnění požadavků na energetický zisk solárního systému.

Velikost solárního kolektoru a akumulačního zásobníku byla stanovena empiricky s ohledem na orientaci a velikost střešní roviny, střešní sklon a další faktory.

Solární systém Bramac je možné zakoupit v jakýchkoli stavebninách prodávajících produkty Bramac. Odborné osazení kolektoru Vám mohou zajistit proškolení pokrývači.

V případě Vašeho zájmu Vám můžeme doporučit instalátorskou firmu ve Vašem regionu, která Vám dodá kompletní solární systém Bramac a provede realizaci.

Na solární kolektory Bramac je poskytována záruka 10 let. V případě **použití kompletního střešního systému Bramac** a získání 15leté záruky na funkčnost střešního systému bude poskytnuta mimořádná záruka 15 let také na solární kolektor Bramac umístěný ve střeše. Na zásobník teplé vody a kombinované akumulační zásobníky poskytujeme záruku 5 let a na ostatní součásti systému záruku 2 roky.

Další informace o produktech, technické informace a ceník naleznete na našich internetových stránkách www.bramac.cz. Můžete také kontaktovat pracovníky technického oddělení v pracovních dnech od 8.00 do 16.00 hod na telefonním čísle 266 770 172 – 4.

S přáním mnoha slunečných dnů

Bramac střešní systémy spol. s r.o.

Lenka Leskovjanová

Tel.: 844 106 106

Mob.: 721 645 347

Email: solar.cz@bramac.com

