



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

SOLÁRNÍ KOLEKTORY FY VIESSMANN – TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

SOLAR COLLECTORS OF VIESSMANN COMPANY – TECHNICAL AND ECONOMICAL
ASSESSMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL KÁBELE

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Kábele

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Solární kolektory fy Viessmann – technicko-ekonomické posouzení

v anglickém jazyce:

Solar collectors of Viessmann Company – technical and economical assessment

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Solární kolektory se staly jedním z nejvíce používaných zdrojů obnovitelných energií. K dispozici jsou dnes v široké škále nabídky, od nejjednodušších až po sofistikované systémy s vysokou účinností zachycení solární energie (např. systémy s vakuovými trubicemi). Jednotlivé typy se liší nejen výkonností, ale i pořizovací cenou (obojí ovlivňuje návratnost investice), příp. i dalšími aspekty. Výběr vhodného typu solárního kolektoru proto vždy závisí na způsobu jeho využití.

Cíle bakalářské práce:

Popište základní principy činnosti fototermických solárních kolektorů a jejich využití. Shrňte současnou produkci solárních kolektorů fy Viessmann, rozdělte ji do jednotlivých kategorií, popište jejich přednosti a nedostatky. Pro každou kategorii navrhněte vhodný způsob využití a vypracujte vzorovou energeticko-ekonomickou rozvahu. Formulujte závěry a doporučení pro instalaci a provoz jednotlivých typů kolektorů.

Seznam odborné literatury:

- Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Nakl. T. Malina, Praha, 1994.
Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům. ERA group, Brno, 2005.
Themessl, A., Weiss, W.: Solární systémy. Grada Publ., Praha, 2005.
Ladener, H., Spate, F.: Solární zařízení. Grada Publ., Praha, 2003.
Schulz, H.: Teplo ze slunce a země. Nakl. HEL, Ostrava, 2002.
Firemní literatura fy Viessmann.
Internetové a jiné zdroje dle vlastního výběru studenta.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 5.11.2012

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Obsahem práce je technicko-ekonomické posouzení solárních kolektorů fy Viessmann. První část se zaměřuje na obecné rozdělení, popis jednotlivých typů a na parametry ovlivňující funkci kolektorů.

Ve druhé části, která je zaměřena na firmu Viessmann, je popsána současná produkce solárních kolektorů. Jejich vhodnost využití a technické parametry. Poslední část se zabývá účinností kolektorů Viessmann, včetně základní energeticko-ekonomické kalkulace.

Klíčová slova

Fototermické systémy, solární kolektory, vakuové trubcové kolektory, ploché kolektory, absorbér, bakalářská práce

Summary

This work is about technical and economical assessment of solar collectors by Viessmann company. In the first part there are general distribution, description each parts of collectors and parameters which affect a function of collectors.

In the second part there are Viessmann company, description of present production. Suitability of use and technical parameters. The last part deals the effect of Viessmann, including basic energetic and economic calculation.

Keywords

Phototermic systems, solar collector, vacuum tube collectors, flat plate collectors, absorber, bachelor's thesis

Bibliografická citace

KÁBELE, P. *Solární kolektory fy Viessmann – technicko-ekonomické posouzení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 43 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Solární kolektory fy Viessmann – technicko-ekonomické posouzení vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce. Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a literárních zdrojů uvedených v mé práci.

V Brně, dne Podpis

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. MICHALU JAROŠOVI, Dr. za odborné vedení, cenné připomínky a čas strávený nad bakalářskou prací. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mi byla oporou v době mého studia.

Děkuji.

Obsah

1	Úvod	9
2	Sluneční energie	10
2.1	Sluneční záření	10
3	Solární tepelné kolektory	11
3.1	Princip	11
3.2	Typy solárních kolektorů	11
3.3	Solární vzduchové kolektory.....	12
3.4	Rozdělení kapalinových solárních kolektorů	12
3.5	Ploché atmosférické kolektory	13
3.6	Trubicové vakuové kolektory.....	14
4	Výběr termického kolektoru	15
4.1	Parametry solárních kolektorů.....	15
4.2	Vhodnost použití kolektoru	16
4.3	Absorpční plocha kolektoru	16
4.4	Sklon a nasměrování kolektoru	17
5	Účinnost solárního kolektoru	18
5.1	Omezení ztrát energie	20
6	Výběr kolektoru	20
6.1	Solar Keymark.....	21
7	Historie fy Viessmann	21
8	Kolektory fy Viessmann	22
8.1	Vakuové trubicové kolektory	22
8.2	Ploché kolektory	24
9	Výběr kolektoru	25
9.1	Umístění kolektoru	25
9.2	Individuální barva a design	26
9.3	Solární krytí.....	26
9.4	Účinnost kolektorů Viessmann.....	27
10	Energeticko-ekonomické zhodnocení	28
10.1	Návratnost solárních systémů	31
10.2	Potřeba tepla na ohřev bazénové vody	31
11	Závěr	36
	Seznam použitých zdrojů	37
	Seznam použitých obrázků	39
	Seznam tabulek	39
	Seznam použitých symbolů	40
	Přílohy	42

1 ÚVOD

V dnešní době se vzhledem k omezenému množství ropy a zemního plynu energetická situace podstatně zhoršuje. Velký vliv na to má vzrůstající spotřeba, která vede k enormnímu růstu cen na trhu. Při využívání energie je kladen důraz na efektivnost a častější využívání obnovitelných zdrojů.

Slunce je obrovským zdrojem energie, kterou můžeme využít, a právě solární kolektor je jedním z možných řešení, jak využívat sluneční energii a přeměnit je v teplo. Při získávání této energie je nutné hledět na různé činitele, podle kterých se odlišují jednotlivé kolektory-od různého typu konstrukce až po specifické složení teplonosného media.

Tato práce se zaměřuje na popis jednotlivých typů kolektorů a jejich parametrů, zejména na produkty jednoho z předních výrobců solárních kolektorů, fy Viessmann.

2 SLUNEČNÍ ENERGIE

Země je součástí planetární soustavy, jejíž středem je Slunce. Slunce je nám nejbližší a nejdůležitější hvězdou. Je trvalým zdrojem veškeré energie pro naši planetu. Zdrojem energie je termonukleární reakce probíhající v centrálních oblastech, při níž dochází k přeměně vodíku na helium. Přeměna probíhá při teplotě $13 \cdot 10^6$ K a tlaku $2 \cdot 10^{10}$ MPa. Do reakce vstupují čtyři protony vodíku, spojují se a vytváří jedno jádro helia. Celkový tok vyzařované energie je $3,85 \cdot 10^{26}$ W a hustota zářivého toku energie na povrchu Slunce je $6 \cdot 10^7$ W/m².

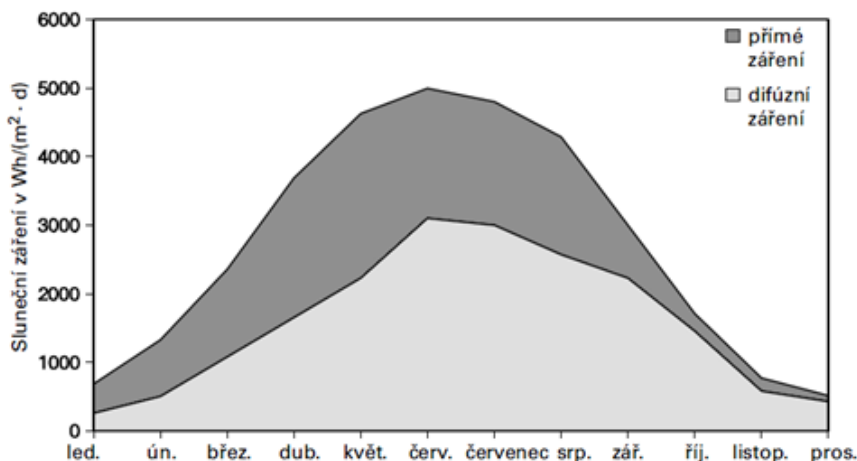
Sluneční záření směrem k Zemi není ničím pohlcováno a přichází do atmosféry v původní podobě, ve které opustilo Slunce, ovšem při zmenšené hustotě zářivého toku, který se s rostoucí vzdáleností rozptýlí na větší plochu.

Sluneční záření dopadající na Zemi vstupuje do atmosféry ve výšce zhruba 1000 km. Pohlcování ultrafialového záření začíná už ve výškách kolem 60 km. Postupně do výšky 25 km od zemské kůry je toto záření minimalizováno. V troposféře (do výšky 10 km) dochází k pohlcování slunečního záření vodní párou, oxidem uhličitým, prachem a kapkami vody v mracích. Ročně se v průměru z celkové sluneční energie zpět do vesmíru odrazí od mraků, prachu a zemského povrchu zhruba 34 %. Atmosféra pohltí okolo 19 %. Zbývající část (47 %) energie je absorbována zemským povrchem [1];[2].

2.1 Sluneční záření

Na vnější povrch atmosféry dopadá sluneční záření v nerozptýlené formě, průchodem atmosférou dochází k rozptylu částicemi prachu a párou. Část zářivého toku pak z oblohy přichází ve formě rozptýleného, tzv. **difúzního slunečního záření**, které nemá směrový charakter, a část ve formě **přímého slunečního záření** s výrazně směrovým charakterem [1];[2].

$$\text{globální záření} = \text{přímé záření} + \text{difúzní záření}$$



Obr. 2.1 Poměr energie přímého a difúzního záření dopadajícího na zemský povrch v průběhu roku [1]

Hustota toku slunečního záření dopadajícího kolmo na vnější okraj atmosféry během roku není konstantní, ale mění se o cca 3 % podle vztahu [2] :

$$G_{on} = G_{sc} \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) \quad (1)$$

kde n je den v roce

G_{sc} je tzv. sluneční konstanta, $G_{sc} = 1367$ W/m²

Tab. 2.1 Hodnoty celkového slunečního ozáření [3]

Celková doba slunečního svitu v ČR	1 400 – 1 900 h/rok
Maximum ozáření v letních měsících	8 kWh/m ² . den
Maximum ozáření v zimních měsících	3 kWh/m ² . den
Maximum ozáření v přechodovém období	5 kWh/m ² . den
Hustota záření při jasné obloze	800 - 1000 W/m ²
Hustota záření při částečně zatažené obloze	400 – 700 W/m ²
Hustota záření při zatažené obloze	100 - 300 W/m ²

Hustotu záření na plochu kolmou ke směru šíření G_{bn} [W/m²] lze pro danou oblast stanovit z hodnoty záření dopadajícího na vnější povrch atmosféry podle vztahu:

$$G_{bn} = G_{on} \cdot \exp\left(-\frac{Z}{\varepsilon}\right) \quad (2)$$

kde Z je tvz. součinitel znečištění atmosféry a ε činitel závislý na výšce slunce nad obzorem a nadmořské výšce [4].

3 SOLÁRNÍ TEPELNÉ KOLEKTORY

3.1 Princip

Přeměna energie slunečního záření v tepelnou energii se nazývá fototermální přeměna. Jde o jednu z nejjednodušších cest, jak využívat sluneční záření. Její princip spočívá v absorpci slunečního záření na povrchu kapalin a tuhých látek, kdy se energie fotonů mění v teplo. Základním prvkem je tedy absorpční plocha, která se přijímáním slunečního záření ohřívá, obecně nazývaná kolektor. Tepelná energie pak může být z absorpčního povrchu kolektoru odváděna různými teplonosnými látkami, nejčastěji kapalinami (voda, nemrznoucí směs) proudícími v kanálkové struktuře spojené s absorpčním povrchem. Nejčastěji se používá trubkového registru (sít' trubek přímo protékaná teplonosnou kapalinou, která odvádějí teplo z okolí spoje s absorbérem).

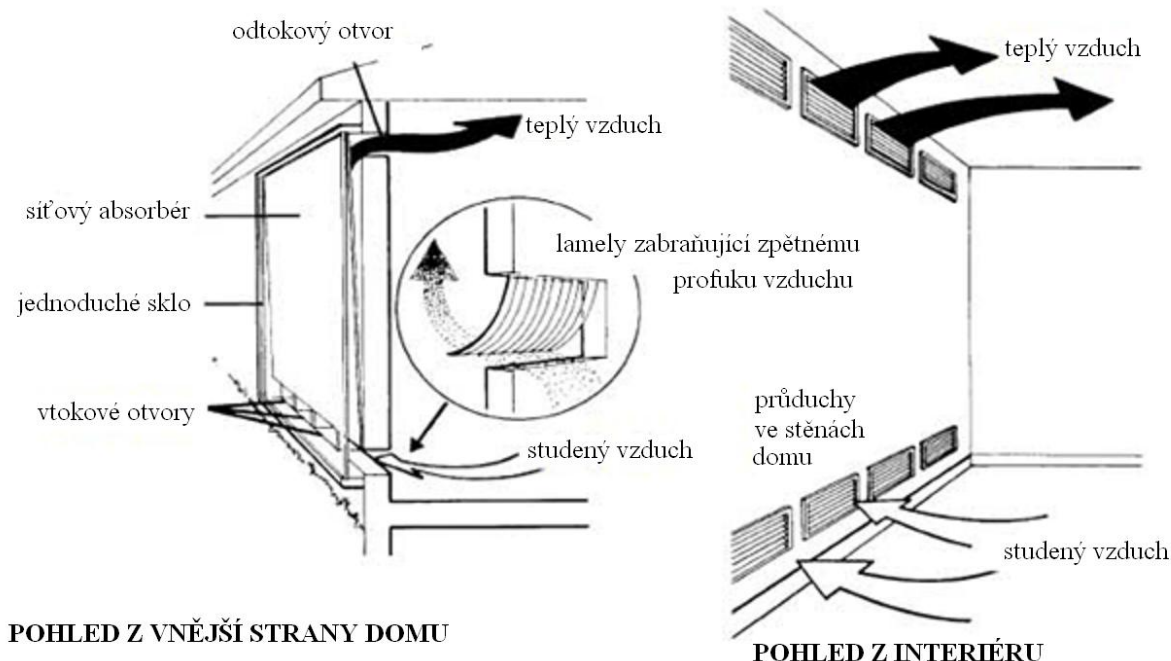
Pro snížení tepelných ztrát z absorbéru se využívá na přední straně kolektoru zasklení. Zasklení omezuje jednak tepelné ztráty sáláním a zároveň vytváří před absorbérem vzduchovou vrstvu, která má funkci tepelného odporu vloženého mezi absorbér a okolní prostředí. Na zadní a bočních stranách absorbér, které nepřijímají sluneční záření, se používá tepelně izolační materiál uchycený v rámu kolektoru.

3.2 Typy solárních kolektorů

Solární kolektory, ve kterých je jako teplonosné medium používána kapalina (voda, případně nemrznoucí směs vody a propylenglykolu), se využívají pro většinu aplikací v budovách. Solární vzduchové kolektory mají pouze okrajové využití pro předehřívání čerstvého vzduchu, pro větrání nebo pro cirkulační vytápění (teplovzdušné, sálavé – hypokaustické).

3.3 Solární vzduchové kolektory

Oproti kapalinovým solárním kolektorům mají teplovzdušné solární kolektory řadu výhod. Neobsahují žádnou teplotně nosnou kapalinu, a tedy u nich nedochází k zamrznutí. Jsou konstrukčně mnohem jednodušší. Jejich výroba je tedy mnohem levnější, což se odráží na pořizovací ceně. Díky jednoduché konstrukci a malým nárokům na odolnost jsou spolehlivé a vyznačují se dlouhodobou životností.



Obr. 3.1 Princip funkce vzduchového kolektoru [4]

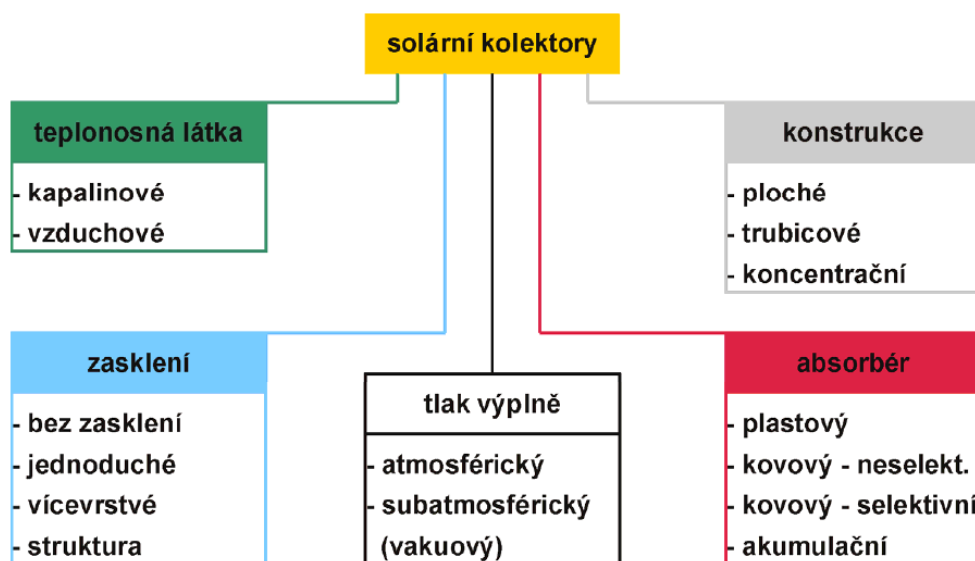
Solární teplovzdušné panely obsahují absorpční mřížku, kolem níž proudí sluncem ohříváný vzduch, nasávaný z místnosti spodním vtokovým otvorem a vstupující do místnosti horním průduchem. Dochází tak k samovolné cirkulaci ohřátého vzduchu v objektu, což má za následek jeho temperování i v mrazivých dnech, a také vysoušení objektu, je-li zajištěna postupná výměna vzduchu v místnostech [4].

3.4 Rozdělení kapalinových solárních kolektorů

Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit na následující typy [5].

- plochý nekrytý kolektor – zpravidla plastový, určený pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni;
- plochý neselektivní kolektor – zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem) – určený pro sezónní přehřev vody při nízké teplotní úrovni;
- plochý selektivní kolektor – zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem – určený pro celoroční ohřev vody a vytápění;
- plochý vakuový kolektor – zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) – určený pro celoroční ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C;
- trubkový vakuový kolektor – kolektor s plochým nebo válcovým selektivním absorbérem umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak 10^3 Pa) – určený pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace

- koncentrační kolektor – obecně kolektor, ve kterém jsou použity čočky, zrcadla nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění slunečního záření, procházejícího zasklením kolektoru na absorbér.



Obr. 3.2 Rozdělení solárních kolektorů podle různých hledisek [5]

Termický kolektor je sestaven z dílčích prvků, které mohou svými parametry významně ovlivňovat jeho energetické zisky.

3.5 Ploché atmosférické kolektory

Ploché solární kolektory se obecně vyznačují plochou aperturou (vstupním otvorem) a plochým absorbérem. Obvyklé schéma plochého solárního kolektoru je uvedeno na obr. 3.2. Tepelně vodivý absorbér může být jednotný po celém obvodu (tvořený jedním plechem) nebo dělený (tvořen lamelami).

Na trhu se zpravidla objevují ploché termické kolektory se selektivním nátěrem. Okrajově se vyrábějí kolektory s neselektivním povrchem. Jsou levnější a jejich výrobu obstarávají zpravidla malé společnosti [5].

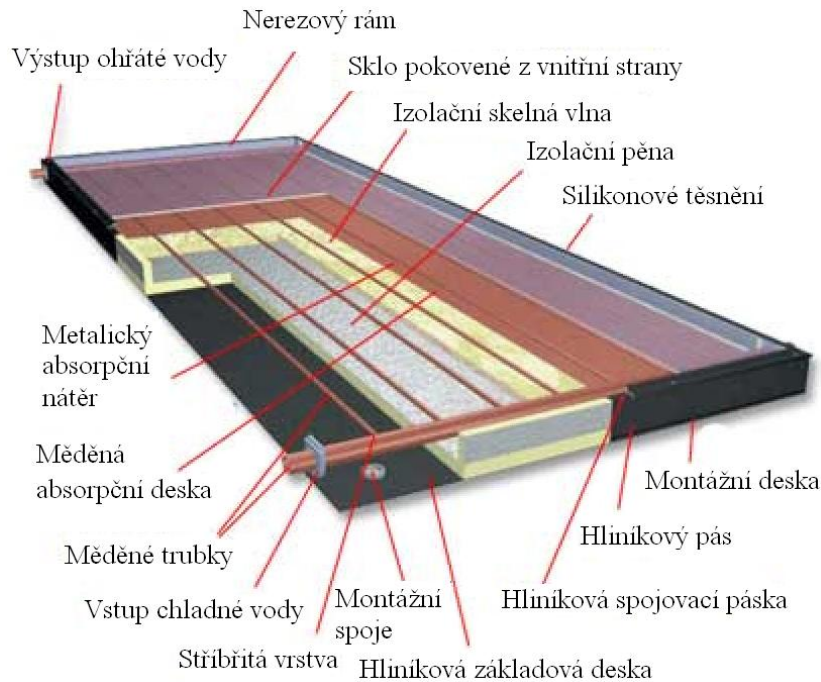
Ploché kolektory nacházejí uplatnění v oblasti integrace do obálky budov (střechy, fasády). Konstrukční integrace solárních kolektorů přináší architektonicky přijatelné řešení, vyšší účinnost kolektoru při kontaktní instalaci s izolační vrstvou obálky, možnost využití zimních pasivních zisků, nahrazení části obálky budovy a v případě integrace do fasády i snížení period extrémních stagnačních podmínek v letním období.

Nevýhody

Velké ztráty tepla v chladných dnech - ovzduším ochlazovaná plocha odebere z topné vody téměř veškeré ze slunce získané teplo, takže do otopného systému v zimě prakticky nepřispívá. Nedokáže přeměnit na teplo difúzní záření. Naopak ve slunečných letních dnech hrozí vzrůst teploty nad bod varu, neodebírání-li se získané teplo například pro ohřev bazénu. Při poškození skla je nutná výměna celého kolektoru, při které dochází k porušení těsnosti celého otopného systému [4].

Výhody

Ploché solární kolektory jsou konstrukčně jednoduché, tomu odpovídá i jejich pořizovací cena. V letních měsících mají ve slunečných dnech vysokou účinnost [4].

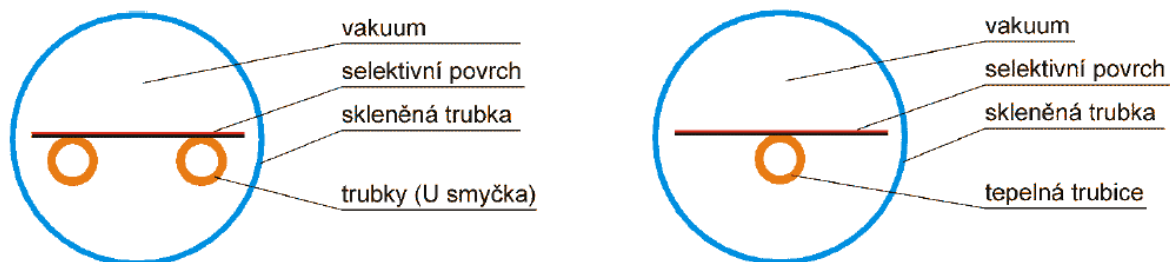


Obr. 3.3 Základní stavební prvky plochého kolektoru [4]

3.6 Trubicové vakuové kolektory

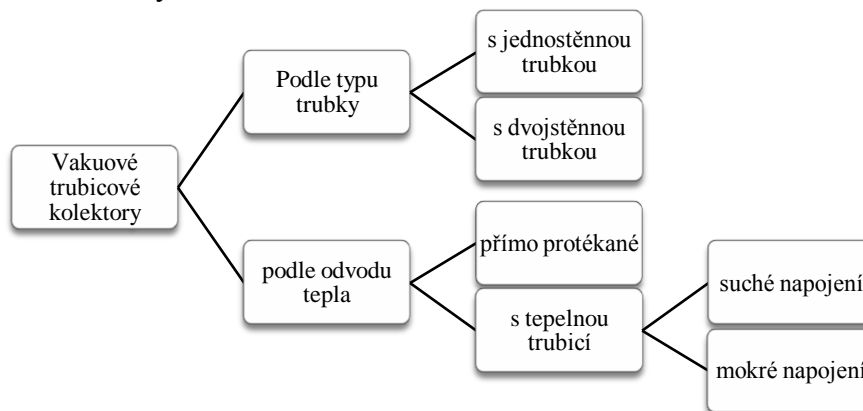
U trubkových vakuových kolektorů je prostor mezi zasklením a absorbérem vyplněn vakuem (absolutní tlak $\leq 10^{-3}$ Pa). Vakuum minimalizuje přenos tepla konvekcí. Pro odstranění zbytkových molekul plynu se používají tzv. getry (používající zpravidla baryum, které na sebe váže zbytkové molekuly). Přenos tepla mezi absorbérem a sklem probíhá pouze sáláním, které se snižuje použitím nízkoemisivního povlaku.

Díky vakuové izolaci a omezeným ztrátám sáláním dosahují vakuové trubkové kolektory nízkých ztrát i při vysokých teplotách [2];[5].

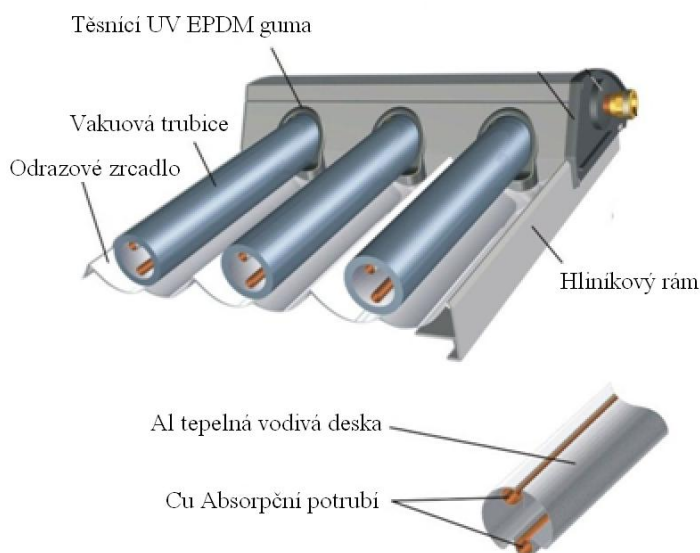


Obr. 3.4 Příčný řez jednostěnným vakuovým kolektorem s přímo protékáným U-registrem (vlevo) a s tepelnou trubicí (vpravo)

Rozdělení trubcových kolektorů:



U některých typů trubcových kolektorů se pod trubice vkládají CPC (Compound Parabolic Concentrator) zrcadla, která slouží k maximálnímu využití slunečního záření. Přes zrcadla na kolektoru se sluneční světlo odrazem přenáší na skleněné trubice.



Obr. 3.5 Konstrukce vakuového kolektoru [12]

4 VÝBĚR TERMICKÉHO KOLEKTORU

4.1 Parametry solárních kolektorů

Pro výběr kolektoru je důležité si ujasnit, jaké bude vlastně jejich využití. Jinými slovy, v jakém období roku od kolektorů očekáváme jejich největší přínos, v jakých teplotách budou pracovat a co budou ohřívat. Velkou roli hraje i umístění kolektoru a jeho sklon, protože někdy se nepodaří kolektor umístit optimálně k jihu a pod optimálním sklonem.

Pokud by měl být kolektor brán jako zdroj energie, je nutné sledovat jeho vlastní parametry, kterými jsou rozměry, účinnost a výkon. Přitom účinnost vyjadřuje tepelné ztráty ze sluneční energie, která na solární kolektor dopadla. Hodnotu ztrát pak ovlivňuje kvalita tepelné izolace kolektoru. Pro sluneční kolektor, který má danou kvalitu izolace, je zřejmé, že tepelné ztráty kolektoru budou vyšší, čím vyšší bude teplotní rozdíl mezi kolektorem a jeho okolím [5];[6].

4.2 Vhodnost použití kolektoru [6];[7]

Pro sezónní ohřev vody v bazénu jsou obvykle voleny jednoduché kolektory nebo různé černé fólie a hadicové systémy. Jako příklad je možné uvést jarní den s teplotou vzduchu 20 °C. Solární systém má ohřívat bazénovou vodu z teploty 23 °C na teplotu 27 °C. Není tedy nutné, aby teplota v kolektorech přesáhla 40 °C, což představuje teplotní rozdíl mezi kolektorem a jeho okolím cca 20 °C.

Pro celoroční ohřev bazénů a přípravu teplé vody v domácnostech se jeví jako optimální využití plochých kolektorů s tloušťkou izolace 4 až 5 cm, kvalitním spektrálně selektivním povrchem a solárním zasklením. Pro představu – ve stejný den jako výše, chceme dosáhnout ohřevu teplé vody pro domácnost na 60 °C a více. V kolektorech pak musí být teplota ještě vyšší – např. 75 °C. Teplotní rozdíl činí 55 °C.

Pro aplikace při provozu především v zimních měsících, jako je podpora vytápění objektů nebo ohřev teplé vody na vysoké teploty, je proto vhodné použití kolektorů s izolací tvořenou vakuem (vakuové trubcové kolektory) nebo vysoce kvalitních plochých kolektorů s tloušťkou izolace vyšší než 5 cm, se speciálním antireflexním zasklením a samozřejmě s kvalitním spektrálně selektivním povrchem absorberu. Vhodným příkladem použití tohoto kolektoru je, když venkovní teplota klesá pod bod mrazu. Teplota otopné vody v topném systému objektu je 40–50 °C. V tomto případě bude teplotní rozdíl ovlivňující účinnost kolektoru v desítkách °C.

4.3 Absorpční plocha kolektoru

Rozdíl v účinnostech kolektorů je dán zejména kvalitou tepelné izolace (mimo jiné aspekty), která ovlivňuje ztráty energie v různých provozních režimech kolektoru. Tento rozdíl může být až desítky %. Z hlediska získané energie je důležité uvažovat ještě jeden faktor, a to je absorpční plocha kolektorů. U plochých kolektorů je absorpční plocha jen o málo menší než jeho zastavěná plocha (je zmenšena o rám kolektoru). Zpravidla to je přes 90 % stavební plochy kolektoru, ovšem přesněji záleží na výrobci. Absorpční plocha vakuových trubcových kolektorů je rovna ploše průmětu vakuové trubice krát počet trubice. U tohoto typu kolektoru se jedná o cca 50% stavební plochy.

Tato plocha je však využita jen při kolmém postavení k slunečnímu záření bez zastínění. Při úhlu dopadu slunečních paprsků na plochý kolektor umístěný přesně na jih ráno a večer se v žádném případě nedá uvažovat o absorpční ploše 90 % stavební plochy. Naopak u vakuového trubcového kolektoru se dá od okamžiku, kdy si trubice přestanou stínit počítat s jeho plnou absorpční plochou (tedy již zmíněných cca 50 % stavební plochy). Z toho vyplývá, že čím dále od sebe jsou trubice vakuového kolektoru, tím dříve a déle je (v průběhu dne) kolektor schopen pracovat s plným výkonem.

Tohoto efektu pak využívají vakuové trubcové kolektory s reflektorem, které mají menší počet trubice, které jsou však od sebe více vzdáleny. Aby se využilo i záření pronikající mezi trubicemi (při kolmém dopadu paprsků), je pod trubice umístěn speciálně tvarovaný vysoce odrazivý nerezový plech - reflektor, jehož úkolem je záření prošlé mezi trubicemi odrazit zpět na trubice z jejich spodní (slunci odvrácené) strany [8].

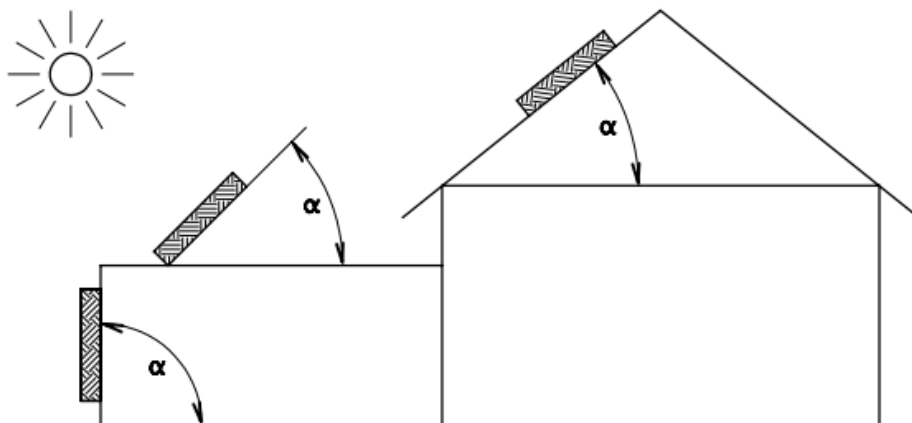
Tyto kolektory svými parametry převyšují všechny výše zmíněné technologie. Bohužel je však převyšují i svojí pořizovací cenou. Obecně se dá říci, že čím kvalitnější kolektor, tím vyšší pořizovací cena, a každý musí posoudit a podle způsobu využití zvolit optimální poměr cena/užitná hodnota. Nezapomeňme však na to, že tak jako v každém sortimentu, objevují se i mezi kolektory výrobky nevalné kvality, většinou za podezřele nízké ceny.

4.4 Sklon a nasměrování kolektoru

K dosažení optimálního příjmu energie kolektory ze slunečního záření je důležité jejich nasměrování na slunce. Nasměrování kolektoru je určeno úhlem sklonu a azimutem.

Úhel sklonu α

Úhel sklonu α je úhel svíraný horizontálou a kolektorem. Při montáži na šikmé střechy je úhel sklonu dán sklonem střechy. Maximální množství energie může absorber přijmout tehdy, jestliže rovina kolektoru svírá pravý úhel se slunečním zářením. Úhel dopadu záření je závislý na denní době.

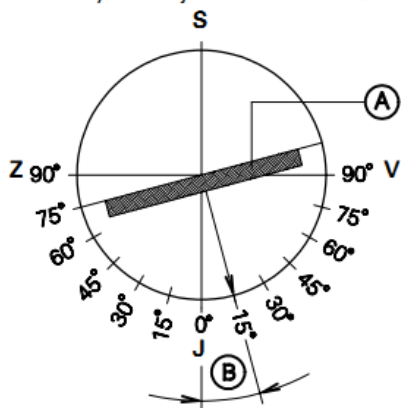


Obr. 4.1 Úhel sklonu kolektoru

Azimut

Příklad:

Odchylka od jižního směru: 15° na východ



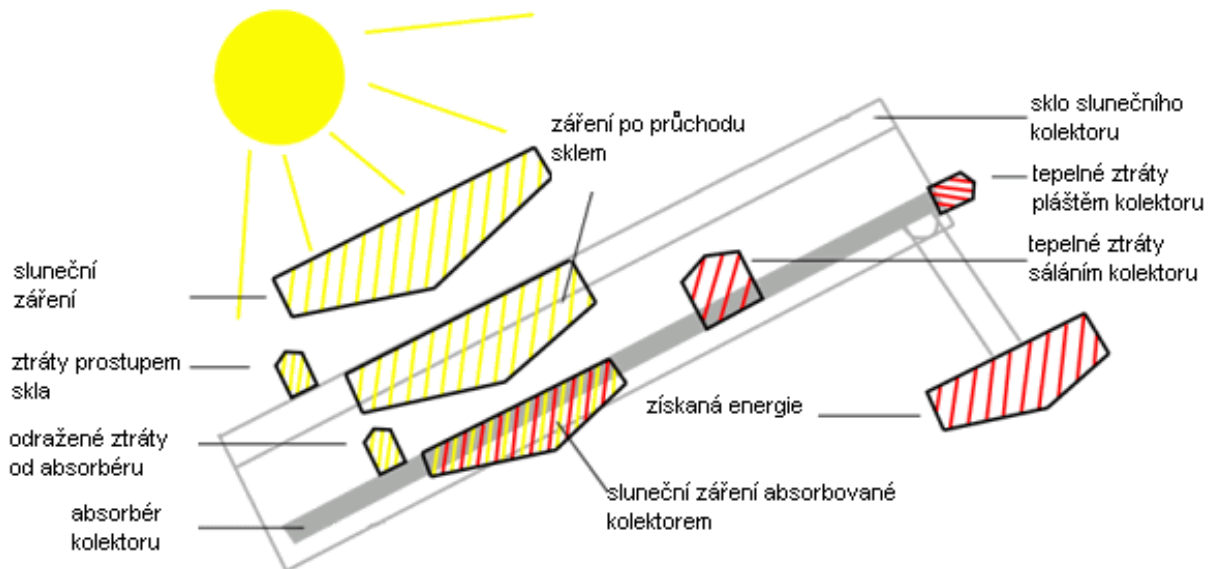
Azimut je úhel odchylky svislé roviny souměrnosti kolektoru od jižního směru. Azimut kolektoru nasměrovaného na jih je 0°. Jelikož sluneční záření v polední době je nejintenzivnější, měl by být kolektor pokud možno nasměrován na jih. Přijatelné jsou však i odchylky od jižního směru až o 45° [18].

A- Svislá rovina souměrnosti kolektoru
B- Azimut

- Orientace kolektorů na jihozápad (8 až 15°) umožňuje lepší využití energie zapadajícího slunce.
- Nejvhodnější je umístění kolektorů se sklonem 25–50° k vodorovné rovině.
- Pro celoroční provoz je nejvhodnější sklon 45°.

5 ÚČINNOST SOLÁRNÍHO KOLEKTORU [11]

Funkci solárního tepelného kolektoru je možné popsat obecnou energetickou rovnováhou. Solární kolektor přijímá sluneční záření, které je částečně odraženo od zasklení a absorbérů, a zbytek se pohlcuje na povrchu absorbérů a mění v teplo. Část tepla z pohlceného záření se odvádí teplonosnou kapalinou, část odchází zpět do okolního prostředí ve formě tepelných ztrát a část tepla se akumuluje v tělese kolektoru.



Obr. 5.1 Průchod slunečního záření solárním kolektorem

Využitelný tepelný výkon solárního kolektoru lze zapsat jako:

$$\dot{Q}_k = \dot{Q}_s - \dot{Q}_{z,o} - \dot{Q}_{z,t} \quad (3)$$

Dopadající výkon slunečního záření:

$$\dot{Q}_s = G \cdot A_k \quad (4)$$

kde G - sluneční ozáření kolektoru [W/m²]
 A_k - vztažná plocha solárního kolektoru [m²]

Optické ztráty kolektoru:

$$\dot{Q}_{z,o} = (1 - \tau \cdot \alpha) \cdot G \cdot A_k \quad (5)$$

kde τ - propustnost sklem solárního kolektoru [-]
 α - pohltivost slunečního záření absorbérem [-]

Tepelné ztráty z plochého solárního kolektoru se skládají z tepelných ztrát krycích systémů, spodní strany pláště a stěn izolace kolektoru. Proto celková tepelná ztráta z kolektoru může být reprezentována jako:

$$\dot{Q}_{z,t} = U_p \cdot A_k \cdot (t_{abs} - t_e) + U_z \cdot A_k \cdot (t_{abs} - t_e) + U_b \cdot A_b \cdot (t_{abs} - t_e) = U \cdot A_k \cdot (t_{abs} - t_e) \quad (6)$$

kde U_p - je součinitel prostupu tepla přední stranou kolektoru [W/(m²·K)]
 U_z - součinitel prostupu tepla zadní stranou kolektoru [W/(m²·K)]
 U_b - součinitel prostupu tepla bočními stranami kolektoru [W/(m²·K)]
 t_{abs} - střední teplota povrchu absorbérů [°C]

t_e - teplota okolního vzduchu [°C]

Využitelného výkon solárního kolektoru pak v závislosti na povrchové teplotě absorberu činí:

$$\dot{Q}_k = G \cdot A_k \cdot \tau \cdot \alpha - U \cdot A_k \cdot (t_{abs} - t_e) \quad (7)$$

kde τ - je propustnost zasklení [-]
 α - je pohltivost absorberu [-]
 U - celkový ztrátový součinitel kolektoru [W/(m²·K)]

Účinnost solárního kolektoru η_k je za ustálených podmínek popsána vztahem:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{G \cdot A_k} = \tau \cdot \alpha - U \cdot \frac{(t_{abs} - t_e)}{G} \quad (8)$$

Pro vyjádření přenosu tepla z absorberu do teplotnosné kapaliny se využívá účinnostního teplotního součinitele kolektoru F' .

$$\eta = F' \left[\tau \cdot \alpha - U \frac{(t_m - t_e)}{G} \right] \quad (9)$$

Teplotní součinitel závisí na geometrii absorberu (průměr trubek, rozteč trubek a tloušťka absorberu), na tepelných vlastnostech absorberu (tepelná vodivost absorberu, trubek a spoje trubek s absorberem) a přestupu tepla v trubkách.

Při zahřívání kolektoru se teplo odvádí do okolního prostředí vedením, sáláním nebo konvekcí. Tyto ztráty jsou ve výpočtech pro kolektory zohledněny koeficienty tepelné ztrátovosti a_1 a a_2 . Ty závisí na rozdílu teplot Δt mezi absorberem a okolním prostředím.

Koeficienty tepelné ztrátovosti jakož i optická účinnost tvoří křivku účinnosti, kterou je možné vypočítat ve smyslu rovnice:

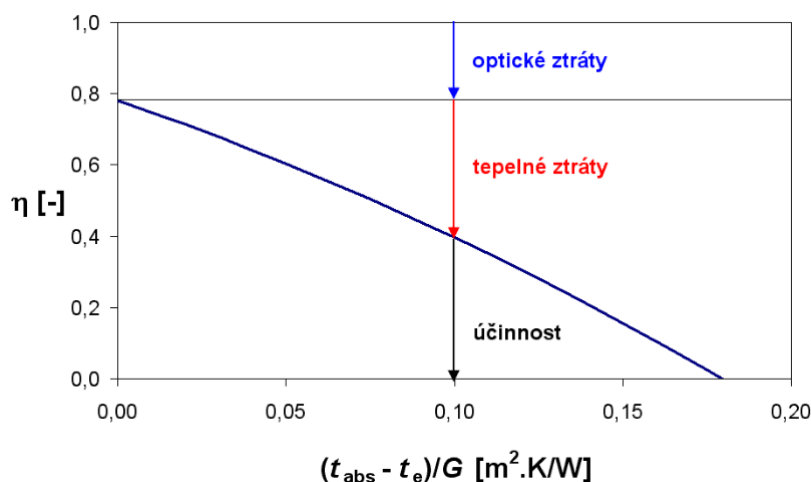
$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot (\Delta t / G_{T,m}) - a_2 \cdot (\Delta t^2 / G_{T,m}) \quad (10)$$

a_1 lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru [W/(m² K)]
 a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru [W/(m² K²)]
 $G_{T,m}$ je střední denní sluneční ozáření uvažované plochy solárních kolektorů [W/m²]

Rovnice po dosazení za rozdíl teplot [20]:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \left(\frac{t_{k,m} - t_{es}}{G_{T,m}} \right) - a_2 \frac{(t_{k,m} - t_{es})^2}{G_{T,m}} \quad (11)$$

η_0 optická účinnost
 $t_{k,m}$ průměrná teplota teplotnosné kapaliny v solárních kolektorech v průběhu dne, uvažovaná 40°C (hodnota pro ohřívání TUV v domácnostech)



Obr 5.2 Křivka účinnosti solárního kolektoru [8]

Účinnost solárního kolektoru je dána křivkou – závislostí na středním redukovaném teplotním spádu $(t_{k,m} - t_{es})/G_{T,m}$. Tato funkce je výsledkem zkoušky podle ČSN EN 12975-2. Některé zkušební uvádějí hodnotu účinnosti při $(t_{k,m} - t_{es})/G_{T,m} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$, která reprezentuje průměrné celoroční podmínky provozu solárních kolektorů v soustavě přípravy teplé vody [8].

5.1 Omezení ztrát energie

Pro omezení ztrát získané energie ze slunečního záření je vhodné dodržovat následující zásady:

- zajistit co nejkratší rozvody mezi kolektorem, zásobníkem, výměníkem a jejich dobrou tepelnou izolaci,
- chránit kolektory před větrem (ochlazování kolektorů snižuje účinnost).

6 VÝBĚR KOLEKTORU

Při volbě výrobce kolektorů je pro uživatele dobré znát zázemí společnosti, která je zhotovuje a dodává. V současné době se na trhu objevují menší firmy, které nabízejí kolektory za sympaticky nízké ceny. Spotřebitel, který není obeznámen s problematikou kolektorů, často investuje do koupi těchto produktů za účelem ušetření svých financí. Zpravidla tyto kolektory nejsou plně testovány a dochází u nich ke ztrátám na výkonu a účinnosti (např. vlivem nekvalitního těsnění).

Proto v Evropě vznikla certifikační značka Solar Keymark CEN. Velké a úspěšné firmy podrobují své výrobky testovacím zkouškám. Produkty jsou certifikovány a tím se odlišují od nekvalitních.

Firma Viessmann je jedním z úspěšných výrobců, které dodávají na trh certifikované výrobky. Společnost investuje vysoký kapitál do intenzivního vývoje svých pokrokových produktů. Velký důraz je kladen na kvalitu vyráběných součástí s vysokými technickými a ekologickými parametry. Dokonalost, preciznost provedení a spolehlivost ve funkčnosti výrobku jsou hlavní faktory, proč je Viessmann tak úspěšnou firmou v oblasti solární a tepelné techniky.

6.1 Solar Keymark [9];[10]

Solar Keymark je dobrovolná certifikace pro solární produkty, kterou prokazují svým koncovým uživatelům, že výrobek je v souladu s příslušnými evropskými normami a splňuje dodatečné požadavky. Keymark Solar je používán v Evropě a stále více uznávána po celém světě. Cílem certifikace je snížit překážky obchodu a podporovat používání vysoce kvalitních solárních produktů na evropském trhu i mimo něj.

Solar Keymark byl vyvinut Evropskou federací solárního tepelného průmyslu (ESTIF) a CEN (Evropský výbor pro normalizaci), v úzké spolupráci s předními evropskými zkušebními laboratořemi a s podporou Evropské komise.

Výhody SK pro výrobce

- jednodušší postup zkoušky,
- jedna zkouška platná pro všechny evropské země,
- svoboda volby mezi akreditovanými zkušebními laboratořemi,
- snadnější zavádění nových produktů v různých evropských zemích.

Výhody SK pro spotřebitele

- vysoce kvalitní výrobky,
- záruka, že prodávaný výrobek je shodný se zkoušeným výrobkem,
- potvrzení, že výrobky jsou plně testovány v souladu s příslušnými normami,
- způsobilost pro dotace (např. Zelená úsporám).

7 HISTORIE FY VIESSMANN

Viessmann je firma, kterou ve městě Hof založil Johann Viessmann v roce 1917. V té době se společnost specializovala na výrobu ocelových kotlů. Po druhé světové válce převzal po svém otci podnik Dr. Hans Viessmann a modernizoval výrobní procesy zavedením sériové výroby. V roce 1972 otevřela společnost Viessmann své první zahraniční továrny ve Francii a o šest let později byla postavena první pobočka mimo Evropu. Sídlo měla v Ontariu v Kanadě. S rozvojem nových technologií společnost reagovala na energetickou krizi. Výsledkem byla výroba prvních slunečních kolektorů v roce 1976 a následně v roce 1978 prvních tepelných čerpadel. Na konci roku 1992 předal Dr. Hans Viessmann společnost svému synovi Dr. Martinu Viessmanovi.

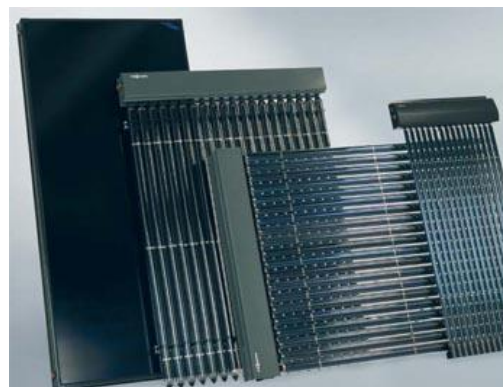
V závodech pracuje na 8600 pracovníků a odhadovaná cena činí 1,7 miliard Euro. Společnost Viessmann se dá považovat za mezinárodní, protože její závody se vyskytují např. v Německu, Rakousku, Francii, Polsku, Kanadě a Číně. Prodejní organizace můžeme najít v Německu a dalších 37 zemích; dalších 120 prodejních poboček můžeme najít po celém světě [13].



Obr. 7.1 Firma Viessmann [13]

8 KOLEKTORY FY VIESSMANN

Průmyslová výroba slunečních kolektorů začala uprostřed 70. let jako reakce na ropnou krizi. Kolektory jsou kvalitativně hodnotné produkty s dlouhou životností více než 20 let. Technický vývoj solárních kolektorů je na svém vrcholu, a proto se v dalších letech nedají očekávat žádné výrazné změny. Inovace se odráží pouze v detailech a v použitých materiálech.



Obr. 8.1 Kolektory Viessmann [14]

8.1 Vakuové trubicové kolektory

Vakuové trubicové kolektory Viessmann se dělí na dva typy, které se odlišují typem konstrukce:

- vakuové trubicové kolektory s přímým průtokem,
- vakuové trubicové kolektory s technikou tepelné trubice (Heat-Pipe)

Ve vakuových trubicových kolektorech s přímým průtokem proudí teplotné médium v trubkách absorberu uvnitř trubic. Kolektor tohoto typu se hodí pro montáž do libovolné polohy.

V kolektorech s funkcí tepelných trubic je v uzavřené trubce absorberu odpařováno vhodné médium. Pára kondenzuje na horním konci trubice kondenzátoru, kde se tepelná energie předá teplotnému médiu. Aby proces správně probíhal, je nutné dodržet podmínku úhlu sklonu kolektoru od 25° do 70°.

Firma Viessmann vyrábí trubicové kolektory pod názvem VITOSOL -T.

VITOSOL 300 -T

Vakuový trubkový kolektor Vitosol 300-T pracuje na principu tepelných trubic (Heatpipe). Vyráběn je v různých typech (viz příloha). Jednou z možností využití tohoto kolektoru jsou varianty, u kterých je nutno počítat s delšími fázemi silného slunečního záření bez odběru tepla. Jako příklad se dají uvést školní budovy, které v období letních prázdnin nepotřebují vyrobenou energii.

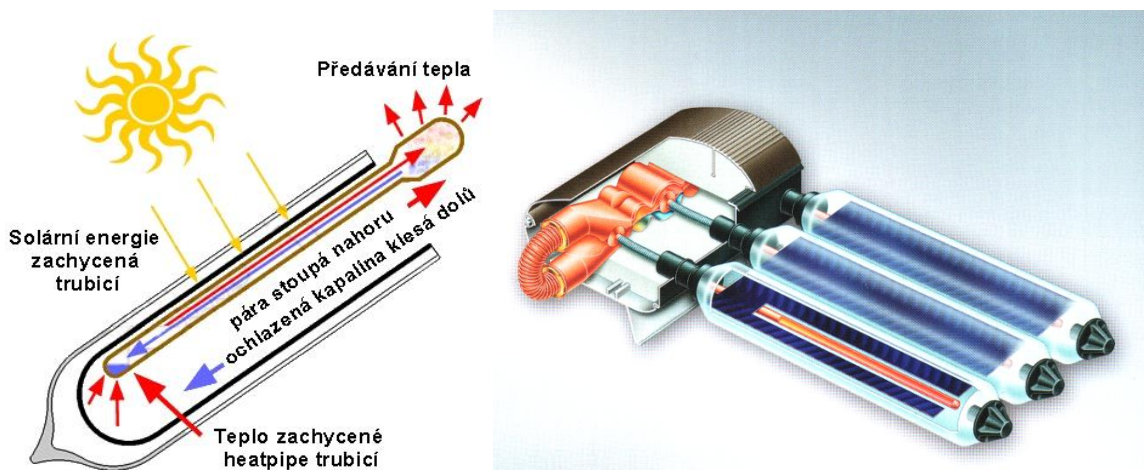
Kolektory Vitosol 300-T vykazují při větších rozdílech mezi teplotou kolektorů a teplotou okolí vyšší účinnost než ploché kolektory. V ročním průměru lze na jeden m² plochy absorberu uvažovat o cca 30 až 50 % větší zisk než u plochých kolektorů [14];[15].

Výhody:

- Plochy absorberu se selektivním povrchem Sol Titan aplikovaným do vakuovaných trubic se vyznačují nízkou citlivostí vůči znečištění.

Nevýhody:

- Při instalaci do střešní krytiny z pálených tašek může dojít k poškození, proto se doporučuje koupě speciální krycí tašky z umělé hmoty.



Obr. 8.2 a 8.3 technologie Heat Pipe [17]

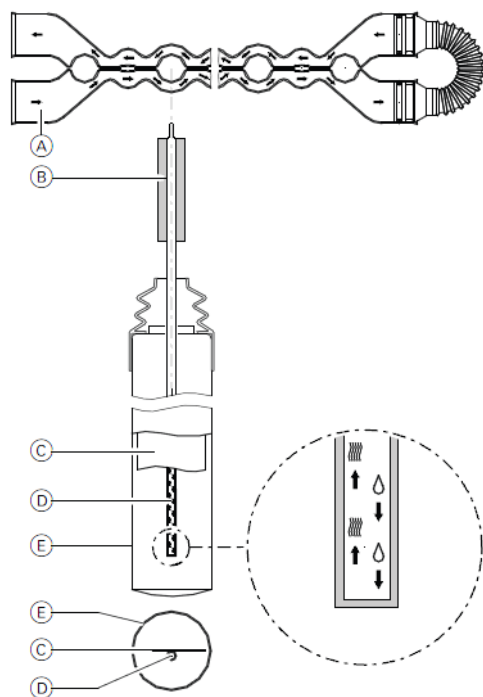
VITOSOL 200-T SP2

Oproti jiným výrobcům solárních termických kolektorů se firma Viessmann může pochlubit jediným kolektorem na světě, který funguje na principu Heat-Pipe a zároveň je jeho umístění nezávislé na poloze.

Vitosol 200-T SP2 je jediný solární kolektor, který se dá použít jako ležatý kolektor.

Konstrukční parametry kolektoru:

- solární boro-křemičité sklo (jednotěnná trubice) s nízkým obsahem železitých prvků,
- možnost vyrovnání odchylky azimutu nebo sklonu až o 25°,
- absorber potažený vysoce selektivní vrstvou Sol-Titan,
- vysoká účinnost i při nízkých teplotách díky vakuu v trubici.



Obr. 8.4 Popis výrobku [16]

Zásadní výhodou této konstrukce je napojení - oddělení každé trubice od výměníku, ve kterém proudí nemrznoucí kapalina na bázi glykolu. Toto oddělení je oproti plně průtočným systémům solárních kolektorů mnohem šetrnější právě k nemrznoucí kapalině a nedochází tak k tepelnému zatížení a následné degradaci této kapaliny při přebytečném tepla v letních měsících a při následných stagnacích.

Díky nízkému objemu kapaliny ve výměníku Duotec dochází při výpadku el. energie, případně extrémních přebytečném tepla k rychlému odstavení vakuového kolektoru Vitosol 200-T SP2 a to odpařením a vytlačení nízkého objemu glykolové kapaliny.

- A- Dvoutrubkový výměník tepla
- B- Adaptér
- C- Absorbér
- D- Tepelná trubice (Heat Pipe)
- E- Vakuová trubice

VITOSOL 200 -T

Trubicový kolektor Vitosol 200-T funguje na principu průtočné trubice. Tento typ kolektoru lze aplikovat v různém úhlu v rozmezí 0 až 90 stupňů. Maximální přeměny sluneční energie na tepelnou energii se dá docílit pootočením trubice ve sběrači směrem ke slunci. Tepelná izolace sběrače minimalizuje tepelné ztráty v chladném ročním období a v přechodových měsících roku.

Kolektor je vybaven inovačním nástrčným systémem, díky jemuž je v případě servisního zásahu možné trubice vyměnit. Montáž několika kolektorů podstatně zjednodušuje nástrčný systém s vlnitým potrubím [15].

Výhody:

- optimálním nasměrováním trubice ke slunci lze docílit maximálním využití energie
- Jednoduchá instalace pomocí upevňovacího a nástrčného systému s vlnitými trubkami

Nevýhody:

- Při montáži na šikmé stěny je nutné počítat v zimním období se zátěží sněhu

8.2 Ploché kolektory

Vedle kolektorů Vitosol-T Viessmann vyrábí i ploché solární kolektory, známé pod názvem Vitosol-F. Konstrukce kolektorů Vitosol 200-F/100-F je tvořena z ohýbaného hliníkového rámu, těsnícího skla odolného proti povětrnostním vlivům i UV záření, které je vyrobeno z flexibilního materiálu a zadní stěnou zaručující bezpečnost proti proražení.

Absorbér je chráněn před vnějšími vlivy pláštěm z povrstveného plechu z oceli a hliníku. Nad ním se pak nachází přední kryt, který je vyroben z bezpečnostního skla s velmi malým obsahem železa.

Tyto kolektory se dají jednoduše instalovat na střechy domů, buď integrací do střechy nebo instalováním nad střešní krytinou. V současné době lze vidět ploché kolektory, které jsou přimontovány k fasádě nebo se instalují na volná prostranství.

Ploché kolektory jsou levnější než trubcové a nejčastěji se používají na ohřev užitkové vody, ohřev vody do bazénu nebo ohřev na podporu vytápění.

VITOSOL 100-F

Tyto ploché kolektory se používají přednostně k ohřevu vody v bazénu. Pro montáž na ploché střechy, příp. jako volně stojící konstrukce jsou koncipovány speciální typy w1,7 a w2,5 (viz příloha).

Hlavní součástí tohoto typu je absorbér, na který je namontována měděná trubka meandrového tvaru, kterou proudí teplotně nosná kapalina.

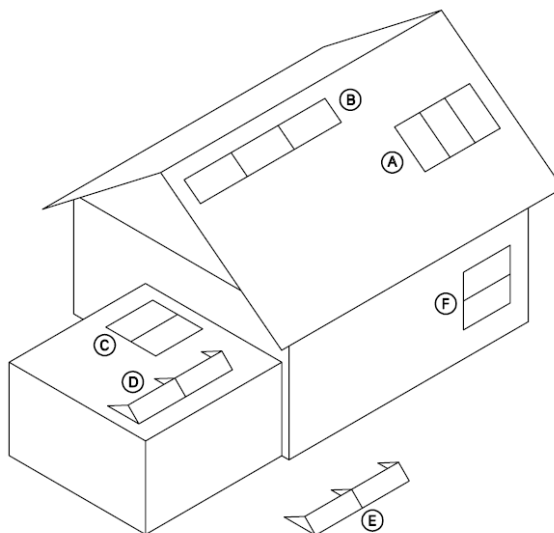
VITOSOL 200-F

Kolektor je vyráběn jak ve svislé, tak i ve vodorovné verzi a je možné aplikovat ho přímo do střešní krytiny.

Tyto ploché kolektory se používají především pro ohřev teplé vody a vody na koupalištích. Kolektory Vitosol 200-F mají absorbér se sol-titanovou vrstvou. Teplotně nosné médium proudí přes meandrovitě tvarovanou měděnou trubku, která je spojena s absorbérem.

9 VÝBĚR KOLEKTORU

9.1 Umístění kolektoru



Obr. 9.1 Možnost umístění kolektorů [18]

Tab. 9.1 Možnost instalace jednotlivých typů kolektorů

Instalace	Typ kolektoru
Šikmé střechy	A Vitosol 100 -F
	Vitosol 300 -T
Ploché střechy	B Vitosol 200 -T
	C Vitosol 200 -T
Volná konstrukce	D Vitosol 100 -F
	E Vitosol 300 -T
Fasády/balkóny/zábradlí	F Vitosol 200 - F

Rozhodující pro výběr umístění kolektoru je nabídka místa a možnost instalace do střešní krytiny. Průměrná teplota kolektoru vyplývá z průměru výstupní a vstupní teploty a podstatně ovlivňuje účinnost kolektoru.

U výběru kolektoru je však podstatný také poměr cena /výkon. Charakteristika sama by vždy rozhodla o použití vakuových trubcových kolektorů. Ploché kolektory jsou však na trhu cenově zajímavější než vakuové a mají v poměru s cenou dobré energetické zisky zejména při ohřevu užitkové vody [18].

9.2 Individuální barva a design

Vitosol 200-F nabízí nové možnosti vzájemného sladění střechy a slunečních kolektorů. Boční kryty zabezpečují harmonický přechod mezi kolektorovou plochou a samotnou střechou. Rám i okrajový kryt jsou k dispozici ve všech odstínech stupnice RAL, a tím umožňují vhodné přizpůsobení barvě střechy.

Tímto se tento sluneční kolektor se sol-titanovou vrstvou stává integrovaným prvkem při ztvárnění střechy. Ve spojení se solárním systémem firmy Viessmann z toho vyplívají zajímavé možnosti pro architekturu [18].



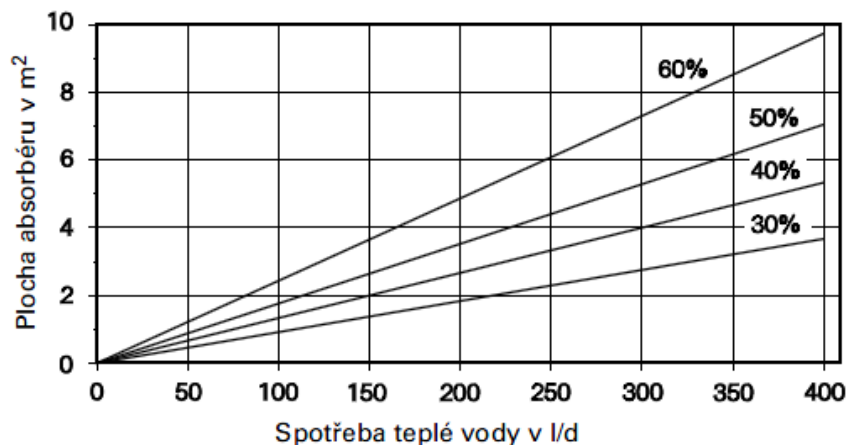
Obr. 9.2 Možnosti sladění kolektoru se střechou [18]

9.3 Solární krytí [19]

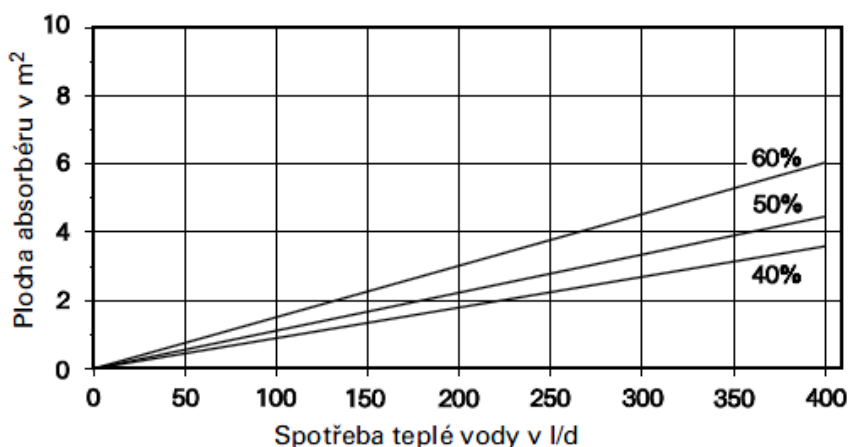
Solární krytí udává, kolik procent celoročně potřebné energie je možné pokrýt prostřednictvím solárního záření. Čím zvolíme vyšší krytí, tím více konvenční energie ušetříme. V létě jsou s tím spojené tepelné přebytky a všeobecně v celoročním průměru bude účinnost kolektoru nižší.

Obrázky 9.3 a 9.4 zobrazují závislost potřebné plochy absorberu vztažené k jmenovanému stupni krytí na spotřebě teplé vody, a to za následujících předpokladů.

- Orientaci střechy na jih
- Sklonu střechy 45°
- Teplotě vody 45°C v pohotovostní části zásobníku teplé vody



Obr. 9.3 Solárního krytí kolektoru Vitosol 100-F[19]



Obr. 9.4 Solárního krytí kolektorů Vitosol 200-T a 300-T[19]

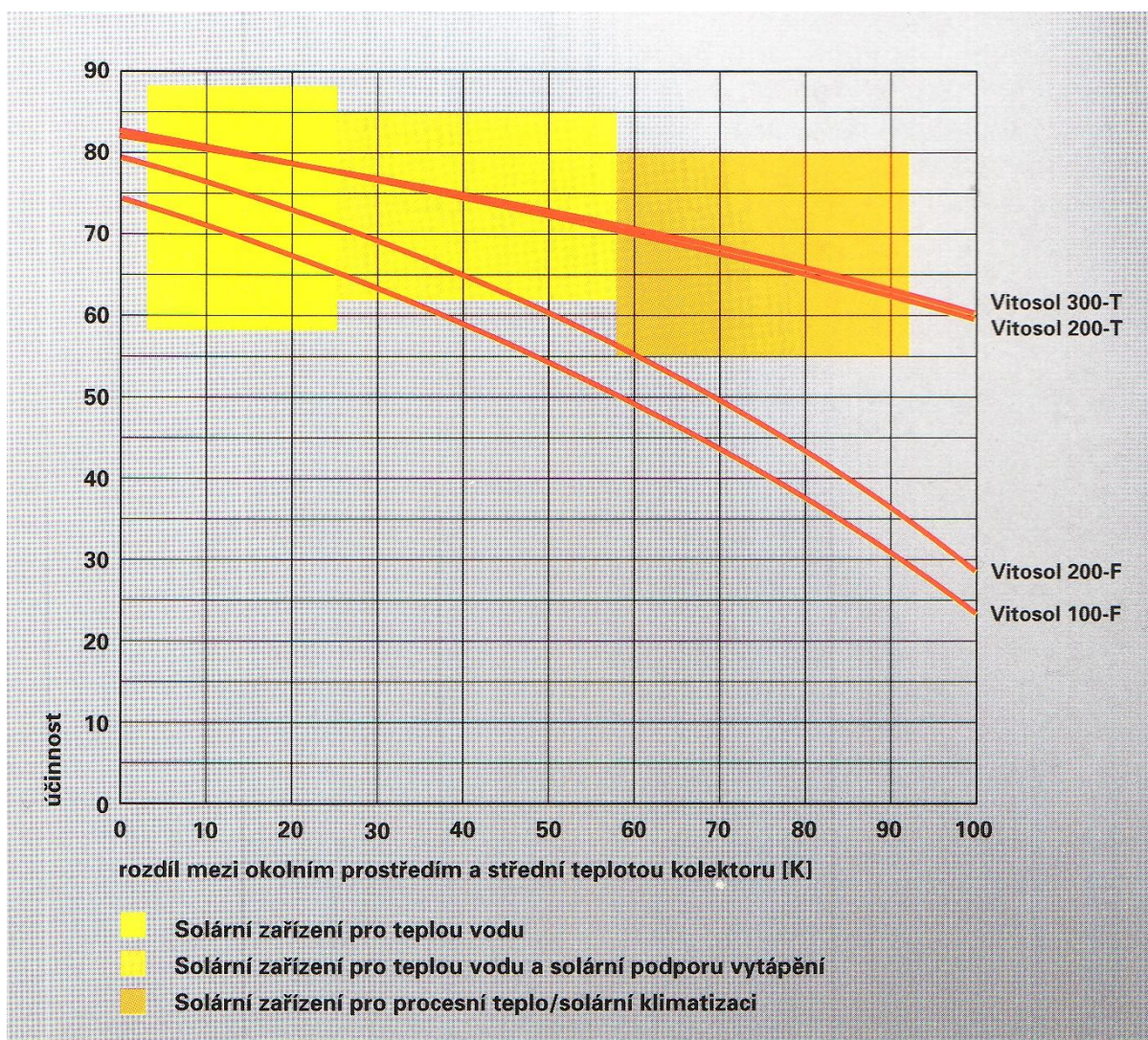
9.4 Účinnost kolektorů Viessmann

Část slunečního záření dopadajícího na kolektory se „ztrácí“ odrazem na skle a absorpcí. Optická účinnost η_0 zohledňuje tyto ztráty stejně jako ztráty, které vznikají při přechodu tepla na teplotnosnou kapalinu. Optická účinnost je maximum křivky, pokud je rozdíl mezi teplotou okolního prostředí a teplotou kolektoru nulový a kolektor nemá žádné ztráty vzhledem ke svému okolí.

Tab. 9.2 Porovnávací hodnoty optické účinnosti a koeficientů ztrátovosti (dle EN 12975)[18]

Typ kolektoru	Optická účinnost η_0 [%]	Koeficienty tepelné ztrátovosti		Max. klidová teplota
		a_1	a_2	
Vitosol 100 –F	74	3,36	0,013	193
Vitosol 200 –F	79,3	3,95	0,0122	202
Vitosol 200 –T	82,0	1,75	0,008	300
Vitosol 300 –T	81,5	1,23	0,0092	150

Účinnost trubkového kolektoru s vakuovanými trubkami typ Vitosol 200- T je 65 % - při teplotním rozdílu 80 K (teplota ohřáté vody 100 °C, teplota vzduchu 20 °C, obr. 9.5).



Obr. 9.5 Účinnosti tepelných kolektorů Viessmann [18]

10 ENERGETICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Následující výpočty v této práci jsou zjednodušené. Tabulky a pomocné výpočty byly vytvořeny v programu Microsoft Excel. Ve výpočtu jsou zahrnuty ztráty systému v podobě korekční konstanty, ale nezohledňuje se velikost zásobníku a uvažuje se konstantní teplota vody v zásobníku. Takovéto uvažování ztrát je nepřesné, přesnějších výsledků by bylo dosaženo použitím speciálních simulačních softwarů (např. ESOP 4.0. Viessmann).

Pro výpočet ohřevu TV pro pěti člennou domácnost jsou porovnány dva kolektory Viessmann. Oba jsou sestaveny se stejným počtem trubec, ale jeden pracuje jako Heat Pipe kolektor a druhý na principu průtočné trubice.

Parametry navržených kolektorů jsou uvedeny v příloze 1 a 3.

Potřeba tepla na ohřev TV [20]

Tab. 10.1 hodnoty uvažované při výpočtu [20]

měsíc	n	τ_s [h/den]	t_{ep} [°C]	t_{es} [°C]	t_{en} [°C]	$H_{T,den}$ [kWh/m ²]	$G_{T,m}$ [W/m ²]
1	31	8	-1,5	2,2	-3,5	1,1	4,18
2	28	10	0	3,4	-2,3	1,97	489
3	31	12	3,2	6,5	0,1	3,20	535
4	30	14	8,8	12,1	4,5	3,96	527
5	31	15	13,6	16,6	8,4	4,84	527
6	30	16	17,3	20,6	10,5	5,29	517
7	31	16	19,2	22,5	12,9	5,19	512
8	31	14	18,6	22,6	12,7	4,71	515
9	30	12	14,9	19,4	10	3,95	516
10	31	11	9,4	13,8	5,9	2,4	488
11	30	9	3,2	7,3	0,8	1,21	427
12	31	8	-0,2	3,5	-2	0,77	387

- n počet dní v měsíci
 τ_s teoretická doba slunečního svitu
 t_{ep} střední venkovní teplota během měsíce
 t_{es} střední teplota v době slunečního svitu
 t_{en} střední teplota v noci
 $H_{T,den}$ skutečná denní dávka slunečního ozáření
 (pro úhel sklonu kolektoru 45° a orientaci na jih) [kWh/m²den]
 $G_{T,m}$ střední denní sluneční ozáření uvažované plochy solárních kolektorů
 (pro úhel sklonu kolektoru 45° a orientace na jih) [W/m²]

Výpočty spotřeby tepla na ohřev TV jsou provedeny podle metodiky uvedené v [20]. Jako první je nutné vypočítat množství tepla potřebného na ohřev teplé vody $Q_{p,TV}$ [kWh/měs]. Hodnoty potřeby tepla v jednotlivých měsících je možné vypočítat podle rovnice (10). Roční potřeba tepla je rovna součtu měsíčních hodnot.

$$Q_{p,TV} = (1 + z) \frac{n V_{TV,den} \rho c (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} \quad (12)$$

- $V_{TV,den}$ průměrná denní potřeba teplé vody (podle vlastní zkušenosti)
 30 l/os.den = 0,03m³/os.den

Pro pět osob platí:

$$V_{TV,den} = 0,03 \cdot 5 = 0,15 \text{ m}^3/\text{den} \quad (13)$$

- ρ hustota vody ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)
 c měrná tepelná kapacita vody (pro vodu $c = 4200 \text{ J/(kgK)}$)
 t_{SV} teplota studené vody, uvažována 15 °C
 t_{TV} teplota teplé vody, uvažována 60 °C
 z přírážka na tepelné ztráty související s přípravou teplé vody ($z = 0,15$) [20]

Výpočet množství tepla, které kolektor vyrobí v daném měsíci:

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \eta_k \cdot n \cdot H_{T,den} \cdot A_k \cdot (1 - p) \quad (14)$$

A_k plocha apertury
 η_k je průměrná denní (měsíční) účinnost solárního kolektoru
 p ztráty solární soustavy $p = 0,2$ [20]

V rovnici (14) je uvažována průměrná denní účinnosti η_k . Vypočtená podle vztahu (11).
 Vypočítané hodnoty průměrné denní účinnosti:

Tab. 10.2 Výpočty uvažovaných kolektorů během roku

Měsíc	Vitosol 200-T		Vitosol 300-T	
	D20	D30	H20	H30
1	63,44	67,14	67,23	68,66
2	66,71	69,77	69,77	71,13
3	69,36	71,91	71,87	73,16
4	71,55	73,69	73,63	74,87
5	73,40	75,18	75,08	76,28
6	74,85	76,35	76,21	77,38
7	75,54	76,90	76,75	77,89
8	75,62	76,96	76,80	77,95
9	74,36	75,95	75,83	77,01
10	71,48	73,64	73,60	74,85
11	66,60	69,71	69,78	71,13
12	62,74	66,60	66,73	68,18

Tab. 10.3 Hodnoty tepla potřebného k ohřátí TV a hodnoty tepla vyrobeného kolektory

měsíc	Vitosol 200-T		Vitosol 300-T	
	$Q_{b,TV}$	$Q_{k,u}$	$Q_{b,TV}$	$Q_{k,u}$
	[kWh/měs]	[kWh/měs]	[kWh/měs]	[kWh/měs]
1	280,74	33,33	280,74	35,32
2	253,58	56,70	253,58	59,30
3	280,74	106,02	280,74	109,85
4	271,69	130,98	271,69	134,78
5	280,74	169,68	280,74	173,58
6	271,69	183,03	271,69	186,36
7	280,74	187,26	280,74	190,25
8	280,74	170,12	280,74	172,79
9	271,69	135,76	271,69	138,46
10	280,74	81,94	280,74	84,37
11	271,69	37,25	271,69	39,03
12	280,74	23,08	280,74	24,54
Celkem za rok	3305,53	1315,15	3305,53	1348,63

Při porovnání výsledků těchto kolektorů je zřejmé, že kolektor 300-T H20 vyrobí více tepla než kolektor 200-T D20.

10.1 Návratnost solárních systémů

Investiční náklady systému s kolektorem 200-T D20 činí 248 826 Kč vč. DPH

Investiční náklady systému s kolektorem 300-T H20 činí 285 466 Kč vč. DPH

Návratnost investic vychází z množství energie vyrobené kolektorem. Tato energie se odráží ve finančních úsporách za náklady na vytápění. Kolektor vyrobí tepelnou energii a sníží nám množství energie, kterou budeme muset vyrobit jinými prostředky.

Jako příklad je uvažována běžná domácnost, ve které je TV ohřívána elektrickým bojlerem se čtyřmi topnými tělesy o celkovém příkonu 4 kW. Průměrná denní doba ohřevu je cca 2,3 hod. Uvažujeme-li cenu za dodanou 1 kW při NT (nízký tarif) 4,50 Kč, pak celkové roční náklady na ohřev TV činí:

Náklady za rok = $4 \cdot 2,3 \cdot 365 \cdot 4,5 = 15111,-$ Kč

Náklady za rok s kolektorem Vitosol 200-T D20 = $(3305,53 - 1315,15) \cdot 4 = 8958,-$ Kč

Finanční úspory = **6153,- Kč**

Náklady za rok s kolektorem Vitosol 300-T H20 = $(3305,53 - 1348,63) \cdot 4 = 8806,-$ Kč

Finanční úspory = **6305,-Kč**

Při zakoupení prvního kolektoru bude návratnost vyšší díky nižší pořizovací ceně, ovšem tento kolektor pracuje na principu průtočné trubice, a tak může dojít v letních měsících k přehřívání. Je tedy doporučeno systém při dosažení maximálního slunečního záření ochlazovat (např. provozem přes noc nebo odvodem tepla do bazénu).

System s kolektorem 300-T H20 pracuje na principu Heat Pipe (v kapitole 8.1) a nedochází zde k přehřívání.

Návratnost v letech dostaneme jako podíl ceny systému a ušetřených peněz za jeden rok. Ze

$$\text{Tedy návratnost} = \frac{248826}{6153} = 40,4 \text{ let}$$

$$\frac{285466}{6305} = 45,3 \text{ let}$$

Z výpočtu je zřejmé, že návratnost investic je příliš vysoká. Životnost kolektoru se pohybuje mezi 15-23 lety. Tedy zakoupením solárního systému nedochází k návratu investic ba naopak.

Pro zákazníky přichází v úvahu např. forma státních dotací (Zelená úsporám), kde při ideálním splnění všech podmínek (ideální nasměrování střechy, pouze ohřev teplé užitkové vody, napojení do rozvodného systému domu, ...) může být výše dotace až 80 % pořizovacích nákladů. Při této variantě celková návratnost investic např. pro kolektor 200-T D20 činí cca 8,1 roku.

10.2 Potřeba tepla na ohřev bazénové vody [22];[23]

V zásadě je nutné rozlišit mezi bazény vnitřními (krytými) a venkovními (nekrytými), které jsou provozovány za odlišných podmínek ovlivňujících tepelnou ztrátu.

Pro výpočet ohřevu vody zahradního bazénu jsou porovnány dva kolektory Viessmann. Plochy kolektor Vitosol 200-F SV2A a vakuový trubicový Vitosol 200-T D20.

Uvažovaný nekrytý bazén má parametry:

Délka:	$l = 7,5 \text{ m}$
Šířka:	$b = 3 \text{ m}$
Hloubka:	$h = 1,35 \text{ m}$
Plocha hladiny bazénu:	$S = 22,5 \text{ m}^2$
Objem bazénu:	$V = 30,375 \text{ m}^3$

Požadovaná teplota vody v bazénu: **24 °C**

Tepelná ztráta prostupem stěnami bazénu je většinou velmi malá a proti tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny ji lze většinou zanedbat.

Tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny

Hodnoty měrné vlhkosti okolního vzduchu je možné vypočítat pomocí následujícího vztahu:

$$X_v = 0,662 \frac{\varphi \cdot pp''}{p - \varphi \cdot pp''} \quad (15)$$

φ	průměrná relativní vlhkost vzduchu pro jednotlivé měsíce	[-]
pp''	tlak nasycených par při teplotě okolního vzduchu t_v	[Pa]
p	atmosférický tlak v dané nadmořské výšce	[Pa]

Tab. 10.4 Vypočtené hodnoty měrné vlhkosti okolního vzduchu

$p = 100 \text{ kPa}$	$t_v \text{ [}^\circ\text{C]}$	$pp'' \text{ [Pa]}$	φ	$X_v \cdot 10^3 \text{ [kg.kg}^{-1} \text{ s.v.]}$
Květen	16,6	1646	0,6	6,6
Červen	20,6	2058	0,6	8,3
Červenec	20,8	2117	0,6	8,4
Srpen	19,5	2274	0,6	9,2

Hodnoty součinitele přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny a_{vyp} je možné je vypočítat pomocí následujícího vztahu [22]:

$$a_{vyp} = \frac{a_k}{c_v} \cdot \frac{x_w'' - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \quad (16)$$

a_k	je součinitel přestupu tepla konvekcí (10 až 15 W/m ² .K pro venkovní otevřené bazény)	[W/m ² .K]
c_v	je měrná tepelná kapacita vzduchu ($c_v = 1010 \text{ J/kg.K}$)	[J/kg.K]
r	je výparné teplo vody ($r = 2,4 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$)	[J/kg]
t_w	teplota vody v bazénu	[°C]
t_v	průměrná teplota okolního vzduchu	[°C]
x_w''	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě t_w	[kg.kg ⁻¹ s.v.]

Tab. 10.5 Součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny

Měsíc	t_w (°C)	$t_w - t_v$ (°C)	$x_w \cdot 10^3$ (kg.kg ⁻¹ s.v)	$X_v \cdot 10^3$ (kg.kg ⁻¹ s.v)	α_{vyp} (W.m ⁻² .K ⁻¹)
Květen	24	7,4	19,51	6,6	41,6
Červen	24	3,4	19,51	8,3	49,6
Červenec	24	3,2	22,06	8,4	50,1
Srpen	24	4,5	22,06	9,2	45,8

Celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny a_{celk} se vypočítá podle vztahu:

$$a_{celk} = a_s + a_k + a_{vyp}$$

Tab. 10.6 Celkový součinitel přestupu tepla

měsíc	$a_{celk} = a_s + a_k + a_{vyp}$ [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Květen	56,6
Červen	64,6
Červenec	65,1
Srpen	60,8

Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny je vyjádřena vztahem:

$$Q_{ztr} = a_{celk} \cdot A_b \cdot (t_w - t_v) \quad (17)$$

t_v průměrná teplota okolního vzduchu [°C]
 A_b plocha hladiny bazénu [m²]

Spotřeba tepla na úhradu tepelných ztrát Q_{ztr} :

$$Q_{spotř} = \tau_s \cdot n \cdot Q_{ztr} \cdot 10^{-3} \quad (18)$$

τ_s teoretická doba slunečního svitu
 n počet dnů v měsíci [-]

Tab. 10.7 Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla

měsíc	a_{celk} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$t_w - t_v$ [°C]	Q_{ztr} [W]	n	Měsíční spotřeba tepla [kWh]
Květen	56,6	7,4	9424	31	3382
Červen	64,6	3,4	4941	30	2371
Červenec	65,1	3,2	4687	31	2324
Srpen	60,8	4,5	6156	31	2671

Teplo získané absorpcí prostupem záření přes vodní hladinu

$$Q_{Abs} = A_b \cdot \eta_A \cdot Q_{Směs} \quad (19)$$

η_A je pohltivost slunečního záření vodní hladinou ($\eta_A = 0,85$) [-]
 $Q_{Směs}$ průměrné množství sluneční energie za jeden měsíc [23] [kW.h. m⁻²]

Tab. 10.8 Teplota získané absorpcí

měsíc	η_A [-]	S_2 [m]	* Q_S měs [kW·h·m ⁻²]	Q_{Abs} [kWh]
Květen	0,85	22,5	151	2887,8
Červen	0,85	22,5	146	2792,2
Červenec	0,85	22,5	154	2945,2
Srpen	0,85	25,5	136	2601
Celkem				11226,2

Výpočet výsledné spotřeby tepla pro jednotlivé měsíce, kterou je nutno zachytit solárními kolektory

Odečtením energie získané absorpcí vodní plochy od energie potřebné na ohřev vody získáme energii potřebnou k získání ze slunečních kolektorů.

Tab. 10.9 Výsledná spotřeba tepla

měsíc	$Q_{spotř}$ [kWh]	Q_{Abs} [kWh]	Q_v [kWh]
Květen	3382	2887,8	494
Červen	2371	2792,2	-421,2
Červenec	2324	2945,2	-621,2
Srpen	2671	2601	70

Z výsledků je patrné, že energii bude nutno dodávat v měsících – květnu a srpnu. V červnu a červenci je energie absorbovaná hladinou vody natolik vysoká, že k ohřevu není nutné použít solární kolektor.

K porovnání na ohřev vody v bazénu jsou zvoleny dva kolektory. Vakuový trubkový 200-T D20 a plochý typ 200-F SV2A. Uvažované parametry kolektorů (viz. Příloha 1a 4).

Po dosazení do rovnice (11) dostáváme průměrnou denní účinnost kolektorů. Množství tepla, které kolektor vyrobí v daném měsíci, vypočítáme dosazením do rovnice (14).

Tab. 10.10 Průměrné účinnosti v daných měsících

	Typ 200-T D20	typ 200-F SV2A
měsíc	η_k	η_k
5	0,748245161	0,68840677
6	0,774509091	0,719096727
7	0,785576172	0,73379834
8	0,786347961	0,734945491

Tab. 10.11 Množství tepla vyrobené kolektorem v jednotlivých měsících

Typ 200-T D20	typ 200-F SV2A
$Q_{k,u}$	$Q_{k,u}$
214,0634152	92,03009968
234,3661705	101,6814997
240,9954433	105,1921861
218,9217159	95,61266754

Cena kolektoru Vitosol 200-F SV2A: **21 878,- Kč**

Cena kolektoru Vitosol 200-T D20: **65 411,- Kč**

Výpočtem bylo zjištěno, že pro sezonní dohřev teplé vody pro zahradní bazén, je při standardní délce „koupací sezóny“ cca 9-10 týdnů (červen až srpen) přijatelnější využít pouze deskový kolektor Vitosol 200-F SV2A. Trubicový kolektor Vitosol 200-T D20 dodá pouze nepatrně vyšší výkon, ale díky tomu že jeho cena je cca o 2/3 vyšší, je pro běžného zákazníka nezajímavý.

Jako ekonomicky nejvýhodnější se jeví varianta nákupu dvou plochých kolektorů Vitosol 200-F SV2A, jejichž pořizovací cena je stále pod úrovní pořizovací ceny jednoho trubicového kolektoru Vitosol 200-T D20, ale výkonově je již téměř srovnatelná.

11 ZÁVĚR

Sluneční záření, jako nekonečný zdroj energie, lze využívat jako alternativní zdroj pro vytápění domácnosti a ohřev teplé užitkové vody. Pro převod této energie na teplo se používají fototermické solární kolektory, zpravidla vzduchové, tyto kolektory se vyrábějí v různých provedeních, nejčastěji jako ploché a trubicové. Vhodný výběr typu kolektoru se odvíjí od parametrů provozu solární soustavy. Pro celoroční provoz se doporučují trubicové kolektory, protože jejich výplň je tvořena vakuem, které odolává výkyvům teplot.

Přední výrobce solárních kolektorů fa Viessmann se specializuje na výrobu energie ze slunečního záření pomocí termických kolektorů. Jeho sortiment představují ploché kolektory pod značkou Vitosol-F a trubicové kolektory Vitosol-T.

Ploché kolektory Vitosol-F sice nedosahují takových hodnot účinností jako trubicové kolektory Vitosol-T, ale jejich výhodou oproti trubicovým je snadnější instalace. Umístění plochých kolektorů je závislé pouze na přísunu slunečního záření ovšem ne na jeho poloze. Dají se použít jak vodorovně, tak svisle, a proto Viessmann vynalezl jediný vakuový trubicový kolektor s tepelnou trubicí, který se dá použít ve vodorovné poloze a to usnadňuje jeho použití na budovách s plochou střechou.

Výhodou solárních zařízení je životnost, která se pohybuje mezi 15-20 lety, a dále úspora fosilních paliv, jejichž spalováním vznikají emise SO_2 a CO_2 . Jako nevýhoda by se dala uvažovat návratnost vložených finančních prostředků, která je závislá na cenové relaci používaného paliva před instalací solárních kolektorů, na velikosti soustavy a na způsobu využití (ohřev vody, přitápění, ohřev bazénů, technologie, atd.).

V závěrečné části práce je uveden příklad energeticko-ekonomické kalkulace. V návrhu pro ohřev TV pro 5-ti člennou rodinu bylo počítáno s dvěma trubicovými kolektory. Při porovnání výsledků je zřejmé, že kolektor s průtočnou trubicí vyrobí méně tepelné energie než kolektor s funkcí Heat-Pipe, ale rozdíl mezi pořizovací cenou u obou kolektorů je větší, než rozdíl cen vyrobené energie. Z výsledku návratnosti solární soustavy je patrné, že bez státní dotace není pořizování soustavy výhodné. Doba ekonomické návratnosti vložených finančních prostředků je delší, než vlastní životnost samotných kolektorů.

Na závěr je uvažován výpočet ohřevu bazénové vody s plochou $22,5 \text{ m}^2$. Pro tuto variantu doporučuji využít ploché solární kolektory, které jsou vhodnější pro sezónní ohřev vody vzhledem k výrazně výhodnějšímu poměru pořizovací cena/výkon.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] LADENER H., SPATE F., *Solární zařízení*, 1. vydání, Praha 2003: Grada Publishing a.s., 268s., ISBN 80-247-0362-9
- [2] CIHELKA, Jaromír. *Sluneční vytápěcí systémy*. vyd.1. Praha: SNTL, 1984. 206 s. 04-236-84
- [3] THEMEßL, Armin; WEIß, Werner. *Solární systémy : návrhy a stavba svépomocí*. vyd.1. Praha : Grada, 2005. (7-10) s. ISBN 80-247-0589-3.
- [4] EKOMPLEX: Voda-topení-plyn. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>
- [5] MATUŠKA, Tomáš. *Stránky ČVUT* [online]. 2008 [cit. 2013-03-26]. Solární tepelné soustavy. Dostupné z WWW: <http://www.fsid.cvut.cz/~matustom/SE_text_AZE_IB.pdf>.
- [6] MATUŠKA, Tomáš. *Aktivní solární tepelné systémy - část 1. Teoretické vztahy. Vytápění, větrání, instalace*. 2003, roč. 12, č. 2, s. 64-67. ISSN 1210-1389.
- [7] Ekolist.cz: zelená domácnost. [online]. [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody>
- [8] *Tzbinfo* – Zkoušení solárních kolektorů [online]. Zveřejněno dne: 5. 4. 2010. [cit. 28. dubna 2013]. Dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6366>>
- [9] The Solar Keymark: *The main quality label for solar thermal*. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.estif.org/solarkeymarknew/index.php>
- [10] ČSSE: NÁRODNÍ SEKCE INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.solarnispolecnost.cz/cz/castokladene-dotazy>
- [11] IDB Journal: inteligentní budovy - Názory. [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: http://www.idbjournal.sk/nazory.html?page_id=773
- [12] MATUŠKA, Tomáš. *Tzbinfo* [online]. 9.6.2008 [cit. 2013-03-26]. Účinnost vakuových trubkových solárních kolektorů (I). Dostupné z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4903>>. ISSN 1801-4399.
- [13] *Systep*: Viessmann. [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.systep.cz/viessmann.html>
- [14] Viessmann: Produkty. [online]. [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: http://www.viessmann.cz/cs/prumysl_komerzni_objekty_obce/Produkte/Solar-Systeme.html
- [15] *ITest*: Solární systémy. [online]. [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: <http://www.itest.cz/solar/viessmann.html>

-
- [16] *Viessmann: Solární systémy*, Vitosol 200-T. [online]. [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: http://www.viessmann.cz/etc/medialib/internet-cz/pdf/ltu/slune_ni_kolektory.Par.71751.File.File.tmp/5825440czppvitosol05_11.pdf
- [17] HeatPipe: Solární kolektory. [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.bami.cz/heatpipe/?solarni-kolektory,9>
- [18] *Viessmann: Projekční příručka - Solární termické systémy*. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.viessmann.cz/cs/service/Login.html>
- [19] *Tzbinfo: Velikost celkové plochy kolektorů*. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3128-vyuziti-slunecni-energie-k-chlazení-budov-ii>
- [20] MATUŠKA, Tomáš. *Operační program životního prostředí* [online]. 2009 [cit. 2013-05-20]. Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav. Dostupné z WWW: <http://www.opzp.cz/soubor-kestazeni/14/4497/metodika_bilance_ss.pdf>.
- [21] *Tzbinfo* [online]. 2010 [cit. 2013-05-20]. Porovnávání nákladů na vytápění podle druhu paliva. Dostupné z WWW: <http://www.tzbinfo.cz/t.py?t=16&i=269&energie_gj=13.7>. ISSN 1801-4399.
- [22] *Tzbinfo: Dimenzování solárních soustav*. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4277-dimenzovani-solarnich-soustav-iv>
- [23] AFB: *Stavíme budoucnost*. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.afb.cz/slunecni-energie-v-cr.htm>

SEZNAM POŽITÝCH OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2.1 Poměr energie přímého a difúzního záření dopadajícího na zemský povrch v Průběhu roku [1]</i>	10
<i>Obr. 3.1 Princip funkce vzduchového kolektoru [4]</i>	12
<i>Obr. 3.2 Rozdělení solárních kolektorů podle různých hledisek [5]</i>	13
<i>Obr. 3.3 Základní stavební prvky plochého kolektoru [4]</i>	14
<i>Obr. 3.4 Příčný řez jednostěnným vakuovým kolektorem s přímo protékáním U-registrem (vlevo) a s tepelnou trubicí (vpravo)</i>	14
<i>Obr. 3.5 Konstrukce vakuového kolektoru [12]</i>	15
<i>Obr. 4.1 Úhel sklonu kolektoru</i>	17
<i>Obr. 5.1 Průchod slunečního záření solárním kolektorem</i>	18
<i>Obr. 5.2 Křivka účinnosti solárního kolektoru [8]</i>	18
<i>Obr. 7.1 Firma Viessmann [13]</i>	22
<i>Obr. 8.1 Kolektory Viessmann [14]</i>	22
<i>Obr. 8.2 a 8.3 technologie Heat Pipe [17]</i>	23
<i>Obr. 8.4 Popis výrobku [16]</i>	24
<i>Obr. 9.1 Možnost umístění kolektorů</i>	25
<i>Obr. 9.2 Možnosti sladění kolektoru se střechou [18]</i>	26
<i>Obr. 9.3 Solární krytí kolektoru Vitosol 100-F</i>	27
<i>Obr. 9.4 Solární krytí kolektorů Vitosol 200-T a 300-T</i>	27
<i>Obr. 9.5 Účinnost tepelných kolektorů Viessmann [18]</i>	28

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2.1 Hodnoty celkového slunečního ozáření [3]</i>	11
<i>Tab. 9.1 Možnost instalace jednotlivých typů kolektorů</i>	25
<i>Tab. 9.2 Porovnávací hodnoty optické účinnosti a koeficientů ztrátovosti [18]</i>	27
<i>Tab. 10.1 Hodnoty uvažované při výpočtu [19]</i>	29
<i>Tab. 10.2 Výpočty uvažovaných kolektorů během roku</i>	30
<i>Tab. 10.3 Hodnoty tepla potřebného k ohřátí a tepla vyrobeného kolektory</i>	30
<i>Tab. 10.4 Výpočtené hodnoty měrné vlhkosti okolního vzduchu</i>	32
<i>Tab. 10.5 Součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny</i>	33
<i>Tab. 10.6 Celkový součinitel přestupu tepla</i>	33
<i>Tab. 10.7 Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla</i>	33
<i>Tab. 10.8 Teplo získané absorpcí</i>	34
<i>Tab. 10.9 Výsledná spotřeba tepla</i>	34
<i>Tab. 10.10 Průměrné účinnosti v daných měsících</i>	34
<i>Tab. 10.11 Množství tepla vyrobené kolektorem v jednotlivých měsících</i>	34

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis
G_{on}	$[W \cdot m^{-2}]$	Hustota toku slunečního záření
G_{sc}	$[W \cdot m^{-2}]$	Sluneční konstanta
G_{bn}	$[W \cdot m^{-2}]$	Ozáření na kolmou plochu
A_k	$[m^2]$	Vztažná plocha solárního kolektoru
τ	[-]	Propustnost záření sklem solárního kolektoru
α	[-]	Pohltivost absorbéru
U_p	$[W/(m^2 \cdot K)]$	Součinitel prostupu tepla přední stranou
U_z	$[W/(m^2 \cdot K)]$	Součinitel prostupu tepla zadní stranou
U_b	$[W/(m^2 \cdot K)]$	Součinitel prostupu tepla bočními stranami
t_{abs}	$[^{\circ}C]$	Střední teplota povrchu absorbéru
t_e	$[^{\circ}C]$	Teplota okolí
U	$[W/(m^2 \cdot K)]$	Celkový ztrátový součinitel
η	[-]	Okamžitá účinnost kolektoru
Q_s	[W]	Dopadající výkon slunečního záření
$Q_{z,0}$	[W]	Optické ztráty kolektoru
$Q_{z,t}$	[W]	Tepelné ztráty kolektoru
Q_k	[W]	Využitelný tepelný výkon
F'	[-]	Teplotní součinitel kolektoru
η_0	[-]	Optická účinnost
a_1	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	Lineární koeficient tepelné ztráty
a_2	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-2}]$	Kvadratický koeficient tepelné ztráty
n	[-]	počet dní v měsíci
τ_s	[h/den]	teoretická doba slunečního svitu
t_{ep}	$[^{\circ}C]$	střední venkovní teplota během měsíce
t_{es}	$[^{\circ}C]$	střední teplota v době slunečního svitu
t_{en}	$[^{\circ}C]$	střední teplota v noci
$H_{T,den}$	$[kWh/m^2 \cdot den]$	skutečná denní dávka slunečního ozáření
$G_{T,m}$	$[W/m^2]$	střední sluneční ozáření
ρ	$[kg/m^3]$	hustota vody
c	$[J/kgK]$	měrná tepelná kapacita vody
t_{sv}	$[^{\circ}C]$	teplota studené vody
t_{TV}	$[^{\circ}C]$	teplota teplé vody
z	[-]	přirážka na tepelné ztráty související s přípravou teplé vody
η_k	[-]	je průměrná účinnost solárního kolektoru
τ_p	[h/den]	denní provozní doba bazénu
β_p	$[kg/h \cdot m^2 \cdot Pa]$	součinitel přenosu hmoty pro venkovní bazény
β_n	$[kg/h \cdot m^2 \cdot Pa]$	součinitel přenosu hmoty pro venkovní bazény mimo provoz
A_b	$[m^2]$	plocha vodní hladiny bazénu
$t_{w,p}$	$[^{\circ}C]$	požadovaná teplota bazénové vody
$t_{w,n}$	$[^{\circ}C]$	teplota bazénové vody v době mimo provoz
φ	[-]	průměrná relativní vlhkost vzduchu pro jednotlivé měsíce
pp''	[Pa]	tlak nasycených par při teplotě okolního vzduchu t_v
p	[Pa]	atmosférický tlak v dané nadmořské výšce
α_e	$[W/m^2K]$	součinitel přestupu tepla mezi okolním prostředím a hladinou bazénu sáláním a prouděním
H_{den}	$[kWh/m^2 \cdot den]$	energie slunečního záření dopadající na volnou hladinu bazénu

α_k	[W/m ² .K]	je součinitel přestupu tepla konvekcí
c_v	[J/kg.K]	je měrná tepelná kapacita vzduchu ($c_v = 1010$ J/kg.K)
r	[J/kg]	je výparné teplo vody ($r = 2,4 \cdot 10^6$ J/kg)
t_w	[°C]	teplota vody v bazénu
t_v	[°C]	průměrná teplota okolního vzduchu
x_w	[kg.kg ⁻¹ s.v.]	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě t_w
$Q_{\text{Směs}}$	[kW·h· m ⁻²]	průměrné množství sluneční energie za jeden měsíc

PŘÍLOHY

Příloha 1 - Vitosol 200-T

Technické údaje ke slunečnímu kolektoru Vitosol 200 T				
Provedení		D10	D20	D30
Počet trubek		10	20	30
Označení druhu konstrukce			06-328-118	
Celková plocha	m ²	1,5	2,94	4,38
Plocha absorberu	m ²	1	2	3
Plocha apertury	m ²	1,07	2,14	3,21
Rozměry				
Šířka	mm	741	1450	2159
Výška	mm	2028	2028	2028
Hloubka	mm	138	138	138
Optická účinnost	%	82	82	82
Koeficient ztráty tepla a_1^{o1}	W(m ² . K)	1,75	1,75	1,36
a_2^{o1}	W(m ² . K ²)	0,008	0,008	0,0075
Hmotnost	kg	23	45	68
Objem tekutiny (teplonosné médium)	litrů	2	4	6
Přístup. provozní přetlak o^2	bar	6	6	6
Max. klidová teplota o^3	°C	300	300	300
Přípoj	Ømm	22	22	22
Instalační plocha na plochých střechách	m ²	cca. 1,5	cca. 2,94	cca. 4,38
Požadavky na podklad a zakotvení			Střešní konstrukce	

Příloha 2 - Vitosol 100-F

Technické údaje ke slunečnímu kolektoru Vitosol 100 F				
Typ		s2,5	w2,5	5DI
Celková plocha	m ²	2,71	2,71	5,25
Plocha absorberu	m ²	2,5	2,5	4,76
Plocha apertury	m ²	2,5	2,5	4,92
Rozměry				
Šířka	mm	1138	2385	2570
Výška	mm	2385	1138	2040
Hloubka	mm	102	102	116
Optická účinnost	%	74	74	74
Koeficient ztráty tepla a_1^{o1}	W(m ² . K)	3,36	3,36	4,16
a_2^{o1}	W(m ² . K ²)	0,013	0,013	0,0073
Tepelná kapacita	kJ(m ² .K)	6,4	6,4	7,2
Hmotnost	kg	60	60	105
Objem tekutiny (teplonosné médium)	litrů	2,2	3	4,2
Přístup. provozní přetlak o^2	bar	6	6	6
Max. klidová teplota o^3	°C	211	211	185
Přípoj	Ømm	22	22	22
Instalační plocha na plochých střechách	m ²	--	cca. 2,15	--
Požadavky na podklad a zakotvení		Pro střešní konstrukce, dostatečně odolné vůči nárazu větru		

Příloha 3 - Vitosol 300-T

Technické údaje ke slunečnímu kolektoru Vitosol 300 T			
Provedení		H20	H30
Počet trubek		20	30
DIN-Reg.-čís.		GS 033/99	
Celková plocha	m ²	2,94	4,38
Plocha absorberu	m ²	2	3
Plocha apertury	m ²	2,14	3,21
Rozměry			
Šířka	mm	1450	2159
Výška	mm	2024	2024
Hloubka	mm	138	138
Optická účinnost	%	81,5	82,5
Koeficient ztráty tepla a_1^{o1}	W(m ² . K)	1,23	1,19
a_2^{o1}	W(m ² . K ²)	0,0092	0,009
Tepelná kapacita	kJ(m ² .K)	45	68
Hmotnost	kg	45	68
Objem tekutiny	litrů	1,2	1,8
Přístup. provozní přetlak ^{o2}	bar	6	6
Max. klidová teplota ^{o3}	°C	150	150
Přípojení	Ømm	22	22
Instalační plocha na plochých	m ²	cca. 1,3	cca. 2,1

Příloha 4 - Vitosol 200-F

Technické údaje ke slunečnímu kolektoru Vitosol 200 F			
Typ		SV2A/SV2B	SH2A/SH2B
Celková plocha (Potřebná pro podání žádosti o dotace)	m ²	2,51	2,51
Plocha absorberu	m ²	2,32	2,32
Plocha apertury	m ²	2,33	2,33
Montážní poloha		A (na střechu a integrace do střešní onstrukce), C, D	B (na střechu a integrace do střešní konstrukce), C, D, E
Vzdálenost mezi kolektory	mm	21	
Rozměry			
Šířka	mm	1056	2380
Výška	mm	2380	1056
Hloubka	mm	90	90
Následující hodnoty se vztahují na plochu absorberu:			
Optická účinnost	%	79,3	79,3
Koeficient ztráty tepla a_1^{o1}	W(m ² . K)	3,95	3,95
a_2^{o1}	W(m ² . K ²)	0,0122	0,0122
Tepelná kapacita	kJ(m ² .K)	5,4	5,4
Hmotnost	kg	51	51
Objem tekutiny (teplonosné médium)	litrů	1,83	2,48
Přístup. provozní přetlak	bar	6	6
Max. klidová teplota	°C	202	202
Výkon výroby páry			
a) vhodná montážní poloha	W/m ²	60	60
b) nevhodná montážní plocha	W/m ²	100	100
Přípojení	Ømm	22	22