

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

NÁVRH SYSTÉMU OHŘEVU TUV PRO ZÁSOBOVÁNÍ RODINNÉHO DOMU SOLÁRNÍMI KOLEKTORY

PROJECT OF SOLAR CELL WARM-WATER HEATING SYSTEM FOR FAMILY HOUSE HEAT-
WATER-SUPPLY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VOJTĚCH ČÍP

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL NOVOTNÝ, CSC.

BRNO 2008

ANOTACE

Předmětem této práce je praktický návrh solárních kolektorů pro ohřev teplé užitkové vody (TUV). Součástí je i přehled možného využití sluneční energie. V objektu existuje několik možných variant ohřevu TUV. Bude posouzena finanční návratnost po instalaci solární soustavy pro jednotlivé způsoby ohřevu.

ANNOTATION

Subject of these work is project of solar cell warm-water heating system for family house heat-water-supply. Summary of basic improvement solar energy is included. There have been several possible variants for water heating in house. Examination economic return after instalation solar system will be compare for these individual manners of heating.

Klíčová slova

solární, sluneční, energie, ohřev, kolektor, akumulční nádrž

Key words

solar, sunlight, energy, heating, collector, storage tank

Bibliografická citace mé práce:

ČÍP, V. Návrh systému ohřevu TUV pro zásobování rodinného domu solárními kolektory. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Novotný, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji tímto, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně na základě uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce.

.....
podpis diplomanta

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji Ing. Pavlu Novotnému, CSc. za vedení v průběhu vytváření bakalářské práce. Poděkování patří i Milanu Pařenicovi za cenné informace o objektu a poskytnuté projekční podklady.

ÚVOD.....	- 9 -
1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O SLUNEČNÍ ENERGII	- 10 -
1.1 Vznik a původ slunečního záření	- 10 -
1.2 Dopad záření na zemský povrch.....	- 10 -
1.3 Určení směru dopadu	- 11 -
1.4 Skladba slunečního záření, ztráty	- 12 -
2. VYUŽÍVÁNÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ	- 13 -
2.1 Pasivní využívání slunečního záření.....	- 13 -
2.2 Aktivní využívání slunečního záření pro výrobu elektrické energie	- 15 -
2.2.1 Základní polovodičové materiály pro solární články	- 15 -
2.2.2 Konstrukce solárních článků	- 17 -
2.2.3 Typy fotovoltaických systémů	- 17 -
2.3 Aktivní využívání slunečního záření pro výrobu tepla	- 18 -
2.3.1 Vzduchové solární tepelné systémy	- 18 -
2.3.2 Kapalinové solární tepelné systémy	- 19 -
2.3.3 Rozdělení soustav podle ČSN EN ISO 9488	- 23 -
3. SOLÁRNÍ KOLEKTORY	- 24 -
3.1 Vzduchové kolektory.....	- 24 -
3.2 Ploché kapalinové kolektory	- 24 -
3.3 Soustřed'ující kolektory.....	- 26 -
3.4 Rozdělení kolektorů podle ČSN EN ISO 9488	- 26 -
4. INFORMACE O OBJEKTU	- 28 -
4.1 Lokalita	- 28 -
4.2 Objekt.....	- 28 -
5. NÁVRH SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ PRO OHŘEV TUV.....	- 30 -
5.1 Volba typu a velikosti akumulací nádrže	- 30 -
5.2 Určení potřebné plochy absorberu.....	- 31 -
5.3 Dimenzování průměru potrubí.....	- 36 -
5.4 Průtokový odpor solárního zařízení	- 36 -
5.5 Dimenzování oběhového čerpadla	- 37 -
5.6 Celkový objem teplotnosného média Viessmann v soustavě	- 38 -
5.7 Návrh expanzní nádoby.....	- 38 -
5.8 Návrh pojistného ventilu	- 39 -
5.9 Bezpečnostní termostat	- 39 -
5.10 Schéma zapojení celé soustavy.....	- 40 -
5.11 Způsob regulace	- 41 -
6. SROVNÁNÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA OHŘEV TUV.....	- 42 -
6.1 Potřeba energie pro ohřev TUV.....	- 42 -
6.2 Náklady při provozu kotle na uhlí.....	- 42 -
6.3 Náklady při provozu kotle na dřevo	- 43 -

<i>6.4 Náklady při provozu elektrokotle</i>	<i>- 43 -</i>
<i>6.5 Úspora nákladů po instalaci solárních panelů.....</i>	<i>- 44 -</i>
ZÁVĚR	- 46 -
LITERATURA	- 48 -

ÚVOD

Lidstvo již už od počátku řeší problém získávání, akumulace a efektivního využívání energie pro svůj užitek. V současnosti patří tato problematika mezi hlavní oblasti lidského zájmu.

Přírodní zdroje energie můžeme rozdělit z mnoha hledisek. Jedna z možností je rozdělit tyto zdroje na energii uloženou ve starých zásobách (fosilní a jaderná paliva, vodík, geotermální energie a chemické látky) a na energii slunečního zářivého toku

Vzhledem k tomu, že v brzké době dojde k vyčerpání fosilních paliv a využití ostatních starých zásob je komplikované či je potřeba k efektivnímu a ekologickému zpracování další technický vývoj, stává se využití energie slunečního toku velmi aktuální.

Využívání energii slunce můžeme rozdělit na nepřímou a přímou. Nepřímá solární energetika zahrnuje využívání energie získané využitím vody, větru nebo biomasy. Přímá solární energie obsahuje přímé využívání slunečního toku pomocí pasivních nebo aktivních systémů. [11]

Předmětem této práce je konkrétní návrh solárních kolektorů pro ohřev teplé užitkové vody (TUV). Součástí je i přehled možných způsobů využití sluneční energie. Závěrem je zpracována cenová bilance finanční návratnosti investice do solární soustavy.

Prezentovaný návrh je zpracován s využitím projekčních podkladů firmy Viessmann, která patří mezi špičku v tomto oboru. Všechna navržená zařízení (včetně akumulární nádrže) spadají do sortimentu toho výrobce. Navrhnutá soustava se řadí mezi soustavy s nuceným oběhem (pomocí čerpadla). Zařízení bude provozováno v celoročním režimu s využitím dvoukruhového systému (výměník v akumulární nádrži). Návrh je zpracován pro rodinný dům, který obývají čtyři osoby.

Ve sledovaném objektu existuje několik možných variant ohřevu TUV. Součástí návrhu je i rozvaha finanční návratnosti investice na instalaci solárního ohřevu, zjištěná výpočtem provozních odhadovaných nákladů na ohřev TUV za rok pro jednotlivé možné varianty (včetně solárního ohřevu)

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O SLUNEČNÍ ENERGII

Slunce je zdrojem veškeré energie na Zemi. Pro přímé využití solární energie je nutné správně pochopit intenzitu, úhel a směr dopadu slunečního záření v závislosti na zeměpisné poloze sledovaného objektu, meteorologických podmínkách a času v průběhu dne během celého roku. Energie dopadající na zemský povrch je sice značená, ale její efektivní využívání je zatím jen v počátečním stádiu.

1.1 Vznik a původ slunečního záření

Slunce má tvar koule o průměru $1,39 \cdot 10^9$ m. Chemické složení Slunce je 92,1% H, 7,8% He, 0,061% O a 0,03% C. Všechny prvky jsou ve hmotě Slunce obsaženy jako žhavé elektricky vodivé prvky (skupenství plasmy). Hmotnost Slunce je $1,989 \cdot 10^{30}$ kg a od Země je vzdáleno v průměru $1,5 \cdot 10^{11}$ m. [14]

Zdrojem energie Slunce je termonukleární reakce (jaderná syntéza, fuze) probíhající v centrálních oblastech Slunce, při níž dochází k přeměně vodíku na helium. Přeměna probíhá při teplotě $13 \cdot 10^6$ K a tlaku $2 \cdot 10^{10}$ MPa. Jádru atomu vodíku má za těchto podmínek podstatně vyšší hmotnost a ztrácí svůj záporně nabitý obal elektronů, které narážejí rychlostí okolo $1000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ na jiné atomy vodíku. Do reakce vstupují čtyři protony vodíku, spojují se a vytváří jedno jádro helia. Hmotnost jádra helia je menší než hmotnost čtyř protonů vodíku. Rozdíl hmoty se při reakci přemění na energii. Podle množství helia, které až dosud vzniklo, lze stáří Slunce odhadnout na 5 miliard let a předpokládá se, že jaderné fúze budou pokračovat ještě 5 až 10 miliard let.

Při jaderných reakcích se uvolňuje velké množství tepelné energie, která je vyzařována do kosmického prostoru. Celkový tok vyzařované energie je $3,85 \cdot 10^{26}$ W. Měrný tok energie (intenzita záření) na povrchu Slunce je $6 \cdot 10^7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Slunce září jako absolutně černé těleso s povrchovou teplotou okolo 5700 K. Sluneční záření zahrnuje vlnové délky od 10^{-10} m (rentgenové a ultrafialové záření) až do několika metrů (rádiové záření). Největší část energie však připadá na vlnové délky 0,2 až 3 μm (světelné a infračervené záření). [2]

1.2 Dopad záření na zemský povrch

Záření není na cestě k Zemi ničím pohlcováno a přichází na hranici atmosféry v podobě, v níž opustilo Slunce, avšak při značně zmenšené intenzitě. Na plochu kolmou k slunečním paprskům dopadá na povrch zemské atmosféry zářivý tok $1367 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Tento tok se nazývá sluneční (solární) konstantou G_{sc} . Z celkového výkonu vyzařovaného Sluncem dopadají na naši Zemi jen přibližně dvě miliardtina, tj. asi $7,7 \cdot 10^{14}$ kW.

Sluneční záření dopadající na Zemi vstupuje do atmosféry ve výšce zhruba 1000 km od zemského povrchu. Atmosféra se skládá převážně z dusíku a kyslíku. Ve výškách nad 60 km pohlcují tyto atmosférické plyny sluneční ultrafialové a rentgenové záření a ionizují se (ionosféra). Ve výškách 20 až 30 km, se nachází vrstva s velkým obsahem ozónu, ozónosféra. Zde se pohlcuje zbývající část životu nebezpečného ultrafialového záření. V nejnižších vrstvách atmosféry (v troposféře) dochází k pohlcování slunečního záření vodní párou, CO_2 , prachem a kapkami vody v mracích.

Z celkového toku energie se zpět do vesmíru odrazí od mraků, částec prachu a zemského povrchu zhruba 34 %. V atmosféře se pohltí okolo 19 %. Zbývající část sluneční energie je pohlcena zemským povrchem (47 %). Záření pohlcené zemským povrchem se mění v teplo, které je vyzařováno z povrchu Země jako infračervené záření (14 %). Infračervené

záření je pohlcováno v atmosféře víceatomovými plyny, což vede k trvalému zvýšení teploty zemského povrchu (skleníkový efekt). Značné množství energie dopadající na plochy oceánů se spotřebovává na vypařování vody (23 %). Vodní pára je proudy vzduchu vynášena nahoru, kde v chladnějších vrstvách atmosféry kondenzuje a předává své skupenské teplo okolnímu vzduchu. Zbytek slunečního záření pohlceného zemským povrchem (10 %) je odveden konvekcí. Vzduch zahřátý od povrchu Země stoupá nahoru a na jeho místo proudí těžší chladný vzduch, čímž vznikají větry. Nepatrné množství sluneční energie dopadající na Zemi (asi 1 %) je spotřebováno na biologické reakce probíhající v biosféře.

1.3 Určení směru dopadu

Směr dopadu slunečních paprsků je dán vzájemnou polohou slunce nad obzorem a osluněné plochy. Zatímco u osluněné plochy se zpravidla jedná o stálou polohu danou její orientací ke světovým stranám a úhlem sklonu, poloha slunce se mění v závislosti na denní a roční době. Poloha slunce je dána jeho výškou nad obzorem h ($^{\circ}$) a jeho azimutem γ_s ($^{\circ}$). Pro tyto dva úhly platí vztahy

$$\sinh = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$$

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta}{\cosh} \cdot \sin \omega$$

δ – sluneční deklinace (zeměpisná šířka), kde v daný den ve 12 h v poledne je slunce kolmo nad obzorem ($^{\circ}$)

ϕ - zeměpisná šířka ($^{\circ}$)

ω - časový úhel měřený od 12 hodiny v poledne (rad)

γ_s - azimut slunce

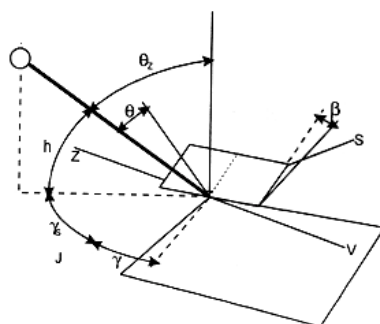
δ - sluneční deklinace ($^{\circ}$) se vypočítá ze vztahu

$$\delta = 23,45^{\circ} \sin(0,98^{\circ}D + 29,7^{\circ}M - 109^{\circ})$$

D - pořadí dne v měsíci

M – pořadí dne v roce

Běžně se počítá jen jedna hodnota deklinace pro celý měsíc. Jako charakteristický den v měsíci se volí dvacátý první.



Obr. č. 1 – Geometrie slunečního záření [1]

Úhel dopadu slunečních paprsků θ ($^\circ$) je úhel, který svírá normála osluněné plochy se směrem paprsků (obr. č. 1). Při známé výšce slunce nad obzorem h a známém azimutu slunce γ_s lze určit úhel dopadu slunečních paprsků θ na obecně orientovanou a skloněnou plochu ze vztahu.

$$\cos \theta = \sin h \cos \beta + \cos h \sin \beta \cos(\gamma_s - \gamma)$$

β - úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny ($^\circ$)

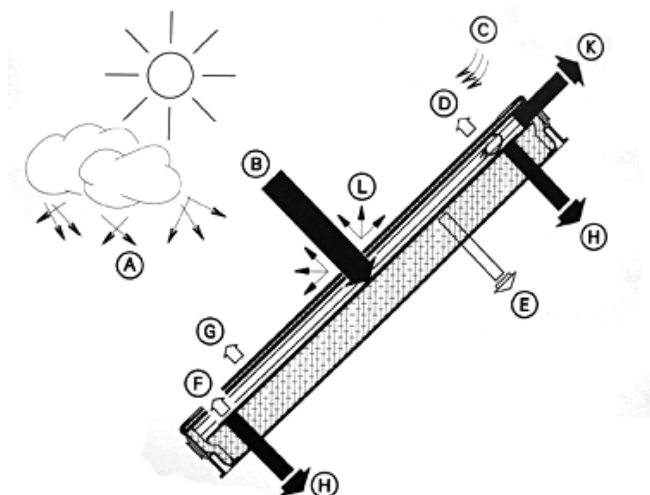
γ - azimutový úhel normály osluněné plochy měřený stejně jako azimut slunce ($^\circ$)

1.4 Skladba slunečního záření, ztráty

Globální záření se skládá ze složky přímého a difúzního záření.

Přímé záření je část, která dopadá bez zábran (reflexe, rozptyl, absorpce molekulami prachu a vzduchu) na zemský povrch.

Difúzní záření je část, která je částicemi prachu a molekulami vzduchu odrážena, případně absorbovaná a opět dále vyzařovaná. Tato složka dopadá na zemský povrch nepřímě.



Obr. č. 2 – Schéma skladby slunečního záření a ztrát [7]

A – difúzní záření

B – přímé sluneční záření

C – vítr, déšť, sníh, konvence

D – ztráty konvencí

E – ztráty vedením

F – tepelné sálání absorbéru

G – tepelné sálání skleněného krytu

H – užitečný výkon kolektoru

K – konvekce

L - reflexe

2. VYUŽÍVÁNÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ

Sluneční záření můžeme využívat v aktivních a pasivních systémech. V této kapitole je uvedeno jejich základní rozdělení, včetně konkrétních popisů způsobu získávání energie

Pasivní systémy jsou všechny systémy, kde se nepoužívají strojní součásti. Využívají vhodné orientace budov a příznivých stavebních konstrukčních řešení.

Aktivní systémy lze rozdělit podle druhu získávané energie. Buď může jít o energii elektrickou nebo tepelnou. V případě získávání energie elektrické se jedná o fotovoltaické systémy pracující nejčastěji s křemíkovými slunečními články. Větší pozornost je v této práci věnována systémům pro přímé získávání tepla. Jsou konstrukčně jednodušší a jejich využívání se rychle rozšiřuje. Základním principem je ohřev vody či teplotnosného média v slunečním kolektoru, který je vhodně orientován (nejlépe jižním směrem). Toto teplo je pak dále využíváno pro nízkoteplotní vytápění, ohřev TUV, ohřev vody v bazénech apod. Existuje velké množství různých technických řešení. Soustavy mohou být děleny podle systému oběhu kapaliny, podle použití výměníku, apod.

2.1 Pasivní využívání slunečního záření

Budovy, které se v co největší míře snaží využívat sluneční energii pomocí čistě stavebních prostředků, se nazývají pasivní heliotechnické budovy. Pasivním solárním systémem lze nazvat jak celou budovu, tak pouze některé z jejích částí. Transport energie se děje pouze přirozenou cestou, bez pomoci technických zařízení.

Na severní nebo návětrnou stranu se neumisťují žádná okna. Hlavní snahou je využití tepelných zisků z jižního průčelí budovy. Členění budovy je minimální. Využívá se vhodného stínění listnatými stromy a brání se přehřívání interiéru v letním období.

a) Rozdělení podle způsobu využití sluneční energie:

- *přímé (sluneční záření prochází přímo do místnosti přes zasklení)*
- *nepřímé (sluneční záření se do místnosti dostává ve formě tepelné energie vyzařované z akumulací stěny)*
- *hybridní*

b) Rozdělení podle umístění v konstrukci:

- *prvky umístěné v obvodových stěnách orientovaných na jih*
- *střešní prvky*
- *přídavné prvky*

Typy pasivních solárních systémů

V další části jsou uvedeny nejčastěji užívané typy pasivních solárních systémů.

Akumulační solární stěny

Jedná se o základní prvek solární architektury. Jižní strana plní funkci jako kolektor, stěny a podlaha jsou zhotoveny z masivních stavebních materiálů s vysokou tepelnou kapacitou. Plní funkci tepelného zásobníku, který zabraňuje přehřátí při slunečním svitu a následně uvolňuje teplo, při poklesu teploty. Teplo se dovnitř budovy šíří sáláním.

Nezasklený solární vzduchový kolektor

Základem je tmavý, děrovaný trapézový plech, jenž se umísťuje na fasádu ve vzdálenosti 2 - 4 cm od zateplené obvodové stěny. Ventilátor vytváří podtlak mezi fasádou a plechem a tím dochází k nasávání vzduchu do dutiny přes děrování. Vzduch stoupá dutinou, ohřívá se a je dále rozváděn běžným větracím zařízením. Teplota vzduchu se může zvýšit o 10 - 25 °C. Tento systém má vysokou účinnost 60 - 70 % a také snižuje tepelné ztráty. Můžeme ho použít tam, kde jsou jižně orientované fasády bez oken a je třeba dosáhnout výměny vzduchu ve velkém množství.

Energetická fasáda

Energetické fasády jsou jednoduché vzduchové kolektory, jejichž transparentní vrstvu tvoří skleněná deska a absorpční povrch normální fasády. Výhodou je, že pomocí těchto kolektorů můžeme zásobovat teplem celou budovu. Při zimním provozu se teplo zachycené fasádou využije pro vytápění, tzn. ohřátý vzduch se rozvádí do jednotlivých místností, které vyhřívá buď pomocí radiace nebo konvekce. V letním období je energetická fasáda schopna odvádět větší část tepelné zátěže dopadající na osluněnou stranu budovy. Fasáda v tomto případě pracuje jako větrací šachta s přirozenou cirkulací vzduchu.

Dvojitě transparentní fasády

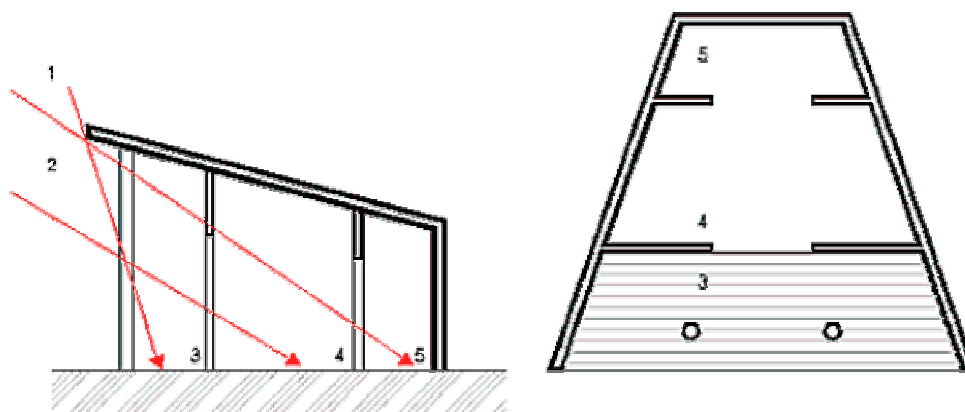
Stejně jako v předcházejícím případě se jedná o vzduchový kolektor, který je tvořen skleněnými deskami předsazenými před obvodovou prosklenou konstrukcí. Ve vzniklé dutině jsou ještě umístěny stínící prvky a otvory umožňující regulaci vzduchu ve vnějším plášti. Tyto fasády nabízejí při vhodné koncepci větrání účinnou ochranu proti pouličnímu hluku, zlepšují funkci tepelné izolace, mohou se použít k ohřevu čerstvého vzduchu. Taktéž umožní noční větrání bez rizika vloupání otevřenými okny. Tato konstrukce chrání nejen fasádu, ale i zařízení protisluneční ochrany.

Energetická střecha

Jedná se o vzduchový kolektor zabudovaný do roviny střešní konstrukce. Většinou se tento způsob kombinuje právě se stěnovým vzduchovým kolektorem. K dosažení dostatečného účinného vztlaku při letním provozu s přirozenou cirkulací vzduchu je nutný určitý výškový rozdíl mezi vstupem a výstupem vzduchu. Z toho důvodu je systém vhodný pro šikmé střechy s úhlem sklonu nejméně 30°. Vzduch se tak dostává do výměníku tepla.

Transparentní tepelná izolace

Transparentní tepelné izolace svými vlastnostmi i užitím umožňují efektivní využití účinků slunečního záření. Jsou to materiály, které výhodně kombinují dvě základní vlastnosti požadované po zasklívacích prvcích v solární technice - dobrou propustnost slunečního záření a nízkou tepelnou ztrátu. Těmito vlastnostmi přispívají ke snížení potřeby tepelné energie v budovách. Jsou vyráběny ze skla anebo z plastů.



Obr. č. 3 - Dům s přímým využitím sluneční energie - podélný řez a půdorys [12]

1 - letní Slunce, 2 - zimné Slunce, 3 - terasa (ochranná zóna z jihu),

4 - obytný prostor, 5 - skladovací prostor (teplná ochranná zóna ze severu)

2.2 Aktivní využívání slunečního záření pro výrobu elektrické energie

Fotovoltaický článek je velkoplošná polovodičová součástka schopná přeměňovat světlo na elektrickou energii. Využívá při tom fotovoltaický jev.

V příměsovém polovodiči typu N je přebytek volných elektronů, v polovodiči typu P je přebytek kladných děr. Při spojení těchto polovodičů zaniknou rekombinací elektronu s kladnou dírou na rozhraní volné nosiče nábojů v oblasti určité šířky. Zbylé nepohyblivé ionty zapříčiní vznik elektrického pole na přechodu PN. Směr elektrického pole je přitom takový, že brání zbylým volným nosičům nábojů pronikat přes rozhraní.

K fotovoltaickému jevu dochází, když dopadá světlo na povrch fotočlátku. Fotony předávají svou energii atomům v krystalové mřížce křemíku (nebo jiného polovodiče) a uvolňují z ní elektrony. Kdyby mezi oběma vrstvami nebyla bariéra přechodu PN, přecházely by v krystalu elektrony volně z místa přebytku do místa nedostatku a fotočlánek by se nemohl stát zdrojem napětí. Elektrony by se spojovaly s "děrami", docházelo by k jejich rekombinaci. Přechod PN však způsobí, že elektrony uvolněné v horní vrstvě polovodiče N nemohou přecházet do vrstvy P a hromadí se proto ve vrstvě N. Elektrony uvolněné světlem ve vrstvě P naopak mohou přes přechod PN přecházet do vrstvy N a počet elektronů se v ní dále zvyšuje. Nahromaděním volných elektronů vznikne mezi horní a spodní vrstvou elektrické napětí o velikosti kolem 0,5 V.

2.2.1 Základní polovodičové materiály pro solární články

O vhodnosti polovodiče pro použití v solárních člancích rozhoduje jeho šířka zakázaného pásu energií. Zakázaný pás je interval energií, které nemohou elektrony nabývat (nejsou v něm žádné energetické hladiny). Tato hodnota by měla být nebo se nacházet v rozmezí od 1,1 eV do 1,7 eV. Dalším požadavkem na vlastnosti polovodičových materiálů je velká pohyblivost a životnost minoritních nosičů náboje. Existuje celá řada polovodičů, které splňují tyto požadavky. Jsou to zejména křemík (Si), arsenik galia (GaAs), telurid kadmia (CdTe), fosfor india (InP), antimonid hliníku (AlSb) a další.

Křemík

Tento materiál byl pro solární články využíván nejdříve. I v současnosti si udržuje první pozici díky největšímu technologickému pokroku i výhodným vlastnostem. Počátek moderní fotovoltaiky sahá až do roku 1954, kdy se podařilo realizovat sluneční fotovoltaické články na bázi monokrystalického křemíku s účinností přeměny 6%. V období 60. a 70. let se dosáhlo jen malého pokroku ve zvýšení účinnosti zejména díky tomu, že hlavní důraz byl kladen na využití systémů pro kosmické aplikace. V roce 1981 bylo dosaženo účinnosti 17% a mnoha vědcům se tato hodnota zdála bariérová. Pokrok v této oblasti byl však nevšední a na počátku 90. let se podařilo dosáhnout účinnosti 35,2%.

Monokrystalický křemík je však velmi drahý, jeho výroba energeticky náročná a návratnost investice do celého systému se pohybuje v řádu let až desítek let. Z tohoto důvodu se počátkem 80. let objevily první články z multikrystalického křemíku. Jedná se o polykrystalický materiál s velkými krystaly a účinností přeměny kolem 13%. Hlavním způsobem výroby multikrystalického křemíku je technologie řízeného chlazení taveniny křemíku. Vznikající produkt má sice nižší účinnost, ale ta je vyvážena mnohem nižšími energetickými náklady na výrobu.

Dalším stupněm ve vývoji článků jsou tenkovrstvé sluneční články na bázi hydrogenizovaného amorfního křemíku (a-Si:H). Šířka pásu zakázaných energií je okolo 1,7 eV a činitel absorpce je ve viditelné části optického spektra větší než 10^{-6}m^{-1} , což znamená, že větší část dopadající energie se absorbuje již ve vrstvě tenčí než 1 μm .

Z hlediska spotřeby křemíku je tato varianta přibližně dvoustnásobně úspornější. Tyto tenké vrstvy se pak nanášejí na podklady vytvořené z levných materiálů (sklo, ocel, plasty, apod.). Články s amorfním křemíkem však mají menší účinnost a jsou vhodnější spíše pro elektrická zařízení s malou spotřebou energie (kalkulátory, hodinky, atd.)

Arsenid galia

Jde o druhý nejčastěji používaný materiál. Vývoj těchto článků trvá již mnoho let, avšak jejich účinnost je zatím na nižší úrovni než u křemíku. Podařilo se sice vyvinout články s účinností kolem 18% je ovšem ale nutné přihlídnout ke značně vyšší ceně tohoto materiálu. Díky vyšší hustotě oproti křemíku mají nižší měrnou účinnost a jsou i křehčí. Jejich předností je vyšší odolnost proti kosmickému záření a tím i využití ve vesmíru.

Kombinované články

Kromě solárních článků z křemíku a arseniku galia mají zřejmě v budoucnosti reálnou naději na úspěch kombinované články, u kterých je na základním křemíkovém substrátu vypěstována tenká (několik milimetrů) vrstva GaAs. Takové vrstvené články, využívající citlivost křemíku a modré oblasti a citlivosti GaAs v červené oblasti spektra, mohou v budoucnosti dosáhnout účinnosti vyšší než 30%

Telurid kadmenatý

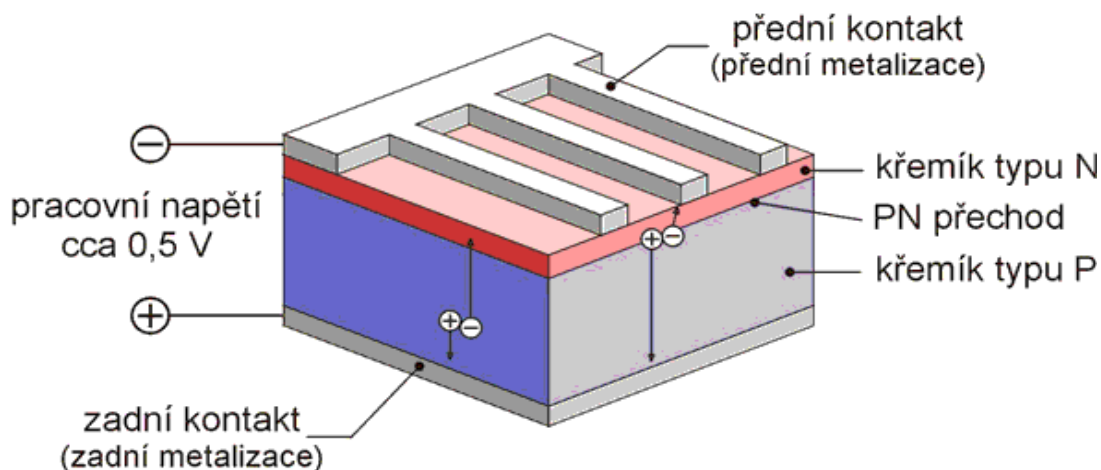
Tento materiál má velmi dobré vlastnosti, ale s jeho rozšířením do velkých systémů nelze v budoucnosti příliš počítat. Jeho zásoby v zemské kůře jsou totiž spíše vzácné. Může se uplatnit pouze v malých aplikacích. V heterogenních systémech, kde je základem přechod Cd-S-Cd-Te dosahují účinnosti kolem 10%.

Sulfid kadmenatý

Fotovoltaické články s heteropřechodem Cu₂S-CdS mají malou hmotnost a původně byly vyvinuty pro kosmické aplikace. Poměrně jednoduchou technologií se dosahovalo účinnosti přes 10%, avšak pro jejich malou stabilitu se tyto články nepovažují za perspektivní. Nadějnější je již zmíněná kombinace CdS s teluridem kadmenatým (jde o materiál v podobě monokrystalů i vrstev).

2.2.2 Konstrukce solárních článků

Hlavní prioritou při konstrukci solárních článků je úspora materiálu a omezení optických a elektrických ztrát. K optickým ztrátám dochází následkem odrazu (reflexe) a neúplné absorpce záření. Průměrný činitel odrazu polovodičů je pro záření ve viditelné oblasti spektra poměrně velký (např. pro křemík přesahuje 30%), a proto se využívají různé antireflexní vrstvy, které jej mohou snížit pod 10%. Antireflexní vrstvy mohou být buď anorganické nebo organické (na bázi polyamidů). Na obr. č. 4 je uveden řez standardní strukturou solárního článku na bázi monokrystalického křemíku. Na slunečním panelu o ploše 1 m² se v letních měsících získá v poledne cca 150 W stejnosměrného proudu.



Obr. č. 4 – Křemíkový sluneční článek [12]

Jinou možností jak zmenšit činitel odrazu, je vytvoření tzv. texturovaného povrchu. Použitím selektivního lepidla lze na povrchu vytvořit malé pyramidy. Světlo je po dopadu na takto upravený povrch zčásti odraženo směrem dolů a dostává tak další možnost proniknout do článku. Ke snížení ztrát způsobených odpořem této povrchové vrstvy je nezbytné opatřit tuto plochu kovovou mřížkou nebo dostatečně vodivou průhlednou elektrodou.

Další technologický vývoj ve výrobě souvisí s pasivovaným editorem (PESC). Přitom se využívá technika laserového žlábkování a uložení kontaktů.

2.2.3 Typy fotovoltaických systémů

Při aplikaci fotovoltaických systémů je možno využít několik typů upořádání. Liší se svou složitostí, způsobem řazení jednotlivých prvků či možností připojení do veřejné elektrické sítě.

Autonomní systém

Požívá se především v místech, kde není dostupná veřejná elektrická síť. Z tohoto důvodu jsou v tomto systému nutné akumulátory vyrobené energie. Tyto systémy jsou využívány například pro čerpání vody nebo zabezpečovací a telekomunikační systémy.

Hybridní systém

Kromě fotovoltaického pole obsahují i několik pomocných generátorů (dieselagregát, větrná elektrárna) a jednu nebo více baterií. Na rozdíl od ostatních systémů vyžadují složitější systém regulace, která optimalizuje využívání vlastností všech zdrojů.

Systém přímo spojený se sítí

Běžně nepotřebuje akumulátor. Měnič musí být navržen tak, aby pracoval v celém rozsahu napětí poskytovaných fotovoltaickým polem. Jednoduchý systém tohoto typu má fotovoltaické pole a měnič na nízkém napětí. Pro vysokonapěťové systémy je charakteristické použití transformátorů, výkonových spínačů a ochranných prvků. Pro systémy přímo spojené se sítí je nezbytné použití harmonické filtrace a korekce fáze. Nejrozšířenější a nejsnadnější metodou odstranění harmonické filtrace je použití tlumivky na vstupu usměrňovače. Vstupní tlumivka vyhlazuje proud vycházející z měniče kmitočtu. Korekce fáze je nutná pro převedení stejnosměrného napětí na střídavé.

2.3 Aktivní využívání slunečního záření pro výrobu tepla

Oproti fotovoltaice jsou zařízení tepelného využití sluneční energie konstrukčně i provozně mnohem jednodušší. Pracují na principu ohřátí teplotnosného média v slunečních kolektorech. Teplo je pak dále využíváno například pro ohřev TUV či vody v bazénech. Získané teplo lze uskladnit v akumulčních nádržích umístěných v kotelně. Je možné využít i větších akumulčních nádrží instalovaných pod domem. Solární kolektory mají životnost mezi 15 až 20 lety. Jsou nenáročné na obsluhu a mohou uspořit 20 – 50 % energie pro vytápění či 50 – 75 % energie pro ohřev TUV. Sluneční energii nelze použít jako samostatný zdroj energie, ale pouze jako doplňkový zdroj. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady solárních zařízení, jejich návratnost výrazně závisí na ceně energie, která byla v místě před instalací těchto zařízení.

2.3.1 Vzduchové solární tepelné systémy

Teplotnosnou látkou u těchto soustav je vzduch. Využívají se zejména pro přímé teplotvosdušné přitápění interiérů budov nebo v zemědělství pro teplotvosdušné sušení plodin.

Vzduch jako teplotnosná látka má několik nevýhod. Vzduch má malou měrnou teplotnosnou kapacitu c ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) (přibližně čtvrtinovou oproti vodě) a malou objemovou kapacitu ρ_c ($\text{J}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$). Pro přenos tepla vzduchem jsou proto nutné velké objemové průtoky a z toho vyplývající velké průřezy potrubí. Vlhkost obsažená ve vzduchu při proměnlivém počasí kondenzuje na vnitřních plochách kolektorů, a také prach obsažený ve vzduchu se na vnitřní straně zasklení může usazovat a zhoršovat účinnost kolektoru.

Výhodou teplotvosdušných kolektorů je skutečnost, že i při malém dopadajícím zářivém toku lze ohřát vzduch na teplotu, se kterou je možné jej použít buď přímo k teplotvosdušnému přitápění nebo pro předeřev vzduchu pro teplotvosdušné vytápění nebo sušení. Navíc provoz

kolektoru při nízkých teplotách (do 40 °C pro vytápění a sušení) a bez použití výměníků tepla znamená vysokou účinnost přeměny sluneční energie.

2.3.2 Kapalinové solární tepelné systémy

Tyto systémy využívají na rozdíl od vzduchových systémů jako teplonosnou látku kapalinu. Lze je dělit podle použití, provozních režimů, způsobu oběhu teplonosné kapaliny, počtu okruhů či velikosti průtoků kapaliny. V této kapitole budou jednotlivé varianty popsány.

Rozdělení podle použití

Soustavy pro ohřev vody - tyto soustavy zajišťují jen ohřev teplé užitkové vody, případně ohřev vody v bazénu.

Soustavy pro přitápění nebo vytápění - tyto soustavy jsou mnohem složitější. Využívají se téměř vždy též i pro ohřev vody, neboť jinak by nebylo možné odvést z nich nadbytečné teplo v letních měsících, kdy se nevytápí.

Můžeme je dále rozdělit na:

Soustavy s akumulací - teplo odvedené z kolektoru se ukládá do akumulátoru tepla, kterým je obvykle vodní nádrž. Během období se sníženým, případně plně potlačeným slunečním svitem, je teplo nahromaděné v akumulátoru odebíráno přednostně pro ohřev vody, druhotně pak pro vytápění a to přímo, nebo s využitím tepelného čerpadla. Tepelně technické parametry soustavy, stejně jako velikost akumulátoru pak určují, jak dlouhé období bez slunečního svitu je možné se soustavou překonat. Výhodou těchto soustav je částečná, v případech dostatečně velké akumulační nádrže, i naprostá nezávislost na ostatních zdrojích tepelné energie. Nevýhodou pak jsou zatím stále velmi vysoké pořizovací náklady na soustavu, značná prostorová náročnost (dle velikosti akumulační nádrže), relativně velká složitost soustavy a také závislost na vhodných meteorologických podmínkách.

Solární zisk je závislý nejen na účinnosti kolektorů, způsobu oběhu média, zvolené teplotní úrovni, ale především na kvalitních tepelných zásobnících. Lze zvolit nízkoteplotní (40 – 60 °C) nebo vysokoteplotní (60 – 90°C) systém.

Pro orientaci je uvedena tabulka intenzity slunečního svitu během roku v porovnání s potřebou tepla pro vytápění. Z denních solárních zisků a také měsíčních součtů vyplývá nutnost akumulace tepla.

Období	Energie		Podíl (%) vůči		Potřeba tepla (%)
	KWh/m ²	MJ/m ²	Letnímu období	Celému roku	
Leden	22	80	13,17	2,24	16,91
Únor	36	130	21,56	3,33	11,93
Březen	83	300	49,70	7,68	12,11
Duben	117	420	70,06	10,82	8,48
Květen	150	540	89,82	13,88	5,10
Červen	167	600	100,00	15,45	2,54
Červenec	167	600	100,00	15,45	2,54
Srpen	136	500	83,33	12,86	2,54
Září	100	360	59,88	9,25	4,25
Říjen	56	200	33,53	5,18	5,98
Listopad	25	90	14,97	2,31	12,92
Prosinec	19	70	11,38	1,75	14,70
Celý rok	1081	3890	-	100,00	100,00

Tab. č. 1 – Sluneční intenzita a potřeba tepla pro jednotlivé měsíce [12]

Legenda :

energie – množství energie slunečního svitu pro příslušný měsíc v kWh/m² a MJ/m²
podíl vůči letnímu období – procentuálně vyjádřené množství energie slunečního svitu pro příslušný měsíc vzhledem k letním měsícům
podíl vůči celému roku – procentuálně vyjádřené množství energie slunečního svitu pro příslušný měsíc vzhledem k celému roku
potřeba tepla - procentuálně vyjádřené množství celkové potřeby tepla pro objekt pro jednotlivé měsíce vzhledem k celému roku

Soustavy bez akumulace - získané teplo se využije na pokrytí okamžité potřeby tepelné energie. Tyto soustavy jsou využívány k vytápění především v přechodných obdobích (jaro, podzim). Při nepříznivých podmínkách, kdy sluneční svit je nedostatečný, dojde k odstavení kolektorové části soustavy a k dohřevu teplotnosné látky se použije klasický kotel či jiný zdroj tepla. V letních měsících se soustavou ohřívá TUV případně voda v bazénu. Výhodou takto instalovaných soustav jsou jejich nižší pořizovací náklady, než u soustav s akumulátorem, dále pak vyšší účinnost, neboť odpadají akumulční nádoby.

Kapalinové solární tepelné systémy lze dále ještě členit podle různých hledisek.

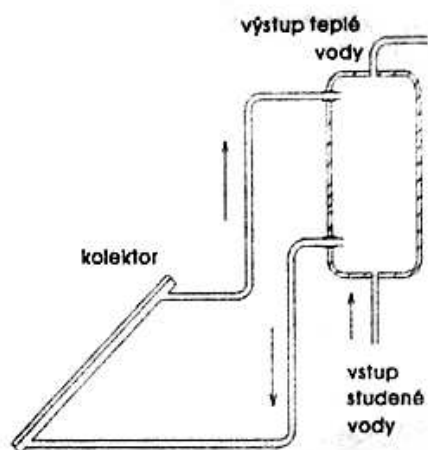
Rozdělení podle provozních režimů

Soustava se sezónním provozem – u těchto soustav se předpokládá využívání pouze v období, kdy nemrzne. Může se použít nejjednodušší soustava s vodou jako teplotnosnou látkou. Kolektor je napojen přímo na výměník, odkud do něj proudí studená voda a po ohřátí tatáž voda proudí zpět do výměníku. Z něj je pak odebírána přímo pro potřebu vytápění, častěji však jako teplá voda. Před příchodem prvních mrazů je nezbytné soustavu odstavit a vypustit.

Soustava s celoročním provozem - soustava je koncipována pro provoz i během zimních měsíců. Proto je nutné použít soustavu dvouokruhovou s výměníkem tepla a nemrznoucí směsí v primárním okruhu.

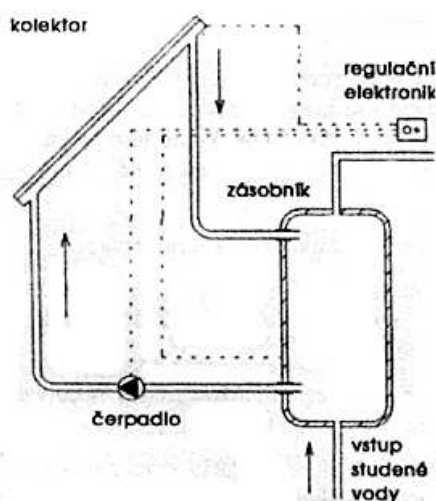
Rozdělení podle oběhu teplotnosné kapaliny

Soustavy samotížné - k proudění teplotnosné látky dochází vlivem rozdílné hustoty této látky při různé teplotě. Kapalina o vyšší teplotě má menší hustotu, což způsobuje její pohyb vzhůru. Proto po ohřátí kapaliny v kolektoru tato stoupá do horní části výměníku (či zásobníku), z jehož spodní části je naopak kapalina do kolektoru přiváděna. Tato soustava má několik podstatných výhod - nezávislost na vnějším zdroji energie, jednoduchost, menší pořizovací náklady. Mezi nevýhody naopak patří problematické regulování (seškrcením průtoku dojde k nárůstu tlakových ztrát a k hydraulickému rozvážení soustavy) a z toho plynoucí menší účinnost, požadavky na nestandardní umístění zásobníku (musí být výše, než kolektor), potřeba přesného hydraulického výpočtu celé soustavy a větší dimenze potrubních elementů.



Obr. č. 5 – Samotížný systém [1]

Soustavy s nuceným oběhem - k docílení proudění teplotné látky soustavou je použito oběhové čerpadlo. Regulace je přesná a zejména díky možnosti změnit průtok kapaliny kolektorem je dosaženo větší účinnosti přenosu tepla. Nevýhody jsou ekonomické (vyšší pořizovací náklady, spotřeba elektrické energie na provoz čerpadla), větší složitost soustavy, menší spolehlivost a závislost na vnějším zdroji energie.



Obr. č. 6 – Systém s nuceným oběhem [1]

Rozdělení podle počtu okruhů

Jednookruhové - tyto soustavy nemají výměník tepla a kolektory jsou napojeny přímo na spotřebič. Tímto spotřebičem může být zásobník teplé vody nebo otopná soustava. Teplotná kapalina je ve většině případů voda a je stejná pro celou soustavu. Výhodou této soustavy je maximální možná účinnost přenosu tepla, menší pořizovací náklady a jednoduchost. Nevýhodou je pouze sezónní provoz. Výjimku tvoří soustavy určené výhradně pro vytápění, kde lze zajistit celosezónní provoz použitím nemrznoucí kapaliny pro celou soustavu (kolektorová část i otopná soustava).

Dvouokruhové - mají výměník tepla. V primárním okruhu dochází k získávání tepelné energie od slunce, která je prostřednictvím výměníku tepla předávána sekundárnímu okruhu. Primární okruh je obvykle napuštěn nemrznoucí teplotonosnou kapalinou, sekundární okruh pak většinou vodou. V této soustavě je oddělena část „výroby“ a část „spotřeby“ tepla, což je důležité především u soustav s akumulací slunečního tepla. Takto konstruované soustavy jsou nejrozšířenější a to i přes jejich vyšší pořizovací náklady a menší účinnost.

Rozdělení podle velikosti průtoku

Systém s vysokým průtokem (high flow)

Kolektory:	standardní sluneční kolektory
Průtok:	50-100 l/h.m ² kolektorové plochy
Použití:	celoroční příprava TUV, přitápění objektu či ohřev vody v bazénu
Výhody:	typizované soustavy pro rodinné domy
Nevýhody:	nutná nemrznoucí směs kolektorů, pomalý ohřev zásobníku

Systém s nízkým průtokem (low flow)

Kolektory:	standardní sluneční kolektory nebo speciální kolektory s rozšířenou přestupní plochou
Průtok:	20 l/h.m ² kolektorové plochy
Použití:	celoroční příprava TUV, přitápění objektu či ohřev vody v bazénu
Výhody:	vyšší výstupní teplota z kolektorů
Nevýhody:	nutná nemrznoucí směs kolektorů, nižší účinnost vzhledem k většímu rozdílu teplot mezi teplotonosným médiem a teplotou exteriéru

Systém s vyprazdňováním kolektorů (drain back)

Kolektory:	speciální
Průtok:	možná varianta high nebo low flow
Použití:	celoroční příprava TUV, přitápění objektu či ohřev vody v bazénu
Funkce:	beztlaký systém. Uzavřen vůči okolnímu prostředí. Poklesne-li voda v kolektoru pod úroveň teploty ve spodní části zásobníku, tak regulace zastaví oběhové čerpadlo. Voda z kolektorů steče samospádem do akumulací nádrže. Když je teplota v kolektoru vyšší než ve spodní části zásobníku, tak se čerpadlo opět zapíná. To startuje při maximálních otáčkách. Tlakem vody je vypuzen vzduch z kolektorů do prostoru v rezervě zásobníku.
Požadavky:	rezerva zásobníku musí být umístěna pod úrovní nejnižší části slunečních kolektorů. Připojovací potrubí mezi rezervou a kolektory musí mít dostatečný spád. Minimální průměr potrubí 15 mm pro zajištění plynulého odvodu vzduchu.
Výhody:	není nutná nemrznoucí směs kolektorů. Není nutná instalace zabezpečovacího zařízení. Možno použít levné plastové zásobníky.
Nevýhody:	vyšší spotřeba elektrické energie na cirkulaci. Nutnost použití čerpadla s vyšší výtlačnou výškou.

2.3.3 Rozdělení soustav podle ČSN EN ISO 9488

Výše uváděná rozdělení soustav vychází z praxe, využívání a postupného vývoje, norma **ČSN EN ISO 9488** poskytuje však ucelenější a přesnější popis solárních tepelných soustav (STS).

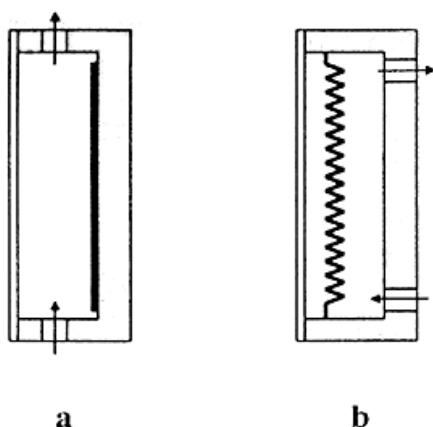
- e1) monovalentní solární soustava* - STS bez dodatkového zdroje tepla,
- e2) vícenásobná (vícevalentní) solární soustava* - STS, využívající jak solární, tak další energetické zdroje v jednom celku, která je schopna zajistit požadované dodávky tepla nezávisle na momentálně dostupné solární energii,
- e3) solární předeřhřivací soustava* - STS, určená k předeřhřívání vody nebo vzduchu před jejich vstupem do dalšího zařízení k ohřívání vody nebo vzduchu,
- e4) sériově zapojená soustava* - STS, v níž se teplotonosná látka vrací z místa odběru tepla do kolektorů a pak do akumulátoru nebo do dodatkového zdroje tepla nebo přímo do odběru tepla,
- e5) akumuláční kolektorová soustava* - STS, v níž solární kolektor funguje také jako tepelný (vodní) akumulátor,
- e6) oběhová soustava* - soustava, v níž teplotonosná látka cirkuluje mezi kolektorem a zásobníkem nebo výměníkem tepla v době funkce,
- e7) soustava s nuceným oběhem* - soustava, v níž se využívá čerpadlo nebo ventilátor pro oběh teplotonosné látky soustavou kolektorů,
- e8) soustava s přirozeným oběhem* - soustava, v níž cirkulace vzniká pouze v důsledku rozdílných hustot teplotonosné látky mezi výstupem z kolektorů a zásobníkem nebo mezi kolektory a výměníkem tepla,
- e9) soustava s přímým průtokem* - STS, v níž je ohřátá voda okamžitě spotřebována nebo po průtoku kolektorem je dopravována přímo k uživateli,
- e10) soustava s nepřímým průtokem* - STS, v níž kolektory protéká jiná teplotonosná látka než ohřátá voda, která je dopravována ke spotřebiteli nebo obíhá jeho soustavou,
- e11) uzavřená soustava* - soustava, v níž je okruh teplotonosné látky zcela utěsněn od atmosféry,
- e12) otevřená soustava* - soustava, v níž je teplotonosná látka ve značném styku s atmosférou,
- e13) odvětraná soustava* - soustava, v níž je styk teplotonosné látky s atmosférou omezen na volný povrch hladiny v plnicí a expanzní nádobě nebo jen na otevřenou odvětrávací trubku,
- e14) kompaktní soustava* - soustava, v níž je zásobník přímo spojen s kolektorem,
- e15) soustava s odděleným zásobníkem* - soustava se zásobníkem odděleně umístěným v potřebné vzdálenosti od kolektoru,
- e16) plná soustava* - soustava, v níž kolektory zůstávají naplněné teplotonosnou látkou,
- e17) vyprazdňující se soustava* - STS, ve které se pravidelně, jako část pracovního cyklu, teplotonosná látka vyprázdňuje ze solárního kolektoru do zásobníku po vypnutí oběhového čerpadla a po jeho zapnutí se kolektory teplotonosnou látkou znovu zaplní,
- e18) vypouštěcí soustava* - soustava s přímým průtokem, ze které může být voda z kolektorů vypouštěna do odpadu, obvykle jako ochrana před zamrznutím.

3. SOLÁRNÍ KOLEKTORY

Solární kolektory jsou hlavním konstrukčním prvkem pro využití sluneční energie v aktivních systémech. V případě pasivních systémů nahrazují kolektory vhodné stavební konstrukční prvky (např. dvojitě stěny). Základní rozdělení kolektorů je dle teplotnosné látky na vzduchové nebo kapalinové. Kolektory potřebují pro svojí činnost odpovídající technické řešení. Minimálně rozvod vhodného potrubí. V případě nejsložitějších řešení je nutné čerpallo, výměník a expanzní nádoba a odpovídající potrubní systém se zabezpečením proti překročení povoleného tlaku.

3.1 Vzduchové kolektory

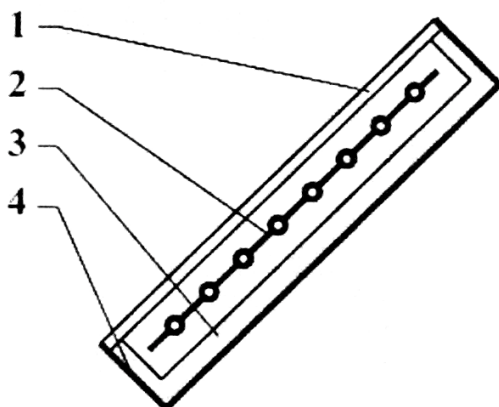
Vzduchové kolektory mají několik základních částí: propustný kryt, absorber, vzduchové kanály pro ohřev vzduchu, spodní tepelnou izolaci. Protože však je u těchto zařízení ještě více kladen důraz na jednoduchost a cenu, mohou některé uvedené prvky chybět. Ať se jedná o světlopropustný kryt či o tepelnou izolaci, vždy je takovéto zjednodušení příčinou snížení účinnosti a následně i výkonu kolektoru. V některých případech je možné chybějící prvek nahradit vhodným uzpůsobením nosné konstrukce (např. tepelnou izolaci na spodu kolektoru může nahradit dřevěná střeška), jindy je možné spojit více funkcí v jednom prvku (tepelná izolace povrchově upravená černou barvou může současně plnit funkci absorberu).



Obr. č. 7 – Vzduchový kolektor [2]

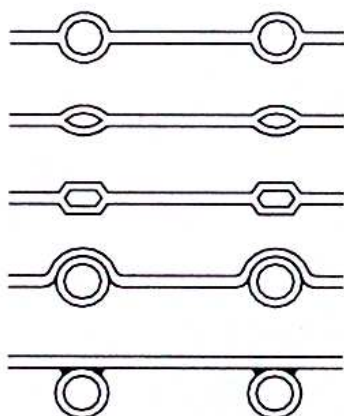
3.2 Ploché kapalinové kolektory

Dopadající energie slunečního záření se zachycuje kolektorem slunečního záření a odvádí teplotnosnou látkou. Nejrozšířenějšími kolektory tohoto typu jsou kolektory kapalinové. Hlavními součástmi slunečního kolektoru jsou zasklení (1), absorpční plocha - absorber (2), zadní tepelná izolace (3) a rám kolektoru (4) (viz obr. 8).



Obr. č. 8 – Kapalinový kolektor [2]

Zasklením slunečních kolektorů bývá obvykle tabulové bezpečnostní sklo (dnes se u převážně většiny kolektorů používá jednoduché zasklení). Sluneční záření prochází zasklením a dopadá na absorbér, kde se pohlcuje a přeměňuje na teplo, které je odváděno z absorbéru ke spotřebiči. Na obr. č. 9 je uveden přehled některých konstrukčních řešení absorbéru. Absorbér má tvar desky s dutinami pro protékání teplotné kapaliny.



Obr. č. 9 – Absorbéry kapalinových kolektorů [2]

Kapalinové sluneční kolektory je možné rozdělit dle konstrukčního řešení do dalších skupin. Jednotlivá provedení se liší zejména účinností, provozními teplotami teplotných kapalin nebo cenou. Tímto je dáno i jejich využití. Některé typy jsou proto vhodné např. do vysokohorských oblastí, jiné pro ohřev vody v bazénech.

a) *Vakuové trubicové kolektory* jsou kolektory s nejvyšší účinností při vysokých teplotách pracovní kapaliny (nad 100°C) především proto, že vysokým vakuem uvnitř trubice jsou téměř eliminovány tepelné ztráty konvekcí do okolí. Výhodou přímo protékajících trubkových kolektorů je variabilita jejich umístění. Kolektory mohou být umístěny i ve vodorovné poloze, když natočením trubice s absorbérem se docílí optimální orientace vůči dopadajícím paprskům slunečního záření. Vakuové trubicové kolektory s tepelnými trubicemi musí být instalovány se sklonem alespoň 25°, tak aby byla zajištěna jejich funkčnost. Ty pracují na principu fázové přeměny. Trubice jsou zaústěny do sběrného potrubí malou teplosměnnou plochou. Trubičky absorbéru jsou naplněny látkou s nízkou teplotou fázové přeměny kapalina-plyn. Teplo získané přeměnou slunečního záření na absorpční ploše způsobuje fázovou přeměnu kapaliny v plyn, plyn stoupá trubičkou absorbéru do prostoru

teplosměnné plochy ve sběrném potrubí. Zde kondenzuje na kapalinu a odevzdává kondenzační teplo (výparné teplo) protékající teplotonosnou kapalinou. Děj se cyklicky opakuje.

Nevýhodou je nemožnost obnovit vakuum uvnitř trubice. Vakuové trubkové kolektory jsou vhodné pro vysokoteplotní využití (nad 80 °C) a nebo do extrémních klimatických podmínek například na horských chatách.

b) *Ploché vakuové kolektory* jsou jedním z nejmodernějších výrobků v oblasti solární techniky. Spojují v sobě výhody trubkových vakuových kolektorů (nízké tepelné ztráty konvekcí do okolí) a plochých zasklených kolektorů se selektivní vrstvou (nižší pořizovací náklady při zachování vysoké účinnosti). Jedná se o technický i cenový kompromis mezi vakuovými a plochými kolektory, který je v blízké budoucnosti předurčuje k masovému využití. Jejich nespornou výhodou je možnost kdykoliv obnovit vakuum uvnitř kolektorů připojením na vývěvu přes přírubovou spojku uprostřed kolektoru. Použití těchto kolektorů je obdobné jako u předcházejícího typu.

c) *Ploché kolektory pro celoroční použití* v současnosti představují nejrozšířenější typ instalovaných kolektorů. Jejich nevýhodou oproti plochým vakuovým kolektorům jsou větší tepelné ztráty konvekcí a nebezpečí kondenzace vodní páry uvnitř kolektoru, která v konečném důsledku snižuje účinnost celého systému. Tento typ kolektorů je nejběžněji používán na ohřev teplé užitkové vody, celoroční ohřev bazénové vody nebo na přitápění.

d) *Nezakryté kolektory* - absorbéry se instalují především do systémů, využívajících sluneční energii pouze sezónně. Absorbér není zakrytý a je tak vystaven povětrnostním vlivům. Zvýšené proudění vzduchu kolem absorbéru tak zvyšuje tepelné ztráty do okolí. Jsou to především systémy na ohřev vody ve venkovních bazénech a malé přenosné sestavy, vhodné například do zahrádkářských kolonií.

3.3 Soustředující kolektory

Pro mnoho aplikací solárních systémů je nutný jejich provoz ve vyšší teplotní hladině, než je možné dosáhnout u plochých kolektorů. Toho je možné dosáhnout s pomocí soustředujících slunečních kolektorů. Kolektor je tvořen odraznými plochami, které koncentrují sluneční záření na absorbér, tvořený trubičkami protékajícími teplotonosnou kapalinou. U těchto kolektorů lze dosáhnout vyšších provozních teplot a jsou vhodné jako zdroje např. technologického tepla o vyšších teplotních hladinách. Do současnosti bylo vytvořeno mnoho konstrukcí soustředujících kolektorů. Mohou být tvořeny pomocí reflektorů nebo refraktorů, mohou být cylindrické nebo rovinné a mohou být segmentové nebo spojitě. Některé soustředující kolektory jsou konstruovány tak, že mají rotační osu, aby mohly sledovat pohyb Slunce po obloze a zajistit tak správnou funkci koncentrátoru. Některé jsou naopak konstruovány tak, že funkce zrcadel zajišťuje dostatečný koncentrační poměr po celý den (rok).

3.4 Rozdělení kolektorů podle ČSN EN ISO 9488

Stejně jako v případě solárních tepelných soustav i samotné solární kolektory procházejí prudkým konstrukčním vývojem a změnami. Základní rozdělení bylo uvedeno. Norma ČSN EN ISO 9488 popisuje a definuje rozdělení kolektorů důkladněji.

Solární kolektor, solární tepelný kolektor - zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána látce, protékající kolektorem. Užívání termínu „panel“ se potlačuje, aby se předešlo nežádoucím záměnám s fotovoltaickými panely.

Kapalinový tepelný kolektor - sluneční kolektor, ve kterém je používána kapalina jako teplotonosná látka.

Vzduchový kolektor - sluneční kolektor, ve kterém je používán vzduch jako teplonosná látka.

Ploché kolektor - nesoustředující sluneční kolektor, jehož pohltivý povrch je v zásadě rovinný.

Nezakrytý kolektor - sluneční kolektor bez krytu absorbéru.

Soustředující kolektor - sluneční kolektor, ve kterém jsou použity reflektory (zrcadla), čočky nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru na absorbér. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými trubicemi s reflektorem vně trubic jsou považovány za soustředující kolektory.

Kolektor s lineárním ohniskem - kolektor, soustředující sluneční záření pouze v jedné rovině do lineárního (přímkového) ohniska.

Kolektor s parabolickým válcem - kolektor s lineárním ohniskem, soustředující sluneční záření odrazem od válcového zrcadla, který má parabolický průřez.

Kolektor s bodovým ohniskem - soustředující kolektor, který soustřeďuje sluneční záření v podstatě do bodu.

Kolektor s paraboloidním reflektorem - kolektor s bodovým ohniskem, jehož reflektor má tvar povrchu dutého rotačního paraboloidu.

Nezobrazující kolektor - soustředující kolektor, který soustřeďuje sluneční záření na relativně malý absorbér, umístěný ještě před ohniskem, takže nevytváří na absorbéru obraz slunce nebo jeho přímého záření.

Složený parabolický soustředující kolektor, CPC kolektor - nezobrazující kolektor, jehož odrazné plochy mají tvar úseků parabolických válců pro soustředění slunečního záření. Úseky parabolických válců odrážejí veškeré záření dopadající na aperturu v širokém rozsahu úhlů dopadu. Rozdíl mezi tohoto rozsahu úhlů pak určuje přijímací úhel soustředujícího kolektoru. Termín CPC je používán pro mnoho nezobrazujících soustředujících kolektorů i když se tvar jejich reflektorů odlišuje od paraboly.

Fasetový kolektor - soustředící kolektor, v němž je využit větší počet rovinných odrazných prvků k soustředění slunečního záření na malou plochu nebo podél pohlcujícího pásu.

Fresnelův kolektor - kolektor, v němž se k soustředění slunečního záření na absorbér používají fresnelovy čočky.

Natáčivý kolektor - sluneční kolektor na pohyblivé konstrukci, umožňující sledovat zdánlivý pohyb slunce po obloze během dne natáčením kolem jedné nebo dvou os. Druh natáčení se blíže popisuje počtem os.

4. INFORMACE O OBJEKTU

Pro návrh solárního systému je nezbytná znalost uvažované lokality a objektu. Informace o lokalitě jsou důležité pro stanovení intenzity slunečního svitu. Velmi důležitou částí jsou také informace o stavební konstrukci objektu. Pro vhodný výběr způsobu připojení solárního systému a regulaci celé soustavy je nutné znát stávající systém vytápění a ohřevu TUV. Neméně významné jsou informace o orientaci objektu ke světovým stranám a sklon střechy, na kterou se kolektory nejčastěji umísťují (tento požadavek se netýká případu volně stojících kolektorů)

4.1 Lokalita

Návrh solárního systému je zpracován pro rodinný dům, který se nachází v obci Ratiboř. Obec leží ve 6,5 km severovýchodně od Vsetína ve Zlínském kraji. Ke dni 3. 7. 2006 žilo v obci Ratiboř 1739 obyvatel.

Zeměpisná šířka: 49° 21' 40''

Zeměpisná délka: 17° 54' 53''

Nadmořská výška: 343 m

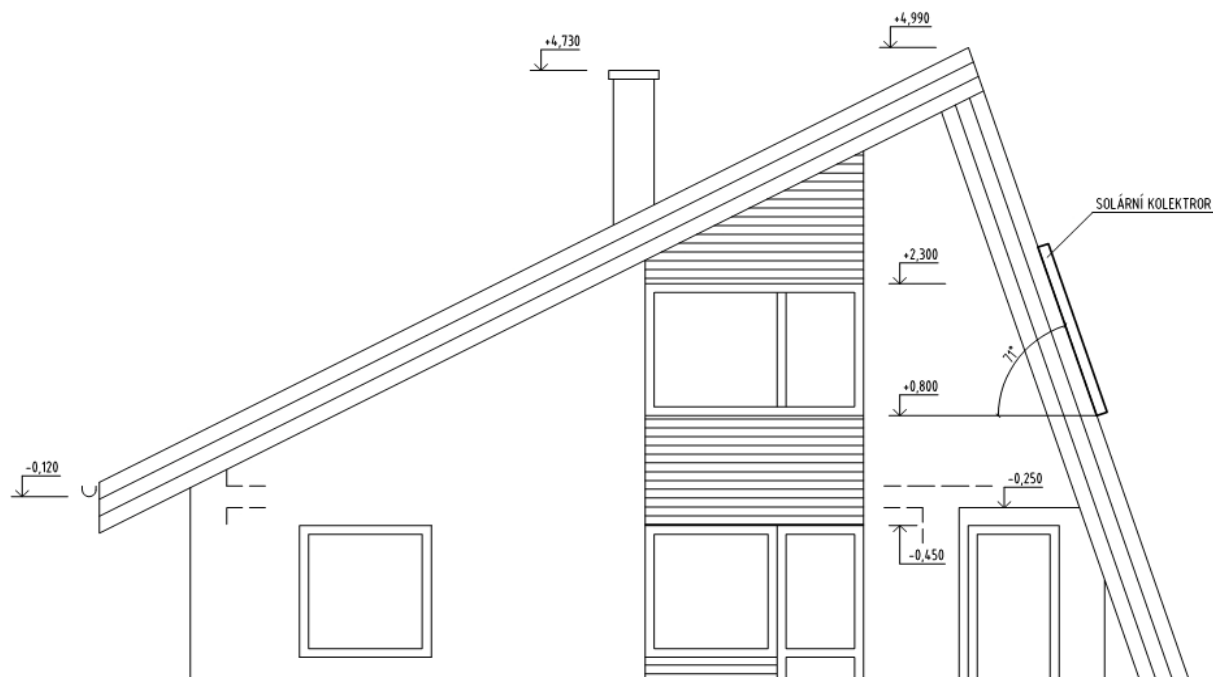


Obr. č. 10 – Situace objektu v obci [13]

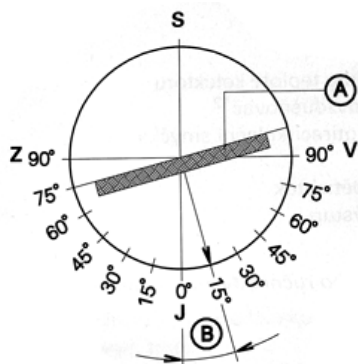
4.2 Objekt

Rodinný dům byl zkolaudován v roce 1989. Nosné zdi jsou z plných cihel o tloušťce 45 cm. Dům má provedenu tepelnou izolaci 50 mm polystyrenem. Konstrukce střechy je tvořena hliníkovým plechem a dosud bezproblémově plní svoji funkci. Při stavbě domu se neuvažovalo s budoucím umístěním solárních kolektorů. Přesto je orientace na jih a sklon střechy velmi dobrým základem pro efektivní využití solárního systému. Stávající systém vytápění zahrnuje hliníkové radiátory a ocelové potrubí. V domě je k dispozici automatický

kotel na uhlí Benešov Ling 25 o výkonu 4,1-25kW. Pro ilustraci bude výpočet proveden i pro kotel na zplyňování dřeva a elektrokotel. V přízemí objektu je umístěna stávající kotelna do které bude instalován bivalentní zásobníkový ohřivač. V domě bydlí 4 osoby (na ty bude navrhována potřeba TUV). Solární kolektory budou umístěny na střeše budovy pod úhlem 75° . Výchylka od jižního směru je 15° (azimutová výchylka od severního směru je 165°). Viz obr. č 11 a obr. č. 12.



Obr. č. 11 - Umístění kolektoru na objektu



Obr. č. 12 - Úhel natočení kolektorů [1]

A – solární kolektor

B – úhlová výchylka od jižního směru

5. NÁVRH SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ PRO OHŘEV TUV

Celý návrh solárního systému vychází z podkladů pro projektanty od firmy Viessmann. Návrh obsahuje volbu typu a velikosti akumulční nádrže, absorbéru, typu oběhového čerpadla, potrubí a zabezpečovacích prvků. V závěru je uvedeno schéma celé soustavy a vysvětlen způsob regulace dané soustavy.

5.1 Volba typu a velikosti akumulční nádrže

Výpočet vychází z průměrné denní spotřeby vody v objektu (tab. č. 2), požadované výstupní teploty TUV do systému a vstupní teploty, která vstupuje do ohříváče. Takto se určí minimální objem zásobníku, který se poté navýší se o cca 1,5 násobek.

	Potřeba teplé vody V_p l/(d.osoba) teplota pitné vody 45°C
Bytová zástavba	
velké nároky	60-100
střední nároky	30-60
jednoduché nároky	15-30
Hotelové provozovny, penzióny	
pokoj s kopupelnou a sprchou	170-260
pokoj s koupelnou	135-196
pokoj se sprchou	74-135
penzióny	37-74

Tab. č. 2 – Potřeba teplé vody [7]

$$V_{sp_{\min}} = \frac{2 \cdot V_p \cdot P \cdot (t_w - t_k)}{t_{sp} - t_k} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 4 \cdot (45 - 10)}{50 - 10} = 249l$$

$V_{sp_{\min}}$ – minimální objem zásobníku (l)

V_p – potřeba teplé vody l/(d.osoba)

P – počet osob (-)

t_w – teplota teplé vody v místě odběru (°C)

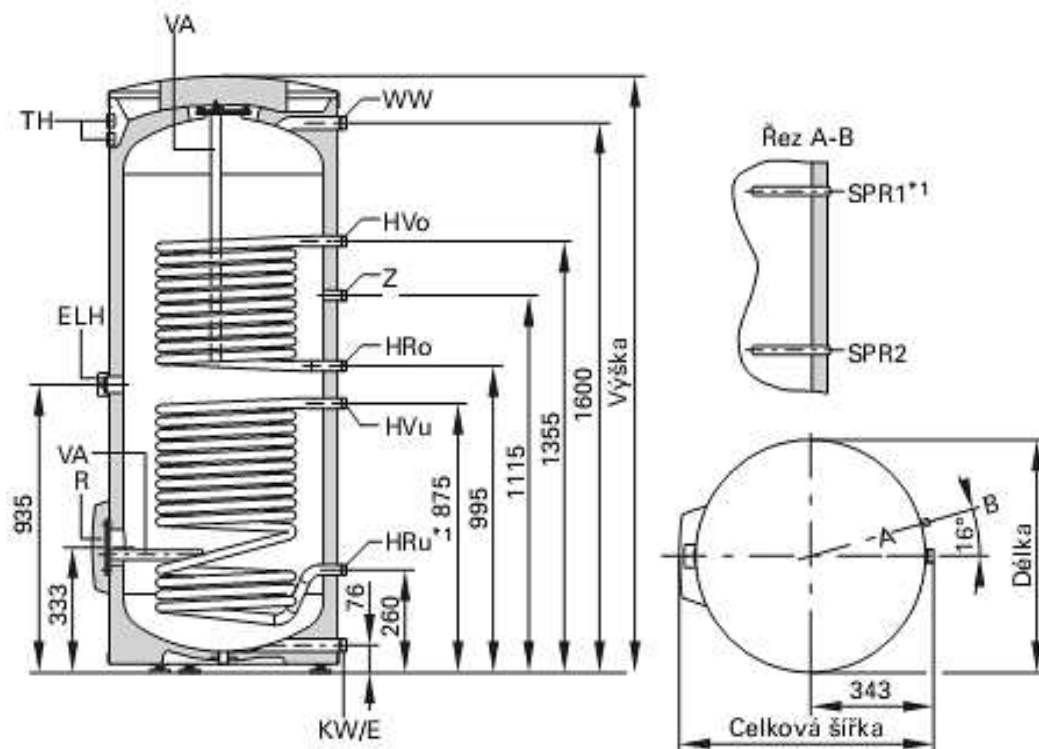
t_k – teplota studené vody (°C)

t_{sp} – teplota teplé vody v zásobníku (°C)

=> volím bivalentní zásobníkový ohříváč Viessmann Vitocel B100 o objemu 300 litrů.

Technické specifikace akumulční nádrže

Je navržen zásobníkový ohříváč vody Viessmann, Vitocel 100 o objemu 300 litrů. Vnitřní povrch tvoří smaltovaná ocel. Přes spodní spirálu se provádí ohřev TUV solárními kolektory, přes horní probíhá v případě potřeby dohřev kotlem. Katodická ochrana je řešena pomocí hořčíkové anody. Izolace je provedena tvrdou polyuretanovou pěnou (bez freonů).



Obr. č. 13 – Zásobníkový ohřivač Vitocel 100 B, objem 300 litrů [10]

E – vypouštění

EHL – hrdlo pro elektrickou topnou vložku (není instalována)

HRo- Vratná teplá voda (horní topná spirála)

HRu- Vratná teplá voda (spodní topná spirála)

HVo – Výstup topné vody (horní topná spirála)

HVu – Výstup topné vody (spodní topná spirála)

KW – studená voda

R – pozorovací a čistící otvor s krytem příruby

SPR1 – jímka pro regulaci teploty zásobníku ve výšce HVo

SPR2 – jímka pro spodní čidlo teploměru ve výšce HVu

TH – teploměr

VA – hořčíková ochranná anoda

WW – teplá voda k síti

Z – cirkulace

5.2 Určení potřebné plochy absorbéru

a) klasický způsob určení velikosti absorbéru

Pokud je systém provozován celoročně, tak je dimenzován na nejnepříznivější měsíc (září).

Návrh vychází z velikosti zásobníku, ze kterého lze vypočítat denní potřebu energie.

$$Q_{s_{potř}} = \frac{c \cdot \rho \cdot O \cdot (t_2 - t_1)}{3,6 \cdot 10^6} = \frac{4200 \cdot 995,6 \cdot 0,3 \cdot (50 - 10)}{3,6 \cdot 10^6} = 13,9 \text{ kWh} \cdot \text{den}^{-1}$$

O – objem zásobníku (m³)

ρ - hustota při střední teplotě = $0,5 \cdot (50+10) = 30^\circ\text{C} \Rightarrow 995,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

c – měrná tepelná kapacita vody (J.kg⁻¹.K⁻¹)

t₂ – konečná teplota zásobníku (°C)

t₁ – počáteční teplota zásobníku (°C)

H_{T,den,teor} (teoretické množství dopadající energie) se stanoví z (tab. č. 3) pro venkovskou oblast, měsíc září, úhel sklonu osluněné plochy $\beta=75^\circ$ a azimutový úhel (úhel odklonění kolektoru od jižního směru) osluněné plochy $\gamma=15^\circ$.

Úhel sklonu osluněné plochy β	H _{T,den,teor} Azimutový úhel osluněné plochy 15°											
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
75°	4,97	5,97	6,58	6,49	6,46	6,49	6,35	6,28	6,38	5,95	5,1	4,39

Tab. č. 3 – Teoretické množství dopadající energie [2]

τ_r (poměrná doba slunečního svitu) se stanoví z (tab. č. 4) pro měsíc září a nejbližší město (Brno).

Místo	Poměrná doba slunečního svitu τ_r											
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Brno	0,18	0,31	0,38	0,39	0,48	0,53	0,56	0,53	0,50	0,37	0,23	0,12

Tab. č. 4 – Poměrná doba slunečního svitu [2]

$$H_{T,den} = \tau_r \cdot H_{T,den,teor} = 0,5 \cdot 6,38 = 3,19 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$$

Průměrná účinnost slunečního kolektoru

$$\eta = \eta_o - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{G_{T,stř}} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{G_{T,stř}^2} = 0,825 - 1,19 \frac{31,5}{514} - 0,009 \cdot \frac{31,5^2}{514} = 0,735$$

η_o - optická účinnost slunečního kolektoru (tab. č. 8)

k₁ – koeficient tepelné ztráty W/(m².K) (tab. č. 8)

k₂ – koeficient tepelné ztráty W/(m².K²) (tab. č. 8)

$$\Delta T = t_{kol} - t_{es} = 50 - 18,5 = 31,5^\circ\text{C}$$

t_{kol} – teplota kolektoru (°C)

t_{es} – venkovní teplota v době slunečního svitu (°C). Stanoveno pro nejbližší město (Brno) a měsíc září.

Místo	t _{es}											
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Brno	1,7	2,8	7	12	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5

Tab. č. 5 – Venkovní teplota v době slunečního svitu [2]

G_{T,stř} – střední intenzita slunečního záření (W.m⁻²) se stanoví z (tab. č. 6) pro venkovskou oblast, měsíc září, úhel sklonu osluněné plochy $\beta=75^\circ$ a azimutový úhel osluněné plochy $\gamma=15^\circ$ (úhel odklonění kolektoru od jižního směru).

Úhel sklonu oslněné plochyβ	GT, stř											
	Azimutový úhel oslněné plochy 15°											
75	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
	590	610	562	478	424	404	406	442	514	567	575	553

Tab. č. 6 – Střední intenzita slunečního záření [2]

Energie zachycená absorpční plochou 1m^2 za průměrný den je dána vztahem

$$q_{T,den} = H_{T,den} \cdot \eta = 3,19 \cdot 0,735 = 2,34 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$$

Potřebná plocha kolektorů

$$S_K = \frac{(1+p)Q_{s,potr}}{q_{T,den}} = \frac{(1+0,1)13,9}{2,34} = 6,5 \text{ m}^2$$

b) zjednodušený návrh dle projekčního návodu firmy Viessmann

Při stanovení potřebné plochy absorberu A se vychází z požadovaného podílu solárního krytí. Ten udává podíl sluneční energie na krytí celkové spotřeby energie na ohřev pitné vody za rok. Při výpočtu se předpokládá 60% pokrytí.

Dále je velikost absorberu závislá na zvoleném typu kolektoru. V tomto případě je navržen vakuový trubkový kolektor Vitosol 300.

Návrh je prováděn pro rodinný dům obývaný čtyřmi osobami.

Použití	Potřebná plocha absorberu pro podíl krytí					
	60%			40-50%		
Ohřev pitné vody	Vitosol 100	Vitosol 200	Vitosol 300	Vitosol 100	Vitosol 200	Vitosol 300
Jedna rodina m ² /osobu	1,5	0,8	0,8	1	0,6	0,6
Více rodin	1,1	0,6	0,6	0,8	0,4	0,4

Tab. č. 7 – Potřebná plocha absorberu pro podíl krytí [7]

$$A_G = A \cdot P = 0,8 \cdot 4 = 3,2 \text{ m}^2$$

A_G – celková potřebná plocha absorberu (m^2)

A – plocha absorberu (m^2/osobu) dle (tab. č. 7)

P – počet osob (-)

=> volím vakuový trubkový kolektor Viessmann Vitosol 300, H30 s velikostí absorberu 3 m^2 .

Technické specifikace solárních panelů

Vakuové trubkové kolektory Vitosol 300 existují v následujících provedeních:

- 2 m^2 s 20 trubicemi

- 3 m^2 s 30 trubicemi.

Vitosol 300 lze montovat na šikmou střechu nebo volně stojící na ploché střeše.

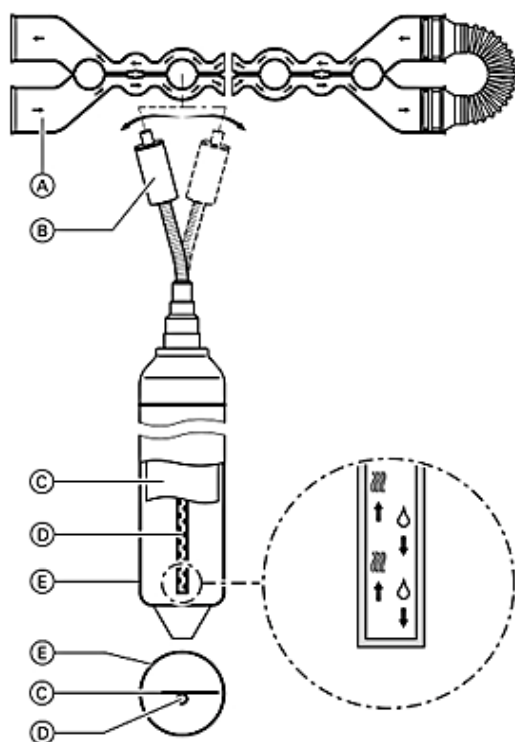
V každé vakuové trubici je integrován měděný absorber s povlakem Sol-Titan. Ten zaručuje vysokou absorpci slunečního záření a nízké emise tepelného záření.

Na absorberu je namontována tepelná trubice, která je naplněna odpařující se kapalinou. Tepelná trubice je připojena pomocí ohebného spoje na kondenzátor. Kondenzátor je sevřen ve dvou-trubkovém výměníku tepla „Duotec“.

Jedná se o tzv. „suché napojení“, tzn., že otočení nebo výměna trubek je možná také u naplněného zařízení pod tlakem. Teplo je přenášeno absorbérem k tepelné trubici. Tím se vypařuje kapalina. Pára stoupá do kondenzátoru. Přejímající výměník tepla, svírající kondenzátor, je teplo odevzdáváno do okolo proudícího teplotnosného média - tím pára kondenzuje. Kondenzát teče zpět dolů do tepelné trubice a postup se opakuje. Úhel sklonu musí být min. 25 °, aby byla zaručena cirkulace odpařující se tekutiny ve výměníku tepla.

Odchyly od jižního směru je možno kompenzovat axiálním otáčením vakuových trubíc.

Až 6 m² plochy kolektoru je možno spojit do jednoho kolektorového pole. Za tímto účelem jsou dodávány pružné spojovací trubky, utěsněné O-kroužkem a tepelně izolované. Připojovací sada se šroubením (šroubení se svěrným kroužkem) umožňuje jednoduché spojení kolektorového pole s trubkami solárního okruhu. Čidlo teploty kolektoru se montuje do jímky na výstupní trubce výměníku v přípojovací skřínce kolektoru.



Obr. č. 14 – Vitosol 300, vakuový trubkový kolektor [7]

- A – evakuovaná trubka
- B – tepelná trubka
- C – absorbér
- D – kondenzátor
- E – výměník tepla s dvojitými trubkami

Typ	jednotky	SP3, 3m2
Počet trubic	-	30
Plocha absorberu	m ²	3,07
Plocha apertury (*1)	m ²	3,17
Šířka - a	mm	2126
výška - b	mm	1996
hloubka - c	mm	122
optická účinnost (*2)	%	82,5
koeficient ztráty tepla k1 (*2)	W/(m ² .K)	1,19
koeficient ztráty tepla k2 (*2)	W/(m ² .K ²)	0,009
tepelná kapacita	kJ/(m ² .K)	5,4
hmotnost	kg	68
objem kapaliny	l	1,8
Přípustný provozní tlak (*3)	bar	6
Maximální klidová teplota (*4)	°C	150
Průměr připojení	mm	22

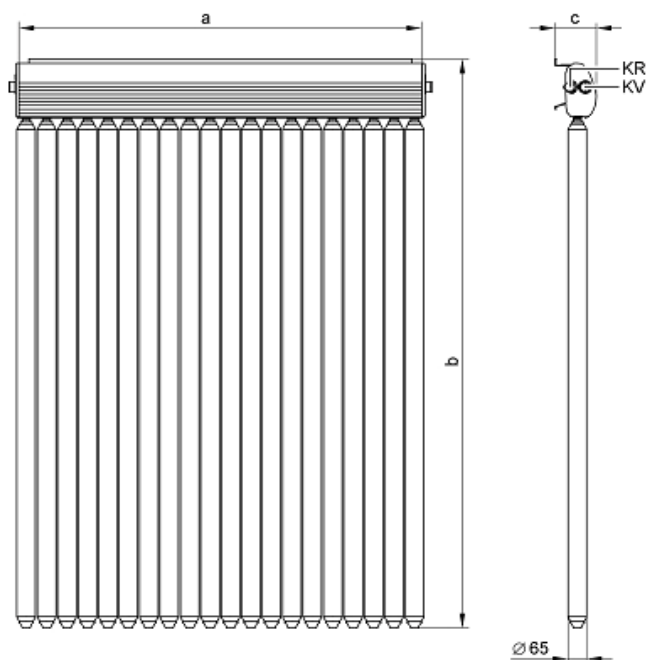
Tab. č. 8 – Vitosol 300, technické specifikace [7]

*1 Rozhodující pro dimenzování zařízení

*2 vztaženo na plochu absorberu

*3 V kolektorech musí být v uzavřených systémech za studena tlak min. 1 bar

*4 Klidová teplota je teplota, která se vyskytuje na nejteplejším místě kolektoru, při intenzitě globálního záření 1000 W, když z něho není odebíráno teplo.



Obr. č. 15 – Vitosol 300, celkové rozměry [7]

šířka - a = 2126 mm

výška - b = 1996 mm

hloubka - c = 122 mm

KR – vstup do kolektoru

KV – výstup z kolektoru

5.3 Dimenzování průměru potrubí

Potrubí se dimenzuje na teplotu kapaliny okolo 150°C. V žádném případě není možné použít plastové potrubí. Doporučený materiál pro tyto soustavy je tvrdé měděné potrubí. Důležitá je izolace, protože neizolované trubky by významně snižovaly účinnost celé soustavy. Vzhledem k teplotám se používají izolační hmoty na bázi minerálních látek. Pro venkovní rozvod musí izolace odolávat UV záření a musí být z nenasákavého materiálu.

Pro soustavu je navržena potrubní rozvod z měděného potrubí. Průměr se stanoví z tab. č. 9 dle typu kolektoru (Vitosol 300) a velikosti absorberu (3 m²).

Vitosol 200 a 300		2	3	4	5	6	8	10	12	15
Plocha absorberu	m ²	2	3	4	5	6	8	10	12	15
Objemový tok	l/min	2	3	4	5	6	8	10	12	15
Měděná trubka	rozměry	15x1	15x1	18x1	18x1	18x1	22x1	28x1,5	28x1,5	35x1,5
Rychlost proudění	m/s						0,3-0,5			
Ztráta tlaku v potrubí	mbar/m						1-2,5			

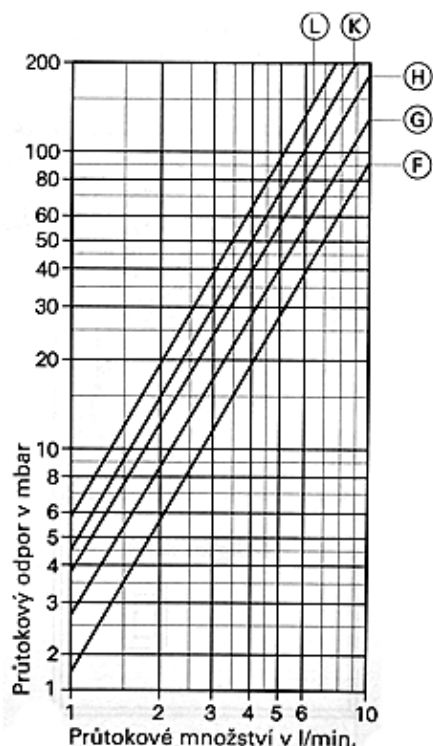
Tab. č. 9 – Dimenzování potrubí [7]

=> volím (dle tab. č. 9) měděné potrubí o vnějším průměru 15 mm a tloušťce stěny 1 mm.

5.4 Průtokový odpor solárního zařízení

Průtokový odpor solárního zařízení se skládá kolektorových odporů, odporů potrubí, odporů jednotlivých vřazených odporů v soustavě, odporu výměníku v zásobníkovém ohříváči.

Průtokový odpor kolektoru se stanoví z digramu (obr. č. 7)



Obr. č. 16 – Průtokový odpor kolektoru Vitosol 300 [7]

G – typ H30

=> dle diagramu (obr. č. 15) byl stanoven průtokový odpor 28 mbar = 2,8 kPa.

5.5 Dimenzování oběhového čerpadla

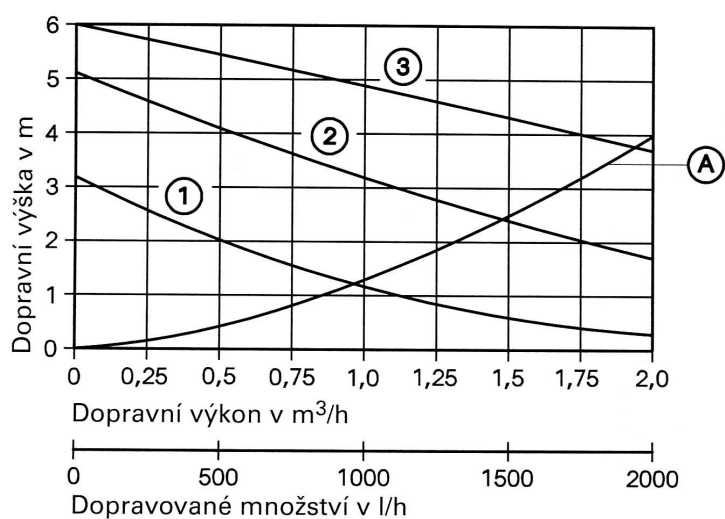
Dimenzování je shodné s návrhem klasických otopných soustav. Je ovšem důležité pamatovat na rozdílnou viskozitu teplotních látek, protože ta může zejména u rozlehlých systémů v zimním období vyvolávat problémy.

Pro zjednodušení montáže je navržena jednotka Viessmann Solar-Divicon obsahující čerpadlo (Grundfos), přípojovací armatury, pojistné armatury a regulační ventil průtoku.

Solar-Divicon		PS 10	PS 20	PS DC
čerpadlo		UPS 25-60	UPS 25-80	UP 25-35
jmenovité napětí	V	230	230	24
příkon při výkonovém stupni 1	W	45	140	52
příkon při výkonovém stupni 2		65	210	
příkon při výkonovém stupni 3		90	245	
max. dopravní výkon	m ³ /h	1,9	2,8	1,3
max. dopravní výška	m	6	8	3,5
regulační průtokový ventil	l/min	2 až 14	8 až 30	2 až 14
pojistný přetlakový ventil	bar	6	6	6
max. provozní teplota	°C	120	120	100
max. provozní přetlak	bar	6	6	6
průměr připojení na okruh	mm	22	22	22
průměr připojení na expanzní nádobu	mm	22	22	22

Tab. č. 10 – Technické údaje jednotek Solar-Divicon [7]

=> volím (dle tab. č. 10) Viessmann Solar-Divicon PS 10.



Obr. č. 17 – Charakteristika jednotky Solar-Divicon [7]

5.6 Celkový objem teplotnosného média Viessmann v soustavě

$$V_{soust} = \sum V_{zař} + V_{tr} \cdot l = 1,8 + 0,7 + 10 + 0,133 \cdot 20 = 15,16l$$

V_{soust} – celkový objem média soustavě (l)

$V_{zař}$ – objem média pro jednotlivá zařízení v soustavě (l)

Solární kolektor Vitosol 300, typ H30 – 1,8 l

Čerpací stanice Solar-Divicon – 0,7 l

Topná spirála v zásobníku Vitocell-B100 (objem 300 l) – 10 l

V_{tr} – objem média v potrubí (l/m)

Měděná trubka (15x1) – 0,133 l/m

l – celková délka potrubí v soustavě (m)

5.7 Návrh expanzní nádoby

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \cdot V_k)(p_e + 1)}{(p_e - p_{st})} = \frac{(0,3 + 1,06 + 1 \cdot 1,8)(5,5 + 1)}{(5,5 - 2)} = 4,72l$$

V_N – jmenovitý objem nádoby (l)

V_V – bezpečnostní množství teplotnosného média (l)

$$V_V = V_{soust} \cdot 0,02 = 15,16 \cdot 0,02 = 0,3l$$

=> minimální množství je však 1l, proto $V_V = 1l$

V_{soust} – celkový objem média soustavě (l)

V_2 – zvětšení objemu při ohřevu zařízení

$$V_2 = V_{soust} \cdot \beta = 15,16 \cdot 0,07 = 1,06l$$

β – koeficient roztažnosti - 0,07 (pro Viessmann teplotnosné médium při 0-110°C)

p_e – dovolený koncový přetlak – 5,5 bar

p_{si} – otevírací tlak pojistného ventilu – 6 bar

p_{st} – předtlak dusíku membránové expanzní nádoby (bar)

$$p_{st} = 1,5 \text{ bar} + 0,1 \cdot h = 1,5 + 0,1 \cdot 5 = 2 \text{ bar}$$

h – statická výška zařízení – 5m

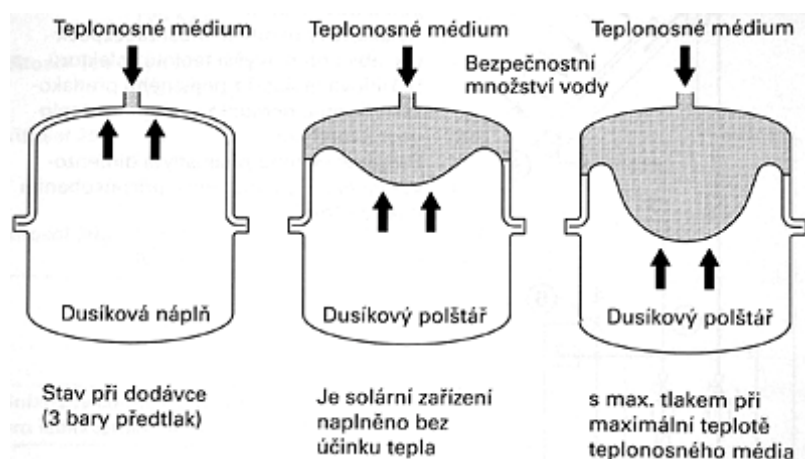
z – počet kolektorů

V_k – obsah kolektorů (l) – 1,8l

Typ expanzní nádoby	Obsah l	Provozní přetlak bar	Průměr mm	Výška mm	Hmotnost kg
A - vertikální	18	10	348	290	7,1
	25	8	380	315	8,5
B - horizontální	33	6	380	410	10,5

Tab. č. 11 – Expanzní nádoby [7]

=> volím (dle tab. č. 11) expanzní nádobu o objemu 18l.



Obr. č. 18 – Funkce expanzní nádoby [7]

5.8 Návrh pojistného ventilu

Otevírací přetlak pojistného ventilu je max. tlak zařízení +10%.

Pojistný ventil se navrhuje podle velikosti absorberu. Velikost navrhnutého absorberu 3 m².

Plocha absorberu m ²	Velikost ventilu DN
50	15
100	20
200	25

Tab. č. 12 – Pojistný ventil [7]

=> volím (dle tab. č. 12) pojistný ventil DN 15. Je již součástí jednotky Solar-Divicon a jeho přepouštěcí tlak je nastaven na 6 bar.

5.9 Bezpečnostní termostat

Regulace je již vybavena solárním termostatem nastaveným na 75°C. Pokud je v systému dostatečné množství vody (viz. tab. č. 13), tak není nutné bezpečnostní termostat instalovat, protože voda v systému 110°C nikdy nepřekročí.

$$w = \frac{V_{zásob}}{A_{abs}} = \frac{300}{3} = 100m^2$$

w – pokud je poměr menší jak hodnota v tab. č. 9 je nutné instalovat bezpečnostní termostat

V_{zásob} – velikost zásobníku (l)

A_{abs} – plocha absorberu (m²)

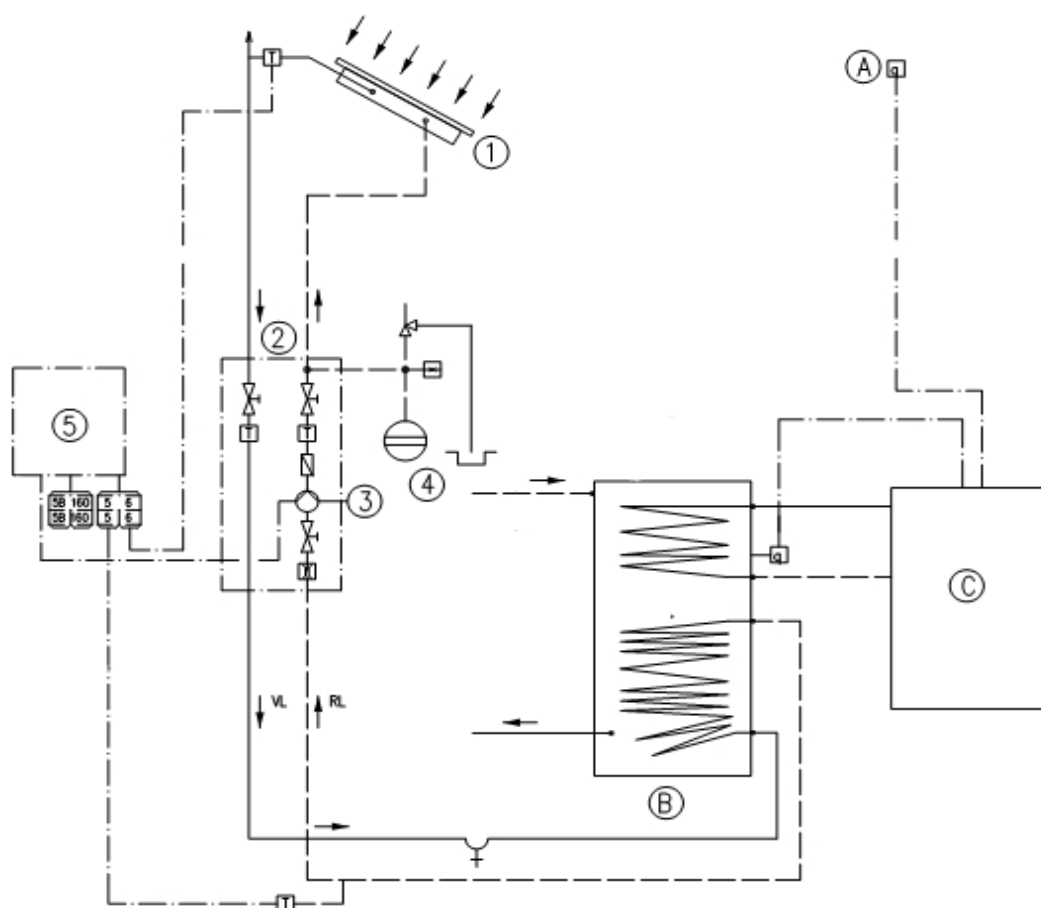
Typ kolektoru	w l/m ²
Vitosol 100	30
Vitosol 200	100
Vitocel 300	100

Tab. č. 13 – Bezpečnostní termostat [7]

=> bezpečnostní termostat není nutné instalovat.

5.10 Schéma zapojení celé soustavy

Schéma soustavy (obr. č. 19) ukazuje způsob zapojení jednotlivých prvků do soustavy. Je zde i schématicky uveden způsob regulace. Hlavní částí soustavy je solární kolektor (1), který předává pomocí soustavy potrubí a výměníku v akumulční nádobě (B) teplo, které je využito pro ohřev TUV. Pokud není výstupní teplota vody dostatečná (zejména v zimním období), regulace automaticky uvede do provozu kotel (C), který ohřeje TUV na požadovanou výstupní teplotu.



Obr. č. 19 – Schéma zapojení soustavy [7]

A – čidlo venkovní teploty

B – zásobníkový ohřívač Vitocel B 100, objem 300 l

C – kotel

1 – solární kolektor Vitosol 300, typ H30

2 – čerpadlová sestava Solar-Divicon, PS 10

3 – čerpadlo solárního okruhu

4 – expanzní nádoba solárního okruhu

5 – regulace

VL – výstup

RL – zpětný tok

5.11 Způsob regulace

Soustava je řízena regulační jednotkou Viessmann typu Solartrol-E. Uvedené zapojení představuje bivalentní způsob zapojení ohřevu TUV.

Tato soustava pracuje na základě intenzity slunečního svitu. Při dostatečném množství tepelné energie získané ze slunečních kolektorů se ohřívá TUV jen pomocí solární části systému (varianta a). V opačném, případě je prováděn ohřev TUV pomocí kotle (varianta b).

a) Ohřev pitné vody solární energií.

Pokud se mezi čidlem teploty kolektoru a čidlem teploty zásobníku naměří rozdíl větší než jaký je nastavený v regulaci 5, zapne se oběhové čerpadlo 3 solárního okruhu 2 dojde k ohřevu zásobníkového ohříváče B. Přitom je omezována teplota zásobníkového ohříváče elektronickým termostatem v regulaci 5. Při překročení nastavené teploty vypíná regulace oběhové čerpadlo 3.

b) Ohřev pitné vody bez solární energie.

Horní část zásobníku je ohřívána kotlem. Na zásobníku je instalováno čidlo teploty vody. Při poklesu požadované teploty v zásobníku spíná regulace kotlového okruhu oběhové čerpadlo (není na schématu) na ohřev zásobníku.

6. SROVNÁNÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ NA OHŘEV TUV

V domě je k dispozici automatický kotel na uhlí Benešov Ling 25 o výkonu 4,1-25kW. Pro ilustraci bude výpočet proveden i pro kotel na zplyňování dřeva a elektrokotel. Účinnosti všech kotlů byly převzaty z [12]. Bude porovnána cenová náročnost ohřevu pro jednotlivé způsoby ohřevu. Poté se zjistí množství uspořené financí po instalaci solárních panelů. Počítá se pro solární krytí 60%, tzn., že solární náklady pokryjí 60% spotřeby energie pro ohřev TUV během roku. Při předpokládané životnosti kolektorů 15 let se snadno určí návratnost této investice.

6.1 Potřeba energie pro ohřev TUV

Základním údajem pro srovnání nákladů je výpočet spotřeby energie pro celoroční ohřev TUV. Pro určení venkovní teploty se vychází z výpočtové oblasti pro obec Ratiboř (okres Vsetín). Zásobník zajišťuje vodu pro 4 osoby.

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \frac{\rho \cdot c \cdot V_p \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 1 + 0,5 \cdot \frac{995,6 \cdot 4200 \cdot 0,2 \cdot (50 - 10)}{3600} = 13,9 \text{ kW.h}$$

$Q_{TUV,d}$ - denní potřeba tepla pro ohřev TUV (kW.h)

z – koeficient tepelných ztrát systému je 0,5 (-) a zahrnuje odhadovanou tepelnou ztrátu všech zařízení i potrubních rozvodů v systému [12]

c – měrná tepelná kapacita vody ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

V_p – denní potřeba vody pro objekt - potřeba toho domu je $0,16 \text{ m}^3/\text{den}$, počítá se ovšem pro minimální potřebu $0,2 \text{ m}^3/\text{den}$ [12]

t_2 – teplota ohřáté vody v zásobníku ($^\circ$)

t_1 – teplota vody vstupující do zásobníku ($^\circ$)

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) =$$

$$= 13,9 \cdot 236 + 0,8 \cdot 13,9 \cdot \frac{50 - 15}{50 - 5} \cdot (365 - 236) = 4,4 \text{ MW.h} = 15,8 \text{ GJ}$$

$Q_{TUV,r}$ - roční potřeba tepla pro ohřev TUV (kW.h)

d – počet dní topného období (-) [12]

N – počet dní kdy probíhá ohřev TUV (-)

$Q_{TUV,d}$ - denní potřeba tepla pro ohřev TUV ($\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$)

t_2 – teplota ohřáté vody v zásobníku ($^\circ$)

t_{svl} – výpočtová teplota vstupující vody pro letní období ($^\circ$) [12]

t_{svz} – výpočtová teplota vstupující vody pro zimní období ($^\circ$) [12]

6.2 Náklady při provozu kotle na uhlí

Nejdříve se stanoví množství černého uhlí, které je za rok spotřebováno.

$$P_1 = \frac{Q_{TUV,r}}{q_1 \cdot \eta_1} = \frac{15800}{23,1 \cdot 0,8} = 855 \text{ kg / rok}$$

P_1 – spotřeba černého uhlí (kg/rok)
 $Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla pro ohřev TUV (MJ)
 q_1 - výhřevnost černého uhlí (MJ/kg) [12]
 η_1 – účinnost automatického kotle na spalování uhlí (-)[12]

Poté se určí finanční náročnost ročního ohřevu TUV pomocí ceny paliva.

$$Z_1 = X_1 \cdot P_1 = 3,9 \cdot 855 = 3334,5 \text{ Kč / rok}$$

Z_1 – roční náklady na ohřev (Kč/rok)
 X_1 – cena černého uhlí (Kč/kg) [12]
 P_1 – spotřeba černého uhlí (kg/rok)

6.3 Náklady při provozu kotle na dřevo

Nejdříve se stanoví množství dřeva, které je za rok spotřebováno.

$$P_2 = \frac{Q_{TUV,r}}{q_2 \cdot \eta_2} = \frac{15800}{14,6 \cdot 0,75} = 1443 \text{ kg / rok}$$

P_2 – spotřeba dřeva (kg/rok)
 $Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla pro ohřev TUV (MJ)
 q_2 - výhřevnost dřeva (MJ/kg) [12]
 η_2 – účinnost kotle na zplyňování dřeva (-)[12]

Poté se určí finanční náročnost ročního ohřevu TUV pomocí ceny paliva.

$$Z_2 = X_2 \cdot P_2 = 0,93 \cdot 1443 = 1342,0 \text{ Kč / rok}$$

Z_2 – roční náklady na ohřev (Kč/rok)
 X_2 – cena dřeva (Kč/kg) [12]
 P_2 – spotřeba dřeva (kg/rok)

6.4 Náklady při provozu elektrokotle

Nejdříve se stanoví skutečná potřeba tepla při dané účinnosti elektrokotle .

$$Q_{TUV,r,skut} = \frac{Q_{TUV,r}}{\eta_3} = \frac{4400}{0,95} = 4631 \text{ kWh / rok}$$

$Q_{TUV,r,skut}$ - skutečná potřeba tepla (kWh/rok)
 $Q_{TUV,r}$ – roční potřeba tepla pro ohřev TUV (kWh)
 η_3 – účinnost elektrokotle (-)[12]

Poté se určí finanční náročnost ročního ohřevu TUV pomocí ceny paliva.

$$Z_3 = X_2 \cdot Q_{TUV,r,skut} + (12 \cdot X_4) = 1,8061.4631 + (12.280,84) = 11728 \text{ Kč / rok}$$

Z_3 – roční náklady na ohřev (Kč/rok)

X_2 – cena elektrické energie (Kč/kWh) [12]

$Q_{TUV,r,skut}$ - skutečná potřeba tepla (kWh/rok)

X_4 – paušální měsíční platba za elektrickou energii (Kč) [12]

6.5 Úspora nákladů po instalaci solárních panelů

Celková cena solární soustavy obsahující solární panel Vitosol 300 (plocha absorberu 3m^2), čerpací stanici Solar-Divicon, expanzní nádobu, odlučovač vzduchu, šroubení, připojovací potrubí, teplonosné médium Viessmann, regulaci a zásobníkový ohřívač Vitocel činí 120.620 Kč (bez DPH).

Počítá se se solárním krytím 60%, tzn., že solární náklady pokryjí 60% spotřeby energie pro ohřev TUV během roku. [7]

Nyní se určí výše finančních prostředků ušetřených za 15 let provozu systému (předpokládána životnosti kolektorů) pro jednotlivé způsoby ohřevu :

a) instalace solárních panelů ke stávajícímu ohřevu - kotel na uhlí

$$U_1 = 15 \cdot Z_1 \cdot Y = 15 \cdot 3334,0,6 = 30.006 \text{ Kč/15let}$$

U_1 – množství uspořené financí (Kč/15let)

Z_1 – roční náklady na ohřev černým uhlím (Kč/rok)

Y – solární krytí (-)

b) instalace solárních panelů k uvažovanému ohřevu - kotel na dřevo

$$U_2 = 15 \cdot Z_2 \cdot Y = 15 \cdot 1342,0,6 = 12.078 \text{ Kč/15let}$$

U_2 – množství uspořené financí (Kč/15let)

Z_2 – roční náklady na ohřev dřevem (Kč/rok)

Y – solární krytí (-)

c) instalace solárních panelů k uvažovanému ohřevu - elektrokotel

$$U_2 = 15 \cdot Z_2 \cdot Y = 15 \cdot 11728,0,6 = 105.552 \text{ Kč/15let}$$

U_2 – množství uspořené financí (Kč/15let)

Z_2 – roční náklady na ohřev dřevem (Kč/rok)

Y – solární krytí (-)

Zhodnocení výsledků

Z ekonomického srovnání v kapitole 6.5 lze sestavit následující přehled finančních úspor během 15-ti let provozu solární soustavy :

- a) cca 30.000 Kč při přechodu z ohřevu TUV černým uhlím
- b) cca 12.000 Kč při přechodu z ohřevu TUV dřevem
- c) cca 105.500 Kč při přechodu z ohřevu TUV elektrickou energií

Investiční náklady celé solární soustavy jsou 120.620 Kč (bez DPH). [7]

Z výsledků srovnávacích výpočtů je patrné, že ani po 15 letech provozu se instalace solární soustavy finančně nevyplatí. Nejblíže návratnosti vložených investic je instalace soustavy při předchozím využívání elektrokotle. Za 15 let provozu se uspoří cca 105.500 Kč.

Předpokládaná návratnost investice do solární soustavy je:

- a) cca 60 let při přechodu z ohřevu TUV černým uhlím
- b) cca 100 let při přechodu z ohřevu TUV dřevem
- c) cca 20 let při přechodu z ohřevu TUV elektrickou energií

Při předpokládaném růstu ceny energií a větší životnosti solární soustavy lze předpokládat, že by se investice při využívání elektrokotle za cca 15-20 let vrátila. Naproti tomu při využívání nejlevnějšího způsobu ohřevu pomocí kotle na zplyňování dřeva je návratnost investice do této solární soustavy cca 100 let.

ZÁVĚR

Využívání sluneční energie řadíme mezi obnovitelné zdroje energie. Při klesajících zásobách fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) výrazně roste zájem na využívání těchto alternativních způsobů získávání energie.

Sluneční záření můžeme využívat aktivně či pasivně. Pasivní systémy využívají vhodné konstrukční prvky a materiály pro stavební objekty. Aktivní systémy se zaměřují již pouze na aplikaci solárních zařízení :

- přímým získáváním elektrické energie se zabývá fotovoltaika
- získávání tepla ze sluneční energie se obvykle realizuje pomocí různých strojních zařízení (solární kolektory, čerpadla, výměníky), teplo se využívá pro vytápění obytných prostor či pro ohřev TUV.

Nejrozšířenější konstrukční řešení solárních soustav je soustava s celoročním provozem, nuceným průtokem, s využitím bivalentního ohřevu v akumulaci nádrži (jeden výměník pro solární soustavu a druhý pro ohřev kotlem) a vysokým průtokem (high flow).

Existuje celá řada konstrukčních řešení solárních kapalinových kolektorů. Každý investor by měl pečlivě zvážit, do kterého systému vloží své finanční prostředky. Návrh investice do nákupu soustavy s vysokou účinností může být vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům vyšší než životnost pořizovaného zařízení.

Součástí této práce byl i návrh solárních kolektorů pro rodinný dům. Bylo zvoleno technické řešení od firmy Viessmann.

Stanovit přesnou dobu návratnosti vložené investice do solárního systému je obtížné, ale již z uvedení několika základních kalkulací je zřejmé, že takto navrhovaný solární systém není ekonomické instalovat. Z porovnání nákladů na ohřev TUV kotlem na dřevo a solárním systémem je zřejmé, že doba návratnosti investice na instalaci solárního systému je téměř 100 let. Pokud by investor zajišťoval ohřev TUV kotlem na uhlí, a uvažoval s instalací solární soustavy, vrátili by se mu vložené prostředky za cca 60 let. Z ekonomického hlediska nejlépe vychází srovnání nákladů na instalaci solární soustavy s náklady na ohřev TUV elektrickou energií - návratnost investice do solárních panelů pohybuje kolem 20 let.

Náklady na pořízení solární soustavy může snížit získání státní podpory, jejich udělování je v gesci Ministerstva životního prostředí a Ministerstva průmyslu a obchodu. Fond MŽP spravuje Státní fond životního prostředí (dále jen SFŽP), který přijímá každoročně žádosti o státní dotaci. Ta může tvořit maximálně 50% vložených finančních prostředků. Výše dotace však nesmí překročit 50.000,- Kč. Na žádost se váže celá řada dalších podmínek, jsou formulovány v příslušných předpisech, např.: Soustava již musí být v provozu (maximálně 12 měsíců), musí být proveden odborný audit a je nutné předložit celou řadu dalších dokumentů. Nejzásadnější informací ovšem je, že na podporu neexistuje právní nárok a státní fond nemusí některým žadatelům poskytnout podporu jen z důvodu vyčerpání finančních prostředků pro příslušný rok. [15]. Fond obdobného charakteru – Českou energetickou agenturu – spravuje MPO, principy a zásady pro získání podpory jsou obdobného charakteru jako u SFŽP.

Situace u našich sousedů je odlišná. Například v Rakousku je ročně nainstalováno asi 200.000 m² slunečních kolektorů. Podle odhadů byla v roce 2000 v Rakousku celková plocha slunečních kolektorů cca více než 2.000.000 m². U nás byla tato plocha asi 20x menší. V Rakousku je ve využívání obnovitelných zdrojů energie delší tradice a funguje zde celá řada poradenských center. Nejdůležitější však je, že dotace je nároková, což je pro investora velmi motivující. [16] Situace v jednotlivých spolkových zemích a městech Rakouska se liší. Z celonárodního srovnání lze konstatovat, že na nový termický systém je možno získat finanční prostředky ve až vyšší 20 % investičních nákladů od vlády, 15 % od obce či města a 500 EUR ročně jako daňovou úsporu. Dosáhne se tak dvojitého efektu, s podporou se sníží investiční náklady a občan výrazně ušetří i při provozu systému. [17] Pro příznivý rozvoj

solární energetiky v České republice by bylo vhodné přijmou stávající modely způsobů podpory a státních dotací, které jsou používány zahraničí. V současné době, kdy jsou požadavky EU na podíl obnovitelných zdrojů energie pro ČR obtížně splnitelné, až dosti nereálné, je nutné způsoby efektivních a méně byrokratických dotací vyřešit co nejdříve.

Mohlo by se zdát, že instalace solárních panelů v našich podmínkách je téměř bezvýznamná. Pokud se ale zvolí levnější varianta řešení celé soustavy a přihlédně se k pravděpodobnému dalšímu nárůstu cen všech energií i k významnější státní podpoře tohoto způsobu získání energie, tak může být návratnost celé investice kratší než jak je spočítáno v uvedeném předchozím příkladě.

Existuje ještě další, ne zanedbatelný faktor, který lze vysledovat v hospodářsky vyspělých zemích - instalace solárních kolektorů může být i otázkou prestiže a – nejen instituce a podnikatelské subjekty, ale i lidé tak mohou demonstrovat svůj příznivý postoj k životním prostředí. Nezbyvá než doufat, že počet instalovaných soustav bude narůstat a tím se snad bude postupně snižovat i velikost pořizovacích nákladů.

LITERATURA

- [1] BROŽ, K. : *Zařízení pro využití sluneční energie*. 1.vyd. Praha : Cech topenářů a instalatérů v ČR, 2001. 66 s. ISBN 80-86208-06-0.
- [2] BROŽ, K.; ŠOUREK, B. : *Alternativní zdroje energie*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2003. 213 s. ISBN 80-01-02802-X.
- [3] DUŠEK, K. : *Perspektivy využití sluneční energie v budovách*. 1. vyd. Praha : Ústředí vědeckých, technických a ekonomických informací, 1978. 49 s. SIVO 1557
- [4] HALLER, F.; HUMM, O.; VOSS, K. : *Solární energie, využití při obnově budov*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, spol. s.r.o., 2001. 184 s. ISBN 80-7169-580-7.
- [5] HOUŠKOVÁ, M. a kol. : *Technická zařízení budov I, zdravotní technika, cvičení*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1999. 99 s. ISBN 80-01-01493-2.
- [6] KOLEKTIV : *Příprava teplé užitkové vody pomocí sluneční energie*. 1. vyd. Praha : Dům techniky ČEVTS Praha, 1981. 60 s. ISBN 57-403-81 (2039).
- [7] KOLEKTIV : *Projekční návod, sluneční kolektory*. 1. vyd. Rudná u Prahy : Viessmann spol.s.r.o, 2000. 79 s. ISBN 5825 135-2 CZ
- [8] KOUBOVÁ, J. : *Katalog výrobků pro část staveb, armatury, čerpadla a ostatní zařízení, společná příslušenství pro vytápění a ohřev TUV*. 1. vyd. Praha : ČSVA, 1991. 64 s. ISSN 0862-7797.
- [9] MEDEK, F. : *Netradiční zdroje energie a architektura*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2005. 105 s. ISBN 80-01-02537-3.
- [10] MOTLÍK, J. a kol. : *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*. 1. vyd. Praha : ČEZ, a.s., 2007. 179 s. ISBN 978-80-239-8823-9.
- [11] CENEK, M. a kol. : *Obnovitelné zdroje*. 2. vyd. Praha : FCC PUBLIC, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- [12] www.tzb-info.cz, čerpáno 10.5.2007
- [13] www.mapy.cz, čerpáno 6.4.2008
- [14] www.aldebaran.cz, čerpáno 9.4.2008
- [15] www.vseprovasdum.cz, čerpáno 5.5.2008
- [16] www.mvcr.cz, čerpáno 5.5.2008
- [17] www.solarniliga.cz, čerpáno 6.5.2008