VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA CHEMICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Měření a regulace počítačem řízených solárních systémů

BRNO 2008 Mgr. SILVIE KOTLÍKOVÁ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

……
podpis diplomanta

Poděkování:

Upřímně děkuji RNDr. Heleně Půčkové a jejím kolegům za odborné vedení, pomoc a cenné připomínky, které mi byly poskytnuty během vypracovávání diplomové práce.

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na studium a hodnocení provozu reálného solárního systému. Byla provedena analýza konkrétního technologického komplexu a navržen systém měření uzlových parametrů. Bylo provedeno propojení řídící jednotky solárního systému s webovým serverem. Byl odladěn software pro grafické znázornění časově teplotních závislostí a přenos dat na připravenou webovou aplikaci. Je diskutováno zejména zvýšení efektivity reálného technologického celku regulací parametru spotřeby akumulované energie.

Abstract

This work is oriented on study and evaluation of performance of real operating solar system. There was made analysis of actual technological unit and there was suggested mode of measuring of nodal parameters. There was made interconnection between the head operating unit of the solar system and the web server. And there was prepared software for grafical image of time and temperature dependence and for data transfer to ready web application. It primarily talks about increase of efficiency of real technological unit through regulating of parameter that is using up of accumulated energy.

OBSAH

1. ÚVOD 7
1.1. Cíl práce 9
2. TEORETICKÁ ČÁST 10
2.1. Energie 11
2.1.1. Definice energie 11
2.1.2. Zdroje energie 11
2.1.2.1. Neobnovitelné zdroje energie 11
2.1.2.2. Obnovitelné zdroje energie 11
2.1.3. Důvod pro hledání obnovitelných zdrojů energie 12
2.2. Energie slunečního záření 13
2.2.1. Historie využívání sluneční energie 13
2.2.2. Slunce 14
2.2.3. Sluneční záření 14
2.2.4. Intenzita slunečního záření 15
2.2.4.1. Parametry určující polohu Slunce nad obzorem 16
2.2.4.2. Přímé sluneční záření 17
2.2.4.3. Difúzní sluneční záření 17
2.2.4.4. Globální sluneční záření 18
2.2.4.5. Energie dopadající na osluněnou plochu 20
2.2.5. Dostupnost sluneční energie 20
2.2.6. Reálná využitelnost sluneční energie 22
2.3. Využití sluneční energie 22
2.3.1. Aktivní využití slunečního záření pro výrobu tepla 23
2.3.1.1. Rozdělení solárních tepelných soustav 24
2.3.2. Aktivní využití slunečního záření pro výrobu elektrické energie 27
2.3.3. Pasivní využití slunečního záření 27
2.4. Typy solárních tepelných soustav 28
2.4.1. Dělení solárních systémů podle typu kolektoru 28
2.4.1.1. Základní druhy kolektorů 28
2.4.2. Dělení solárních systémů podle toho k čemu slouží 29
2.4.3. Dělení solárních systémů podle způsobu přenosu tepla 29
2.4.4. Dělení solárních systémů podle média sloužícího k přenosu tepla 30
2.5. Součásti solárního systému 30
2.5.1. Absorbér kolektoru 30
2.5.1.1. Typy absorbérů 31
2.5.2. Transparentní kryt absorbéru 33
2.5.3. Tepelná izolace kolektoru 33
2.5.4. Vana kolektoru 34
2.5.5. Zásobník (akumulátor) a výměník tepla 34
2.5.6. Potrubí od kolektoru k zásobníku 35
2.5.7. Čerpadlo 35
2.5.8. Pojistný ventil 35
2.5.9. Expanzní nádoba 35
2.5.10. Automatický odplyňovač 36
2.5.11. Zpětná klapka 36
2.5.12. Regulační zařízení 36

2.6. Dimenzování aktivních solárních soustav 36
2.7. Teplonosné kapaliny 38
2.8. Měření a regulace 39
2.9. Provoz solárních soustav 40
2.10. Aktuální stav a budoucnost využití solární termické techniky 41
2.10.1. Česká republika 41
2.10.2. Situace v Evropě 44
2.11. Měření technických parametrů solárních soustav 45
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST 46
3.1. Kombinovaná solární soustava Vracov 47
3.1.1. Geografická poloha 47
3.1.2. Klimatické podmínky 47
3.1.3. Technický popis soustavy 49
3.1.3.1. Kolektorové pole 50
3.1.3.2. Solární bojler a akumulační nádrž 51
3.1.3.3. Ostatní technika 53
3.1.4. Měřící prvky a sledované parametry 54
3.1.4.1. Sledované parametry 54
3.1.4.2. Regulace soustavy 55
3.1.5. Schéma zapojení soustavy 56
3.1.6. Malý spotřebič 57
4. DISKUSE 58
5. ZÁVĚR 66
6. POUŽITÁ LITERATURA 68
7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 71

1. ÚVOD

Přelom druhého a třetího tisíciletí přineslo mnohé významné změny prakticky ve všech oblastech, životní prostředí nevyjímaje. Postupující globalizace zesílila vzájemnou provázanost vývoje životního prostředí, ekonomiky i sociálních podmínek. Poptávka po energii na celosvětovém trhu stále roste. Fosilní paliva jsou sice mohutným a pohodlným zdrojem energie, nesmíme ovšem zapomínat, že při získávání energie z fosilních paliv se uvolňují tuny a tuny látek, které poškozují naše životní prostředí a to v celosvětovém rozsahu. Jedná se o množství oxidu uhličitého, popílku, oxidů síry a dusíku, množství organických a anorganických látek, se kterými se pomalu, ale jistě nestačí přirozené prostředí naší planety vyrovnávat. Světové zásoby fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a již v tuto chvíli je nejvyšší čas nalézat a rozvíjet jiné možnosti získávání energie.

Trend v současné celosvětové energetické politice kromě jaderných zdrojů třetí generace prosazuje aktivní využívání alternativních - obnovitelných zdrojů energie. *[1]*

Jejich role je přímo závislá jak na hodnocení z hlediska ekonomických ukazatelů, tak i na úrovni zatěžování životního prostředí. Snahou v rámci EU je dosáhnout toho, že se do roku 2020 budou obnovitelné zdroje energie podílet 20% na celkové spotřebě energie. Toto číslo je však vzhledem k dosavadnímu vývoji dost nerealistické a nelze se mu přiblížit ani pouhým sečtením instalovaných výkonů. Přesto a snad právě proto je důležité investovat do vývoje nových progresivních technologií využívajících OZE. *[2]*

Historicky nejstarší obnovitelný zdroj energie je vítr. Větrná energie má svůj původ v dopadajícím slunečním záření, jehož energie zahřívá vzduch v blízkosti povrchu země. Vlivem rozdílného oslunění v různých oblastech dochází k významným teplotním rozdílům vzduchových oblastí. Důsledkem je potom horizontální proudění vzduchu, známé jako vítr.

Dalším mohutným obnovitelným zdrojem energie je využití energie vody ve vodních tocích. Patří mezi dosti rozšířené a dnes běžně používané OZE. Hnacím motorem je sluneční energie, která zajišťuje neustálý koloběh ohromného množství vody. Energie vody je využívána za pomoci široké škály typů a velikostí vodních děl. Na vodních tocích je možné využít kinetickou energii proudící vody. Množství využitelné energie je dáno rychlostí proudění, která závisí na spádu toku.

Biomasa je v podmínkách České republiky velmi perspektivním obnovitelným zdrojem energie. Energie biomasy, jež je ve své podstatě solární energií pohlcenou rostlinami díky procesu fotosyntézy. Může být využita, nebo jednoduše přeměněna na palivo pro dopravu, výrobu elektřiny a pro ohřev.

Novějším obnovitelným zdrojem energie je bioplyn. Bioplyn je směs plynů, z nichž hlavními složkami jsou metan a oxid uhličitý a další (H_2, N_2, H_2S,…). Bioplyn vzniká při mikrobiálním rozkladu organické hmoty za nepřítomnosti kyslíku (anaerobní fermentace). Vzniklý plyn je jímán a lze jej efektivně využít k výrobě elektrické energie a tepla.

Geotermální energie je produktem pochodů v zemské kůře. Je vázána na teplo suchých hornin nebo na geotermální vody, které se nacházejí v zemských dutinách a zemských zvodnělých vrstvách. Jsou zahřáté zemským jádrem natolik, že jejich teplota po výstupu na zemský povrch je vyšší než průměrná roční teplota vzduchu v dané lokalitě.

Téměř veškerá energie, kterou na Zemi máme, pochází ze Slunce. Na území České republiky dopadne stotisíckrát více energie, než je veškerá spotřeba paliv. Solární energii můžeme aktivně měnit na elektrickou energii fotovoltaickými články nebo pomocí vzduchových či kapalinových kolektorů na využitelnou termickou energii.

Tato práce se zabývá posledním uvedeným obnovitelným zdrojem energie. Budeme provádět měření a regulaci počítačem řízených solárních systémů, které jsou zdrojem tepelné energie.

1.1 Cíl práce

Tato práce se bude zabývat sledováním využití obnovitelného zdroje energie – solární energií. Budeme provádět měření a regulaci počítačem řízených solárních systémů, které jsou zdrojem tepelné energie. Bude provedena analýza konkrétního technologického komplexu a bude navržen systém měření jednotlivých parametrů. Bude také hodnotit zejména zvýšení efektivity reálného technologického celku regulací parametru spotřeby akumulované energie.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Energie

Rozvoj lidské společnosti je přímo závislý na používaných zdrojích energie. Když pomineme svalovou energii, je zjevné, že dnešní společnost čerpá energii z různých zdrojů pro různé potřeby téměř nepřetržitě na každém svém kroku. Je třeba si uvědomit skutečnost, že se společnost stává zcela závislá na energii a hledá všechny možnosti jak tuto potřebu nasytit.

2.1.1. Definice energie

Energie je v tom nejširším definičním měřítku schopnost hmoty konat práci. Její základní jednotkou je potom jeden joule [J] a vyjádřeno v základních jednotkách soustavy SI [m^2.kg/s^2].

2.1.2. Zdroje energie

Zdroje energie můžeme dělit na dvě základní skupiny a to na zdroje neobnovitelné a zdroje obnovitelné.

2.1.2.1. Neobnovitelné zdroje energie

Do této skupiny patří fosilní paliva (uhlí, ropa, rašelina, břidlice, zemní plyn) a s jistou výhradou i jaderná paliva.

2.1.2.2. Obnovitelné zdroje energie *[3]*

Sluneční energie

Nespornou výhodou sluneční energie je její výskyt na celé planetě, dále její využití nevyžaduje mnoho živé práce. Nevýhodou pro větší energetické využití je však nerovnoměrné územní rozložení a proměnlivá intenzita. Celkové množství energie dodané sluncem zemi je asi 35 000krát větší než je spotřeba energie ve všech zemích světa. V našich zeměpisných šířkách je roční časový průběh nabídky sluneční energie přesně opačný než je poptávka po energii.

Energie větru

Energie větru je značná. V podstatě jde o transformovanou energii slunečního záření a rotačního pohybu zeměkoule. Myšlenka využití síly větru k hrazení spotřeby energie je realizována již po tisíciletí. Pro energetické využití je nutné znát základní charakteristiky jako je rychlost, směr, četnost, stálost a nárazovitost větru.

Energie moře

Při přílivu a odlivu je využívána rotační energie zeměkoule, jejíž obvodová rychlost dosahuje na rovníku 474 [m/s]. Energetické účinky mořských vod znal člověk už odedávna. Již z roku 1438 máme zmínky o mořském mlýnu, který využívá energii přílivu a odlivu.

Energie vodních toků

Je to forma mechanické energie, která je projevem potenciální a kinetické energie vody. Voda teče z výše položených míst do níže položených míst a při své cestě je schopna vykonávat práci. Pro energetické využití musíme znát časový průběh průtoku.

Energie geotermální

Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a slapových sil.

Biomasa

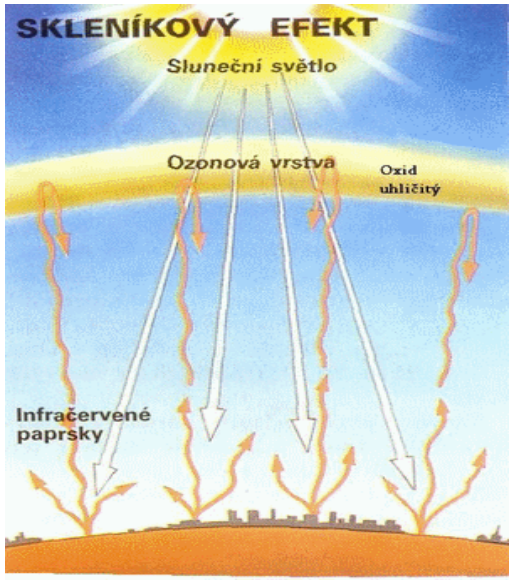
Za biomasu se považuje veškerá organická hmota, která vznikla fotosyntézou a hmota živočišného původu. Rozeznáváme především zbytkovou (odpadní biomasu) jako je dřevní odpad, rostlinné zbytky, komunální bioodpad a cíleně pěstovanou biomasu jako jsou energetické byliny a rychle rostoucí dřeviny.

Bioplyn

Bioplyn je produkovaný během anaerobního rozladu organických materiálů. Vzniká především v mokřadech, zemědělských prostředích, na skládkách a v bioplynových stanicích.

2.1.3. Důvod pro hledání obnovitelných zdrojů energie *[4]*

Při získávání a přeměně energie z fosilních paliv (elektrárny, doprava, vytápění) se do atmosféry mimo řadu jiných škodlivých látek dostává i obrovské množství oxidu uhličitého, metan, oxidy dusíku a další. Velké množství oxidu uhličitého v atmosféře je jednou z hlavních příčin skleníkového efektu. Odhaduje se, že oxid uhličitý se podílí 50 % na vzrůstu průměrné roční teploty atmosféry.



Obrázek č. 1: Princip skleníkového efektu *[5]*

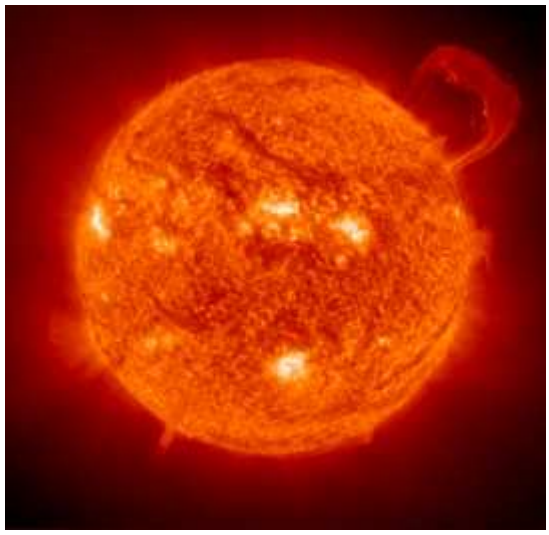
V Kjótu v Japonsku se rozvinuté země světa zavázaly snížit emise skleníkových plynů o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990 a to do roku 2008 až 2012. Hrozící globální oteplování, rozsáhlé znečištění životního prostředí celé planety a ubývající zásoby fosilních paliv vedou společnost k tomu, aby se vážně zajímala o získávání energie ze zdrojů obnovitelných. *[6, 7]*

2.2. Energie slunečního záření

2.2.1. Historie využívání sluneční energie *[8]*

- před 4,5 miliardami let: Vznikla Země a začala přijímat sluneční energii.
- 1. století n. l.: První zprávy o zapalování posvátných ohňů soustředěnými slunečními paprsky (Čína).
- kolem r. 100: Italský historik Plinius Mladší využil sluneční záření k vyhřívání svého domu.
- konec 17. stol.: V době vlády krále Ludvíka XIV. (Král Slunce) probíhaly experimenty se soustřeďováním slunečních paprsků (zapalování dřeva, tavení olova).
- 1767 Švýcar Horace de Saussure zkonstruoval první solární kolektor.
- zač. 19. stol.: V evropských zemích se začaly k pěstování květin a zeleniny používat skleníky.
- 1830 Britský astronom John Herschel používal „sluneční vařič“ k přípravě pokrmů na své expedici do jižní Afriky.
- 1861 Francouz Augustin Mouchot si nechal patentovat „solární motor“.
- 1870 A. Mouchot využíval sluneční energii k vaření potravin, k čerpání vody ze studny a k destilaci vody a vína.
- 1897 V Pasadeně (Kalifornie, USA) bylo 30 % domů vybaveno kolektory pro solární ohřev vody.
- 1908 Američan William J. Bailley vynalezl trubkovou konstrukci plochého solárního kolektoru, který se používá i v současných solárních systémech.
- 1973 První ropná krize vyvolala zvýšený zájem o využití solární energie a jiných obnovitelných zdrojů energie.

2.2.2. Slunce



Obrázek č. 2: Slunce, naše nejbližší hvězda *[9]*

Slunce je naší nejbližší hvězdou, vzdálenou od Země asi 150 000 000 [km]. Je to koule složená se žhavých plynů o hmotnosti asi $1{,}989 \times 10^{30}$ [kg] a o průměru 1 400 000 [km], která vytváří neustále velké množství energie. Výkon se odhaduje na 4×10^{26} [W] a jeho stáří na 4,6 miliardy let. Teplota na povrchu Slunce je 5 800 [K]. Teplota v jádru Slunce dosahuje $1{,}5 \times 10^{7}$ [K], zde dochází k uvolňování energie a to velice pomalou přeměnou vodíku na helium za uvolnění velkého množství energie ve formě fotonů a gama záření. *[10]*

2.2.3. Sluneční záření

Sluneční záření neboli solární radiace představuje většinu energie, která se na Zemi nachází. Podle zákona zachování energie se ta sluneční energie po dopadení na planetu Zemi mění na jiné formy energie:

energie fosilních paliv
energie biomasy – energie chemických vazeb v organických sloučeninách
energie větru – rozdílná teplota vzduchové masy vyvolává větrné proudění
vodní energie – koloběh vody

Po překonání 150 000 000 [km] vzdálenosti mezi Sluncem a Zemí dopadá sluneční záření na hranici zemské atmosféry v nezměněné podobě. Průměrná hodnota intenzity slunečního záření dopadajícího na hranici atmosféry I_0 se nazývá sluneční konstanta:

$$I_0 = 1360 \ [W/m^2]$$

Na hranici atmosféry se odráží 30 % dopadajícího záření zpět do prostoru, 23 % je atmosférou pohlceno, zbývajících 47 % dopadá na zemský povrch v podobě přímého nebo difúzního záření.

Sluneční energie je energií elektromagnetického záření. Spektrum slunečního záření lze rozdělit na:

záření v ultrafialové oblasti (vlnová délka pod 400 [nm])
záření ve viditelné oblasti (vlnová délka 400 až 750 [nm])
a záření v infračervené oblasti (vlnová délka přes 750 [nm])

Viditelné záření tvoří asi 45 % dopadajícího záření. Ozonová vrstva pohlcuje zcela záření do vlnové délky 290 [nm] a zčásti od 290 [nm] do 320 [nm]. Vybrané délky infračervené oblasti jsou pohlcovány oxidem uhličitým a atmosférickou vlhkostí.

Množství prošlého záření udává vztah:

$$R_g = R_s * k^{\text{cosec } \alpha} * \sin \alpha$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- R_g - globální záření dopadající na vodorovný povrch Země v nulové nadmořské výšce (na hladinu moře)
- R_s - solární konstanta (s korekcí na aktuální vzdálenost Země od Slunce)
- k - koeficient propustnosti atmosféry (závisí na jejím znečištění), většinou se pohybuje mezi 0,7 a 0,9
- cosec α - cosecans úhlu α, tj. 1 / sin α
- α - úhel výšky slunce nad obzorem

2.2.4. Intenzita slunečního záření *[11]*

Mírou energetického účinku slunečního záření a také výchozí veličinou pro další výpočty je intenzita záření dopadajícího na povrch Země, na plochu pod vrstvou atmosféry. Jak již bylo uvedeno, rozptýlí a pohltí se část záření při průchodu atmosférou, takže na povrchu Země je intenzita přímého slunečního záření na plochu kolmou ke směru paprsků menší, než je tomu na hranici atmosféry. Zmenšení intenzity závisí, jak na součiniteli znečištění atmosféry, tak na tloušťce vrstvy vzduchu, kterou paprsky pronikají.

2.2.4.1. Parametry určující polohu Slunce nad obzorem

Směr dopadu slunečních paprsků je dán vzájemnou polohou Slunce nad obzorem vzhledem k Zemi a osluněné plochy. Poloha Slunce nad obzorem se mění v závislosti na čase. V každém okamžiku je pak poloha Slunce dána jeho výškou nad obzorem *h* a jeho azimutem *a*. Pro tyto dva parametry platí vztah:

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \,.\, \cos \varphi \,.\, \cos \tau$$
$$\sin a = \cos \delta \,.\, \cos h^{-1}.\ sin\ \tau$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

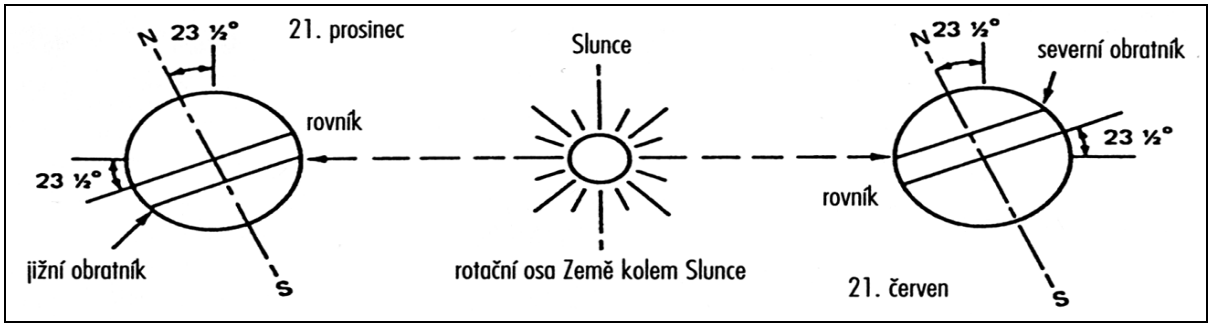
- δ je sluneční deklinace, tj. zeměpisná šířka, kde v daný den ve 12 h v poledne je slunce kolmo nad obzorem
- φ zeměpisná šířka
- τ čas v obloukových stupních měřený od 12 h v poledne

Sluneční deklinace se během roku mění a pro každý den má jinou hodnotu. Pro běžný měsíc postačuje jediná hodnota charakteristická pro celý měsíc. Intenzita slunečního záření vypočtená pro charakteristický den v měsíci se pak považuje za průměrnou hodnotu pro celý příslušný měsíc.

Tabulka č.1: Sluneční deklinace δ pro charakteristický den v jednotlivých měsících:

Den	Sluneční deklinace δ
22. 12.	23˚ 27´
22. 11. a 21. 1.	20˚
23. 10. a 20. 2.	11˚ 30´
23. 9. a 21. 3.	0˚
23. 8. a 21. 4.	11˚ 30´
23. 7. a 22. 5.	20˚
22. 6.	23˚ 27´

Při známé výšce slunce nad obzorem *h* a známém azimutu slunce *a* lze určit úhel dopadu slunečních paprsků na obecně položenou plochu.



Obrázek č. 3: Naklonění zemské osy dle ročního období

2.2.4.2. Přímé sluneční záření

Intenzita přímého záření na plochu kolmou ke směru paprsků:

$$I_{Pn} = I_0 \exp(-Z / \varepsilon) \quad (W/m^2)$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- I_0 je sluneční konstanta 1360 [W/m^2]
- Z je součinitel znečištění atmosféry
- ε je součinitel, který závislý na výšce Slunce nad obzorem a na nadmořské výšce daného místa

2.2.4.3. Difúzní sluneční záření

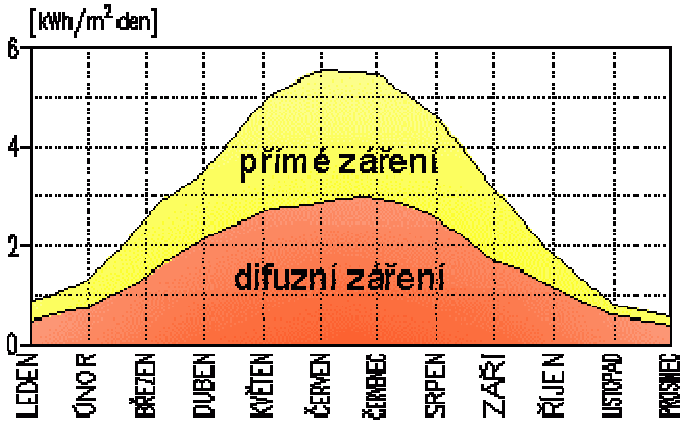
Záření, které se v atmosféře rozptýlí odrazem o molekuly plynů ve vzduchu, částečky prachu a mraky, proniká k zemi jako difúzní záření. Při tomto rozptylu se vlnová délka paprsků nemění. Difúzní záření dopadá na povrch i v době, kdy je obloha zatažená.

Intenzitu difúzního záření lze vypočítat:

$$I_D = 0{,}5(1 + \cos \alpha)\, I_{Dh} + 0{,}5r\,(1 - \cos \alpha)\,(I_{Ph} + I_{Dh}) \quad [W/m^2]$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- α je úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny
- r je reflexní schopnost okolních ploch (r = 0,15 až 0,25)
- I_{Ph} je intenzita přímého slunečního záření na vodorovnou plochu
- I_{Dh} je intenzita difúzního záření na vodorovnou plochu



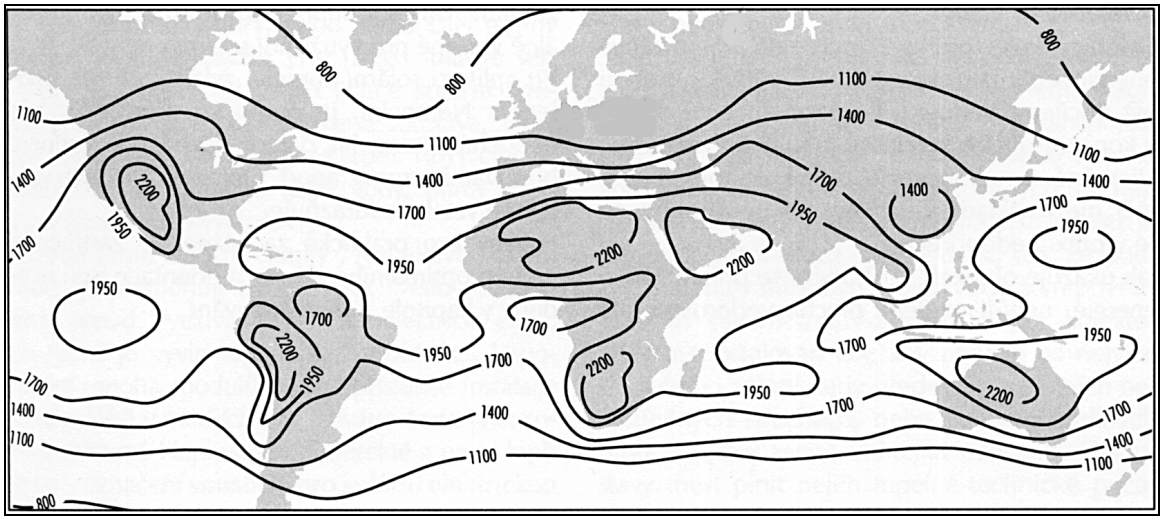
Obrázek č. 4: Přímé a difúzní záření dopadající na naše území v průběhu roku *[12]*

2.2.4.4. Globální sluneční záření *[13]*

Sluneční záření dopadající na plochu pod vrstvou atmosféry se skládá se záření přímého a difúzního. Intenzita celkového slunečního záření je potom:

$$I = I_{Pn} + I_D \quad [W/m^2]$$

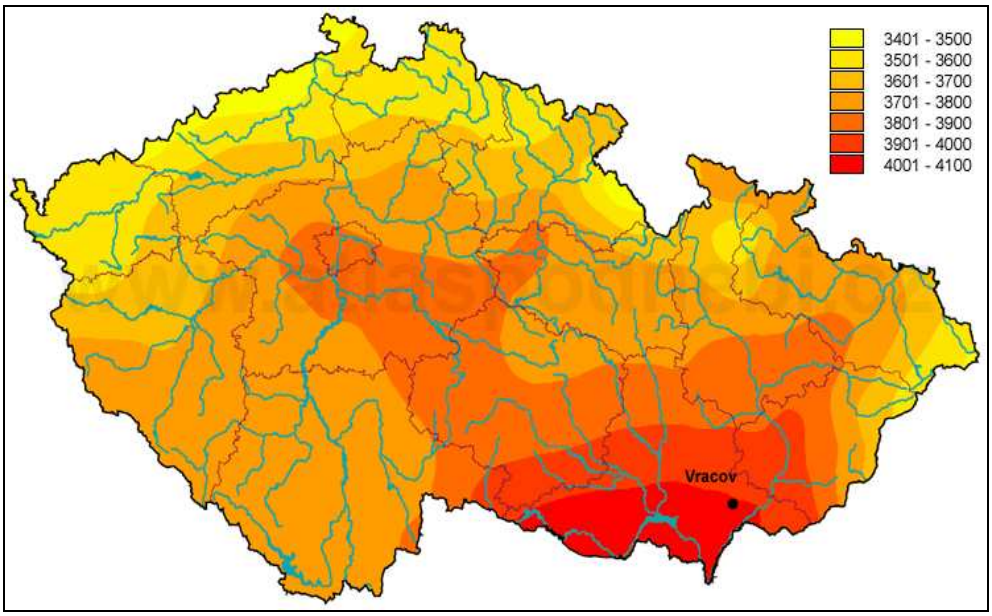
Intenzita globálního slunečního záření a její průběh v charakteristických dnech jednotlivých měsíců jsou základními parametry pro další výpočet energie dopadající na osluněnou plochu.



Obrázek č. 5: Střední hodnoty ročních úhrnů celkového záření na vodorovnou plochu v [kWh/m^2] *[14]*

Nejvyšší hodnoty celkového záření na Zemi jsou dostupné v pouštních oblastech, např. Sahara a dosahují zde hodnot až 2200 [kWh/m^2] ročně. Dle mapy a dostupných dat je zřejmé, že roční množství solární energie dopadající na vodorovné plochy v České republice leží okolo hodnoty 950 [kWh/m^2] za rok pro severní části území (Děčín) až 1250 [kWh/m^2] za rok a pro oblast jihu Moravy (Břeclav), průměrně tedy asi 1050 [kWh/m^2] za rok. *[15]*

To je takové množství energie, které lze získat dokonalým spálením asi 250 [kg] černého uhlí. Na plochu o rozloze České republiky ročně dopadá okolo 80 000 [TWh] solární energie. Ve srovnání s roční spotřebou energií v ČR je to 250krát více. *[16]*



Obrázek č. 6: Střední hodnoty ročních úhrnů celkového záření na vodorovnou plochu v ČR v [MJ/m^2] *[17]*

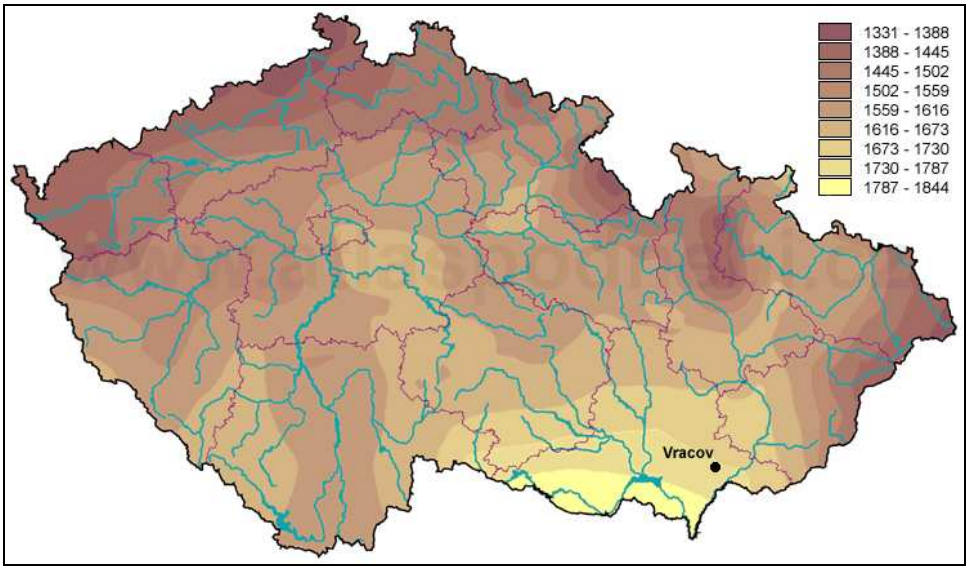
Pro dimenzování solárních zařízení jsou rozhodující dlouhodobé průměry celkového záření, které jsou zaznamenávány meteorologickými stanicemi. Z rozmezí měsíčních průměrů celkového záření ve vybraných lokalitách v tabulce č. 2 lze rozpoznat, že výše položená místa jsou zvýhodněna především v zimním období, protože leží nad nízkou oblačností a mlhou.

Tabulka č. 2: Průměrné měsíční úhrny celkového záření na horizontální rovinu v [kWh/m^2]

Měsíc	Místo					
	Hradec Králové	Praha – Karlov	Ostrava – Poruba	Kuchařovice (JM)	Kocelovice (JČ)	Vídeň – Jih
Leden	22,1	21,8	24,9	26,1	26,5	25,2
Únor	39,8	38,3	40,7	47,8	46,4	43,0
Březen	76,2	69,6	69,9	81,3	77,3	81,4
Duben	115,7	109,5	101,8	131,9	115,7	118,9
Květen	160,8	150,9	145,6	164,9	158,5	149,8
Červen	163,8	146,2	140,3	166,1	156,6	160,7
Červenec	162,7	153,8	146,2	169,1	165,3	164,9
Srpen	142,2	136,0	122,7	142,4	145,4	139,7
Září	92,9	84,8	79,9	94,2	91,9	100,6
Říjen	57,0	54,5	56,8	59,9	58,4	59,8
Listopad	23,8	22,6	25,6	26,8	26,9	26,3
Prosinec	17,1	16,1	18,1	19,3	19,0	19,9

2.2.4.5. Energie dopadající na osluněnou plochu *[14]*

Teoreticky možné množství energie dopadá na osluněnou plochu jen ve dnech, kdy svítí Slunce nepřetržitě po celou teoreticky možnou dobu. Takový případ je ale zejména v našich klimatických podmínkách poměrně vzácný. Nejčastěji se během dne střídá jasná obloha s oblohou zataženou mraky. V našich klimatických podmínkách je celková doba slunečního svitu 1300 až 1900 hodin za rok viz obrázek č. 7. Tato doba je však navíc na jednotlivé měsíce rozložena značně nerovnoměrně.

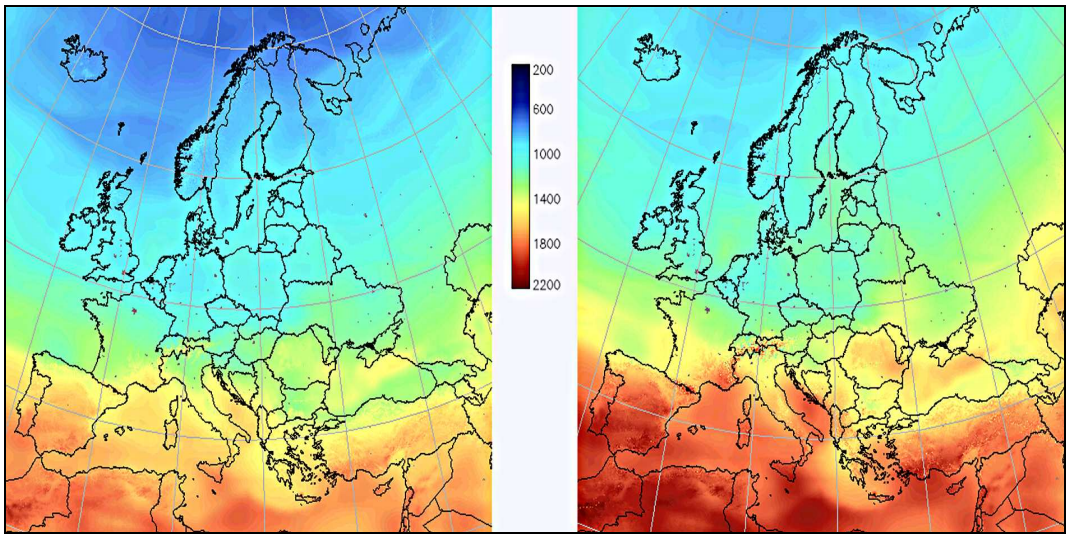


Obrázek č. 7: Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [h] *[17]*

2.2.5. Dostupnost sluneční energie

Pokud využíváme solární energii ve vesmíru nejsou žádné problémy s její dostupností a spolehlivostí. Jinak je to ovšem 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:

1. *Zeměpisná šířka*
   Největší množství záření dopadá na zemský povrch v oblastech okolo rovníku a nejméně u pólů.



Obrázek č. 8: Roční sumy globálního slunečního záření dopadající na vodorovnou plochu v Evropě

2. Roční doba

Nabídka slunečního záření se mění také v průběhu roku. V zimě je den kratší a Slunce je na obloze nízko, spolu s častým výskytem oblačnosti výrazně omezuje energetický zisk solárních zařízení.

Tabulka č. 3: Suma záření na vodorovnou plochu v [kWh/m^2] za den

Měsíc	Suma záření na vodorovnou plochu [kWh/m^2 za den]	
	Praha	Sevilla
Leden	0,77	2,47
Únor	1,42	3,10
Březen	2,42	4,61
Duben	3,74	5,29
Květen	4,83	6,78
Červen	4,89	7,30
Červenec	5,06	7,11
Srpen	4,28	6,45
Září	2,86	5,13
Říjen	1,89	3,87
Listopad	0,81	2,51
Prosinec	0,55	2,09
Roční průměr	2,80	4,73

3. *Místní klima a 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 asi 75 % záření [1000 W/m^2], při zatažené obloze jen kolem 15 % [200 W/m^2]. Také znečištění atmosféry, výskyt přízemní mlhy ovlivňují množství energie, které lze ze slunečního záření získat.

4. *Sklon a orientace plochy, kam sluneční záření dopadá*
   Maximální výkon ze slunečního záření získáme na ploše, která je kolmá k dopadajícím paprskům. Optimální je tedy natáčet zařízení tak, aby dopadaly paprsky kolmo, což se ovšem v praxi z ekonomických důvodů dělá spíše výjimečně. Zpravidla se solární kolektory nebo fotovoltaické články osazují se sklonem 45˚ k jihu, což zajišťuje dobrý celoroční zisk energie. Pro zvýšení zisku v zimním období je možné sklon upravit na 60˚, pro letní období je vhodné použít sklon kolem 30˚.

2.2.6. Reálná využitelnost sluneční energie *[1]*

Je zřejmé, že v praxi nelze využít všechnu solární energii, která je nám k dispozici. Je celá řada faktorů, které praktickou využitelnost solární energie ovlivňují:

1. Účinnost systémů, kterými energii zachycujeme. V případě ohřevu vody bývá průměrná účinnost kolektorů kolem 30 až 40 %, u fotovoltaických článků tomu je jen něco málo přes 10 %.
2. Existuje nepoměr mezi momentální nabídkou solární energie a okamžitou spotřebou – v zimním období je vyšší poptávka pro vytápění objektů, ale menší nabídka slunečního záření. Z části se dá tento problém řešit akumulací energie.
3. Solární energie má poměrně malou plošnou hustotu, a tak rozměry zařízení na její využití musí být úměrně velké. Většina solárních systémů je finančně náročná, limitujícím faktorem je tedy doba návratnosti investice.

Kromě těchto faktorů existují i další, spíše netechnického charakteru, navíc v naší společnosti je stále nedostatečná motivace pro instalaci a využití solární energie v praxi.

2.3. Využití sluneční energie

Sluneční energii můžeme přeměnit na několik typů energie, které jsou v praxi využitelné:

- přeměna slunečního záření na teplo
- přeměnit sluneční záření na teplo o nízké teplotě (do 100 ˚C) je velmi jednoduché, vzniklé teplo se dá využít na ohřev vody pitné a vody pro vytápění, ohřev bazénové vody, ohřev vzduchu pro následné vytápění, desinfekce vody, vaření a sušení, solární chlazení a klimatizaci, tepelný motor, solární pece.
- přeměna na elektrickou energii
- přeměna na chemickou nebo mechanickou energii
- sluneční záření dokáže štěpit vazby v chemických sloučeninách, lze ho využít například pro odbourávání pesticidů v odpadních vodách
- využití fotochemických účinků slunečního záření

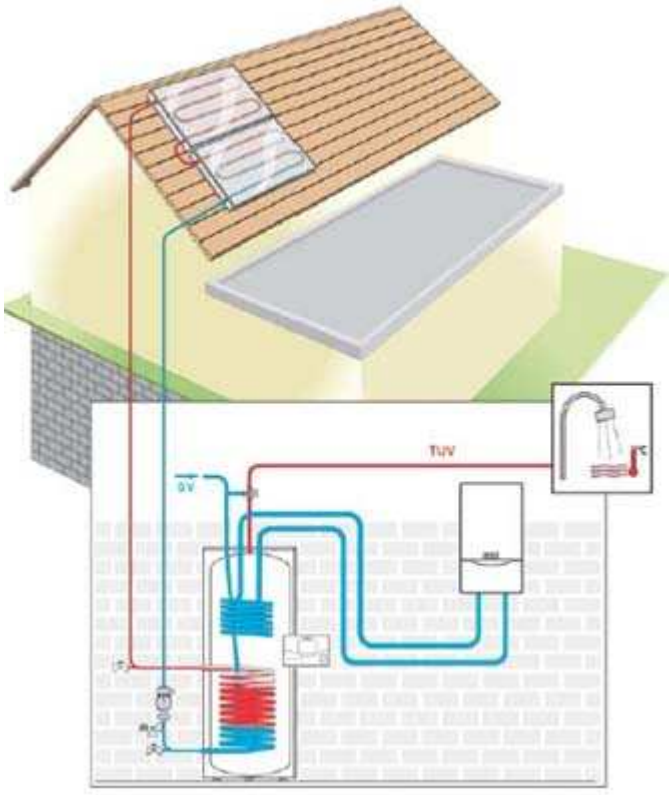
Výhody sluneční energie [18]

Solární energie je obnovitelný a nevyčerpatelný zdroj energie, sluneční energie je všude dostupná, při zpracování vzniká jen minimum odpadu a jeho využívání má minimální negativní dopady na životní prostředí. Systémy využívající solární energii jsou relativně bezpečné, jsou technicky jednoduché, vyznačují se dlouhou životností a mají minimální nároky na obsluhu. Výhodou těchto systémů je také to, že se dají instalovat bez negativních dopadů i v husté městské zástavbě a z výhodou využívat stavebních částí budov (střešní plochy, fasády).

Nevýhody sluneční energie [11]

Za stěžejní nevýhodu lze považovat denní a sezónní proměnlivost intenzity slunečního záření, dále jeho malá plošná hustota a z toho plynoucí plošná náročnost solárních systémů. Další nevýhodou je obtížná akumulace energie, rozptýlenost záření a ekonomická náročnost solárních systémů.

2.3.1. Aktivní využívání slunečního záření pro výrobu tepla *[19]*



Obrázek č. 9: Využití solární energie pro ohřev teplé vody *[20]*

2.3.1.1. Rozdělení solárních tepelných soustav

Solární tepelné soustavy jsou zařízení, která využívají sluneční energii pro ohřev vody, případně pro vytápění, sušení či větrání.

Kapalinové solární tepelné soustavy

1. Dle použití solární tepelné soustavy

1.A Soustavy pro ohřev vody
- tyto soustavy zajišťují ohřev vody užitkové, případně ohřev vody pro bazény.

1.B Soustavy pro přitápění nebo vytápění
- tyto soustavy jsou mnohem složitější a lze je dále dělit na:

Soustavy s akumulací – kde se teplo odvedené z kolektoru ukládá do akumulátoru tepla, což bývá obvykle nádrž s vodou. Teplo nahromaděné v akumulátoru je pak během období, kdy je sluneční svit omezen, odváděno pro ohřev vody a pro vytápění. Technické parametry soustavy a velikost akumulátorové nádrže určují jak dlouhou dobu bez slunečního svitu je možné překlenout.

Soustavy bez akumulace – zde se získané teplo využívá na pokrytí okamžité potřeby tepelné energie. Tuto soustavu je možné využít především v přechodných obdobích (jaro, podzim). Při snížení intenzity slunečního svitu je pak kolektorová část soustavy odstavena a k ohřevu teplonosné látky je využíván jiný zdroj tepla (elektrický nebo plynový kotel). Výhodou tohoto typu soustavy jsou nižší pořizovací náklady.

2. Dle provozního režimu solární tepelné soustavy

2.A Soustava se sezónním provozem

Solární tepelná soustava bude využívána pouze v období, kdy nemrzne. V tomto případě lze použít nejjednodušší soustavu s vodou jako teplonosnou látkou. Kolektor navazuje přímo na výměník, odkud proudí chladná voda do kolektoru, kde dojde k ohřátí a poté proudí zpět do výměníku. Z výměníku je pak teplo odebíráno pro vytápění nebo pro ohřívání vody. V období, kdy přicházejí první mrazy je nutné soustavu vypustit, aby nedošlo k poškození.

2.B Soustava s celoročním provozem

Jde o soustavu, která je určená i pro provoz během zimy, tudíž i v období, kdy klesá venkovní teplota pod 0˚C. V tomto případě jde o dvouokruhovou soustavu s výměníkem tepla a nemrznoucí směsí v primárním okruhu.

3. Podle systému oběhu teplonosné kapaliny

3.A Soustavy samotížné

K proudění teplonosné látky dochází vlivem rozdílné hustoty této látky při její různé teplotě. Kapalina o vyšší teplotě má nižší hustotu, což způsobí její pohyb vzhůru a naopak. Po ohřátí kapalina v kolektoru stoupá do horní části výměníku nebo zásobníku. Výhodou této soustavy je nezávislost na vnějším zdroji energie, jednoduchost a nižší pořizovací náklady. Nevýhodou je problematická regulace a z tohoto plynoucí menší účinnost.

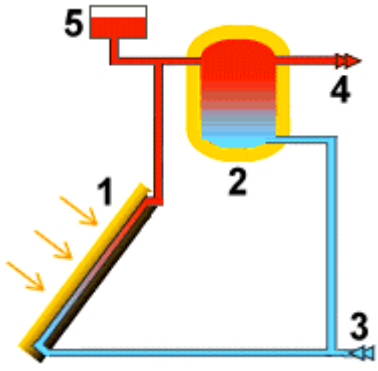
3.B Soustavy s nuceným oběhem

K docílení proudění teplonosné látky je použito oběhové čerpadlo. Výhodou tohoto systému je přesná regulovatelnost, nevýhodou pak vyšší pořizovací náklady a spotřeba energie na provoz čerpadla.

4. Podle počtu okruhů solární tepelné soustavy

4.A Jednookruhové solární tepelné soustavy

Soustavy nemají výměník tepla a kolektory jsou napojeny přímo na zásobník teplé vody nebo oběh ústředního topení. Nosnou soustavou je většinou voda a je stejná pro celou soustavu. Nevýhodou je pouze sezónní provoz, pro celoroční provoz je nutné použít do soustavy nemrznoucí nosnou kapalinu.

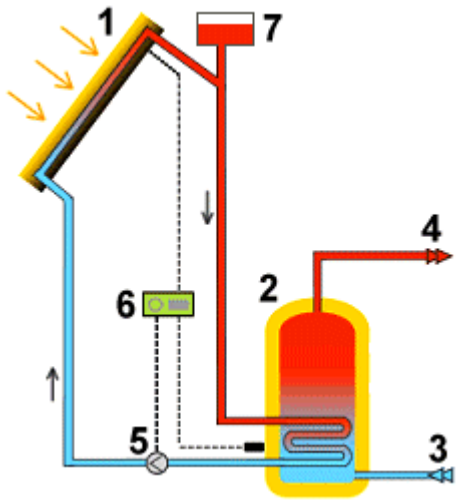


1. solární kolektor
2. zásobník teplé vody
3. přívod studené vody
4. odběr teplé vody
5. expanzní nádoba

Obrázek č. 10: Jednookruhová solární tepelná soustava *[21]*

4.B Dvouokruhové solární tepelné soustavy

Mají výměník tepla. V primárním okruhu dochází k získávání tepelné energie ze slunce, která je přes výměník tepla předávána sekundárnímu okruhu. Primární okruh je obvykle napuštěn nemrznoucí teplonosnou kapalinou, v sekundárním okruhu je pak teplonosným médiem obvykle voda. Takto konstruované soustavy jsou nejrozšířenější a to i přes to, že jejich pořizovací náklady jsou vyšší.



1. solární kolektor
2. tepelný výměník
3. přívod studené vody
4. odběr teplé vody
5. oběhové čerpadlo
6. automatická regulace
7. expanzní nádoba

Obrázek č. 11: Dvouokruhová solární tepelná soustava *[21]*

5. Rozdělení solární tepelné soustavy dle ČSN EN ISO 9488

Přesnější charakteristiky jednotlivých typů nabízí norma ČSN EN ISO 9488. Podle této normy se rozlišují následující typy solárních tepelných soustav:

5.A Monovalentní solární tepelné soustavy
- je to soustava bez dodatkového zdroje tepla.

5.B Vícevalentí solární tepelné soustavy
- tyto soustavy využívají vedle solárního také jiné zdroje energie a soustava je schopná zajistit dodávku tepla nezávisle na momentální dostupnosti solární energii.

5.C Sériově zapojená soustava.
- v této soustavě se vrací teplonosná látka z místa odběru tepla do kolektorů a pak do akumulátoru.

5.D Akumulační kolektorová soustava
- solární kolektor zde funguje také jako tepelný akumulátor.

5.E Oběhová soustava
- soustava, v níž cirkuluje teplonosná látka mezi kolektorem a zásobníkem.

5.F Soustava s nuceným oběhem
- soustava, v níž vzniká cirkulace působením čerpadla.

5.G Soustava s přirozeným oběhem
- soustava, v níž dochází k cirkulaci je na základě rozdílných hustot teplonosné látky mezi výstupem z kolektorů a zásobníkem.

5.H Soustava s přímým průtokem
- ohřátá voda je zde okamžitě spotřebovávána.

5.I Soustava s nepřímým průtokem
- kolektory protéká jiná teplonosná látka než ohřátá voda.

5.J Uzavřená soustava
- okruh teplonosné látky je hermeticky utěsněn.

5.K Otevřená soustava
- okruh teplonosné látky je otevřen.

Vzduchové solární tepelné soustavy

Teplonosnou látkou je v těchto soustavách vzduch. Využívají se zejména pro přímé teplovzdušné přitápění interiérů budov nebo v zemědělství.

2.3.2. Aktivní využívání slunečního záření pro výrobu elektrické energie

Další možností využívání slunečního záření je zachycovat ho ještě ve formě fotonů a účelně jej přeměňovat v jiné užitečné formy energie. Samotný solární článek je velkoplošný polovodičový konstrukční prvek, který je schopen přeměňovat světlo přímo na elektrický proud.

2.3.3. Pasivní využití slunečního záření

Podstatou je jímání sluneční energie prvky solární architektury bez strojního zařízení. Příkladem je sluneční okno, skleník a speciálně upravené fasádní prvky.

2.4. Typy solárních tepelných soustav

Abychom mohli sluneční energii získat, upravit a využít je nutné navrhnout a realizovat celou soustavu jako kompaktní celek.

2.4.1. Dělení solárních systémů podle typu kolektoru

Je základní součástí solární tepelné soustavy. Zachycuje sluneční záření a mění ho s co nejvyšší účinností na využitelné teplo. V kombinovaných solárních soustavách se nejčastěji používají ploché solární kolektory.

2.4.1.1. Základní druhy kolektorů

Kapalinový plochý kolektor [11]

Tyto kolektory mají čelní plochu stejně velkou jako plochu absorpční, teplonosná látka zde dosahuje nejvýše 100 ˚C. Jejich účinnost se pohybuje okolo 70 %. Vyšší účinnost i provozní teploty se dosahuje použitím kolektorů se selektivní absorpční vrstvou, která výrazně zlepšuje pohltivost slunečního záření. Mezi kvalitní sluneční kolektory lze zařadit kolektory s vakuovým zasklením, kde vakuum zajišťuje nízké tepelné ztráty kolektoru do okolního prostředí.

Lze je dělit podle teploty přenosového média:

Nízkoteplotní – jde o sezónní systémy, kde se teplonosné médium ohřívá na cca 30 ˚C. Je zde výhodnější použít ploché kapalinové kolektory bez transparentního krytu. Jsou schopné vyrobit 300 - 400 [kWh/m^2] za rok. Patří sem kolektory z plastických hmot odolné vůči UV záření. Využívají se pro ohřev vody v bazénech, pro zahrádkářské či rekreační účely. Výhodou jsou nízké náklady a nevýhodou nízká životnost.

Středněteplotní – jsou schopné vyrobit 400 - 500 [kWh/m^2] za rok, patří sem zařízení s plochými kolektory s kovovým absorbérem s tepelnou izolací chráněnou transparentní vrstvou. Kolektory zahřívají vodu běžně na teplotu do 60 – 70 ˚C. Využívají se při přípravě teplé užitkové vody.

Vysokoteplotní - jsou schopné vyrobit 500 - 600 [kWh/m^2] za rok, patří sem zařízení s absorbérem s vakuovou izolací umožňující krátkodobě dosahovat teplot přes 100 ˚C. Využívají se při přípravě teplé užitkové vody a přitápění. Výhodou jsou nízké energetické ztráty v zimním období a nevýhodou je vysoká pořizovací cena.

Kapalinový soustřeďující kolektor [18]

Od plochých kolektorů se liší menší absorpční plochou vhledem k ploše vstupní. Vhodně uzpůsobená soustřeďující plocha (válcové parabolické zrcadlo, Fresnelova čočka) zajišťuje koncentraci dopadajícího záření na plochu absorbéru, kterým je ve většině případů potrubí umístěné ve vakuové trubici. Provozní teplota u takových zařízení dosahuje 100 až 200 ˚C. S rostoucí teplotou roste účinnost i výkon kolektoru.

Pro zachycení potřebné energie je nutné sestavit z jednotlivých kolektorů kolektorová pole. Kolektory lze řadit buď sériově nebo paralelně, případně kombinací obou předchozích možností. Solární kolektory se umísťují na střechy nebo fasády budov, případně na volné prostranství (solární elektrárny).

2.4.2. Dělení solárních systémů podle toho k čemu slouží

Systémy pro ohřev teplé vody

Soustavy sloužící k přípravě teplé vody mají mezi aplikacemi solárních soustav nejširší podíl. Nevýhodou je, že se časově nekryje nabídka solární energie s poptávkou po teple a teplé vodě.

Systémy pro ohřev bazénů

K ohřevu vody v bazénech je využití solárních systémů ideální. Doba poptávky po teplé bazénové vodě se překrývá s dobou nejvyšší solární nabídky. Požadovány jsou obvykle teploty vody do 26 °C a nevadí ani jejich mírné kolísání.

Systémy pro vytápění

V našich zeměpisných šířkách tvoří spotřeba energie na vytápění rodinných domů 50 - 75 % celkové energetické spotřeby domácností. Vytápění nebo přesněji podpora vytápění je zajímavým využitím solárních systémů a také vede ke snížení nákladů na vytápění. Zásadním problémem opět zůstává nabídka solární energie, která se časově míjí s její poptávkou. V zimním období, kdy je poptávka po energii nevyšší je nabídka solární energie nejnižší. Je třeba si také uvědomit, že solární systém dodává nízkopotenciální teplo. Z toho plyne i výběr spotřebičů. *[22]*

2.4.3. Dělení solárních systémů podle způsobu přenosu tepla

Pasivní systémy

V tomto systému je teplo přenášeno pasivně bez použití jakéhokoliv technického zařízení a bez nároků na elektrickou energii. Výhodou je jednoduchost a spolehlivost systému. Nevýhodou je špatná regulovatelnost systému.

Aktivní systémy.

K přenosu tepla je použito čerpadlo, které způsobuje cirkulaci teplonosného média. Systém je snadno regulovatelný. Nevýhodou je závislost na externím zdroji elektrické energie a vyšší pořizovací náklady.

2.4.4. Dělení solárních systémů podle média sloužícího k přenosu tepla

Systémy využívající vodu nebo nemrznoucí směs

Jsou to nejčastější typy , dobře se integrují i do již existujících systémů pro vytápění a ohřev vody.

Systémy využívající vzduch

Jsou rozšířené hlavně v USA, u nás by našly využití v nízkoenergetických a pasivních domech, které mají nucené větrání s rekuperací a přihříváním vzduchu.

2.5. Součásti solární soustavy

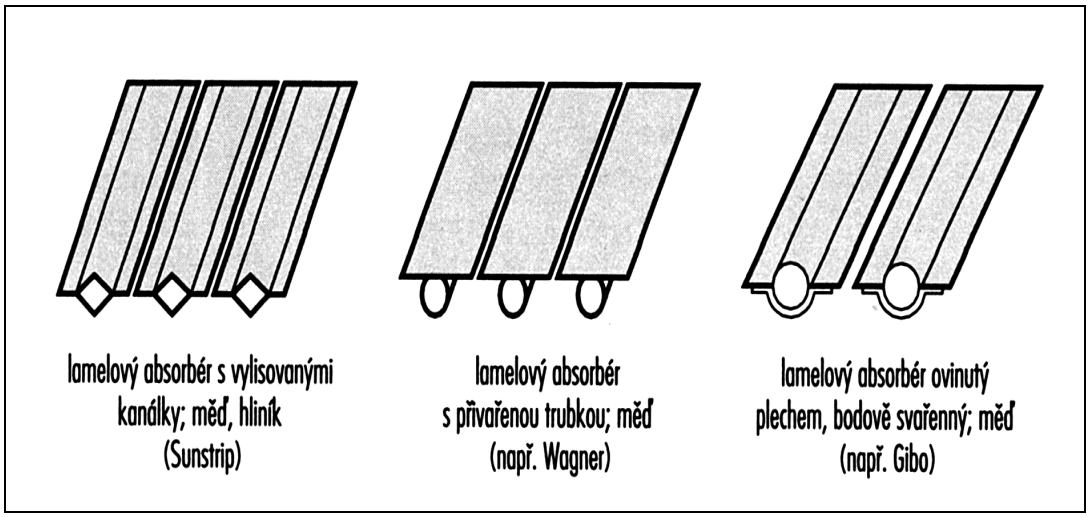
2.5.1. Absorbér kolektoru

Je to hlavní funkční část slunečního kolektoru, zde dochází k přeměně slunečního záření na teplo. V absorbéru se zachytává energie dopadajícího záření a ve formě tepla se předává teplonosné kapalině. Během funkční doby jsou absorbéry vystavovány pravidelnému střídání teplot (-25 až +150 ˚C), možnému zvýšení tlaku a extrémním korozním vlivům. Musí být tedy vyrobeny z odolných materiálů. Většinou jsou absorbéry vyrobeny z kovu s dobrou tepelnou vodivostí, nejčastěji z mědi nebo hliníku. *[23]*

Tabulka č. 4: Hodnoty měrné tepelné vodivosti při teplotě 20 ˚C.

Kov	Měrná tepelná vodivost λ [$W.m^{-1}.K^{-1}$]
Stříbro	420
Měď	380
Hliník	200 – 230
Ocel	35 – 58

Nejrozšířenějším konstrukčním typem jsou lamelové absorbéry, kde je spojení mezi trubkou a lamelou provedeno svařováním. Pro výkonnost kolektoru je pak rozhodující dobrý přenos tepla mezi trubkou a lamelou. Kvalitní lamelové absorbéry pak mají dobrou průtočnost, dobré tepelné vlastnosti, jsou lehké a vzhledem k tomu, že se vyrábí ve velkých sériích jsou i cenově dostupné.



Obrázek č. 12: Lamelové absorbéry *[24]*

Trubičky absorbéru jsou v kolektoru uspořádány v podobě meandrů nebo sítě. Povrch absorpční desky musí být upravený nátěrem s dobrou schopností absorbovat záření. U plochých slunečních kolektorů se často používá neselektivní povrch absorbéru tvořený vrstvou černé barvy.

Samotný materiál použitý k výrobě absorbéru nezaručuje dostatečnou výkonnost zařízení. Ta je závislá na vlastnostech svrchní plochy, musí vykazovat vysokou absorpci záření a nízkou zpětnou reflexi. Absorpce slunečního záření po dopadu na černou plochu absorbéru způsobí zahřátí této plochy, což představuje vyzařování v infračervené oblasti. K omezení tepelného vyzařování, které v podstatě znamená teplené ztráty, se používají selektivní vrstvy absorbující ve viditelné oblasti spektra (dopadající záření), ale s omezeným vyzařováním v infračervené oblasti spektra (nízká emisivita tepelného záření).

2.5.1.1. Typy absorbérů *[18]*

Plastové absorbéry

Pro ohřívání vody v bazénu potřebujeme velkou plochu kolektorů (srovnatelnou s plochou hladiny bazénu) vzhledem k náročnosti systému na plochu by měly být levné. Často je také požadavek na přímou cirkulaci vody z bazénu v kolektoru bez použití výměníku, pak je nutná vysoká korozní odolnost kolektorů. Nejběžnější bazénové kolektory jsou tedy vyráběné z plastu. Příklady z našeho trhu jsou:

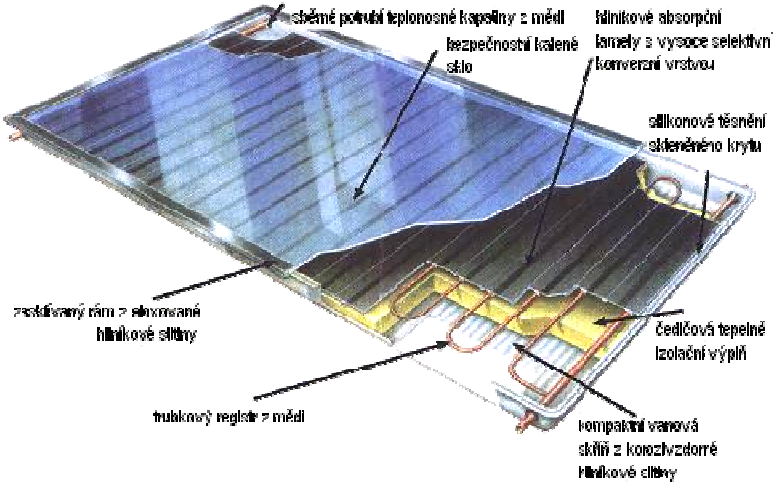
Plastový absorbér TPA 020 – je tvořen speciální tkanou textilií, vytvářející systém kanálků, opatřenou vrstvou černého PVC.
Soladur S – je vyroben z polypropylenu černé barvy s UV-filtrem.
Plastové kazety KM Solar – modulární systém celoplastových panelů z vysokohustotního polyethylenu.
Enersol – trubicové absorbéry ze speciální gumy odolné vůči UV-záření.

Kovové kolektory s neselektivním povrchem

Tento typ se dnes v praxi využívá jen velmi málo.

Kovové kolektory s selektivním povrchem

Kolektory Heliostar – jsou to kolektory s hliníkovým absorbérem opatřeným galvanicky vytvořenou selektivní vrstvou tvořenou oxidem hlinitým, v němž jsou obsaženy černé částice niklu. Jsou to nejstarší kolektory tohoto druhu na našem trhu.



Obrázek č. 13: Heliostar TS 300 N *[25]*

Kolektory se selektivním povrchem vytvořeným vakuovým napařováním – absorbérové měděné proužky opatřené selektivním povrchem Tinox. (IDMK, VS F2-T, Sun Wing,…)

Vakuové kolektory

Vyčleňují se jako samostatná skupina, absorbér je umístěn ve vakuu a opatřen selektivním povrchem, díky tomu jsou tepelné ztráty velmi malé. Kolektor dosáhne vysoké teploty i při nízké úrovni slunečního svitu nebo velkém rozdílu teplot mezi absorbérem a vnějším prostředím.

Vakuový kolektor Heliostar – jde o běžná plochý kolektor, který má mezi kolektorovou vanou a krycím sklem rozpěrky, které umožní vyčerpat vzduch na tlak menší než 100 Pa. Díky tomu se eliminují tepelné ztráty kolektoru do okolí.

Trubicový vakuový kolektor VacuSol – kolektor se skládá z vysoce evakuovaných trubic, v nichž je umístěn absorbér se selektivní vrstvou.

Obrázek č. 14: Vakuový kolektor ETC 12 *[26]*

Koncentrační kolektory

Důvodem pro koncentraci záření je primárně snížení tepelných ztrát absorbéru. Sluneční záření lze koncentrovat pomocí odrazu (zrcadlový koncentrátor) nebo lomu (čočkový koncentrátor). Tvar zrcadla lze navrhnout v podstatě pro libovolný tvar absorbéru. Jako jednoduchý koncentrátor může posloužit i rovinná lesklá nebo bíle natřená plocha umístěná vedle kolektoru pod úhlem 45˚. Tyto plochy mohou zvýšit jeho výkon téměř na dvojnásobek.

2.5.2. Transparentní kryt absorbéru

Slouží k ochraně absorbéru a ke snížení tepelných ztrát. Nejpoužívanějším materiálem je speciální sklo s nízkým obsahem železa, které splňuje jednu z podmínek a to vysokou radiační propustnost. Zvýšení tepelného odporu vzduchové mezery mezi absorbérem a krytem se docílí uzavřením vzduchu do malých komor a vrstev. Tepelné ztráty kolektoru přes transparentní izolaci je možné snížit paralelním násobným vrstvením s mezerou pro vzduch.

Novým materiálem pro kryt absorbéru je materiál na základě křemičitého gelu - aerogelu s velkým množstvím pórů. Aerogel ovšem vyžaduje pro svoji existenci zcela bezvodé prostředí. *[27]*

2.5.3. Tepelná izolace kolektoru

Zadní strana absorbéru musí být chráněná proti ztrátám tepla vrstvou tepelné izolace. Vhodným izolačním materiálem je pěnový polyuretan, u vyšších provozních teplot materiál na bázi minerálních či skelných vláken. U vakuových kolektorů není izolace nutná.

2.5.4. Vana kolektoru *[11]*

U skříňového typu kolektoru jsou funkční části kolektoru umístěné ve vaně vylisované z plechu nebo plastu, výhodou je dobrá mechanická odolnost. U typu rámového je funkční část kolektoru v kovovém rámu.

2.5.5. Zásobník (akumulátor) a výměník tepla *[11]*

Teplo zachycené kolektory v době nadbytku slunečního záření se v zásobníku akumuluje pro pozdější odběr v době, kdy není sluneční záření dostatečné pro jímání energie. Součástí zásobníku je obvykle výměník tepla, který zprostředkovává přenos tepla mezi kolektory a zásobníkem nebo mezi zásobníkem a okruhem spotřeby.
Základní požadavky na reálné zásobníky tepla:

vysoká tepelná kapacita
minimální tepelné ztráty
přijatelná velikost
cenová dostupnost

Zásobník má na výslednou účinnost solárního systému přinejmenším stejně velký vliv jako kolektory. V praxi se v systémech pro ohřev vody používá převážně zásobník naplněný vodou, která je ohřívána solárními kolektory. Kolik tepla dokážeme dostat ze zásobníku ovlivňuje v praxi faktor stratifikace (rozvrstvení) v zásobníku. Teplá voda je lehčí a proto při odběru vody přitékající studená voda vytlačuje teplou vodu aniž by se s ní vzájemně mísila. Pokud tedy ze zásobníku o objemu 400 litrů zahřátého na 60 ˚C odebereme denně 100 litrů teplé vody, tak by nám při dokonalé stratifikaci měla zásoba teplé vody vystačit na čtyři dny bez slunečního svitu. *[28]*

Tepelná kapacita zásobníku

Tepelná kapacita zásobníku souvisí s vlastnostmi a množstvím teplonosné kapaliny a vlastnostmi zásobníku. Množství akumulovaného tepla Q_{ak} závisí na hmotnosti média m, tepelné kapacitě c a rozdílu teplot při zvýšení teploty média z teploty t_1 na teplotu t_2.

$$Q_{ak} = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

Voda vzhledem ke své vysoké specifické tepelné kapacitě, dostupnosti a ekologické přijatelnosti představuje ideální nosnou kapalinu pro tepelné zásobníky v solární technice. Maximální kapacita zásobníku je dána provozními teplotami. Objem zásobníku by měl být volen s ohledem na denní spotřebu teplé vody. Obecně lze uplatnit empirické pravidlo, že objem zásobníku by měl být 1,5 – 2krát větší než je spotřeba.

Tepelné ztráty [29]

Ke ztrátám dochází v případě, že teplota nosné kapaliny je vyšší než teplota okolí zásobníku. S rostoucím rozdílem teplot se ztráty zvětšují. Snížení tepelných ztrát řešíme tepelnou izolací povrchu zásobníku.

Ztráty zásobníku se vyjadřují vztahem:

$$W_{V,ak} = k_{ak} \cdot A_{ak} \cdot (t_{ak} - t_a)$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- k_{ak}… součinitel tepelné ztráty zásobníku
- A_{ak}… velikost styčné plochy mezi akumulačním médiem a zásobníkem
- t_{ak}… teplota akumulačního média
- t_a… teplota vzduchu v okolí zásobníku

Součin $k \cdot A$ je charakteristický pro každý zásobník a je závislý na jeho objemu a materiálu, ze kterého je vyroben. V závislosti na velikosti tohoto součinu mohou tepelné ztráty dosáhnout až 50 % tepelného příkonu za rok.

2.5.6. Potrubí od kolektorů k zásobníku

Používají se téměř výlučně měděné trubky. Je to dáno tím, že trubky v absorbérech jsou ve většině případů měděné. Použití jiného kovu by vedlo k zvýšeným problémům s korozí.

2.5.7. Čerpadlo

Nejčastěji se využívá klasické oběhové čerpadlo do otopných soustav patřičných parametrů. Je ovšem nutné zajistit spolehlivý chod, protože v případě jeho selhání by mohlo dojít k poškození kolektorů vlivem výrazného nárůstu teploty.

2.5.8. Pojistný ventil

Dimenzuje se podle součástí s nejnižším konstrukčním tlakem a přepad musí být sveden do otevřené nádoby.

2.5.9. Expanzní nádoba

Dimenzování expanzní nádoby musí být provedeno s ohledem na celkový objem soustavy, volný objem kolektorů při stagnaci a fyzikální vlastnosti použité teplonosné látky.

2.5.10. Automatický odplyňovač

Spirovent pro dobrou funkci odplyňování by měl být instalován v místě s nejvyšší teplotou (těsně za kolektory) a s nejnižším tlakem (sání oběhového čerpadla).

2.5.11. Zpětná klapka

Zabraňuje zpětné cirkulaci v primárním, či sekundárním okruhu v období mimo provoz solárních kolektorů.

2.5.12. Regulační zařízení *[28]*

Celá soustava je ve většině případů řízena jediným centrálním regulátorem, který řídí chod tak, aby soustava dosahovala maximálního výkonu, chrání celou technologii před poškozením a zajišťuje potřebnou regulaci přenosu tepla mezi spotřebiči.

2.6. Dimenzování aktivních solárních soustav

Tím se rozumí především určení velikosti absorpční plochy kolektorů a další prvky soustavy (potrubní síť, čerpadla, výměník tepla). Při dimenzování vycházíme z tepelné bilance absorpční plochy pro průměrný den v měsíci Q_A. *[11]*

$$Q_A = H\ \eta_k$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- H je energie dopadající na kolektory za den
- η_k je průměrná účinnost kolektoru za celý den

Při známé spotřebě tepla $Q_{spotř}$ za dané období (den či měsíc) lze stanovit absorpční plochu kolektorů:

$$S_k = (1+p)\ Q_{spotř}\ .\ Q_A^{-1}$$

kde p uvažujeme zvýšení spotřeby tepla o ztráty v rozvodech soustavy (obvykle 10 až 15 %).

Tepelné charakteristiky kolektorů

Účinnost kolektorů se zjišťuje přímým měřením při různých provozních podmínkách a vypočítá se ze vztahu:

$$\eta_A = \frac{c.M.\ (t_{m2} - t_{m1})}{S_A\ .I}$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- I intenzita záření [W/m^2]
- M stálý průtok teplonosné kapaliny [kg/s]
- t_{m1} vstupní teplota teplonosné kapaliny
- t_{m2} výstupní teplota teplonosné kapaliny
- S_A plocha kolektoru
- c je měrná tepelná kapacita teplonosné kapaliny (pro vodu c = 4187 [J/kg.K])

Kvalita kolektoru je úměrná jeho účinnosti. Účinnost kolektoru lze také definovat jako poměr výkonu a příkon kolektoru, což pro střední teplotu teplonosného média T_m vede ke vztahu, který vychází z tzv. kolektorové rovnice:

$$\eta = \frac{W_N}{E} = \alpha \cdot \tau - k \cdot \frac{(T_m - T_a)}{E}$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- η… účinnost kolektoru
- W_N… tepelný výkon kolektoru [W/m^2], někdy též užitečný tepelný výkon
- E… sluneční záření [W/m^2]
- α… součinitel absorpce absorbéru
- τ … součinitel transmise transparentního krytu
- k… součinitel měrné tepelné ztráty kolektoru [W/m^2]
- T_m, T_a střední teplota teplonosného média, respektive střední teplota vzduchu v okolí kolektoru [°C]

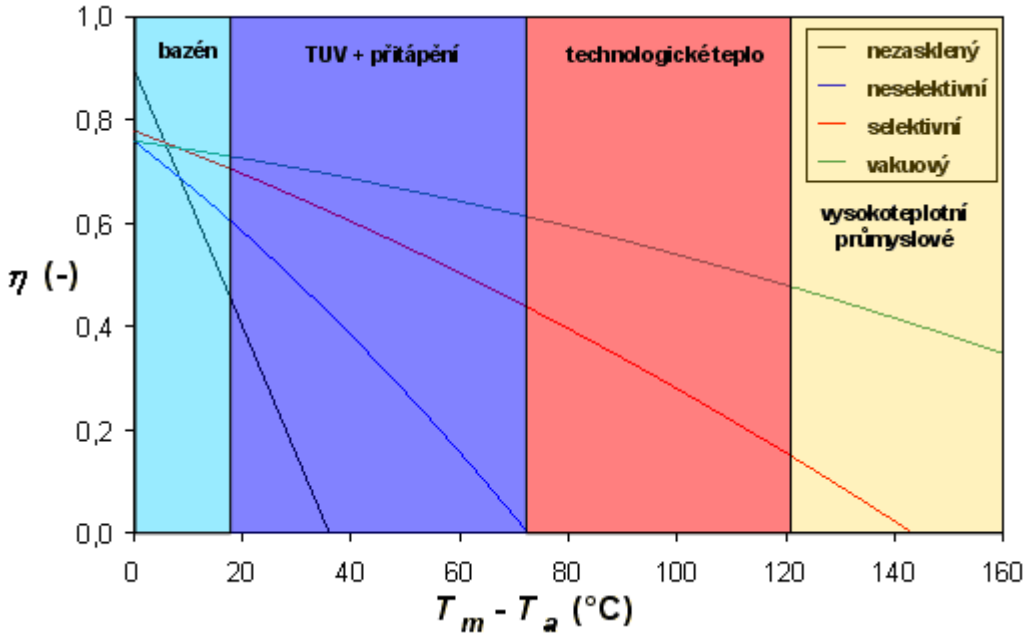
V této rovnici jsou zahrnuty všechny důležité parametry pro správné posouzení vlastností kolektoru.

Energie zachycená kolektory za určitou dobu [11]

$$Q_A = \eta_A.Q_S \ \text{[W.h/m}^2\text{]}$$

kde jednotlivé veličiny znamenají:

- η_A je účinnost kolektorů
- Q_S je energie dopadající na kolektory



Graf č. 1: Křivky účinnosti různých typů solárních kolektorů *[30]*

2.7. Teplonosné kapaliny *[11]*

Základními požadavky na vlastnosti nosných kapalin je vysoká hodnota měrné tepelné kapacity, nízká viskozita, vysoký bod varu, nízký bod tuhnutí, antikorozní vlastnosti, chemická stabilita, hygienická a ekologická nezávadnost, cenová dostupnost, nehořlavost, snadná výroba. Pro orientaci lze uvést několik běžně užívaných teplonosných kapalin.

Solanka
Jsou to roztoky solí ve vodě. Nejpoužívanější solankou je R31, která je vodním roztokem chloridu vápenatého s příměsemi dichromanu draselného (inhibitor koroze) a triethanolaminu (stabilizátor pH).

Friterm
Roztok monopropylenglykolu ve vodě s přídavkem inhibitorů koroze. Roztok je žlutohnědé barvy a charakteristického zápachu.

Fridex
Roztok ethylenglykolu ve vodě s přídavkem inhibitorů koroze a přísad ovlivňující povrchové napětí. Roztok je nažloutlé barvy a charakteristického zápachu.

Solaren 30
Nízkotuhnoucí kapalina modré barvy, vytvořená ze směsi 1,2 propandiolu s vodou a přídavkem inhibitoru koroze. Je použitelný v rozmezí teplot -28 až +108 ˚C.

Kolekton
Nízkotuhnoucí kapalina modrozelené barvy, vytvořená ze směsi 1,2 propandiolu s vodou a přídavkem inhibitoru koroze. Je použitelný v rozmezí teplot -25 až +108 ˚C.

Solaren GL
Čirá nízkotuhnoucí kapalina modrozelené barvy na bázi alifatických alkoholů, pH 8,7 a je použitelný v rozsahu teplot -20 až +80 ˚C.

Hybrasol 108/25
Antikorozní, prakticky netoxická kapalina na bázi glycerolu, vody a inhibitorů koroze. Je použitelný v rozmezí teplot -25 až +108 ˚C.

Kapaliny PKL 70 a 90
Jsou to kapaliny na bázi ethylenglykolu, podléhají biologickému rozkladu a jsou nehořlavé, požívají se především v SRN.

2.8. Měření a regulace

K tomu, aby byl provoz zařízení efektivní je nezbytné navrženou soustavu regulovat. Je nutné především řídit oběhová čerpadla a sledovat teplotu soustavy a reagovat na její změny. Další funkce řídící jednotky závisí na konkrétním typu, obvykle se vyskytují funkce sledování solárních příkonu, tlaku, průtoku a celkového odevzdávaného výkonu. Pro správnou funkci řídící jednotky je nezbytné správně definovat uzlové parametry technologického komplexu. Zpětná vazba a provázanost jednotlivých snímaných údajů má zásadní význam pro efektivitu systému. Komplikovanost soustavy však zároveň zvyšuje i nároky na řídící jednotku a programovací software. *[31]*

Strategie zahřívání zásobníku

Kombinované solární soustavy slouží k přípravě teplé vody a současně i k ohřevu vody pro vytápění. Variant zapojení existuje celá řada, určující může být například druh dodatkového zdroje energie a jeho zapojení do soustavy apod. Systém pak v době dostatku solární energie plynule přechází na tak zvané dohříváním. Kombinovaná soustava je dále vybavena jedním nebo dvěma zásobníky (jeden na pitnou vodu a druhý jako akumulační), které v systému hrají rozdílné role. *[32]*

Z toho plyne několik základních strategií pro provoz kombinované soustavy:

1. Zásobník teplé vody je zahříván přednostně, akumulační nádrž je nabíjena teprve poté, co je k dispozici dostatek teplé vody pro přímou spotřebu.
2. Primárně se zahřívá vždy chladnější zásobník – kolektor pracuje s nejlepší účinností a solární zisk je maximalizovaný.
3. Přednost při zahřívání má akumulační zásobník.

Uvedené strategie je vhodné kombinovat nebo měnit v průběhu roku. V letních měsících není potřeba teplo pro vytápění a proto se volí strategie č. 1. Přechodné měsíce jsou výhodně zvládnuty kombinací strategií č. 2 a č. 3, v zimě se doporučuje zejména strategie č. 1 a č. 2. Pro kombinovanou soustavu jsou potřeba tři teplotní úrovně v jediném zásobníku – pro teplou vodu 45 – 60 °C, pro vytápění 30 – 60 °C a nejnižší zóna s teplotou studené vody, odkud je odebírána voda pro ohřev. Mezi hlavní výhody patří zejména úspora místa a finančních

prostředků, naopak nevýhodou je značná závislost dodávky teplé vody a tepla na aktuálních podmínkách používání, protože akumulační objem není tak velký jako v případě samostatného zásobníku.

2.9. Provoz solárních soustav *[33]*

Rychlosti oběhu teplonosného média dávají vzniknout několik rozdílným způsobům provozu solární soustavy. V současné české technické terminologii jsou zachována anglická pojmenování Low-Flow, High-Flow, Matched-Flow a Drain-Back.

Low-Flow

Provoz je charakterizován nízkým průtokem teplonosného média, který způsobuje značné zvýšení teploty kolektoru, a to až o 50 °C. Pokud je solární okruh veden do horní části zásobníku teplé vody, má uživatel k dispozici ve velmi krátké době teplou vodu v požadované teplotě. Vzhledem k nízké rychlosti průtoku se používá potrubí s menším průměrem, což vede k nižším tepelným ztrátám. Problematika této koncepce se zřetelně projevuje u větších kolektorových polí, kdy takový systém pracuje s vyššími teplotami a tedy s nižší účinností. Tento problém lze řešit použitím kvalitního výměníku tepla a dobré izolace. Na vstupu do kolektorového pole se tímto způsobem dosahuje dostatečně nízkých teplot teplonosného média, které mohou proti High-Flow provozu soustavy znamenat až o 15 % vyšší výnosy.

High-Flow

Solární soustavy s rychlostí průtoku teplonosné kapaliny 30 – 70 [l/m^2/h] se označuje jako koncepce High-Flow. Požadované teploty teplé vody je dosaženo až po opakovaném oběhu teplonosné kapaliny systémem a zásobník je tedy zahříván pomaleji než u soustav s nízkým průtokem. High-Flow koncepce se dnes úspěšně používá především u malých soukromých solárních soustav.

Matched-Flow

Spojení výhod obou zmiňovaných způsobů provozu solárních soustav, tedy dosáhnout dostatečně vysoké teploty a optimalizovat výnosy soustavy, vyústila v koncepci Matched-Flow – přizpůsobení průtoku podmínkám. Tento systému je na realizaci náročný jednak z technického hlediska, jelikož Low-Flow a High-Flow koncepce používají rozdílné komponenty a konstrukční části, a také z hlediska regulace celé soustavy. Rychlost průtoku se pohybuje mezi 10 - 40 [l/m^2/h] a je řídící jednotkou přizpůsobována podle podmínek ozáření kolektorů (teploty teplonosné kapaliny).

Drain Back

Další provozní možností solární soustavy je systém se zpětným odvodněním, tzv. Drain-Back. V klidovém stavu soustavy, kdy kolektory nejsou ozářeny anebo je vypnuté čerpadlo (z různých důvodů – ochrana před mrazem, výpadek napájení apod.), vyteče teplonosná kapaliny do vhodně dimenzované záchytné nádrže. Odtud je při dalším náběhu čerpadla kapalina znovu vháněna do solárního okruhu. Systém je konstruován jako uzavřený s určitým poměrem vzduchu a má několik hlavních předností. Zejména je možné jako teplonosnou kapalinu použít vodu, protože je eliminováno riziko zamrznutí kapaliny v kolektoru. Není potřeba používat odvzdušňovací ventily, vzduch je přirozenou součástí okruhu. Soustava je bezpečná a je možné zamezit varu teplonosné kapaliny pouhým vypnutím

čerpadla. Provoz Drain-Back soustav se potýká s problematikou čerpadel, jelikož pro dopravu teplonosné kapaliny do požadované výšky není možné použít klasické čerpadlo pro solární techniku. Systém je také vystaven značnému nebezpečí koroze spojenému s přítomností vzduchu. Tyto systémy se nejvíce instalují v Nizozemí.

2.10. Aktuální stav a budoucnost využití solární termické techniky

2.10.1. Česká republika *[34]*

Oblast solární termické techniky je na trhu v České republice zastoupena více než dvěma stovkami firem. Jde o firmy, které se zabývají dovozem komponent, výrobou, prodejem či firem, které se zabývají instalací solárních systémů. Na našem trhu je bohatá škála typů kolektorů, tepelných zásobníků a dalších součástí soustav. Vedle českých produktů jsou nabízeny i zahraniční výrobky ze Slovenska, Německa, Rakouska, ale také produkty asijské, z jihovýchodní Evropy i jiných částí vyspělého světa. Dynamický rozvoj poptávky je především v oblasti kolektorů s vakuovými trubicemi.

Statistické údaje týkající se solárních zařízení zpracovává od roku 2004 Ministerstvo průmyslu a obchodu. Informace z tohoto oboru také poskytují některé nestátní organizace, například Thermosolar Žiar nad Hronom (výrobce kolektorů Heliostar – nově značeny TS, Slovensko) a Calla – Sdružení pro záchranu prostředí. Informace o typu instalací jsou sbírány od instalačních firem. Příprava statistických šetření také počítá se zjišťováním výskytu solárních kolektorů v rámci Sčítání lidu, bytů a domů v roce 2011.

Nejlepším dostupným zdrojem informací o konkrétních lokalitách je „Atlas zařízení využívajících OZE“ provozovaný právě sdružením Calla. Některé informace v tomto atlasu jsou již zastaralé, přesto je aplikace velmi zdařilá, protože přináší informace nejen o solárních zařízeních, ale také o instalacích dalších zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie.

Kolektory na českém trhu [35]

Na území Československa (1977 - 1992) se podařilo dohledat asi 300 systémů s více jak 16 tisíci [m^2]. Z toho je ještě dnes v České republice přes 2000 [m^2] kolektorů činných. Výsledkem analýzy vyplněných dotazníků získáváme hodnoty součtu celkové plochy solárních kolektorů podle jednotlivých výrobních typů dodané na náš trh.

Tabulka č. 5: Dodávka solárních kolektorů na český trh [m^2]

	Dodávka Na český trh			
	2003	2004	2005	2006
Ploché zasklené	8 429	10 212	13 111	16 879
Vakuové trubicové	1 768	1 965	2 353	3 542
Koncentrační	18	90	60	0
Celkem	10 215	12 267	15 524	20 421

Na základě statistického šetření lze upřesnit celkovou plochu činných zasklených solárních kolektorů na konci roku 2006 na 105 000 [m^2]. Celkem bylo v letech 1977 – 2005 v České republice instalováno asi 160 000 [m^2] zasklených kolektorů s kovovým absorbérem. Dodávka zasklených solárních kolektorů činila v roce 2006 celkem 20 420 [m^2], meziroční nárůst tak činní 31 %. Zhruba 17 % plochy tvoří vakuové trubicové kolektory.

Tabulka č. 6: Celková instalovaná plocha činných systémů [m^2]

	Rok			
	2003	2004	2005	2006
Ploché zasklené	52 228	60 657	73 768	90 647
Vakuové trubicové	6 000	7 768	10 121	13 663
Koncentrační	727	745	825	805
Celkem	58 955	69 170	84 694	105 115

Zcela zřejmá je dominance instalací plochých zasklených kolektorů pro přípravu teplé vody a přitápění v rodinných domech. Ve vývoji této statistiky se předpokládá, že dojde k ustálení počtu instalačních firem zahrnutých do výběru a zkvalitnění vyplňování dotazníků a bude tedy možné sledovat i meziroční trendy ve struktuře instalací.

Tabulka č. 7: Instalace podle lokality v roce 2006 (vybrané firmy) *[36]*

	Ploché	Trubicové	Koncentrační	Absrobéry	Celkem
Rodinné domy – pouze TUV	1 836	91	0	0	1 927
Rodinné domy – TUV + vytápění	1 779	449	0	0	2 228
Bytové domy – pouze TUV	150	22	0	0	172
Bytové domy – TUV + vytápění	57	0	0	0	57
Domácnosti – ohřev bazénu	132	0	0	1 733	1 865
Školy, internáty, ubytovny,…	64	0	0	0	64
Nemocnice, domovy důchodců	189	0	0	0	189
Veřejná koupaliště, bazény, lázně	158	0	0	238	396
Ostatní podnikatelský sektor	281	0	0	0	281
Ostatní	153	0	0	0	153
Celkem vzorek instalací	4 799	562	0	1 971	7 332

Podpora termických solárních systémů v České republice 2007 [35]

V České republice existuje od roku 1999 fond, který podporuje instalace zařízení pro využívání obnovitelných zdrojů energie do rodinných domů. Dne 12. února 2007 vstoupily v platnost nové podmínky čerpání podpory na obnovitelné zdroje energie, které vyhlašuje Ministerstvo životního prostředí ČR. V novém vydání byla aktualizována Příloha II ke Směrnici MŽP, která určuje pravidla pro podporu fyzických osob při instalaci kotlů na biomasu, tepelných čerpadel a solárních systémů určených k přípravě teplé vody, podpoře vytápění a výrobě elektřiny. O podporu mohou žádat i fyzické osoby – majitelé,

spoluvlastníci či pouze nájemci rodinných domů – administrátora programu, kterým je Státní fond životního prostředí ČR (SFŽP).

Základní přístup posuzování žádosti o podporu SFŽP zůstává pro rok 2007 zachován a tak skutečně podstatnou novinkou je podpora fotovoltaických systémů, kdy lze za definovaných podmínek získat podporu až 200 000 Kč. Z pohledu termických solárních systémů lze díky podpoře získat až 50 000 Kč v případě instalace zařízení pro přípravu teplé vody (program 1.A.b) a až 60 000 Kč v případě instalace kombinované solární soustavy (program 1.A.c). V minulém roce byla tato částka o 10 000 Kč nižší a tak i tato novinka jistě zájemcům pomůže v rozhodování. U všech programů je také možné získat od SFŽP příspěvek na odborný posudek.

Pro získání státní podpory je nejprve nutné splnit několik základních podmínek. V první řadě musí být dané zařízení již nainstalováno a uvedeno do trvalého provozu. Dalšími požadavky jsou některé speciální doklady o zařízení, zejména pak kolaudační rozhodnutí stavebního úřadu, dokumentace zařízení, kopie dodavatelských smluv a faktury, fotodokumentace zařízení a odborný posudek. Tento posudek shrnuje všechny vstupy a předpoklady pro efektivní provoz podporovaného zařízení a dokládá tak funkčnost, odbornost a smysluplnost celého projektu. Získat posudek je možné od nezávislých, odborně způsobilých osob, které jsou zapsány do seznamu auditorů u Ministerstva průmyslu a obchodu, odborných pracovníků středisek EKIS, inženýrů, projektantů či odborníků vyučujících obor „Technické zařízení budov“ na vysokých školách. Podání žádosti je časově omezeno na 12 měsíců od data uvedení do trvalého provozu a provádí se na místně příslušných krajských pracovištích SFŽP. Celý proces od podání žádosti do připsání finančních prostředků na účet trvá v průměru 3 až 4 měsíce. Nutno dodat, že společně se základním přístupem k udělování podpor byla zachována také nenárokovost této podpory. Zkušenosti ale ukazují, že je tato podpora v případě kvalitního projektu a splnění všech administrativních požadavků obvykle udělována.

Solární systémy jsou v současné době podporovány především z prostředků Státního fontu životního prostředí. Díky nadstandardní spolupráci tohoto fondu jsou k dispozici data o počtu, ploše a typu kolektorů z rozhodnutí o podpoře pro rok 2006. Konkrétně bylo vybráno k podpoře 535 instalací solárních kolektorů v domácnostech o celkové ploše 4245 [m^2].

Tabulka č. 8: Kolektory vybrané k podpoře ze SFŽP v roce 2006 [m^2] *[37]*

	Domácnosti	Investiční projekty
Ploché	3491	351
Trubicové	745	0
Koncentrační	9	0

2.10.2. Situace v Evropě

Monitorováním evropského solárního trhu se zabývá organizací ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation), která každoročně vydává zprávu o vývoji situace na poli solární termické techniky. Pro mezinárodní srovnání pozice České republiky lze použít aktuální informaci ESTIF o současném stavu evropského trhu se solárními kolektory.

Tabulka č. 9: Mezinárodní srovnání

	Celkem osazeno	Nově instalované					Odhad
	2006	2004	2005	2006			2007
	Celkem	Celkem	Celkem	Celkem	Ploché	Vakuové	Celkem
Německo	8054000	750000	950000	1500000	1350000	150000	1500000
Rakousko	2611627	182594	233470	292669	289745	2924	350000
Polsko	167520	28900	27700	41400	35100	6300	52000
Slovensko	72750	5500	7500	8500	7700	800	1200
ČR	105120	15520	15550	20420	16880	3540	25000

Rok 2005 byl na evropském termickém solárním trhu charakterizován nárůstem ve výši 25 % a téměř tak došlo k překročení hranice 2 milionů metrů čtverečních celkové kolektorové plochy. Hlavní postavení na trhu zaujímají Německo, Rakousko a Řecko a další státy tento náskok snižují. Zajímavý a potěšující nárůst zaznamenaly kombinované soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění – v Rakousku byla překročena hranice 35 % v podílu na trhu se solární termickou technikou. Klíčovými trhy se v této oblasti staly v průběhu let Německo, Rakousko, Francie a Španělsko. Situace v těchto zemích bude vysvětlena podrobněji.

Německo

V roce 2005 bylo v Německu instalováno přibližně 950 000 [m^2], což ve srovnání s předchozím rokem představuje nárůst o 27 %.

Rakousko

Meziroční nárůst solárního trhu je zde podobný jako v Německu (28 %). Celkem bylo za rok 2005 instalováno přibližně 233 000 [m^2] solárních kolektorů. Rakousko je zemí s druhým největším instalovaným výkonem na jednoho obyvatele s necelými 200 [kW] za světovou velmocí, kterou je Kypr. Každý třetí solární termický systém slouží právě k přípravě teplé vody a podpoře vytápění.

Francie

Vzhledem k informacím ze zprávy ESTIF došlo ve Francii v roce 2005 k nárůstu solárního termického trhu o více než 100 %. Zájem vzrostl zejména kvůli novému systému státní podpory.

Španělsko

Nárůst trhu v roce 2005 byl o 19 % s celkovou novou instalovanou plochou kolektorů 107 000 [m^2], i když výhodná geografická poloha vypovídá o tom, že meziroční nárůst instalací kolektorů by mohl být i výrazně vyšší.

2.11. Měření technických parametrů solárních systémů *[38]*

Abychom mohli posoudit a vyhodnotit účinnost solární soustavy je nutné přistoupit k experimentálnímu měření buď v laboratorních nebo provozních podmínkách. Měřením lze získat přehled o funkčnosti soustavy nebo částí, ze kterých je složena, a odhalit chyby a rezervy ve využívání soustavy.

Stanovení jejich tepelné účinnosti, časové konstanty a vlivu naklonění kolektoru se stanovují při laboratorních měřeních. Dodržovány jsou přitom přesně definované a ustálené podmínky. Popis zkušebních metod a výpočtových postupů je uveden v normě ČSN EN 12975-2:2001. *[39]*

Soustava jako celek se hodnotí při provozních měřeních technických parametrů. Na rozdíl od laboratorních zkoušek je kvalitnějším obrazem chování soustavy v reálných podmínkách za určité časové období. Tímto způsobem se identifikují slabá místa návrhu a vytvářejí se předpoklady pro regulaci jednotlivých prvků soustavy tak, aby bylo dosaženo vysokého podílu solární soustavy na pokrytí celkové spotřeby energie a jejího efektivního provozu.

Provozních měření se provádí v krátkodobých intervalech (měsíce) až po interval několika let (dlouhodobé). Každý z uvedených rozsahů poskytuje odlišné informace o soustavě a vyžaduje sledování rozličných parametrů. Krátkodobého měření nám poskytuje výsledky, které je možné použít ke kalibraci matematických modelů soustavy. Vyhodnocením dlouhodobého měření solární soustavy je pak zpravidla stanovení reálného tepelného zisku v určitém období za značně proměnlivých podmínek. Nevýhodou provozních měření je jejich značná ekonomická a časová náročnost.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Kombinovaná solární soustava Vracov

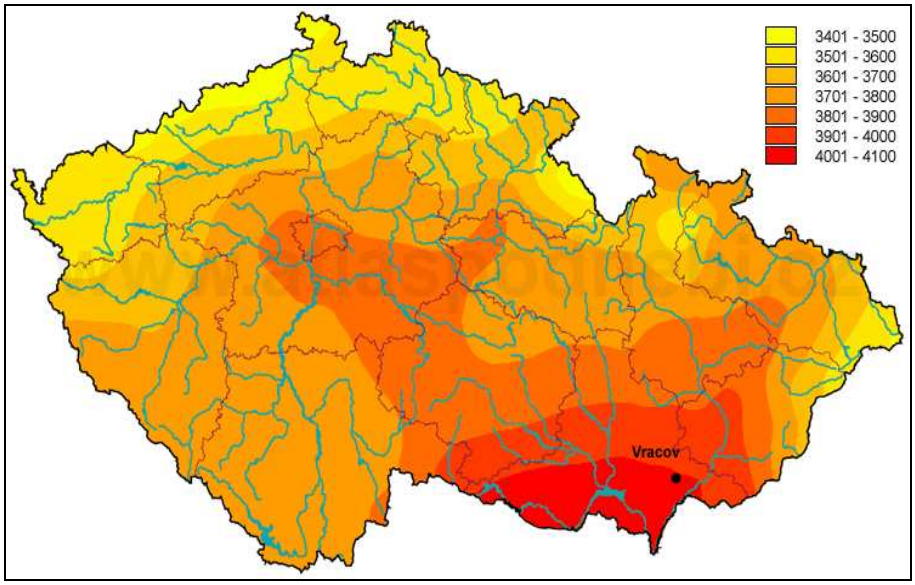
3.1.1. Geografická poloha

Studovaná solární soustava je instalována v trvale obydleném rodinném domě v obci Vracov, která leží mezi obcemi Kyjov a Veselí nad Moravou. Územně-správním celkem je Jihomoravský kraj. Přesná zeměpisná poloha obce je určena souřadnicemi GPS, konkrétně 48°58‘30.83“N,17°12‘39.59“E.

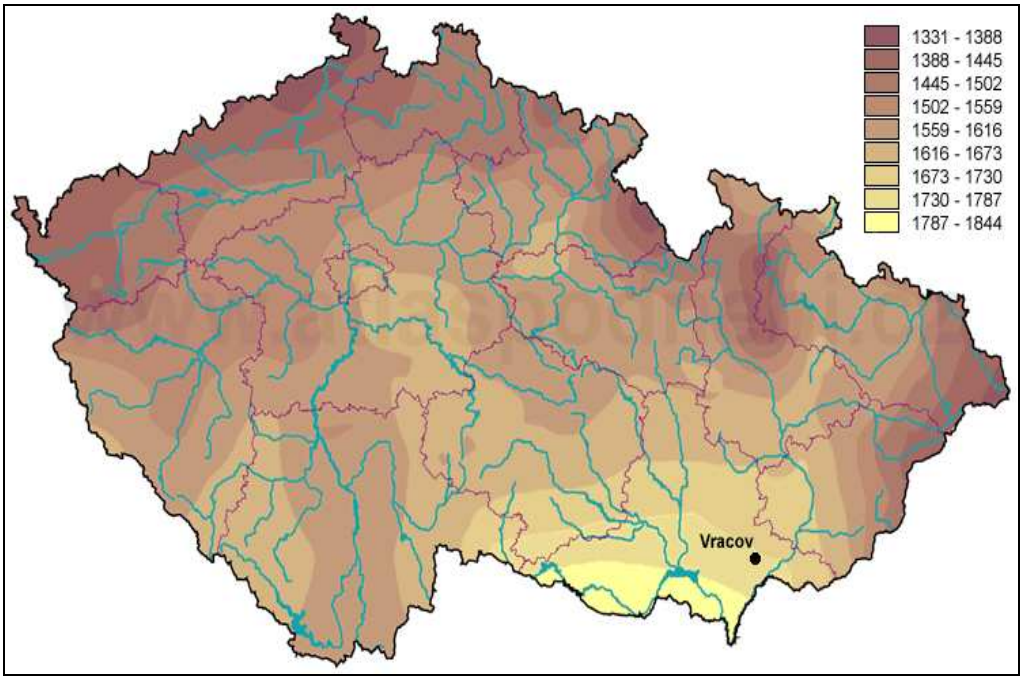
Obrázek č. 15: Poloha Vracova

3.1.2. Klimatické podmínky

Oblast jižní Moravy má velmi dobré klimatické podmínky pro provozování aktivních solárních soustav. Z dlouhodobých statistických sledování ČHMÚ vyplývají následující charakteristiky: roční úhrn slunečního záření 4000 – 4100 [MJ/m^2] při průměrné době slunečního svitu 1730 – 1787 hodin.



Obrázek č. 16: Průměrný roční úhrn slunečního záření [MJ/m^2] *[17]*



Obrázek č. 17: Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [h] *[17]*

Nejdůležitější podmínkou pro instalaci a efektivního používání solárního systému je dostatečná nabídka solární energie v průběhu celého roku. Nejbližší meteorologická stanice k obci Vracov, s dlouhodobým sledováním pro kterou jsou dostupné charakteristické parametry solárního záření z hlediska jeho využití aktivním solárním systémem, se nachází ve městě Kyjov. Lze předpokládat, že vzhledem k blízkosti obou obcí budou tyto hodnoty podobné. Významné charakteristiky shrnuje tabulka č. 10. *[40]*

Od roku 2006 je pro nepřetržité sledování meteorologických parametrů a intenzity solárního záření v oblasti 290 – 1100 [nm] používaná Meteorologická stanice Vantage2 PRO+. Stanice je umístěna v úrovni kolektorového pole tak, aby splňovala ISO předpis pro monitoring meteorologických parametrů lokality. Všechna naměřená data jsou v pravidelných 24 hodinových intervalech stahována s interního dataloggeru na řídící server, ukládána a pomocí speciálního softwaru vizualizovány. Stanice má vlastní fotovoltaický zdroj napájení a vnitřní ventilaci takže nemusí být umístěna v meteorologické budce.

Obrázek č. 18: Meteorologická stanice Vantage2 PRO+ *[28, 41]*

Tabulka č. 10: Charakteristiky slunečního záření sledované oblasti

Měsíc	Příkon * [Wh/m^2.den]	Příkon** [Wh/m^2.den]	Difúzní poměr	Optimální úhel sklonu [°]
Leden	815	1298	0.70	63
Únor	1475	2151	0.63	56
Březen	2562	3231	0.59	45
Duben	3909	4324	0.54	32
Květen	5003	4982	0.52	20
Červen	5263	4989	0.54	13
Červenec	5438	5298	0.50	17
Srpen	4516	4811	0.51	28
Září	3136	3828	0.53	41
Říjen	2034	2962	0.55	55
Listopad	927	1393	0.70	60
Prosinec	583	895	0.76	62
Roční průměr	2980	3354	0.55	34

* Příkon na vodorovnou plochu
** Příkon na plochu o sklonu 40° (přibližně sklon kolektorového pole)

3.1.3. Technický popis soustavy

Solární kombinovaná soustava Vracov byla navržena a dimenzována pro přípravu teplé vody a podporu vytápění v přechodném období roku. Těmto požadavkům odpovídá i sestavení systému z jednotlivých částí.

3.1.3.1. Kolektorové pole

Základními prvky jsou ploché vakuové kolektory Heliostar H400V CF (celkem 6 ks) z produkce slovenské firmy Thermosolar Žiar nad Hronom. Zde je nutno uvést, že výrobce používá označení „vakuové ploché kolektory“, které není zcela přesné. Ve skutečnosti je v prostoru absorbéru po instalaci kolektoru vytvořen vysoký podtlak, který dosahuje hodnoty přibližně 100 [Pa]. Uvedené označení je považováno na solárním trhu za zažité a nezavádějící, protože žádný jiný výrobce tento typ kolektorů neprodukuje. Ke kontrole podtlaku jsou kolektory vybaveny tlakoměrem, který je umístěn na servisní trubce (pro případ nové evakuace kolektorů je tedy snadno přístupná).

Obrázek č. 19: Kolektorové pole 6 ks Heliostar H400V CF *[28]*

Skříň kolektoru je vyrobena lisováním za studena z nekorodujícího plechu. Uvnitř skříně je na hliníkových profilech upevněn z plechu lisovaný absorbér. Konstrukčním materiálem je slitina hořčíku a hliníku. Povrch je pokryt vysoce selektivní vrstvou na bázi oxidu hlinitého, který je zbarven koloidním niklem. Do absorbéru jsou zalisovány měděné trubky, kterými protéká teplonosná kapalina Solaren, (Velvana a.s.,Velvary ČR). Technické informace o kolektoru a teplonosné kapalině jsou shrnuty v následující tabulce č.11.

Tabulka č. 11: Technické informace o kolektoru a teplonosné kapalině

Kolektorové pole	
Výrobce	Thermosolar SK, Žiar nad Hronom, Slovenská republika
Typ	Heliostar H400V CF
Počet kolektorů v poli [ks]	6
Zapojení kolek.pole	Sériové
Plocha celková [m^2]	2,03
Plocha absorbéru [m^2]	1,76
Transparentní kryt	Solární sklo, tloušťka 4 mm, bezpečnostní
Tepelná izolace	Podtlak < 100 [Pa]
Celkový objem teplonosné kapaliny [l]	1,3
Hmotnost [kg]	48
Selektivní vrstva	Na bázi oxidu hlinitého, pigmentována koloidním Ni
Absorptivita	Min. 0,94
Tepelná emisivita	Max. 0,16
Optická účinnost kolektoru [%]	81
Energetický zisk teoretický [kWh/rok]	800 – 1200 *
*Závisí na způsobu použití, orientaci kolektoru, geografické poloze a klimatických podmínkách v místě instalace	
Teplonosná kapalina	
Výrobce	Velvana a.s., Velvary, Česká republika
Typ	Solaren

3.1.3.2. Solární bojler a akumulační nádrž

Solární bojler je výrobkem firmy ROLF, typ Antikor Sol 300s. Bojler má celkový objem 300 [l], je vybaven vinutým trubkovým výměníkem, plochým dohřívacím výměníkem, topnou elektrickou spirálou a anodickou ochranou. Akumulační nádrž má celkový objem 1,125 [m^3] a je unikátním výrobkem firmy Solartop Nové město na Moravě. Izolace je provedena z polystyrénových desek o tloušťce 30 + 5 [cm] z důvodu potřeby minimalizace tepelných ztrát.

Obrázek č. 20: Zásobník Antikor SOL 300s *[28]*

Tabulka č. 12: Vlastnosti solárního bojleru a akumulační nádrže

Solární bojler	
Výrobce	ROLF
Typ	Antikor SOL 300s
Objem [m^3]	300
Plocha solárního výměníku – trubkový vinutý [m^2]	2,1
přenášený výkon (vstup 80°C, průtok 1000 l/h, nádrž 80°C) [kW]	28
Plocha dohřívacího výměníku [m^2]	0,8
přenášený výkon (vstup 80°C, průtok 1000 l/h, nádrž 80°C) [kW]	18
Tepelné ztráty 24h/65°C [kWh]	2,6
Příkon elektrického dohřívání [kWh]	2,4
rozsah [°C]	5 – 80
Akumulační nádrž	
Výrobce	SolarTop, ČR
Objem [m^3]	1125
Tloušťka polystyrenové izolace [cm]	30 + 5

3.1.3.3. Ostatní technologické prvky

Jednotlivé prvky soustavy jsou spojeny potrubím z měděných trubek o celkové délce 80 metrů. K zajištění oběhu teplonosné kapaliny a teplé vody jsou použita oběhová čerpadla WILO. Tlakové změny v solárním okruhu vyrovnává vhodně dimenzovaná expanzní nádrž, která zároveň představuje nezbytný bezpečnostní prvek při přehřátí teplonosné kapaliny v době stagnace soustavy.

Přenos tepla z teplonosné kapaliny do studené vody je realizován přímo v solárním bojleru ROLF vinutým trubkovým výměníkem z nerezu anebo přes deskový tepelný výměník SWEP, který předává teplo do okruhu akumulační nádrže. Zároveň je tímto způsobem provedeno oddělení solárního a spotřebního okruhu.

Pro případy nedostatečného příkonu solární energie je k dispozici plynový kotel Dakon o špičkovém výkonu 25 [kW]. Kotel má elektronicky upravenou topnou křivku s maximem při 12 [kW] a do regulačního systému je připojen jako řízený. Technické údaje popsaných prvků jsou shrnuty v tabulce č. 13.

Tabulka č. 13: Technické údaje popsaných prvků

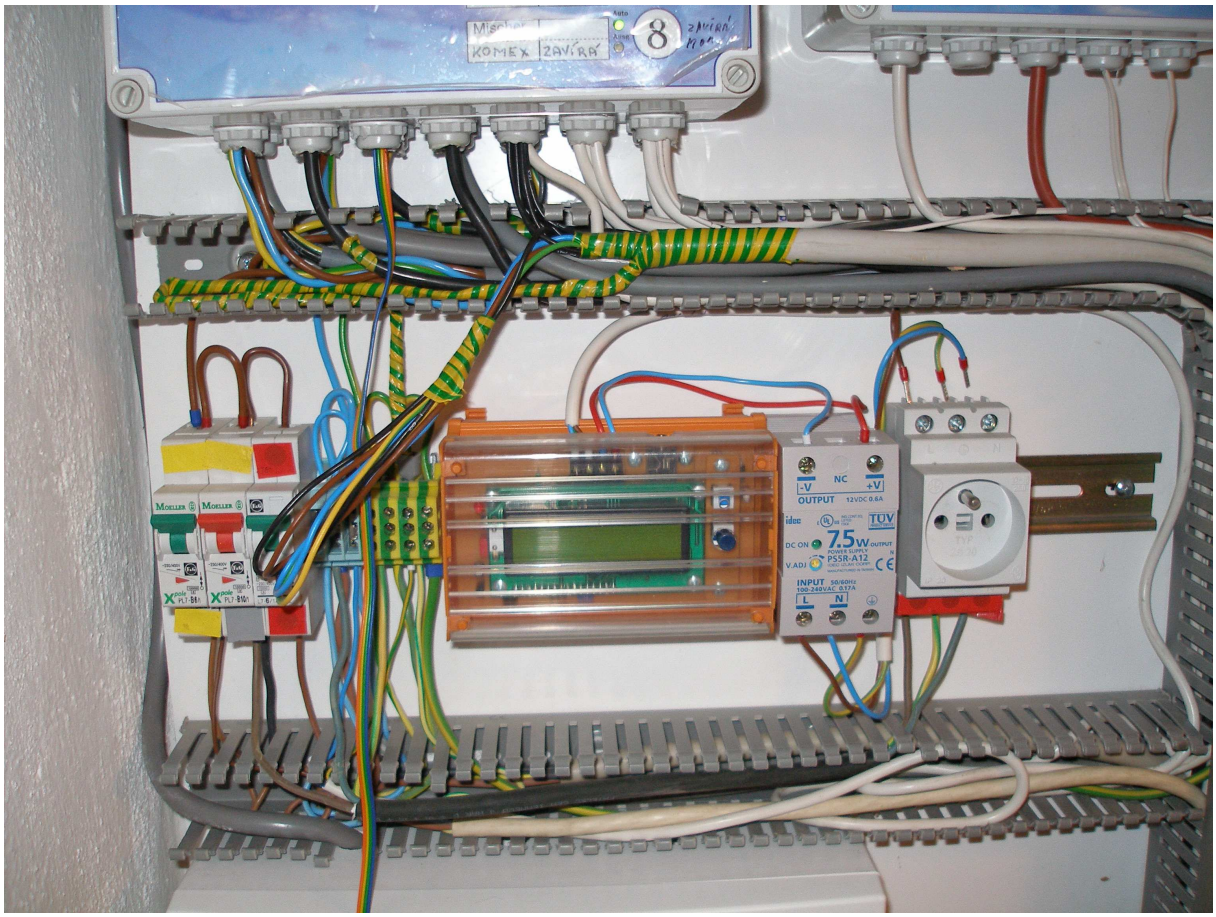
Čerpadla		
Výrobce	WILO	
Typ	Star RS 25/4	
	Star RS 25/6	
Výměník		
Výrobce	SWEP	
Typ	B8/20	
Teplosměnná plocha [m^2]	2,4	
Potrubí		
Měděné trubky	průměr [mm]	délka [m]
	12	10
	22	60
	28	10
Kotel		
Výrobce	Dakon	
Výkon špičkový – elektronicky upraveno [kW]	25 optimum při 12	

3.1.4. Měřící prvky a sledované parametry

3.1.4.1. Sledované parametry

Hlavním sledovaným provozním parametrem jednotlivých částí soustavy je teplota. U teplonosné kapaliny je navíc sledován tlak a průtok (v pravidelných intervalech pak degradační změny). Výkon soustavy je sledován od data jejího uvedení do provozu (září 2005). K tomuto účelu je zapojena jednotka Hanazeder SH-1, která vyhodnocuje okamžitý výkon a celkový (součtový) výkon soustavy. Na zpětné větvi solárního okruhu směrem do kolektorového pole je zapojeno zařízení pro měření výkonu, které podává přehled o skutečném chování soustavy, protože naměřené hodnoty odpovídají skutečně využitému množství dodané solární energie.

V měsíci září roku 2006 bylo zapojeno sluneční čidlo SNG umístěné v rovině kolektorového pole, které sleduje reálný příkon solárního záření. Od roku 2007 je SNG napojeno pomocí speciálního softwaru k řídícímu serveru systému. Odladění softwaru a vizualizace byla součástí této diplomové práce.



Obrázek č. 21: Řídící jednotka,napájení a datalogger čidla SNG *[28, 42]*

3.1.4.2. Regulace soustavy

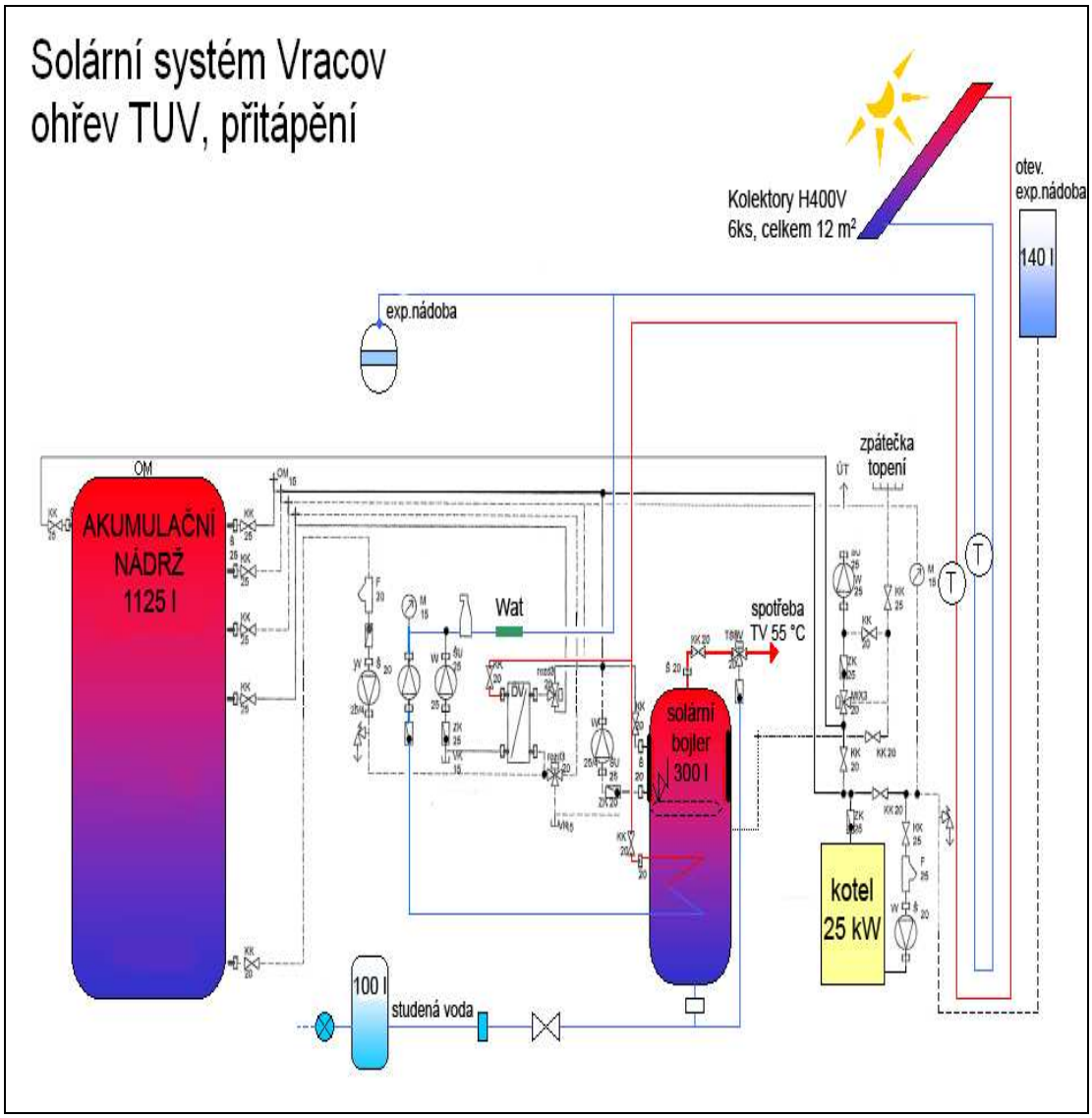
Řízení provozu soustavy, regulaci a monitoring dalších sledovaných parametrů zajišťuje jednotka Hanazeder SH-8, která disponuje celkem 14-ti analogovými a dvěma digitálními vstupy a 16-ti výstupy. Funkce řídící jednotky SH-8 jsou následující:

- monitoring parametrů nezbytných pro efektivní regulaci soustavy
- ovládání čerpadel a ventilů
- řízení dalšího zdroje tepla (plynového kotle)

Mezi parametry, které ovlivňují regulaci soustavy, patří především venkovní teplota vzduchu, vnitřní teplota vzduchu (v obytných prostorách domu), teplota na zpátečce topení a teploty měřené v jednotlivých bodech soustavy – výstup z kolektorů, vstup do kolektorů, solární bojler, akumulační nádrž, teplota selektivní vrstvy absorbéru, teplota na výstupu z plynového kotle. V systému jsou instalovány nezávislé kontrolní analogové měřící prvky – manometr a teploměry umístěné v solárním a spotřebním okruhu.

Obrázek č. 22: Diferenční regulátor Hanazeder SH – 8 *[28]*

3.1.5. Schéma zapojení soustavy



Obrázek č. 23: Schéma solárního systému Vracov *[28]*

Kolektorové pole je umístěno na střeše domu. Orientace je jižní se sklonem 45°. Zvolený sklon je vhodný pro celoroční provoz soustavy. Potrubní rozvody izolované minerální a pěnovou izolací odpovídající tloušťky jsou svedeny komínovým prostupem do přízemí domu, kde se nachází kotelna. V kotelně je umístěno veškeré zbývající technologické zařízení a plynový kotel. Mimo kotelnu je řídící server a malé domácí spotřebiče.

Studená voda je přiváděna do spodní části solárního bojleru, kde je umístěn i vinutý trubkový výměník. Ze solárního bojleru je vyveden výstup teplé vody, který je opatřen směšovacím ventilem a míchá vodu na teplotu výstupu 55 °C. Topná voda je vedena z akumulační nádrže do topného systému domu (teplotní spád 50/75 °C) a zpět do akumulační

nádrže. Pro účely temperování topného systému je v přechodném období nastavena teplota vstupu topné vody do topného systému na 37 °C.

V případě, kdy je teplota v akumulační nádrži vyšší než v solárním bojleru, například vlivem spotřebování teplé vody z bojleru, je možné provádět dohřívání topnou vodou z akumulační nádrže přes dohřívací výměník v plášti solárního bojleru. Kromě této možnosti je možné dohřívat vodu také plynovým kotlem nebo elektrickým topným tělesem o příkonu 2,5 [kW], které je umístěno ve střední části solárního bojleru. Posledně jmenovaný způsob nebyl v průběhu sledovaného období nikdy použit. K ohřevu teplé vody a vytápění domu je používána pouze solární energie a zemní plyn.

Pro vizualizaci a spolupráci řídícího serveru s regulačními systémy firmy Hanazeder Elektronic GmbH byl vyvinut a v rámci této práce odladěn software COM Scanner. Současně využívaná verze má označení 2.0. Program COM Scanner 2 je aplikací pro operační systémy Microsoft Windows a pro trvalý provoz doporučuji využívat řadu NT (např. Windows 2000 CZE).

3.1.6. Malý spotřebič

Pro sledování vlivu na zvýšení celkové efektivity solárního systému jsme jako prvek odebírající solárním systémem předehřátou vodu zvolili běžný domácí spotřebič a to domácí pračku se sušičkou značky Indesit. Spotřebič je v pravidelném bezproblémovém provozu od roku 2004.

Tabulka č. 14: Technické údaje pračky Indesit

Model	WGD1 236 TXU
Rozměry [cm]	šířka 59,5 výška 85 hloubka 40
Kapacita [kg]	1 až 5
Elektrické připojení	napětí 220/230 [V], 50 [Hz], maximální příkon 2300 [W]
Rychlost ždímání	1200 [otáček za min]
Délka pracího cyklu [min]	30 – 165
Teplota při pracím cyklu [˚C]	30 – 90
Hlučnost [dB]	praní 64 odstřeďování 71

4. DISKUSE

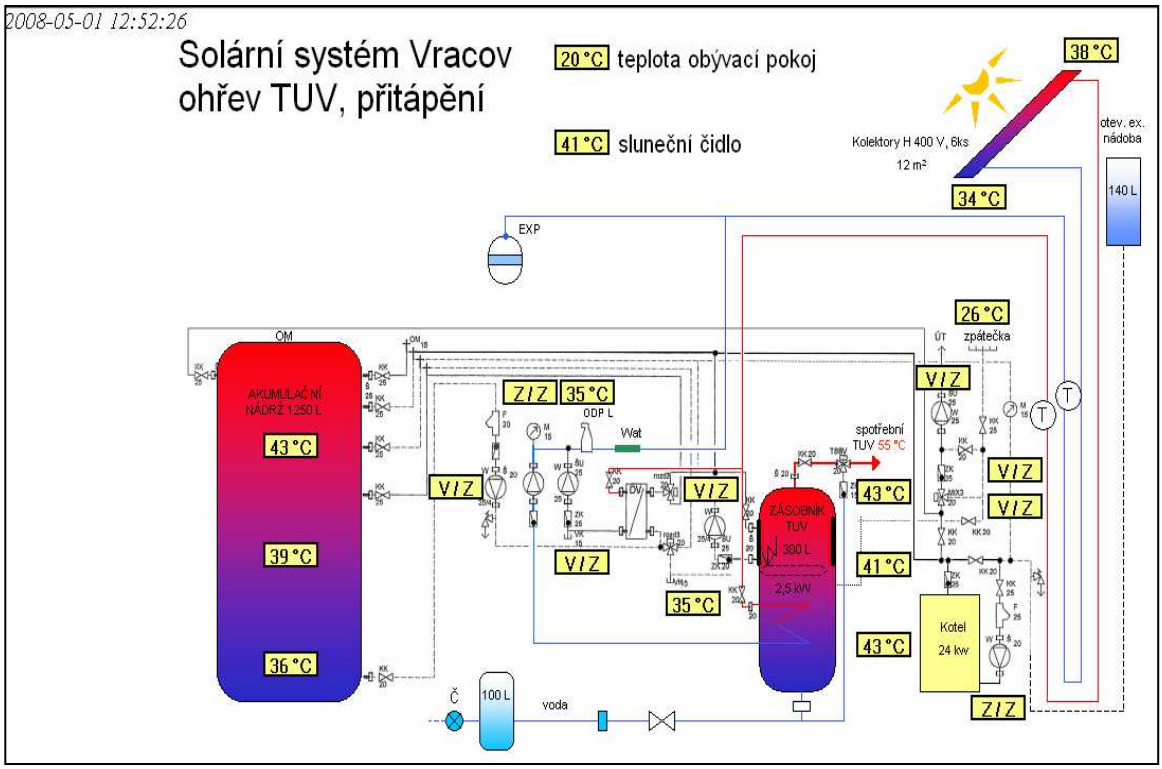
Základním úkolem mé práce bylo navrhnout systém měření uzlových parametrů solárního systému. Bohužel jsem byla částečně omezena ekonomickými možnostmi investora a technickými možnostmi řídící jednotky SH - 8.

Technologický celek, tak jak byl realizován lze logicky rozdělit do tří základních regulovaných okruhů.

Primární okruh – kolektorové pole zajišťující převod slunečního záření do teplonosné kapaliny, pomocný tepelný zdroj a transport tepla k výměníku.

Sekundární okruh – solární bojler, akumulační nádrž, čerpadla a výměníky tepla. Okruh zajišťuje akumulaci a distribuci tepla uvnitř solárního systému.

Terciální okruh – okruh spotřeby tepla (topení, spotřeba teplé vody) a zdroj studené vody.



Obrázek č. 24: Schéma systému uzlových parametrů solárního systému Vracov

Na obrázku č. 24 je schéma systému uzlových parametrů. Z obrázku je zřejmé, že jsem navrhla 5 sledovaných parametrů primárního okruhu (3 teplotní čidla byla umístěna v kolektorovém poli, 1 na studené větvi výměníku a jedno na výstupu z plynového kotle), 6 sledovaných parametrů sekundárního okruhu (3 teplotní čidla v solárním bojleru a 3 teplotní čidla v akumulační nádrži) a 2 parametry terciálního okruhu (jedno čidlo pro měření referenční pokojové teploty a jedno teplotní čidlo na vratné větvi topení). Těchto 13 parametrů postačuje k určení teplotních diferencí pro regulaci celého systému.

Řídící diferencí pro spuštění primárního okruhu je poměr mezi výstupem solárních kolektorů a vstupem solárního bojleru případně vstupem akumulační nádrže.

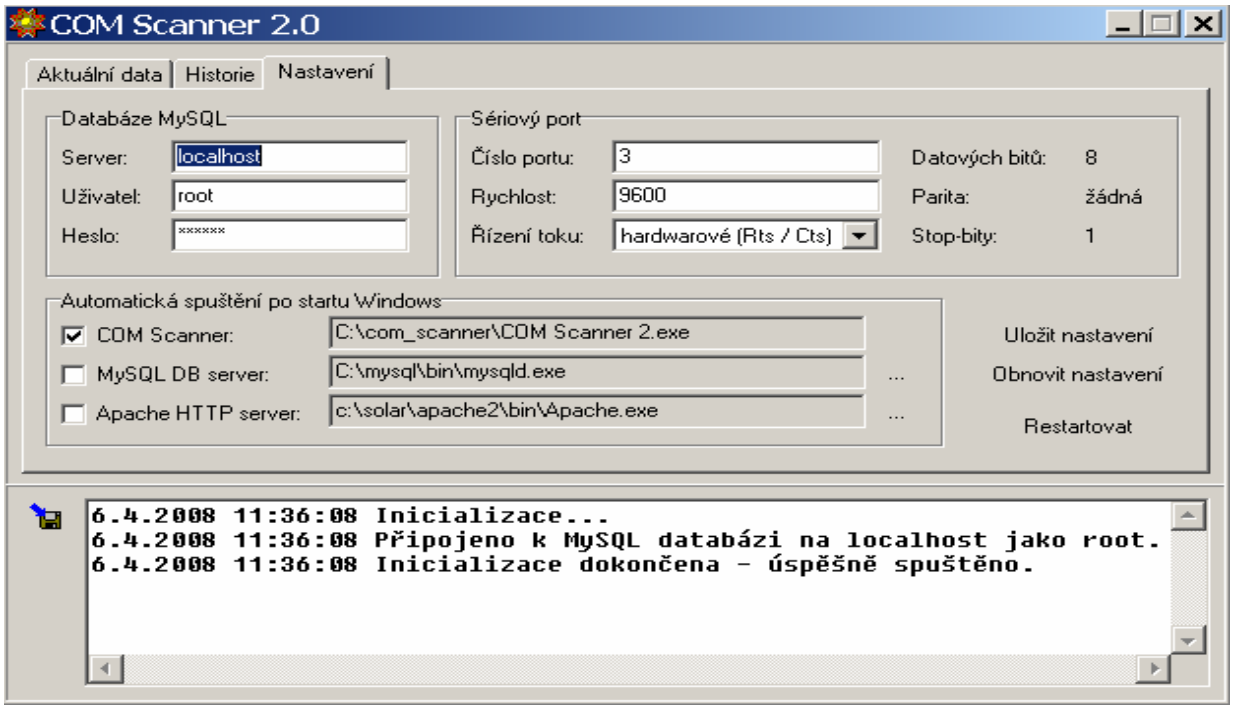
Sekundární okruh je v základním nastavení řízen poměrem středu solárního bojleru a výstupem akumulační nádrže.

Okruh spotřeby tepla je pak dán nastavením čidla pokojové teploty a diferencí teplot mezi vrchem akumulační nádrže a vratnou větví topení.

Na obrázku č. 24 je jen symbolicky zeleným polem znázorněno umístění prvku pro měření výkonu SH – 1 a chybí zde zcela umístění zařízení SNG pro měření energie globálního sluneční záření.

Pro snímání, převod a vyhodnocování dat z teplotních čidel a řídích prvků složil program COM Scanner, jehož odladění byl další úkol mé práce.

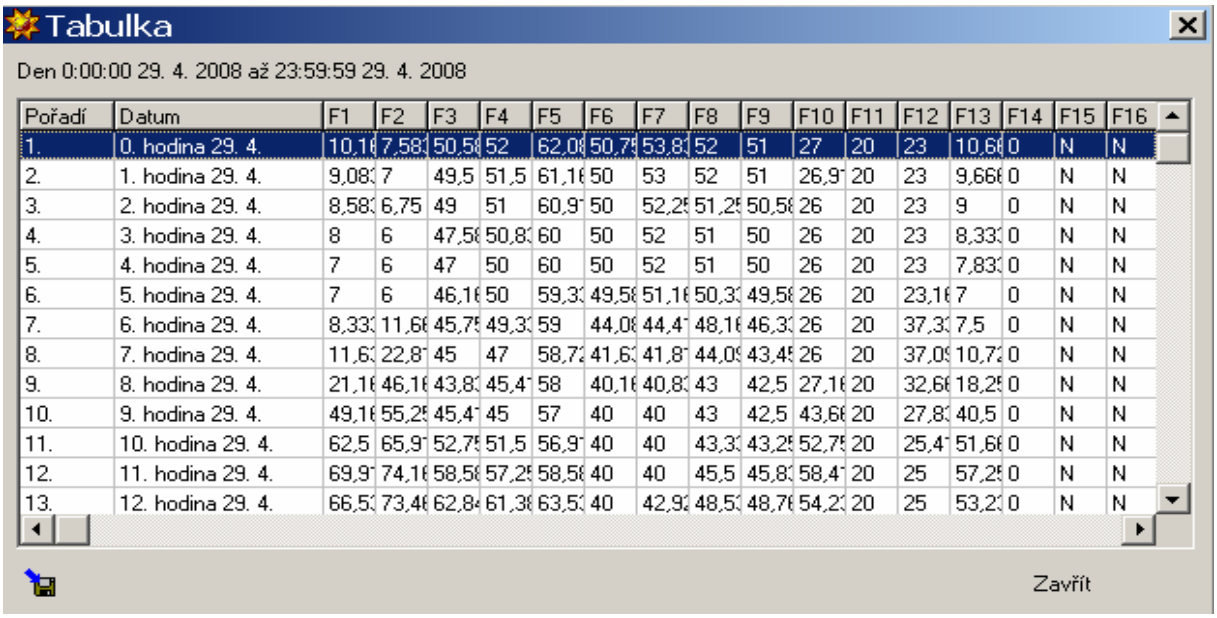
Program COM Scanner 2 je aplikací vyvinutý pro operační systémy Microsoft Windows. Pro trvalý provoz je doporučeno využívat řadu NT (v mém případě jsem využívala Windows server 2000 CZE). Program vyžaduje české prostředí (jedná se o českou verzi). Program spolupracuje s MySQL databází. Účelem je zachytávat přes sériový port (COM) data od řídícího systému, analyzovat je a ukládat do databáze. Základní nastavení pro naší aplikaci je předvedeno na obrázku č. 25.



Obrázek č. 25: Základní nastavení COM Scanner 2.0

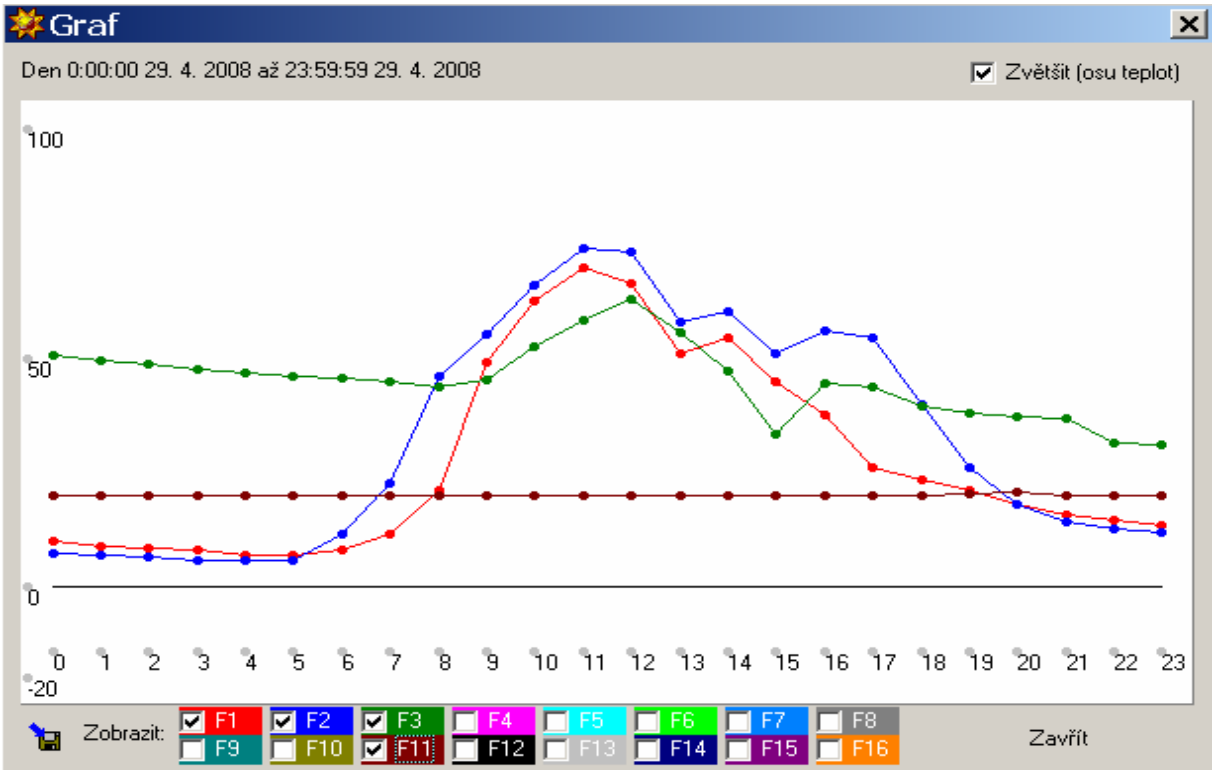
Aktuální data (teploty a stavy) je možné prohlížet on-line přímo v prostředí programu. Protože však program ukládá všechna analyzovaná data do systémové databáze je možné také sestavovat časově závislé tabulky a grafy viz tabulka č. 15 a graf č. 2.

Tabulka č. 15: Tabulka historie dat



Pořadí	Datum	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
1.	0. hodina 29. 4.	10,1	7,58	50,5	52	62,0	50,7	53,8	52	51	27	20	23	10,6	0	N	N
2.	1. hodina 29. 4.	9,08	7	49,5	51,5	61,1	50	53	52	51	26,9	20	23	9,66	0	N	N
3.	2. hodina 29. 4.	8,58	6,75	49	51	60,9	50	52,2	51,2	50,5	26	20	23	9	0	N	N
4.	3. hodina 29. 4.	8	6	47,5	50,8	60	50	52	51	50	26	20	23	8,33	0	N	N
5.	4. hodina 29. 4.	7	6	47	50	60	50	52	51	50	26	20	23	7,83	0	N	N
6.	5. hodina 29. 4.	7	6	46,1	50	59,3	49,5	51,1	50,3	49,5	26	20	23,1	7	0	N	N
7.	6. hodina 29. 4.	8,33	11,6	45,7	49,3	59	44,0	44,4	48,1	46,3	26	20	37,3	7,5	0	N	N
8.	7. hodina 29. 4.	11,6	22,8	45	47	58,7	41,6	41,8	44,0	43,4	26	20	37,0	10,7	0	N	N
9.	8. hodina 29. 4.	21,1	46,1	43,8	45,4	58	40,1	40,8	43	42,5	27,1	20	32,6	18,2	0	N	N
10.	9. hodina 29. 4.	49,1	55,2	45,4	45	57	40	40	43	42,5	43,6	20	27,8	40,5	0	N	N
11.	10. hodina 29. 4.	62,5	65,9	52,7	51,5	56,9	40	40	43,3	43,2	52,7	20	25,4	51,6	0	N	N
12.	11. hodina 29. 4.	69,9	74,1	58,5	57,2	58,5	40	40	45,5	45,8	58,4	20	25	57,2	0	N	N
13.	12. hodina 29. 4.	66,5	73,4	62,8	61,3	63,5	40	42,9	48,5	48,7	54,2	20	25	53,2	0	N	N

Graf č. 2: Grafické znázornění historie dat



Historii je možné také zálohovat do souborů. Aktuální data z řídícího systému je možné sledovat v reálném čase na webových stránkách (třeba přes internet obrázek č. 24). Je takto možné kontrolovat stav systému. K tomu stačí jakýkoli webový server (HTTP server) s nainstalovaným preprocesorem PHP. Příkladem webového serveru může být HTTP server Apache. Program COM Scanner, MySQL databázový server a webový server můžou a nemusí běžet na stejném počítači. Běží-li na samostatných PC, musejí být počítače propojeny sítí (nejlépe LAN).

Data jsou v MySQL databázi uložena ve dvou tabulkách actual a history v databázi s názvem SOLCOM_2. COM Scanner 2 vyžaduje k provozu adresu počítače, na kterém běží databázový server, uživatelské jméno a heslo uživatele, který má právo zapisovat do zmíněné databáze, popřípadě ji i vytvořit (jinak ji musí vytvořit správce ručně). Dalším vyžadovaným údajem je číslo sériového portu s připojeným řídícím systémem. U portu je možno nastavit i některé další parametry. MySQL databázi doporučuji nainstalovat jako službu a COM Scanner spouštět automaticky po startu Windows (resp. přihlášení do něj). Všechny zmíněné údaje lze nastavit buď v textovém konfiguračním souboru nebo lépe přímo v hlavním okně programu v záložce Nastavení. Program se při automatickém startu sám minimalizuje do pravé části hlavního panelu vedle hodin (tray-bar).

Generování grafů a tabulek a záloha dat do souborů se provádí v záložce Historie. Jako vstup těchto operací může sloužit buď samotná MySQL databáze nebo vytvořený soubor s daty. Operace je možné provádět v několika rozsazích (rok, měsíc, týden, den, hodina). Jako výstup slouží zmíněný graf, tabulka nebo soubor. Na záložce Historie je také možné všechna dosavadní data z databáze vymazat.

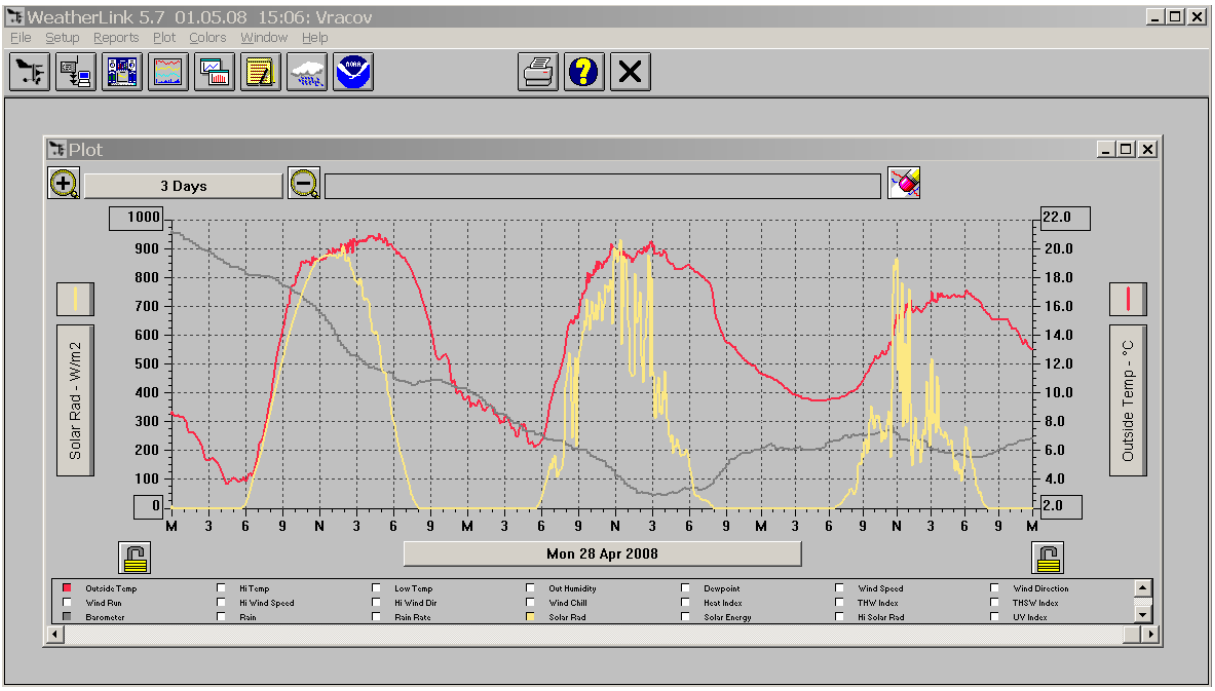
Aktuální data jsou k dispozici na záložce Aktuální data (teploty z teplotních čidel, stavy ventilů a režim automatiky ventilů). Program umí zpracovat data ze systému s maximálně 16 teplotními vstupy (F) a 16 dvoj-stavy ovládacích členů (aktuální stav a stav automatiky).

Události programu se zaznamenávají v tak zvaném logovacím okně (pod záložkami). Jeho obsah je možné uložit do souboru. Grafy je možné exportovat do obrázku formátu BMP, tabulky do CSV. Data se ukládají do souboru s vlastním formátem (SAD). Konfigurační soubor je textový a jeho obsah lze lehce pochopit.

Po prvním spuštění doporučuji po svých zkušenostech s programem přejít na záložku Nastavení, uložit konfiguraci a program ukončit. Změnit informace v konfiguračním souboru. Program znovu spustit. Doladit informace na záložce Nastavení, uložit je a poté restartovat program nebo počítač (spustí-li se program automaticky). V případě, že se nevyskytnou chyby, je možné software trvale provozovat. Spustí-li se program a nepodaří-li se mu správně inicializovat (není-li například ještě spuštěna MySQL databáze), zkouší to stále znovu v intervalu 5 sekund, dokud se úspěšně nespustí.

Program komunikuje s MySQL databází pomocí knihovny libmySQL.dll (součástí distribuce MySQL databázového serveru). Je nutné ji nahrát buď do systémového adresáře nebo do stejného adresáře jako aplikace. Tím jsme odstranili nutnost instalovat ovladač MyODBC.

Pro sledování hodnot solárního příkonu pro kalibraci zařízení SNG jsem měla k dispozici výstup z profesionální meteorologické stanice Vantage2 PRO+, která umožňuje sledovat globální solární záření v rozsahu 290 nm – 1200 nm, rychlost a směr větru, teplotu, relativní vlhkost a srážky. Stanice je volně programovatelná což umožňuje definici vlastních parametrů sledování jako je například pocitová teplota. Na obrázku č. 26 je ukázka hodnot barometrického tlaku, venkovní teploty a solárního výkonu naměřené ve dnech 27., 28. a 29. dubna 2008.



Obrázek č. 26: Grafické znázornění historie dat Vantage2 PRO+

Čidlo našeho přístroje SNG je umístěno v rovině kolektorů a hodnoty jsou průběžně ukládány do dataloggeru. K zobrazení hodnot slouží program SNG 1.0.

Po spuštění programu se objeví základní okno s editačními poli pro hodnoty času. Při zaškrtnutém políčku „AUTO REFRESH“ jsou hodnoty časového údaje pravidelně aktualizovány ze systémového času počítače. Pomocí comboxu zvolíme správný COM port (protože jsme všechna zařízení připojovali přes sériové rozhraní RS 232 je důležité pečlivě označit pořadí jednotlivých zařízení) a kliknutím na tlačítko SET se nastavené hodnoty přenesou do PC a okamžitě se zobrazí na jeho displeji.

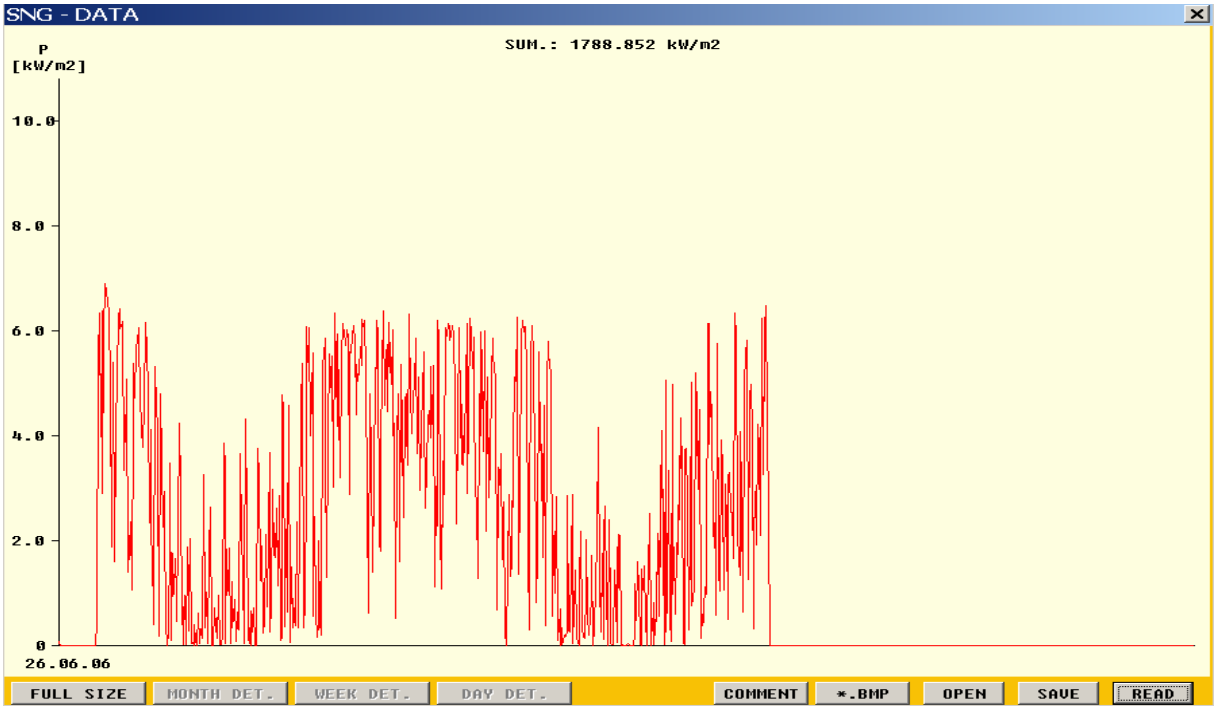
Kliknutím na tlačítko „DATA“ se otevře nové okno pro práci s naměřenými daty. Kliknutím na tlačítko „READ“ se nahrají do počítače data z dataloggeru do počítače. Nahraná data lze pomocí tlačítka „SAVE“ uložit do souboru, případně kliknutím na tlačítko „OPEN“ lze již uložená data opět otevřít. Jsou-li nějaká data k dispozici, zobrazí se v hlavním grafu průběh denních součtů.

V levé horní části se při pohybu myší zobrazuje datum, odpovídající poloze kurzoru myši. V horní části uprostřed je pak součet hodnot zobrazených denních součtů - tedy celkový výkon za dobu, jejíž průběh je na grafu zobrazen. Prvním kliknutím myši na část grafu se zobrazenými daty se nakreslí svislá modrá čára a odblokují se tlačítka „MONTH DET.“, „WEEK DET.“ a „DAY DET.“.

Kliknutím na některé z těchto tlačítek se otevře nové okno se zobrazením měsíčního, týdenního nebo denního detailu. Pro měsíční a týdenní detail je zvolen jako počátek nejbližší „minulý“ začátek měsíce (nejbližšího prvního), nebo týdne (nejbližší minulá neděle). Bohužel z důvodu použitého zahraničního hardwaru (formátu v obvodu RTC) jsme byli nuceni převzít americký způsob týdne – tedy od neděle do soboty). V detailních zobrazeních je možno listovat o jeden interval (měsíc, týden nebo den) vpřed (kliknutím na tlačítko „NEXT“) nebo vzad (tlačítko „PREV“). Kliknutím na graf s měsíčním nebo týdenním průběhem se zobrazí ještě detail odpovídajícího dne. V horní části každého grafu je vždy zobrazeno datum zobrazovaného průběhu (od - do) a celkový výkon.

Pomocí tlačítka „*.BMP“ je možno všechny zobrazované průběhy ukládat do bitmapového souboru.

Zařízení je ve formě prototypu umístěno na 4 lokalitách a odlaďují se ještě některé nedostatky zejména při zpracování dat.



Obrázek č. 27: Grafické znázornění historie dat SNG

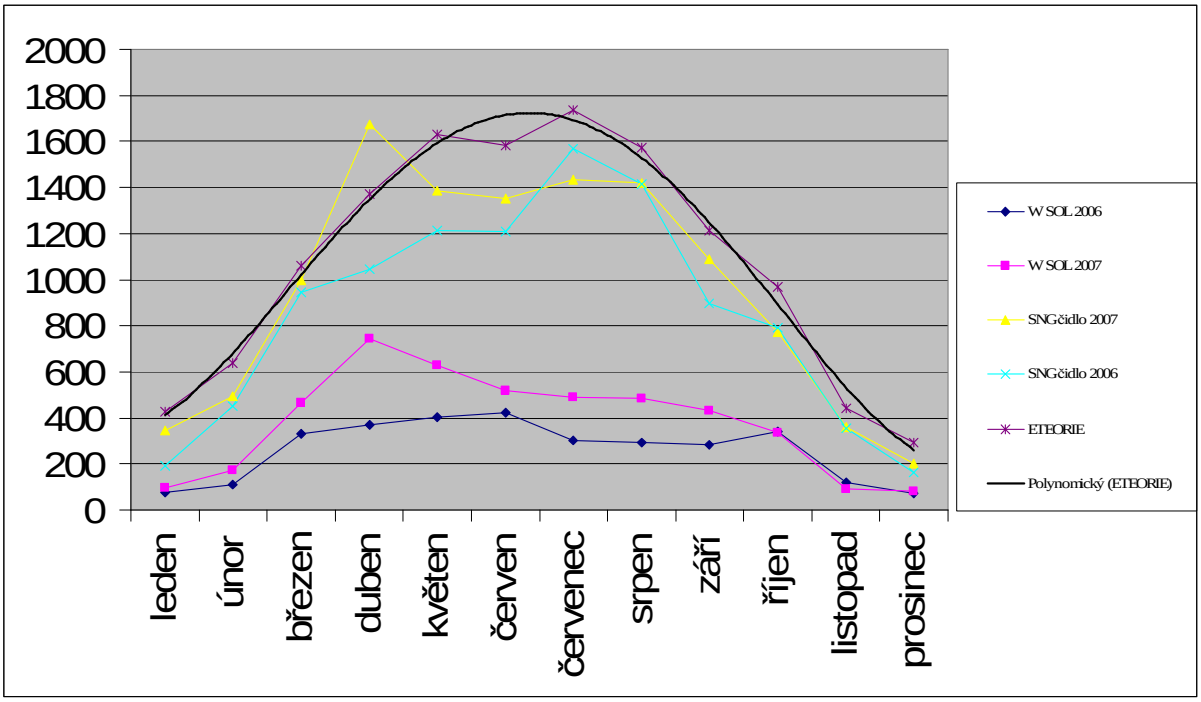
Na posledním obrázku č. 28 je ukázka možného grafického zpracování dat automaticky pořízených výše diskutovanými softwary.

Jedná se o data solárních výkonů za rok 2006 a 2007. Zde mne zaujalo potvrzení teoretického předpokladu zvýšení využití solárního systému zařazením malého domácího spotřebiče tepla (v našem případě pračky Indesit WGD1 236 TXU).

Je zřejmé, že zařazením těchto spotřebičů dochází k významnému zvýšení solárních zisků zejména na úkor vnitřních ztrát.

Je dále zřejmé, že teoreticky spočítaný (vychází pouze z údajů o poloze) maximální solární výkon (křivka ETEORIE a její matematické zpracování) nebyl ani v jednom sledovaném roce dosažen nebo překročen (křivky SNG čidlo 2006 a 2007).

Křivky WSol 2006 a WSol 2007 představují skutečně odebraný a změřený výkon solárního systému. Zařazením nového spotřebiče došlo v roce 2007 k absolutnímu i relativnímu zvýšení výkonu systému.



Obrázek č. 28: Grafického zpracování dat solárních výkonů za rok 2006 a 2007

5. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo studium a hodnocení provozu reálného solárního systému. Byla provedena analýza konkrétního technologického komplexu a na základě této analýzy byl navržen systém měření uzlových parametrů s ohledem na ekonomické a technické možnosti investora. Bylo provedeno fyzické propojení řídící jednotky solárního systému s webovým serverem, bylo postupně provedeno fyzické propojení jednotlivých monitorovacích zařízení s webovým serverem. Všechna propojení byla realizována přes sériové rozhraní typu RS 232. Byl úspěšně odladěn software COM Scanner 2.0 pro grafické znázornění časově teplotních závislostí a přenos dat na připravenou webovou aplikaci. Byl úspěšně odladěn software SNG 1.0 pro přenos dat s datalogeru zařízení pro měření globálního slunečního záření na připravenou webovou aplikaci. V závěru bylo krátce diskutováno zvýšení efektivity reálného technologického systému vložením malého domácího spotřebiče do okruhu spotřeby akumulované energie.

6. POUŽITÁ LITERATURA

1. Kotlík, J.; Půčková, H.: *Vizualizace a on-line přístup k solárním systémům,* Scientific Pedagogical Publishing, České Budějovice, 2006, ISBN 80-85645-56-4

2. Kotlík, J.; Ondruška, V.; Skolil, J.: *Stabilita teplonosných kapalin v solárních systémech*, Zem v pasci?, Zvolen, 2008, ISBN

3. Mittermair, J.; Sauer, M.; Weiss, M.: *Zařízení se slunečními kolektory,* Computer Graphics Ostrava, 1999, 88 s.

4. Skála, Z.: *Ekologie v energetice,* VUT v Brně PC-DIR spol. s.r.o., Brno, 1994, 141 s.

5. Skleníkový efekt http://heylottka.blog.cz/0702/sklenikovy-efekt

6. Bacher, P.: *Energie pro 21. století,* HZ Editio s.r.o., Praha, 2002, 1. vydání, 182 s.

7. Kjótský protokol http://www.chmi.cz/cc/kyoto.html

8. Oficiální stránky ČEZ http://www.cez.cz/presentation/static/solarni/k22.htm

9. Otevřená encyklopedie Wikipedie http://cs.wikipedia.org/wiki/Slunce

10. Večer, J.: *Energie napůl zdarma,* Horizont, Praha, 1999, 1. vydání, 228 s.

11. Rybár, P.; Rybár, R.; Tauš, P.: *Alternativní zdroje energie I. Sluneční energie,* TU v Košicích, Elfa, Košice, 2001, 1.vydání, 65 s.

12. Oficiální stránky firmy Solarnet s.r.o. http://www.solarnet.cz/Solarni serial.htm

13. Cihelka, J.: *Solární tepelná technika,* Nakladatelství T. Malina, Praha, 1994, 208 s.

14. Themessl, A.; Weiss, W.: *Solární systémy Návrhy a stavba svépomocí,* Grada publishing, Praha, 2005, 120 s.

15. The European Commission's Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 22/03/2007 dostupné na: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe

16. Kolektiv autorů sdružení CALLA: Přednáška o možnostech využití solární energie, leden 2003, dostupné na: http://calla.ecn.cz/cdcalla/html/folie/1.html

17. Kolektiv autorů: *Atlas podnebí Česka, Climate atlas of Czechia,* Praha: ČHMÚ; Olomouc: Universita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ) ISBN 978-80-244-1626-7 (UP)

18. Murtiger, K.; Truxa, J.: *Solární energie pro váš dům*, ERA Group, Brno, 2005, 83 s.

19. Kotlík, J.; Kotlíková, S.; Půčková, H.: *Inteligentní dům, multimédia*, STRC, Vracov, 2006.

20. Přehled solárních systémů http://www.itest.cz/solar/solar2007.htm

21. Kotlík, J.; Kotlíková, S.: *Modul HLC a příklady řízení solárních systémů*, překlad Hanazeder HLC, STRC, Vracov, 2005, 60 s.

22. Kotlík, J.; Půčková, H.: Increasing *solar gains by using hot water for needs small home appliance*, STRC, Vracov, 2007

23. Ladener, H.; Späte, F.: *Solární zařízení*, Grada Publishing a.s., Praha, 2003, 83 s.

24. Solární absorbéry http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/AOZE/Mgr-AOZE2/Sol_Kol3-dopl.pdf

25. Oficiální stránka firmy Solar-IN s.r.o. http://www.solar-in.cz/index_soubory/kolektory.htm

26. Oficiální stránky firmy Solarnet s.r.o. http://www.solarnet.cz/Solarni_kolektor.htm

27. California Institute of Technology http://stardust.jpl.nasa.gov/tech/aerogel.html

28. Kotlík, J.: Solární systém Vracov [on-line]. 2007. Dostupné na <http://www.kotlik.eu>

29. Matuška, T.: Trendy v solární tepelné technice (V) – Zásobníky tepla, publikováno 24/10/2005. Dostupné na http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2799

30. Matuška, T.: Trendy v solární tepelné technice. Křivky účinnosti různých typů solárních kolektorů, publikováno 2/6/2005. Dostupné na http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2552

31. Kotlík, J.; Půčková, H.: *Popis a využití programu ComScanner*, Scientific Pedagogical Publishing, České Budějovice, 2006, ISBN 80-85645-56-4

32. Kotlík, J.; Matýáš, J.: *Regulace reálných solárních systémů jednotkou HLC*, Ried im Inkreis, Rakousko, 2005

33. Matuška, T.: Trendy v solární tepelné technice. Provoz solárních soustav, publikováno 2/6/2005. Dostupné na http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1949&h=13&pl=49

34. Atlas zařízení využívající obnovitelné zdroje energie http://www.calla.cz/atlas

35. Oficiální stránky Ministerstva obchodu a průmyslu www.mpo.cz, download.mpo.cz/get/32038/35481/388974/priloha001.pdf

36. Oficiální stránky Státního fondu životního prostředí České republiky http://www.sfzp.cz/dwn/2000/5541_D_cs_fo_informacni_letak_2007.doc

37. Širůček, E.: *Obnovitelné zdroje energie*, FCC Public, Praha, 2001, 2. vydání, 208 s.

38. Matuška, T.: Měření technických parametrů solárního kolektoru a systému, publikováno 3/6/2004. Dostupné na: http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1959 Jak je tento zdroj starý? Je třeba přiřadit tak rok 2006

39. ČSN EN 12975-2:2001

40. Solar irradiation data utility http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe

41. Kotlík, J.; Půčková, H.: Technology measurement global solar radiation in the area 320 - 1150nm, prezentace, Washington D.C.,USA, 2007

42. Kotlík, J.; Matyáš, J.: *Měření globálního záření SNG*, STRC, Vracov, 2008

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

OZE	obnovitelné zdroje energie
CALLA	Sdružení pro záchranu prostředí
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
SFŽP	Státní fond životního prostředí
EKIS	Internetové energetické konzultační a informační středisko
ESTIF	European Solar Thermal Industry Federation
EU	Evropská unie
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
PVC	polyvinylchlorid
SRN	Německá spolková republika
UV	ultra fialový
USA	Spojené státy americké
SNG	přístroj pro měření globálního záření
SNG 1.0	program
COM Scanner	program
Vantage2 PRO+	název meteorologické stanice firmy Davis
PC	osobní počítač
RS 232	název sériového rozhraní PC
COM port	sériové rozhraní PC
RTC	mikroprocesorový obvod
MySQL	databáze
MyODBC	ovladač databáze MySQL
SOLCOM_2	název databáze
WGD1 236 TXU	technické označení pračky Indesit
LAN	typ počítačové sítě
.BMP	koncovka souboru - formát
.SAD	koncovka souboru - formát
.CSV	koncovka souboru – formát
NT	síť
SH – 8	název řídící jednotky Hanazeder
SH – 1	název řídící jednotky Hanazeder
ISO	Evropská norma
ČSN	Česká norma
HTTP	protokol pro komunikaci serveru s klientem
PHP	preprocesor pomocí něhož lze vytvářet dynamické stránky na straně serveru